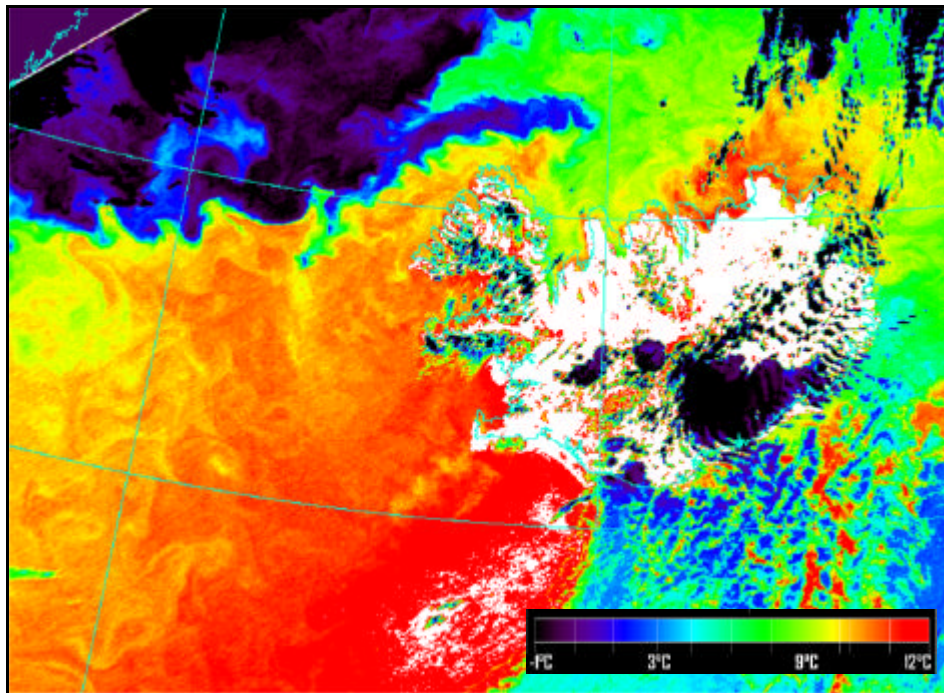




Þættir úr vistfræði sjávar 2000
Environmental conditions in Icelandic waters 2000

Hafrannsóknastofnunin
Marine Research Institute
Desember 2001



Yfirborðshiti sjávar umhverfis Ísland þann 18. júlí 2000 mældur úr gervitungli. Hlýsjórinn að sunnan er að hluta hulinn skýjum út af Suðausturlandi, en glyttir þó í hann á stöku stað. Vel sést hvernig 10-12° heitur hlýsjórinn myndar hvirfla þar sem hann flæðir inn yfir kaldari sjó vestur af landinu og í tungu sem teygir sig austur fyrir Horn. Lengra frá landi er köld tunga út frá ísköldum pólsjónum við Grænland. Pólsjórinn hefur sama lit og jöklarnir á landi (og skýjabólstrar út af NA -landi) enda er hitastig hans undir 0°C. Hlýr flekkur af yfirborðssjó við Norðausturland stafar sennilega af langvarandi heiðríku veðri, sem ríkti þar vikurnar á undan. Myndin er frá Fjarkönnunarstofnuninni í Tromsø í Noregi.

Sea surface temperature around Iceland 18 July 2000. The 10-12°C Atlantic waters off the south coast are partly hidden by clouds (lower right hand corner). Eddies are visible over extensive areas west of Iceland where warm Atlantic water mixes with colder water masses. A tongue of Atlantic water extends into North Icelandic waters north of the Vestfirðir peninsula. North of this tongue an ice-cold tongue of polar water reaches even farther east. The warm spot at the northeast coast was probably caused by persisting clear skies in this area during the previous weeks. The picture is from the Tromsø Satellite Station, Norway.



Efnisyfirlit

Contents

	bls. page
Formáli <i>Forewords</i>	5
Ágrip <i>Icelandic summary</i>	6
Ágrip á ensku <i>English summary</i>	7
1. Ástand sjávar og svífsamfélög <i>Environmental conditions and plankton communities</i>	9
2. Langtímabreytingar <i>Long-term changes</i>	17
3. Stuttar greinar um vistfræði sjávar <i>Short notes on marine ecology</i>	22
Svífgróður að vorlagi, sýnatoka og mælingar <i>Phytoplankton in spring, sampling and measurements</i>	22
Hrygning rauðátu í maí <i>Egg production rates of Calanus finmarchicus in May</i>	24
Lífiríki á hörðum botni <i>Rocky bottom biota</i>	27
Útbreiðsla botndýrasamfélaga <i>The distribution of benthic communities</i>	28
Hugleiðingar um umhverfisspár <i>About environmental predictions</i>	33
4. Viðauki (umhverfisspættir í maí-júní 1952-2000) <i>Appendix (environmental variables in May-June 1952-2000)</i>	37



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 2000 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. Hins vegar er það kynning á fyrstu niðurstöðum vistfræðiverkefna sem unnið er að.

Sérstakur starfshópur sá um útgáfu skýrslunnar og samdi kaflana Ástand sjávar og svífsamfélög og Langtímabreytingar. Starfshópurinn skipa Ástþór Gíslason, Héðinn Valdimarsson, Kristinn Guðmundsson, Svend-Aage Malmberg og Konráð Þórisson, sem jafnframt er ritstjóri þessarar útgáfu. Jón Ólafsson og Karl Gunnarsson tóku einnig þátt í gerð skýrslunnar, auk þeirra sem birta greinar undir eigin nafni í lokakaflanum. Þá las Lorna A. Taylor yfir enskan texta skýrslunnar. Er þeim öllu 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 14. desember 2001,

Jóhann Sigurjónsson



Ágrip

Icelandic summary

Viðamesti kafli þessarar skýrslu fjallar um niðurstöður rannsókna á vistfræði sjávar við Ísland árið 2000. Sérstök áhersla er lögð á umhverfis- og vistfræðiathuganir að vorlagi, í hinum svokallaða vorleiðangri. Þá er kafli um langtímabreytingar í umhverfispáttum og svifi. Aftast í ritinu er svo safn stuttra greina um vistfræði sjávar.

Ástand sjávar á Íslandsmiðum árið 2000 einkenndist af hitastigi og seltu yfir meðallagi eins og verið hefur síðan 1997. Þetta á bæði við um hlýsjóinn að sunnan og ekki síður um sjóinn á norðurmiðum. Ástandi sjávar á Íslandsmiðum árin 1999 og 2000 má líkja við árferðið á hlýviðrisskeiðinu fyrir 1965. Botnhitinn var nálægt meðallagi, en þó heldur lægri, fyrri part árs, norðan lands og austan.

Dreifing næringarefna vorið 2000 var einkennandi fyrir góð skilyrði að vorlagi. Víðáttumikil svæði voru með miðlungsstyrk af næringarefnum, þar sem þörungur gátu enn vaxið, og augljós merki voru um aðflutning næringarefna í hlýsjónum.

Í vorleiðangri var styrkur næringarefna hár úti fyrir Vesturlandi, enda hafði þörungagróður lítið tekið við sér á því svæði. Víðast hvar norðan, austan og sunnan lands var hins vegar mikill gróður og talsvert hafði gengið á forða næringarefna á öllu þessu svæði.

Í maí var átumagn fyrir Vesturlandi nálægt langtíma meðallagi. Á norður-, austur- og

suðurmiðum var átumagn hins vegar talsvert yfir meðallagi. Eins og undanfarin ár var mikil áta á fæðuslóð norsk-íslensku síldarinnar djúpt austur af landinu. Um miðjan júní hafði átumagn aukist vestur af landinu frá því í maí. Í lok júlí og byrjun ágúst hafði mjög dregið úr átumagni í norðanverðu Austurdjúpi frá því í maí, en á djúpmiðum suðaustur og suður af landinu var átumagn svipað og í maí.

Greinar um vistfræði sjávar

Rannsóknir á framleiðni og magni plöntusvifs að vorlagi hafa farið fram með sambærilegum hætti í rúm 40 ár. Breytt skipulag gagnasöfnunar virðist geta gefið hliðstæðar upplýsingar á einfaldari og hagkvæmari hátt.

Í vorleiðangri árið 2000 var hrygning og eggjaframleiðsla rauðátu metin umhverfis allt land. Heildareggjaframleiðsla var mest sunnan og vestan Reykjaness og á straumaskilunum djúpt út af Norður- og Austurlandi.

Rannsókn er hafin á lífríki á hörðum botni sem ná mun til fjögurra staða við landið. Ætlunin er að niðurstöðurnar nýtist sem viðmiðun („baseline“) fyrir seinni tíma rannsóknir.

Komið hefur í ljós afgerandi munur á samsetningu botndýrasamfélaga við Norðvesturland. Skilin milli samfélagsgerðanna liggja á um 3-400 m dýpi.

Legu svokallaðra „norðurskila“ Golfstraumsins, austur af Bandaríkjunum má e.t.v. nota sem umhverfisvísitölu, sem getur gefið vísbendingar um líklega þróun nokkurra umhverfis- og líffátta á Íslandsmiðum ári síðar.



Ágrip á ensku

English summary

The first section of the present report covers environmental research in the waters around Iceland during the year 2000. The main weight is laid on research carried out during the spring survey. The second section is about long term trends in the environmental data and the last section is a collection of notes on marine ecology.

Temperature and salinity have been above the long time average in Icelandic waters since 1997. The last two years (1999 and 2000) can even be compared to the “warm years” before 1965. Bottom temperatures were close to the long time average.

The concentrations of nitrate and phosphate in surface waters were typical of a positive distribution pattern in spring. Large areas had intermediate nutrient concentrations where phytoplankton could still grow and there was strong advection of nutrient rich waters.

During the spring survey, nutrient concentrations were high west of Iceland as the phytoplankton bloom was still at its early stages in the area. North, east and south of the country primary production was high however, but nutrient concentrations were low.

In May, zooplankton density was close to the long time average west of Iceland. North, east and south of the country however, zooplankton were more abundant than in an average year. As in previous years, zoo-

plankton were abundant in the foraging area of herring far off the east coast. West of Iceland the zooplankton density increased in June. Far off the east coast there was a decrease in zooplankton density from May to July/August, but off the SE-coast zooplankton densities had not changed from the May values.

Short notes on marine ecology

The production and concentration of phytoplankton has been measured in a similar way for more than 40 years. A new approach in data collection seems to be able to give comparable results using less effort.

During the spring survey 2000 the egg production of *Calanus finmarchicus* was studied around Iceland. The highest total production of eggs was measured around the Reykjanes peninsula and at the fronts far off the north and east coasts.

A study of the biota of rocky bottoms has been initiated and it will include four sites around Iceland. These studies are intended to be baseline studies, to which future investigations can be compared.

A large difference has been detected in the benthic community structure in shallow versus deep waters off the coast of NW-Iceland. The most pronounced divergence is at 300-400 m depth.

The position of the so called “North Wall” of the Gulf stream, off the east coast of North America, may be an indicator of the most likely development of some environmental factors in Icelandic waters one year later.



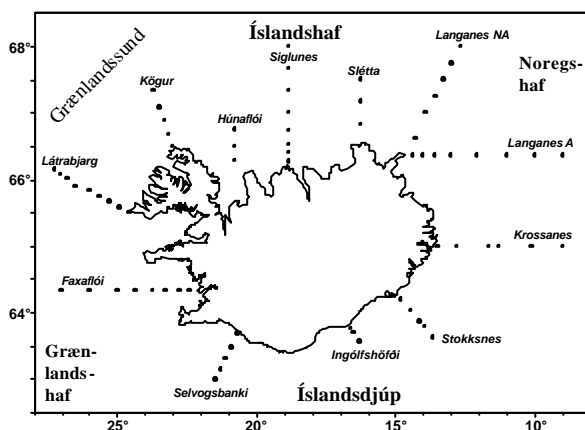
1. Ástand sjávar og svifsamfélög

Environmental conditions and plankton communities

Inngangur

Flókið samspil margra umhverfisþátta hefur margvísleg áhrif á fæðuvefinn í sjónum og þar með á vöxt og viðgang nytjastofna við landið. Á hverju ári fylgist Hafrannsóknastofnunin því með helstu umhverfisþáttum og svifsamfélögum á Íslandsmiðum og er í þessu hefti gerð grein fyrir niðurstöðum athugana sem gerðar voru á árinu 2000.

Á tímabilinu frá febrúar til desember 2000



1. mynd. Staðalsnið, þar sem fram fara mælingar og sýnatökur til sjó- og svifrannsóknna umhverfis Ísland.

Figure 1. Standard sections used in routine hydrographic and plankton research in Icelandic waters.

voru hiti og selta mæld í hafinu umhverfis Ísland í fjórum leiðöngrum. Mælt var á staðalsniðum (1. mynd) í: vetrarleiðangri í febrúar-mars, vorleiðangri í maí-júní, seiðaleiðangri í ágúst-september og leiðangri í nóvember-desember.

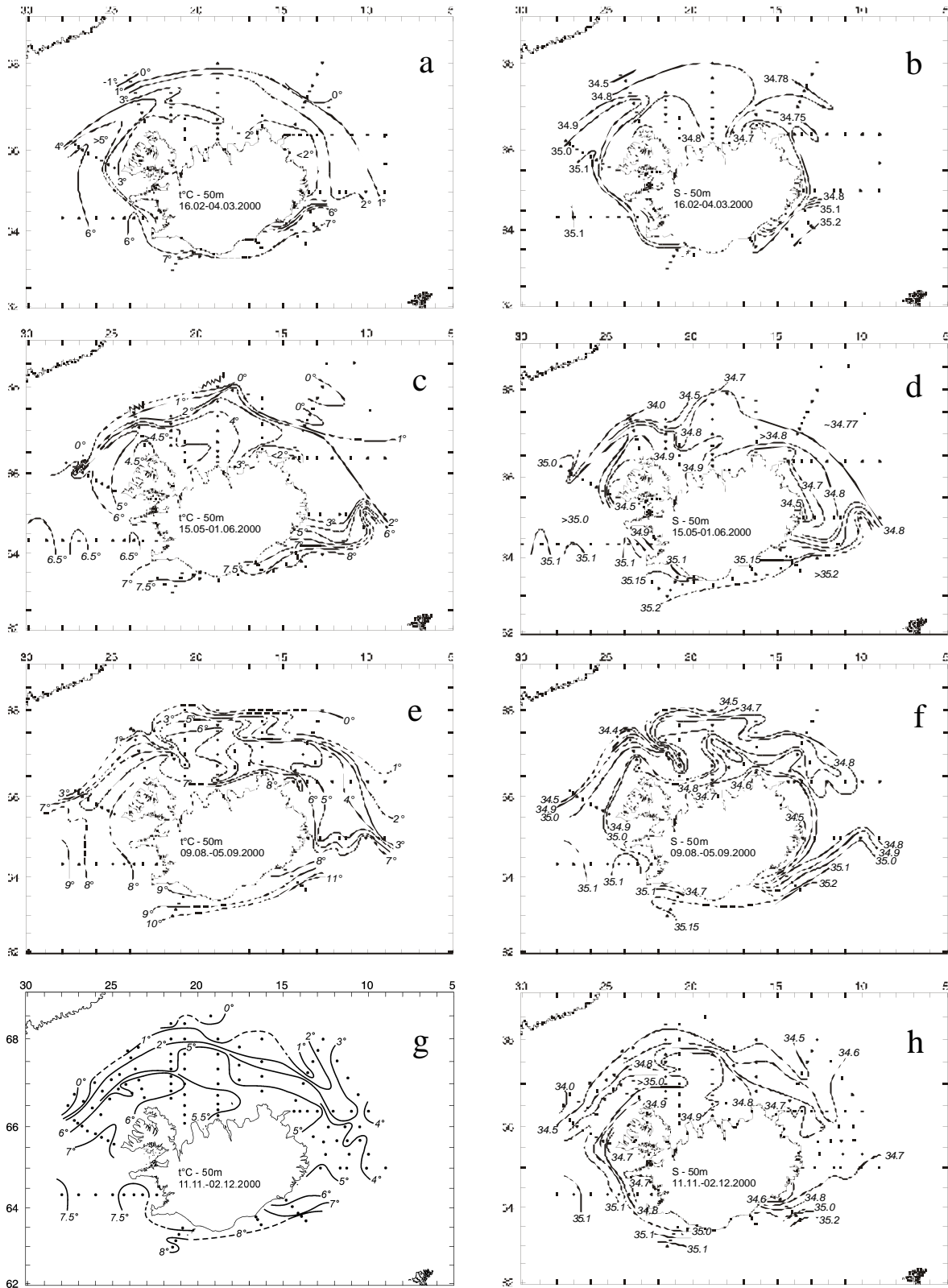
Hiti og selta

Yfirboðslög

Ástand sjávar á Íslandsmiðum árið 2000 einkenndist almennt af hitastigi og seltu í góðu meðallagi eins og verið hefur síðan 1997. Þetta á bæði við um hlýsjóinn að sunnan og ekki síður um sjóinn á norðurmiðum (2. og 3. mynd).

Í vetrarleiðangri í febrúar var hlýsjórinn fyrir sunnan land selturíkur (2. mynd a) eins og verið hefur síðan haustið 1997. Fyrir 1997 þarf að leita allt aftur fyrir ísárin (1965-71) til að finna jafn háa seltu. Hlýsjávarins gætti úti af Vestfjörðum og aðeins inn á norðurmið. Annars var á norðurmiðum tiltölulega hlýr og saltur vetrarsjór ($\sim 2-3^{\circ}\text{C}$, $\sim 34,8$). Bæði hiti og selta voru einnig fremur há í Austur-Íslandsstraumi ($0-1^{\circ}$, $>34,7$).

Í vorleiðangri (maí-júní) var atlantíski sjórinn að sunnan enn bæði heitur og



2. mynd. Vinstri dálkur sýnir sjávarhita (°C) og hægri dálkur seltu á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland árið 2000 í: a) og b) febrúar-mars, c) og d) maí-júní, e) og f) ágúst-september, g) og h) nóvember-desembur.

Figure 2. Sea temperature (°C, to the left) and salinity (to the right) at 50 m depth in Icelandic waters during 2000 in: a) and b) February/March, c) and d) May/June, e) and f) August/September, g) and h) November/December.

saltur (selta 35,2) og áhrifa hans gætti í ríkari mæli inn á norðurmið en um árabíl, ef árið 1999 er undanskilið. Athyglisvert er að kalt og seltulítið yfirborðslag, sem lá ofan á hlýsjónum árin á undan, var ekki lengur á norðurmiðum vorin 1999 og 2000. Í Austur-Íslandsstraumi mældust hiti og selta fremur há ($\sim 0^\circ$, $>34,7$).

Í sjórannsókn- og seiðaleiðangri í ágúst gætti enn verulegra áhrifa af hlýsjónum að sunnan, bæði vestan og norðan við land. Norðan lands hafði hlýsjórinn áhrif austur fyrir Langanes og inn á austurmið, eins og 1999 en þar hafði einnig orðið mikil upphitun í yfirborðslögum. Hiti og selta í Austur-Íslandsstraumi mældust einnig fremur há.

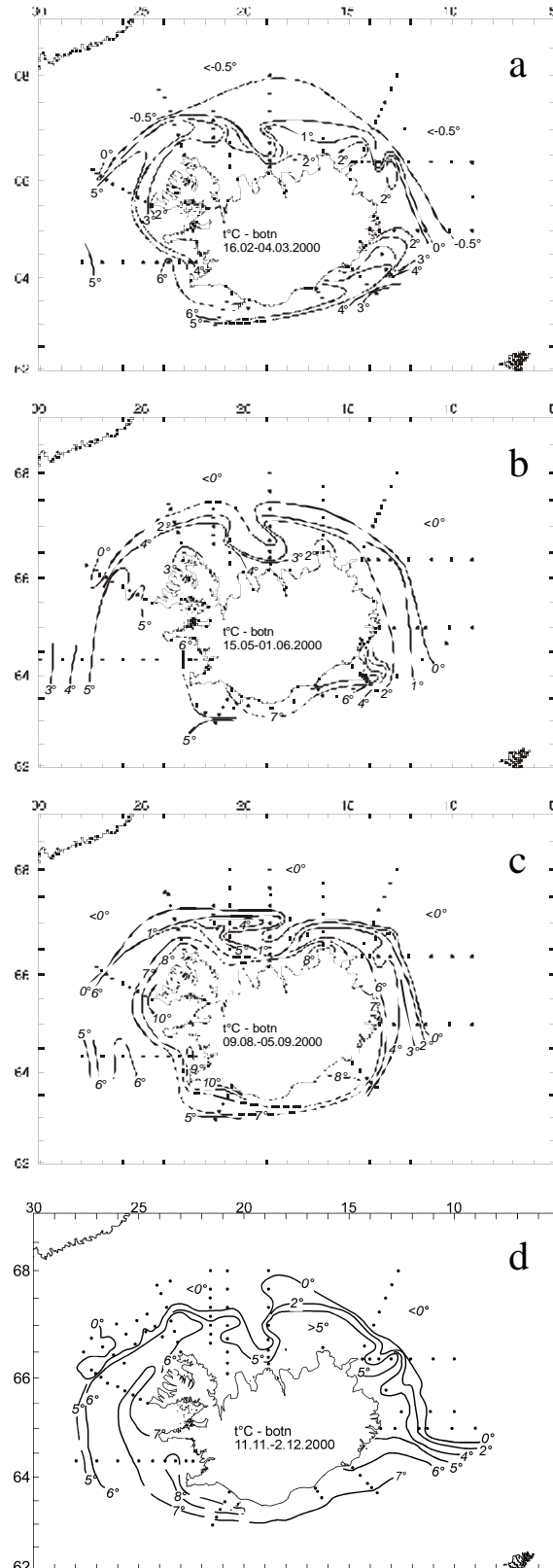
Í sjórannsókn- og loðnuleiðangri í byrjun vetrar (nóvember-deseember) var enn til-
tölulega hlýtt og salt þar sem atlantíska sjávarins gætti, en þó með tilheyrandi vetrarkælingu. Seltan í Austur-Íslandsstraumi hafði heldur lækkað frá því fyrr á árinu eða niður fyrir 34,7. Hafís var lítt til trafala í leiðöngrum árið 2000. Hins vegar tafði veður nokkuð fyrir sýnatöku.

Þessar niðurstöður benda til þess að ástand sjávar á Íslandsmiðum árin 1999 og 2000 megi jafna við árferðið fyrir 1965 og verður spennandi að fylgjast með framvindunni. Reyndar bentu niðurstöður vetrarleiðangurs í febrúar 2001 enn til áframhaldandi góðs árferðis.

Botnhiti

Botnhiti á Íslandsmiðum í febrúar-mars, maí-júní, ágúst-september og nóvember-deseember 2000 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 eru áhrif hlýja sjávarins á landgrunninu fyrir sunnan og vestan land og kalda sjávarins fyrir norðan og austan.

Botnhiti á landgrunninu er eins og vænta má, yfirleitt lægstur í febrúar-mars og hæstur í ágúst-september eða jafnvel síðar



3. mynd. Hiti við botn ($^\circ\text{C}$) í hafinu umhverfis Ísland 2000. a) í febrúar-mars, b) í maí-júní, c) í ágúst-september og d) í nóvember-deseember.

Figure 3. Near bottom temperature ($^\circ\text{C}$) in Icelandic waters during 2000. a) in February/March, b) in May/June, c) in August/September and d) in November/December.

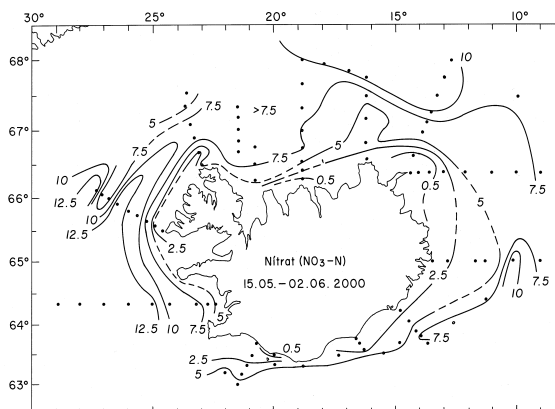
á árinu. Árssveifla er að vonum mest þar sem grynnt er við landið, en minnkar með vaxandi dýpi. Utan við landgrunnsbrúnina norðan og austan lands er botnhiti alltaf undir 0°C (djúpsjór Norðurhafa). Úti fyrir miðju Norðurlandi (í Eyjafjarðarál, dýpi allt að 700 m) nær kaldur djúpsjórinn langt inn að landi og skiptir norðurmiðum í vestari og eystri hluta. Í landgrunns- hlíðunum sunnan og vestan lands fer botnhiti einnig lækkandi með vaxandi dýpi, en þó fer hann ekki mikið niður fyrir 4°C.

Annars var botnhiti á landgrunninu sunnan lands og vestan 5-6°C í febrúar-mars, 5-7° í maí-júní, 5-8° í ágúst-september og 6-7° í nóvember-desember, sem er í góðu meðallagi. Úti fyrir Norður- og Austurlandi var botnhiti á landgrunninu í febrúar undir meðallagi eða 0-3°. Um vorið var hann aðeins 1-4°, sem er einnig undir meðallagi. Í ágúst var botnhitinn svo kominn upp í 2-7° eins og 1999 sem er yfir meðallagi, en féll svo aftur í nóvember-desember í 2-5°.

Botnhiti á íslenska landgrunninu árið 2000 var þannig um meðallag sunnan lands og vestan, eins og árið áður. Norðan lands og austan var botnhiti hins vegar undir meðallagi að vetri og vori en yfir meðallagi að hausti. Frávik frá meðaltölum eru þó ekki meiri en svo að í heild telst botnhitinn árið 2000 nálægt meðalástandi.

Næringarsölt

Vorið 2000 voru sterk áhrif hlýsjávar í sjó hér við land eins og árið á undan. Þegar straumur flytur hlýsjó inn á norðurmið berast með honum uppleyst næringarsölt og stuðlar það að þörungavexti og frjósemi svæðisins. Í vorleiðangri spannaði níturstyrkur við yfirborð há gildi í kjarna hlýsjávarflæðisins út af Vesturlandi niður í mjög lágan styrk á grunnslóð norðan og norðaustan landsins (4. mynd). Dreifing



4. Mynd. Styrkur nitrats ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\mu\text{mol l}^{-1}$) við yfirborð, í hafinu umhverfis Ísland í maí-júní 2000.

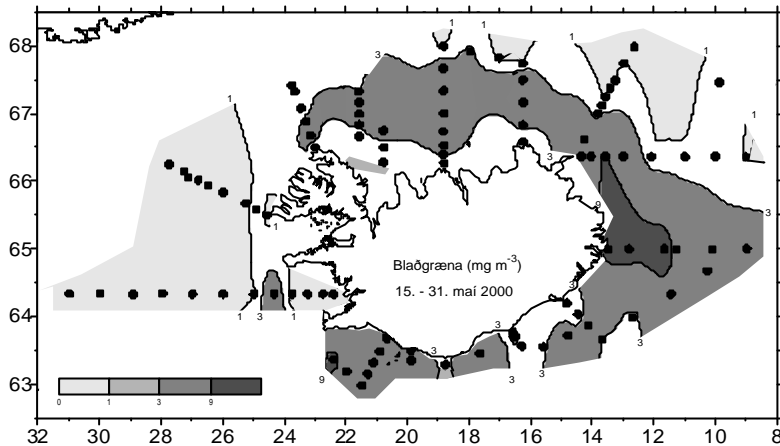
Figure 4. Concentration of nitrate ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\mu\text{mol l}^{-1}$) at the surface in Icelandic waters in May-June 2000.

níturstyrks var af því tagi sem einkennir góð skilyrði að vorlagi, víðáttumikil svæði með miðlungsstyrk, þar sem þörungar gátu enn vaxið, og augljós merki um næringar-efnaaðflutning með straumi. Styrkur fosfats í yfirborði fylgdi sem endranær svipuðu mynstri og níturstyrkurinn enda nýta þörungar þessi tvö næringarsölt jöfnum höndum. Uppleystan kísil nýta einungis kísilþörungur og dreifing á styrk kísils vorið 2000 benti til þess að kísilþörungur hefðu víðast verið veigamikill hluti vorgróðursins í sjónum.

Svifþörungur

Gróðurfar í vorleiðangri 2000

Í vorleiðangri var magn plöntusvifs kannað, eins og gert hefur verið undanfarna áratugi. Gróðurmagn við yfirborð er sýnt á meðfylgjandi korti (5. mynd). Rétt er að benda á að fram að þessu hafa gróðurkort í umhverfisskýrslum Hafrannsóknastofnunarinnar sýnt magn gróðurs á 10 metra dýpi. Nú er brugðið út frá þeirri venju vegna breytinga sem orðið hafa á umfangi gagnasöfnunar í vorleiðangri, eins og nánar er skýrt frá síðar í þessu hefti (sjá „Ástand gróðurs að vorlagi” á bls. 21). Eins



5. mynd. Blaðgrænumagn (mg Chl-a m⁻³) við yfirborð vorið 2000.

Figure 5. Chlorophyll-a concentration (mg Chl-a m⁻³) at the surface in spring 2000.

og þar kemur fram ætti þetta ekki að hafa áhrif í stuttri lýsingu á vorástandi þörungagróðurs.

Í Faxaflóa var lítill gróður um miðjan maí (5. mynd), en hár styrkur næringarefna (4. mynd) bendir til að endurnýjun sjávar hafi nýlega átt sér stað í flóanum því næsta víst er að umtalsverður vöxtur hefur átt sér stað í flóanum fyrr um vorið. Töluverður gróður fannst hins vegar yfir landgrunninu utan flóans. Dýpra undan Vesturlandi og norðvestur af landinu var fremur lítill gróður. Greinilegt var að gróðurinn hafði ekki tekið við sér þar, því styrkur næringarefna var litlu lægri en vænta má í lok vetrar (4. mynd). Úti fyrir norður-, austur- og suðurlandi var yfirleitt mikill gróður, ef undan eru skildar nokkrar stöðvar inn við landið og svæðið djúpt norðaustur af landinu.

Upplestur kísill var nær uppurinn á öllu þessu svæði og því má ætla að kísilþörungar hafi verið áberandi í svifinu framan af og jafnframt að aðrir hópar svifþörungar hafi fylgt í kjölfarið og nýtt köfnunarefnið sem eftir var. Talsvert hafði gengið á forða næringarefna í hafinu umhverfis landið, ef undan er skilið svæðið vestan- og norðvestanlands (4. mynd). Framvinda gróðurs var lengst komin suðvestanlands, enda sýnin tekin þar í lok leiðangurs, u.þ.b. hálfum mánuði seinna en við Vesturland.

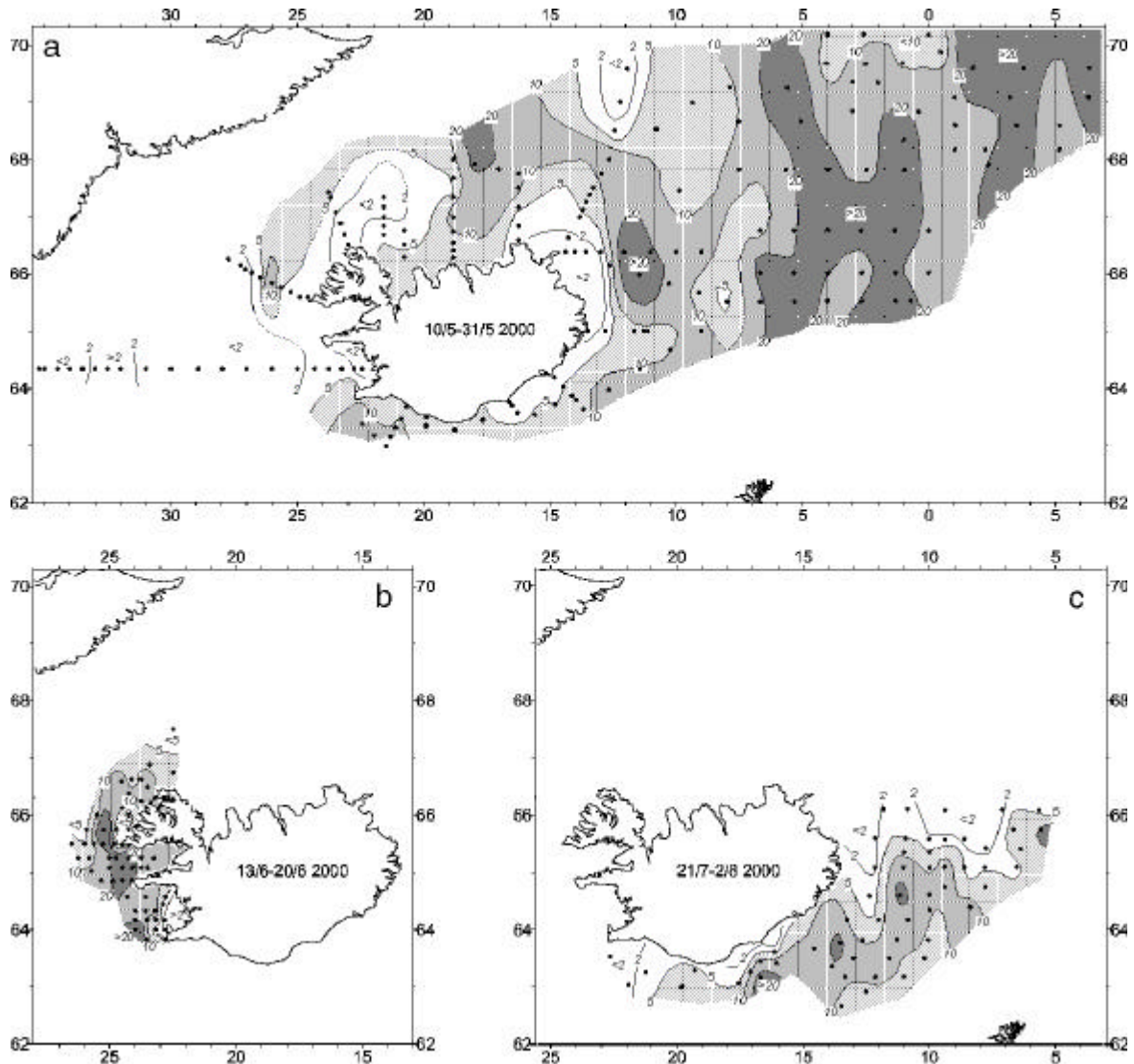
Dýrasvif

Magn og dreifing átu að vor- og sumarlagi

Magn og útbreiðsla dýrasvifs umhverfis landið var kannað í vorleiðangri, sem árið 2000 stóð frá 15. til 31. maí. Auk þess var átumagn í Austurdjúpi athugað í tveimur leiðöngrum (10.-24. maí og 21. júlí - 2. ágúst), en þeir voru farnir í tengslum við sameiginlegar síldarrannsóknir Íslendinga, Norðmanna, Færeyinga, Rússa og Evrópusambandsins í Noregshafi. Í síðasttalda leiðangrinum var átumagn einnig kannað suður af landinu. Loks var magn og dreifing átu út af Vesturlandi athugað í leiðangri sem farinn var 13.-20. júní í tengslum við rannsóknir á reki lirfa og seiða nytjafiska.

Í öllum þessum leiðöngrum var sýnum safnað með svonefndum WP-2 háfum. Í vorleiðangri og í síldarleiðöngrunum voru háfarnir dregnir frá 50 m dýpi og upp að yfirborði, en í leiðangrinum sem farinn var til að rannsaka rek fisklirfa var háfurinn dreginn frá 100 m dýpi eða 10 m frá botni þar sem var grynna en 100 m. Gögnin sem söfnuðust í fisklirfuleiðangrinum eru því ekki að öllu leyti sambærileg þeim sem söfnuðust í hinum leiðöngrunum, en þau má engu að síður nýta til að fá vísbendingu um framvinduna.

Frumúrvinnsla sýnanna fór fram um borð í



6. mynd. Útbreiðsla dýrasvifs í yfirborðslögum (g þurrvigt m^{-2}) í hafinu við Ísland árið 2000; a) 10.-31. maí, b) 13.-20. júní, og c) 21. júlí-2. ágúst. Í leiðöngrunum í maí og júlí-ágúst var safnað niður að 50 m dýpi, en niður að 100 m dýpi í júní. Skyggð svæði: meira en $5 \text{ g þurrvigt m}^{-2}$.

Figure 6. Zooplankton distribution ($\text{g dry weight m}^{-2}$) in the sea around Iceland during 2000, a) 10-31 May (0-50m), b) 13-20 June (0-100m), c) 21 July-2 August (0-50m). Shaded areas: $>5 \text{ g dry weight m}^{-2}$.

rannsóknaskipunum og fólst í því að lífmassi þeirra var mældur og samsetning átunnar metin í stórum dráttum. Ýtarlegri úrvinnsla fer svo fram þegar komið er í land. Á 6. mynd a eru teknar saman niðurstöður fyrri síldarleiðangursins (10.-24. maí) og vorleiðangursins (15.-31. maí), 6. mynd b sýnir útbreiðslu átu vestur af landinu í fisklirfuleiðangrinum (13.-20. júní), en 6. mynd c sýnir útbreiðslu átu í seinni síldarleiðangrinum (21. júlí - 2. ágúst).

Í maí var átumagn fyrir Vesturlandi nálægt meðallagi. (6. mynd a). Á norðurmíðum var átumagn hins vegar talsvert yfir meðallagi og á Siglunessniði var meðalmagn átu rúmlega tvöfalt yfir langtíma-meðaltali. Á grunnslóð út af Austurlandi var átumagn einnig talsvert yfir meðallagi. Að venju var mikil áta í kalda sjónum djúpt norðaustur og austur af landinu, en þar eru stórar og hægvaхта kaldsjávar-tegundir ríkjandi þáttur í samfélagi svifdýra.

Eins og undanfarin ár var mikil áta á fæðuslóð norsk-íslensku síldarinnar djúpt austur af landinu (austan við 12°V). Sérstaklega var magnið mikið á svæði sem náði u.þ.b. frá 65°30'N til 67° N, milli 11° V og 12°V (>20 g þurrvigt m² í 0-50 m). Þá var einnig mikil áta enn austar, annars vegar í beltí sem lá í N-S stefnu, aðallega milli 1°V og 6°V, og hins vegar austan við 1°A (>20 g þurrvigt m² í 0-50 m). Fyrir Suðurlandi var átumagn yfir meðallagi. Til dæmis var um tvöfalt meira af átu á Selvogsbanka en í meðalári.

Á heildina litið sýna niðurstöður í maí að átumagn var meira en í meðallagi á flestum rannsóknastöðvum. Séu niðurstöðurnar bornar saman við sama árstíma vorið 1999 kemur í ljós að á vesturmiðum var átumagn minna en þá, en meira á norður-, austur- og suðurmiðum.

Um miðjan júní hafði átumagn aukist vestur af landinu frá því í maí (6. mynd b). Eins og áður sagði var átu einungis safnað úr efstu 50 m sjávar í maí (6. mynd a) en úr efstu 100 m sjávar (eða niður að botni þar sem dýpi var minna) í júní (6. mynd b). Þess vegna eru gögnin ekki að öllu leyti sambærileg. Engu að síður er líklegt að hin mikla aukning í átumagni frá maí til júní endurspeglí almenna aukningu átu í yfirborðslögum á þessu tímabili.

Í lok júlí og byrjun ágúst hafði mjög dregið úr átumagni í norðanverðu Austurdjúpi frá því í maí (6. mynd c). Þannig hafði hin áturíka tunga norðaustur af landinu minnkað mjög mikið (<2 g þurrvigt m² í 0-50 m). Á djúpmiðum suðaustur og suður af landinu var átumagn hins vegar svipað og í maí.



2. Langtímabreytingar

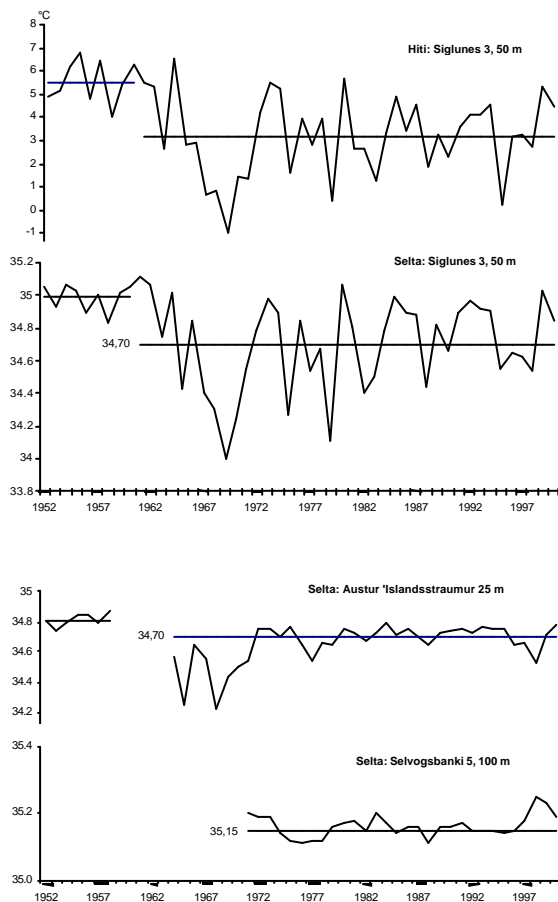
Long-term changes

Hiti og selta

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 (7. mynd). Seltan þar var tiltölulega lítil á árunum 1974-1978, 1985-1988 og svo aftur 1992-1995. Lítilli seltu á Selvogsbanka fylgir að öllu jöfnu lágt hitastig. Árið 1996 varð vart heldur vax-



7. 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 gildi eru sýnd á myndinni (gildin liggja þó mjög nærri meðaltölum). Á Selvogsbanka er gildið 35,15 notað til að greina að hlý og köld ár. Línurnar fyrir seinni árin á Siglunessniði og í A-Íslandsstraumi 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 seltuskala fyrir Selvogsbanka. Staðsetning stöðva er sýnd á 1. mynd (1. stöð er næst landi).

Figure 7. 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 where numbers are displayed. 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. For location of stations see Fig 1 (the lowest station number is closest to the coast).

andi 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), en síðan hefur hún heldur lækkað og var 35,19 vorið 2000.

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.

Siglunes

Hitastig og selta hafa verið mæld árlega að vorlagi út af Siglunesi í um hálfra öld (7. 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 7. mynd hafa síðan 1971 skipst á „hlý“ ár (1972-74, 1980, 1984-87 og 1991-94) og „köld“ ár (1975, 1977, 1979, 1981-83, 1988-90 og 1995) á norðurmiðum. Þeim síðarnefndu má skipta í pólsjárvarar og svalsjárvarar eftir ríkjandi sjógerðum og lagskiptingu í sjónum. Þannig flokkast árin 1981-83, 1989, 1990 og 1995 til svalsjárvarara í sjónum fyrir Norðurlandi, en þá var lagskipting tiltölulega lítil. Þetta ástand var sérstaklega áberandi árið 1995.

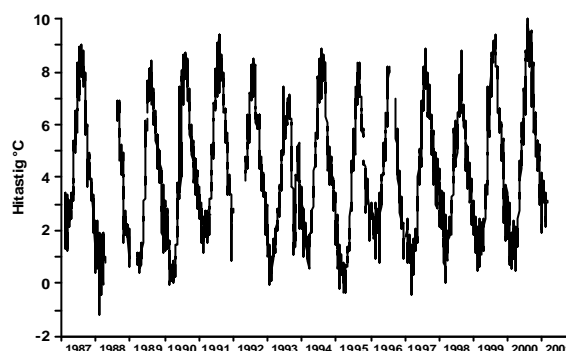
Niðurstöður frá árunum 1996-98 sýna að heldur hlýnaði á norðurmiðum eftir 1995. Þessi ár lá þó ferskt og svalt yfirborðslag ofan á selturíkum hlýsjónum og dró það úr áhrifum hans. Seltan í þessu yfirborðslagi var í samræmi við minni seltu (undir 34,7) í Austur-Íslandsstraumi 1996-98 en mælst hafði síðan á hafísárinu 1988.

Í vorleiðöngnum árin 1999 og 2000 gætti

ferska yfirborðslagsins ekki lengur og náði þá hlýsjórinn á norðurmiðum alveg upp að yfirborði. Jafnframt var seltan meiri en verið hafði frá því fyrir hafísárin á sjöunda áratugnum. Seltan í Austur-Íslandsstraumi hafði einnig aukist og mældist nær 34,8 árið 2000.

Yfirborðshiti við Grímsey

Samkvæmt skráningum á yfirborðshita sjávar við Grímsey árin 1987-2000 (8. mynd) var lágur sjávarhiti nokkuð viðvarandi veturinn 1996-97 en þó var að jafnaði enn kaldara veturinn 1994-95. Yfirborðshitastig við Grímsey veturna 1997-98 og 1998-99 var aftur herra og sumarhitinn árið 1999 var með hæsta móti. Enn hærri



8. mynd. Yfirborðshiti við Grímsey frá 1987 fram í byrjun árs 2001.

Figure 8. Sea surface temperature at Grímsey, N-Iceland in the years 1987 to the beginning of 2001.

hiti mældist sumarið 2000, sem var heitast frá upphafi mælinga árið 1987. Hitastig í byrjun vetrar 2000-01 var einnig herra en mælst hefur áður á þeim árstíma. Þetta er í góðu samræmi við niðurstöður í vor- og seiðaleiðöngnum.

Þörungar

Eins og fram kemur annars staðar í heftinu (sjá „Ástand gróðurs að vorlagi“ á bls. 21),

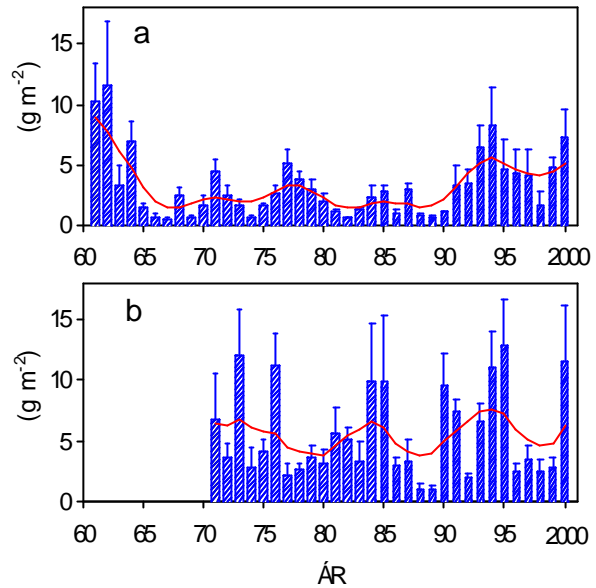
voru gerðar breytingar á seinasta ári til að einfalda gagnasöfnun á svifþörungum. Nýtt skipulag á gagnasöfnun býður ekki upp á möguleika á að reikna út meðal-afkastamark svifþörungna eins og gert hefur verið. Stefnt er að því að í næstu skýrslu verði birt ný vísitala, sem gefi hugmynd um framvindumöguleika svifþörungna á þessu svæði, e.t.v. nítratstyrk á völdu sniði eða stærra svæði.

Áta

Rannsóknir á átu í því augnamiði að fylgjast með langtímabreytingum í átumagni hafa verið stundaðar hér við land í meira en 40 ár. Í upphafi voru þær eingöngu stundaðar út af Norðurlandi í sambandi við síldarleit og á þeim slóðum ná gögnin því lengst aftur í tímann. Frá árinu 1971 hefur rannsóknunum verið sinnt allt í kringum land í vorleiðöngnum. Til að gögnin verði samanburðarhæf hefur þeim verið safnað á nokkurn veginn sama árstíma ár hvert (maí-júní) með svipuðum aðferðum. Breytileikinn í átumergð frá ári til árs að vori segir sennilega að einhverju leyti til um mismunandi heildarframleiðslu átu yfir sumarið, en bæði vorvöxtur og heildarframleiðsla dýrasvifsins eru talin ráðast af atriðum eins og umhverfisskilyrðum og fæðuframboði.

Langtímabreytingar á átumagni á Selvogsbanka- og Siglunessniði eru sýndar á 9. 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 þar sem skiptast á hæðir og lægðir, og er munurinn á hæstu og lægstu gildum allt að 24 faldur.

Á Siglunessniði var átumagnið í hámarki þegar rannsóknirnar hófust í upphafi sjöunda áratugarins, en síðan hafa skipst á hæðir og lægðir með 7-10 ára millibili (9. mynd a). Síðasta átuhámark á Siglunessniði var um 1994, en síðan fór áta heldur

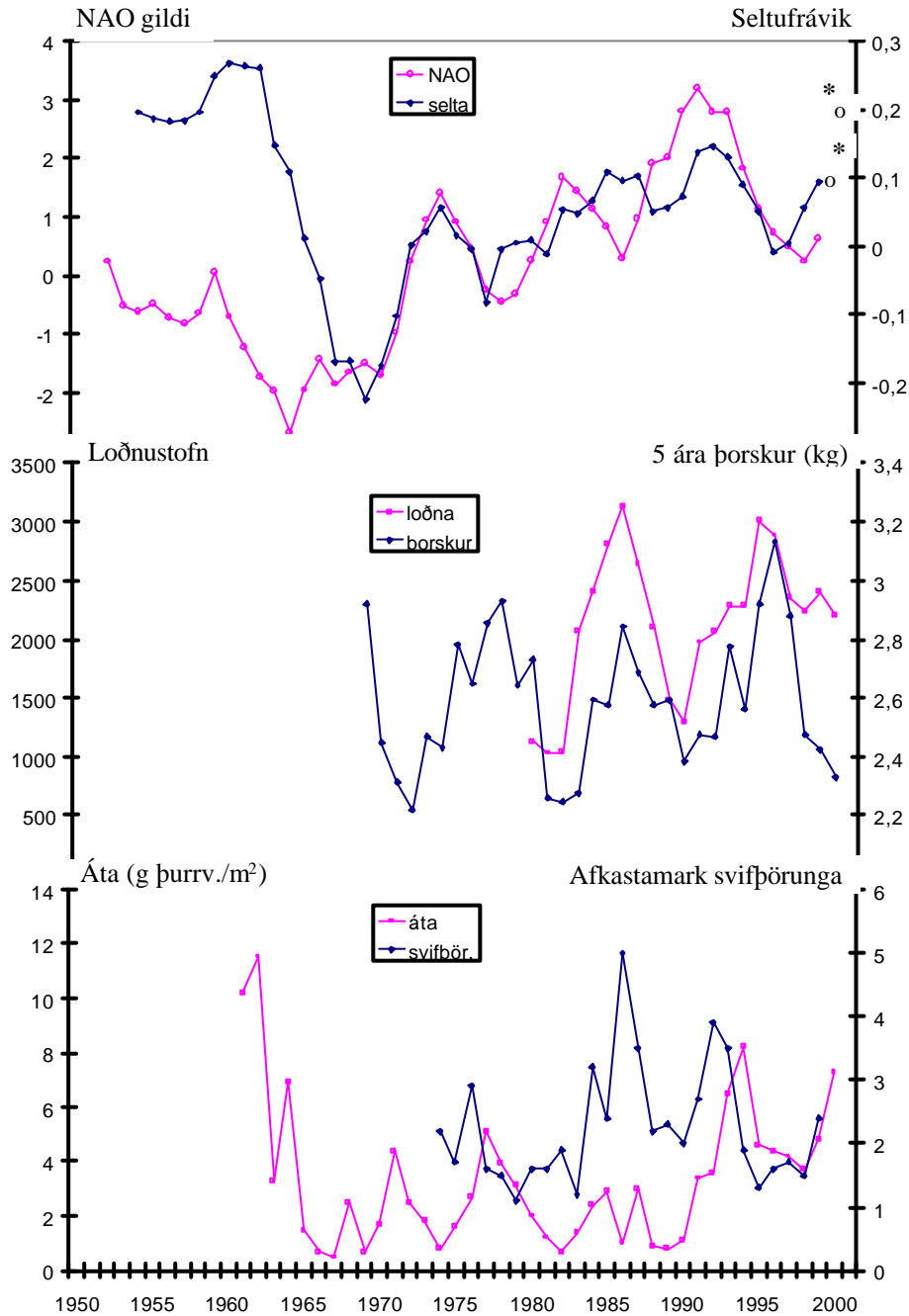


9. mynd. Breytingar á átumagni (g þurrvigt m^{-2} , 0-50 m) að vorlagi á a) Siglunessniði, og b) Selvogsbankasniði. Súlurnar sýna meðaltöl allra stöðva á sniðinu. Staðalskekkja er sýnd með lóðréttum strikum. Einnig er sýndur reiknaður ferill (7 ára keðjumeðaltöl) sem jafnar miklar óreglur einstakra ára. Lega sniðanna er sýnd á 1. mynd
Figure 9. Variations in zooplankton biomass ($\text{g dry weight m}^{-2}$, 0-50 m) in spring at a) Sigluness section, and b) Selvogsbanki section. The columns show means for all stations at the respective sections and the vertical bars denote standard error. The curved line shows 7 year running mean. For location of the sections see Figure 1.

minnkandi, þar til árið 1998 að hún byrjaði aftur að aukast.

Á Selvogsbanka var átumergð í hámarki í byrjun áttunda áratugarins, en fór svo lækkandi og komst í lágmark í lok hans (9. mynd b). Átan náði aftur hámarki um miðjan níunda áratuginn, en síðan minnkaði magnið aftur þar til í lok níunda áratugarins að það byrjaði aftur að aukast og náði hámarki kringum 1994-95. Eftir það minnkaði átumagnið og varð lægst um 1998, á sama ári og síðasta lágmark fyrir norðan (sbr. 9. mynd a). Síðan hefur átumagnið á Selvogsbanka farið vaxandi. Á milli hámarksgilda á Selvogsbankasniði hafa liðið um 10-11 ár.

Ef átuhámarkið um 1977 á Siglunessniði



10. mynd. Langtímabreytingar á völdum umhverfis- og líffáttum. NAO er mælikvarði á mismun á loftþrýstingi að vetri milli Asoreyjahæðar og Íslandslægðar (5 ára keðjumeðaltöl en mæligildi 1999 og 2000, hringir). Seltan er frávik meðalseltu í yfirborðslögum á Siglunessniði (5 ára keðjumeðaltöl en mæligildi 1999 og 2000, stjörnur). Stærð loðnustofns er miðuð við 1. ágúst og meðalþyngd 5 ára þorsks er fengin úr afla. Átumeðaltöl eru frá Siglunessniði en afkastamark þörunga er meðaltal fyrir landgrunnið frá Siglunessniði austur um að Langanessniði A (sjá 1. mynd).

Figure 10. Long time variations in selected environmental and biological parameters. NAO are winter values (5 years running mean, except for years 1999 and 2000, open circle). “Seltufrávik” is the average salinity deviation in the upper layers at the Siglunes section (5 years running means, except for years 1999 and 2000, asterix). “Loðnustofn” is the biomass of the capelin stock in August. “5 ára þorskur” is the average weight of 5 year old cod (catch data). “Áta” is the average dry weight per m² of zooplankton at the Siglunes section. “Afkastamark” is the average assimilation number for the phytoplankton in the NE shelf area (Siglunes to Langanes East section).

er undanskilið má segja að árlegar sveiflur í lífmassa átu fyrir sunnan og norðan séu nokkurn veginn í takt (9. mynd). Rannsóknir Hafrannsóknastofnunarinnar hafa sýnt að þessar sveiflur eru einnig í samræmi við langtímasveiflur átu í öllu norðanverðu Atlantshafi. Það bendir til þess að breytileikinn í átumagni stjórnist að verulegu leyti af hnattrænum þáttum, líklegast tengdum veðurfari, sem hafa áhrif á víðáttumiklu svæði.

Umhverfis- og lífþættir

Línuritín á 10. mynd sýna langtímaþróun nokkurra umhverfis- og lífþátta á Íslandsmiðum. Þessir þættir voru í seinustu tveimur vistfræðiskýrslum m.a. notaðir sem vísbendingar um væntanlega þróun á ástandi sjávar og lífríkis næstu mánuði á eftir. Sökum þess hve seint á árinu

skýrslan kemur út er ekki reynt að spá þetta árið. Línuritín eru þó birt til að hægt sé að glöggva sig á þróun þessara þátta frá fyrra ári. Í því sambandi er rétt að benda á umfjöllun um skylt efni í grein á bls. 31.

Flestar stærðir á línuritunum skýra sig sjálfar, nema helst afkastamark svifþörunga og NAO. Afkastamark er hámarks frumframleiðni svifþörunga við ljósmettun. NAO stendur fyrir „North Atlantic Oscillation” eða Norður-Atlantshafs „loftþrýstings sveifluna”. NAO er mismunur á loftþrýstingi í Lissabon og í Stykkishólmi að vetrarlagi (sjá eftirfarandi heimasíðu <http://www.cgd.ucar.edu/~jhurrell/nao.html>). Milli þessara veðurkerfa blása vestanvindar frá N-Ameríku til Evrópu, missterkir eftir því hve þrýstingsmunurinn er mikill. Sveiflur í NAO og sveiflur í innflæði hlýsjávar á norðurmið eru oft samstíga, einkum þegar frávikin eru stærst í báðar áttir.



3. Stuttar greinar um vistfræði sjávar

Short notes on marine ecology

Svifgróður að vorlagi, sýnataka og mælingar / *Phytoplankton in spring, sampling and measurements*

Kristinn Guðmundsson

Rannsóknir á framleiðni og gróðurmagni að vorlagi, þ.e. síðla í maí og fram í byrjun júní, hafa verið stundaðar árlega frá 1958. Ýmislegt hefur breyst á þessum tíma og

mestallur tækjakosturinn hefur verið endurnýjaður eftir því sem ástæða hefur þótt til (11 mynd). Þess hefur jafnan verið gætt



11. mynd. Geislateglar eru notaðir til að mæla upptöku geislavirks kolefnis þegar frumframleiðni plöntusvifs er metin. Tækin á myndunum voru bæði hönnuð og hið nýrra einnig smíðað á Raunvísindadeild H.Í. Eldra tækið var smíðað árið 1965 en stór gaskútur, rafmótor og glóðarlampar áttu þátt í fyrirferð þess. Geislateglarinn á neðri myndinni (smíðaður 1987) telur samtímis á fjórum síum, en er þó margfalt minni. Ljósmyndir: Jón Friðriksson, Kristinn Guðmundsson.

Figure 11. Geiger-Muller counters are used to measure the primary productivity of phytoplankton. The two models shown were designed, and the newer model built, at the Science Institute, University of Iceland. The model in the upper picture was built in 1965. A large gas flask and several lamps add to its bulk. The lower G.M.-counter was built in 1987 and counts four samples simultaneously despite its drastically reduced size.

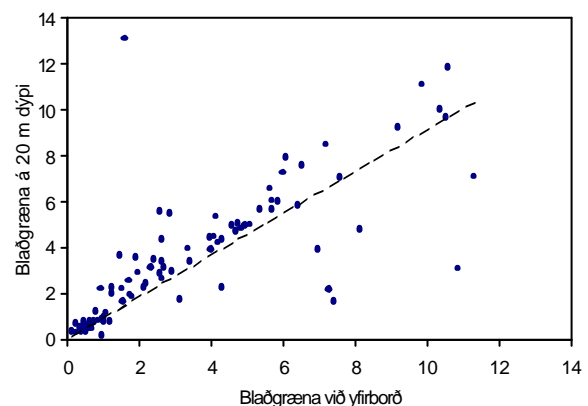


að niðurstöður sem fengist hafa ár hvert séu sambærilegar við eldri gögn. Ýmsar rannsóknir hafa þó bæst við það sem upphaflega var farið af stað með. Árleg kynning á niðurstöðunum hefur birst í skýrslum Hafrannsóknastofnunarinnar, þ. e. gróðurkort sem sýnir magn gróðurs á 10 metra dýpi og lýsing á ástandi gróðurs að vorlagi ásamt öðrum upplýsingum um árferði í sjó umhverfis landið (sjá árskýrslur 1968-93 og umhverfisskýrslur 1994 til 1999). Nú er fyrir hendi gagnagrunnur með niðurstöðum mælinga sem safnast hafa undanfarna fjóra áratugi og í þeim má finna miklar upplýsingar um viðbrögð gróðurs við mismunandi aðstæðum, ekki síst á landgrunninu norðan landsins þar sem umhverfisaðstæður hafa verið síbreytilegar á þessum árum. Styrkur þessarra rannsókna felst m.a. í því hve vel hefur tekist að halda uppi sambærilegri gagnasöfnun öll þessi ár og að rannsóknirnar voru gerðar á svipuðum tíma ár hvert. Það að athuganirnar voru gerðar á svipuðum tíma öll árin er jafnframt takmarkandi þáttur þegar kemur að túlkun gagnanna, því upplýsingar frá öðrum tímum gróðurtímabilsins eru af skornum skammti. Annað einkenni gagnagrunnsins er hve mikil áhersla hefur verið lögð á úthafssvæði og því lítið til af mælingum innan fjarða og flóa. Fyrirliggjandi gögn hafa þegar nýst til ýmissa rannsókna á vistfræði plöntusvifs við Ísland og til mats á frumframleiðni á svæðinu (Þórunn Þórðardóttir 1977, 1986, 1994, Kristinn Guðmundsson 1998).

Í ljósi þess að söfnun gagna með þessu lagi hefur staðið yfir í fjóra áratugi þótti tímabært að endurskoða áherslur í rannsóknum á plöntusvifinu, enda ljóst að hvert ár sem bætist við með óbreyttu sniði breytir litlu um þær niðurstöður sem fá má úr flestum þeim úrvinnslum sem hafa verið reyndar. Tilgangur rannsókna er að fylgjast árlega með ástandi gróðurs að vorlagi. Nú hefur verið ákveðið að upplýsingum um plöntusvifið í vorleiðöngrum

verði einungis safnað með þeim hætti að mæla flúrljómun, sem kvörðuð er á nokkrum stöðum og að taka talninga- og greiningasýni á fáeinum völdum stöðvum umhverfis landið. Upplýsingar um gróðurmagnið fást auðveldlega með flúrljómunarmælingum og þær verða gerðar með tvennu móti. Annars vegar verður dýptardreifing flúrljómunar, ásamt hita, seltu, næringarefnastyrk o.fl., könnuð á hefðbundnu stöðvaneti. Hins vegar verður hafður í gangi síriti sem skráir flúrljómun, hita og seltu í yfirborðssjó í sírennsliskerfi um borð í rannsóknaskipinu, ásamt birtuskilyrðum, tíma og staðsetningu skipsins. Síritinn er að mestu sjálfvirkur eftir að hann hefur verið ræstur í upphafi leiðangurs, en til að umreikna flúrljómunarmælingar í blaðgrænu þarf að taka strjál sýni til kvörðunar. Þau sýni eru mæld með hefðbundnum aðferðum. Með þessu móti má fá góðar upplýsingar um magn gróðurs á Íslandsmiðum, því samkvæmt reynslu er yfirborðssjórinn alla jafnan vel blandaður í efstu 20 metrunum (Kristinn Guðmundsson 1998).

Í vorleiðangri árið 2000 voru kvörðunarsýnin tekin við yfirborðið og á 20 metra dýpi, en ekki reyndist mögulegt að koma við flúrljómunarmælingum á öllum stöðvum sökum annarra verkefna í leiðangrin-



12. mynd. Samanburður á blaðgrænumagni við yfirborð og á 20 metra dýpi.

Figure 12. Comparison of chlorophyll-a concentration at the surface and at 20 m depth.

um. Því var ákveðið að nota kvörðunar-sýnin frá yfirborði til viðmiðunar þegar gróðurkortíð var teiknað og skýrsla ársins um ástand gróðursins var gerð, þó svo að fram að þessu hafi jafnan verið sýnt gróðurmagn á 10 metra dýpi. Við fyrstu sýn, og ekki óvænt, virtust gróðurkortin sem unnin voru frá fyrrgreindum tveimur sýnatökudýpum nánast sýna sömu myndina. Á 12. mynd sést að fylgnin er góð þegar niðurstöður mælinga á 0 og 20 metra dýpi eru bornar saman (frígráður: 95; R^2 : 0.6), þó eðlilega séu einstaka stöðvar þar sem lagskipting hindrar blöndun. Niðurstöður mælinga á blaðgrænu frá 20 metra dýpi voru að jafnaði 10% lægri en í yfirborðssýnum. Sá munur ágerist heldur eftir því sem blaðgrænumagnið eykst.

Heimildir

- Kristinn Guðmundsson 1998. Long-term variation in phytoplankton productivity during spring in Icelandic waters. ICES Journal of Marine Science, 55: 635-653.
- Þórunn Þórðardóttir 1977. Primary production in North Icelandic waters in relation to recent climatic changes. Polar Oceans. SCOR/SCAR Polar Oceans Conference Proceedings, 655-665.
- Þórunn Þórðardóttir 1986: Timing and duration of spring blooming south and southwest of Iceland. Í: Skreslet, S. (ritstj.): The Role of Freshwater Outflow in Coastal Marine Ecosystems. NATO Advanced Study Institute, Series, Vol. 7: 345-360.
- Þórunn Þórðardóttir 1994. Plöntusvif og framleiðni í sjónum við Ísland. Í: Unnsteinn Stefánsson (ritstj.) Íslendingar, hafið og auðlindir þess. Vísindafélag Íslendinga. Ráðstefnurit, 4: 65-88.

Hrygning rauðátu í maí / *Egg production rates of Calanus finmarchicus in May*

Ástþór Gíslason

Inngangur

Rauðáta er algengasta svifdýrið hér við land, en iðulega er 40-80% dýrasvifsins af þessari einu tegund (Ólafur S. Ástþórsson og félagar 1983). Mest er af rauðátu á

vorin og sumrin, einkum í yfirborðslögum sjávar, en á veturna er rauðáta hins vegar sjaldgæf í efri sjávarlögum, en þá hefur hún vetursetu í djúplögum sjávar

Vegna mergðar sinnar hefur rauðátan mikla vistfræðilega þýðingu í hafinu. Til dæmis er hún snar þáttur í fæðu flestra fiskstofna sem nýttir eru hér við land, ýmist sem fæða yngstu lífsstiga fiskanna (lirfu- og seiðastigin) eða uppsjávarfiska, svo sem síldar og loðnu, á síðari aldurskeiðum (Konráð Þórisson 1989, Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1997,

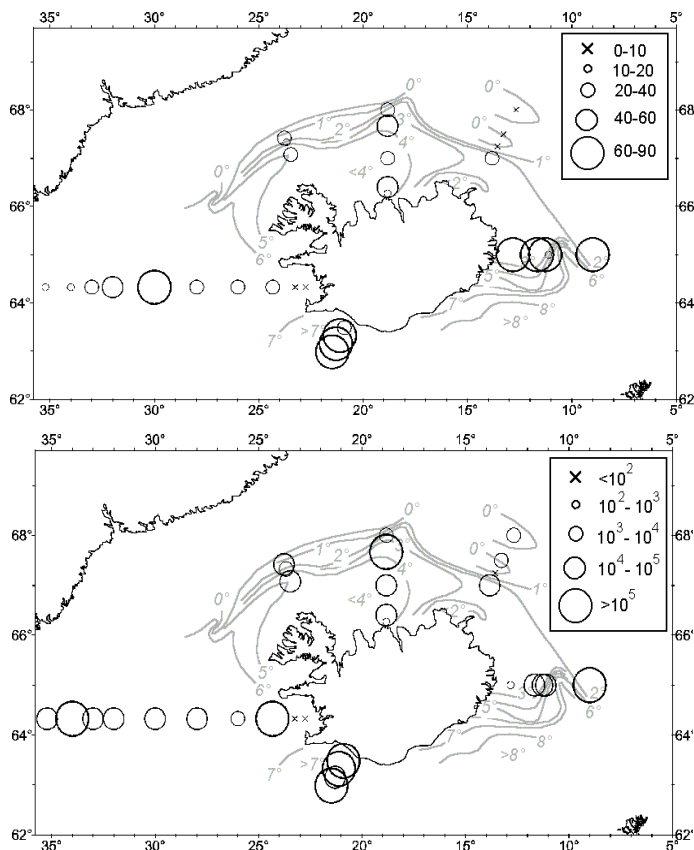
Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 2001). Mergð og framleiðni rauðátu kann því að skipta miklu, bæði fyrir vöxt og afkomu fisklirfanna á vorin - og þar með fyrir árgangastyrk fiskistofnanna - og einnig fyrir göngur, vöxt og viðgang upp-sjávarfiskistofnanna.

Framkvæmd

Í vorleiðangri árið 2000 var hrygning og eggjaframleiðsla rauðátu metin á rannsóknstöðvum umhverfis allt land. Mælingarnar eru gerðar þannig, að rauðátu er haldið lifandi um borð í rannsóknaskipi í sérstökum ílátum við aðstæður sem líkja eftir þeim sem eru í hafinu, og egg sem dýrin hrygna eru talin. Rannsóknirnar eru liður í því að meta þá þætti sem áhrif hafa á framleiðni rauðátu hér við land. Niðurstöðurnar eru sýndar á 13. mynd. Til að tengja niðurstöðurnar breytilegu umhverfi Íslandsmiða er á myndunum einnig sýndur sjávarhiti á 50 m dýpi.

Niðurstöður og umræða

Á 13. mynd a er sýnt hversu mörgum eggjum hver rauðáta hrygndi að meðaltali á einum sólarhring. Fram kemur að eggjaframleiðslan var að jafnaði hæst, annars vegar í skilum kaldsjávar og hlýsjávar fyrir austan land, og hins vegar í hlýjum Atlantssjó á Selvogsbanka. Á báðum þessum svæðum var mikill svifgróður (sbr. 5. mynd), enda ræðst eggjaframleiðsla kvendýranna að verulegu leyti af framleiðni þörunganna. Í Faxaflóa hrygndu þau fáu kvendýr sem fundust mjög fáum eggjum, og hefur vorhrygning rauðátunnar sennilega að mestu verið um garð gengin þegar athugunin var gerð um miðjan maí. Í kaldari sjó fyrir norðan land var eggjaframleiðnin hins vegar fremur lág, og þar sem kaldast var við landið, í Austur-Íslandsstraumi, var nánast engin framleiðsla. Djúpt vestur af landinu, í Grænlandshafi, var talsverð framleiðni, en Grænlandshaf tengist einum af megin-útbreiðslukjörunum rauðátu í N-Atlantshafi.



13. mynd. Eggjaframleiðni rauðátu í hafinu við Ísland 10. maí - 31. maí 2000; a) meðaleggjaframleiðni (egg kvendýr⁻¹ dag⁻¹), b) heildareggjaframleiðni (egg m⁻² dag⁻¹). Gráu línurnar sýna sjávarhita (°C) á 50 m dýpi (sjá einnig 2. mynd c, bls. 10).

Figure 13. Egg production rates of *Calanus finmarchicus* in Icelandic waters, 10 May-31 May. a) individual rates of egg production (eggs female⁻¹ day⁻¹), b) population egg production rate (eggs m⁻² day⁻¹). The gray lines show sea temperature (°C) at 50 m depth (see also Fig. 2 c on page 10).

Heildareggjaframleiðsla rauðátu á ákveðnu svæði ræðst annars vegar af því hversu mörgum eggjum hvert kvendýr hrygnir og hins vegar af mergð kvendýra á svæðinu. Til að fá vitneskju um heildareggjaframleiðsluna þarf því að margfalda saman meðaleggjaframleiðslu hvers kvendýrs á sólarhring (egg kvendýr⁻¹ dag⁻¹) og mergð kvendýranna (földi m²). Úr því reikningsdæmi fæst hversu mörgum eggjum hrygnt er á ákveðnu svæði á einum sólarhring (egg m² dag⁻¹). Niðurstöðurnar eru sýndar á 13. mynd b. Þessi mynd er í sumum atriðum lík hinni fyrri. Til dæmis kemur vel fram hin mikla eggjaframleiðsla á Selvogsbanka. Svæðið er sem kunnugt er megin hrygningarsvæði flestra okkar nytjastofna og mikil framleiðni rauðátu á svæðinu ætti að nýtast vel fisklirfunum sem þar vaxa upp. Þá var heildareggjaframleiðslan í Faxaflóa mjög lág, enda fundust þar eins og áður sagði aðeins fáein kvendýr sem hvert hrygndi aðeins örfáum eggjum (sbr. 13. mynd a). Í Jökuldýpi var hins vegar mikil framleiðsla. Fyrir norðan land var framleiðslan í rauðátustofninum yfirleitt meiri en einstaklingsframleiðnin gefur til kynna vegna þess að þar var mikið af hrygnandi rauðátu. Sérstaklega var heildarframleiðslan mikil við skil tiltölulega hlýs sjávar og pólsjávar djúpt norðvestur, norður og norðaustur af landinu (13. mynd b). Þá var talsverð hrygning í hinum kalda Austur-Íslandsstraumi, jafnvel þótt hver rauðáta hrygndi aðeins örfáum eggjum (13. mynd a), vegna þess að þar var mergð kvendýra talsvert mikil. Í skilunum út frá Austurlandi var heildarframleiðsla rauðátu hins vegar minni en einstaklingsframleiðslan gefur til kynna. Stafar það af því að þar var fjöldi kvendýra tiltölulega lítill. Í Grænlandshafi var framleiðsla alls stofnsins, eins og einstaklingsframleiðnin, tiltölulega há.

Mælingar á eggjaframleiðni rauðátu um

borð í rannsóknaskipi eru fremur einfaldar í framkvæmd, og þær eru ekki mjög viðkvæmar gagnvart breytingum á umhverfisaðstæðum sem kunna að verða á meðan á þeim stendur (Hirche 1996). Þótt mælingarnar séu gerðar við tilraunaaðstæður gefa þær því engu að síður góðar vísbendingar um eggjaframleiðni og þar með nýliðun rauðátunnar úti í náttúrunni. Hjá rauðátu er nýliðunin nátengd vextinum. Til dæmis er eggjaframleiðsla kvendýranna í raun vöxtur þeirra, því að öll umframorka þeirra fer í það að framleiða egg. Af þessum sökum er eggjaframleiðsluáferðin hentugt tæki til að meta svæðabundinn og árstíðabundinn breytileika í framleiðni rauðátu og áhrif umhverfispáttá á framleiðnina. Fyrirhugaðar eru frekari rannsóknir á eggjaframleiðni rauðátu hér við land, þar sem leitast verður við að meta áhrif umhverfispáttá og svifþörungá á framleiðnina.

Heimildir

- Ástþór Gíslason, Ólafur S. Ástþórsson 2001. The food of Norwegian spring spawning herring in the western Norwegian Sea in relation to the annual cycle of zooplankton. *Sarsia*, í prentun.
- Hirche, H.-J. 1996. The reproductive biology of the marine copepod, *Calanus finmarchicus* – a review. *Ophelia* 44:111-128.
- Konráð Þórisson 1989. The food of larvae and pelagic juveniles of cod (*Gadus morhua* L.) in the coastal waters west of Iceland. *Rapports et Procés-Verbaux des Réunions. Conseil international pour l'Exploration de la Mer* 191:264-272.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ingvar Hallgrímsson & Guðmundur S. Jónsson 1983. Variations in zooplankton densities in Icelandic waters in spring during the years 1961-1982. *Rit Fiskideildar* 7:73-113.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason 1997. On the food of capelin in the subarctic waters north of Iceland. *Sarsia* 82:81-86.

Lífríki á hörðum botni / *Rocky bottom biota.*

Anton Galan

Markmið og aðferðir

Langtímamarkmið þessara rannsókna er að afla grundvallarþekkingar á lífríki á hörðum botni á grunnsævi, lýsa tegundasamsetningu og samfélagsgerð umhverfis Ísland. Rannsóknarsnið hafa þegar verið athuguð fyrir norðan, vestan og sunnan land. Á sniðum var kafað á 6 stöðvum, þ.e. á 5, 10, 15, 20, 25 og 30 m dýpi. Á hverri stöð voru athugaðir 4 reitir, hver um sig $\frac{1}{4}$ úr fermetra (samtals 1 fermetri). Ljósmynd var tekin af hverjum reit og síðan var öllum lífverum safnað innan reitsins. Lífverur voru greindar til tegunda og þær vigtaðar og taldar

Samfélög lífvera

Harður botn er algengur umherfis Ísland ofan 30 metra dýpis. Lífríki þar hefur nær ekkert verið rannsakað, vegna þess að hentugar aðferðir hefur skort. Algengasta samfélag lífvera á hörðum botni umhverfis Ísland er þaraskógur og er stórþari (*Laminaria hyperborea*) mest áberandi. Fyrir norðan land geta þaraskógar náð frá fjörumörkum niður á um 30 metra dýpi. Í Breiðafirði, ná þaraskógar niður á um 20 metra dýpi, en við suðurströndina einungis niður á um 15 metra dýpi. Þar fyrir neðan taka við samfélög með dýrum sem sía fæðu ur sjónum. Þar eru öðuskeljarsamfélagið (*Modiolus modiolus*) og náhandar-samfélagið (*Alcyonium digitatum*) ríkjandi niður á um 30 metra dýpi.



14. mynd. Ígulker á beit í þaraskógi í Breiðafirði. Steinninn sem þarinn vex á gefur til kynna hversu berangurslegur botninn verður ef þarinn er fjarlægður. Ljósmynd Anton Galan.

Figure 14. Sea urchins feeding on kelp in Breiðafjörður, W-Iceland. The large rock on which the kelp grows indicates how barren the bottom becomes if all kelp is removed.

Breytingar á samfélögum

Þaraskógarnir einkennast af mikilli frumframleiðni og miklum fjölbreytileika. Hverfi þaraplönturnar, hverfa mikilvæg búsvæði þörunga og dýra á festum, stilkum og blöðkum þeirra. Eftir stendur fábreytt kalkskánarsamfélag með lítilli framleiðni. Mikil beit ígulkerá eins og skollakopps (*Strongylocentrotus droebachiensis*) getur breytt þaraskógi í kalkskánarsamfélag. Slíkar kollsteypur í samfélögum hryggleysingja, eins og þegar þaraskógar eyðast og svæðin sem þeir þöktu áður breytast í berangur, gerast sjaldan, jafnvel með áratuga millibili.

Niðurstöður frá Vestmannaeyjum

Niðurstöður þessara rannsókna gefa grundvallarupplýsingar („baseline“), sem hægt er að nota til samanburðar við frekari rannsóknir síðar. Í nýlegri ritgerð (Galan, 2000) voru þessar upplýsingar notaðar til að bera saman fjölbreytni krabbadýrasamfélaga við Surtsey og Heimaey. Fjölbreytni (F) er reiknuð þannig:

$$F = (S-1) / \ln N$$

þar sem S er fjöldi tegunda og N er fjöldi dýra

Niðurstöðurnar sýndu álíka fjölbreytni, á milli sniða austur af Surtsey, árin 1992 og

1997, og sniða við Heimaey 1996. Niðurstöður gefa til kynna að lífríki á hörðum botni við austurströnds Surtseyjar hafi náð álíka fjölbreytileika eins og lífríkið við eldri eyjar Vestmannaeyja. Suður- og vesturströnd Surtseyjar hefur ekki náð sömu fjölbreytni vegna óstöðuleika botnsins af völdum ölduróts. Í þessari rannsókn hafa greinst fjórar nýjar tegundir krabbadýra fyrir fánu Íslands.

Heimildir

Galan, A. 2000. Benthic Amphipoda and Isopoda (Crustacea) from the sublittoral zone off Surtsey and Heimaey south of Iceland. Surtsey Research 11: 89 - 96.

Útbreiðsla botndýrasamfélaga / *The distribution of benthic communities*

Sigmar A. Steingrímsson

Botndýr eru lífverur sem grafa sig niður í sjávarbotn, lifa á botninum eða eru á sundi nálægt botni. Mestur hluti ætis botndýra er

lífrænt efni úr yfirborðslögum sjávar, sem hefur sokkið til botns. Á hafsvæðum þar sem mikið er af lífrænum efnum má oft finna gróskumikil samfélög botndýra með miklum þéttleika dýra og mikilli framleiðni. Botndýr eru því mikilvægur hlekkur í því að tryggja hringrás næringarefna í hafinu og þau eru einnig mikilvæg sem æti fyrir botnfiska.

Árin 1895 og 1896 voru gerðar alhliða athaganir í náttúrufræðum á hafsvæðinu

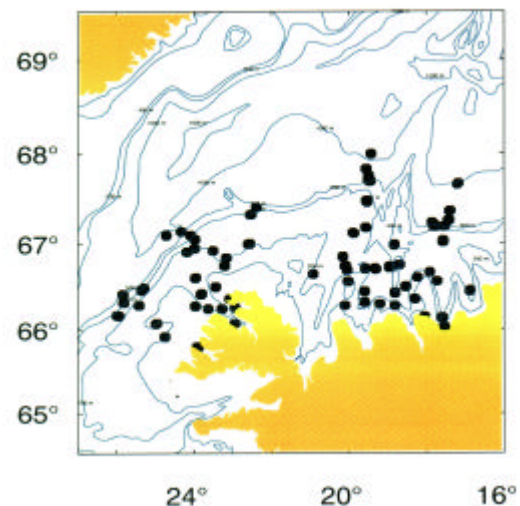
við Ísland á danska varðskipinu Ingolf. Árangur rannsóknanna birtist í ritinu Den Danske Ingolf-Expedition á árunum 1898-1950. Helsta þekking okkar á útbreiðslu botndýra byggja á niðurstöðum þessara leiðangra og á rannsóknum nokkurra vísindamanna á öndverðri síðustu öld. Hlé var á skipulögðum botndýrarannsóknum um margra ára skeið en þær hófust á ný árið 1964 við upphaf rannsókna á dýralífi við Surtsey (Aðalsteinn Sigurðsson 1974, Surtseyjarfélagið 2000). Á síðari árum hafa verið gerðar ýmsar staðbundnar rannsóknir á botndýrum, einkum á grunnsævi og í fjörum, á vegum Hafrannsóknastofnunarinnar og Líffræðistofnunar Háskólans (t.d. Arnþór Garðarsson og Kristín Aðalsteinsdóttir 1977). Auk lærðra vísindamanna hafa nokkrir íslenskir áhugamenn með elju sinni og skarp-skyggni aflað ómetanlegrar vitneskju um botndýr við landið og útbreiðslu þeirra.

Árið 1992 hófst rannsóknaverkefnið *Botndýr á Íslandsmiðum (BIOICE)*. Markmið rannsókna er að fá heilsteypt yfirlit um útbreiðslu botnlægra tegunda innan lögsögu Íslands og meta hversu algengar tegundirnar eru. Rannsóknirnar eru samstarfsverkefni Hafrannsóknastofnunar, Náttúrufræðistofnunar Íslands, Háskóla Íslands og Sandgerðisbæjar. Auk þess hefur verkefnið verið kostað af umhverfisráðuneyti og styrkt af ýmsum erlendum og innlendum styrktarsjóðum, m.a. af Rannsóknaráði Íslands. Samstarf við erlenda fræðimenn er mikilvægur hluti verkefnisins. Um þessar mundir vinna tæplega eitt hundrað vísindamenn, víða um heim, við greiningar á sýnum BIOICE-verkefnisins (Guðmundur Guðmundsson o. fl. 1999).

Legu landsins á stóran þátt í alþjóðlegum áhuga á botndýrarannsóknum hér við land. Ísland hvílir á næðansjavarhrygg, sem liggur frá Skotlandi til Grænlands. Hryggurinn er líkt og stíflugarður, er torveldar djúpsjó í norðurhöfum að blandast við hlýjan Atlantssjó sem leikur um sjávarbotninn sunnan hryggjarins. Á okkar hafsvæðum

eru því skarpar andstæður milli kalds og hlýs sjávar, sem mynda landamæri milli ólíkra lífheima þar sem mismunandi líf-samfélög búa. Íslensk hafsvæði eru því kjörin til að rannsaka m.a. þau öfl sem áhrif hafa á útbreiðslu botndýra

Um þessar mundir er Hafrannsóknastofnunin að hefja kortlagningu sjávarbotns við Ísland með nýjum fjölgeisladyptarmæli. Auk þess sem mælirinn gefur upplýsingar um botnlag má einnig nota upplýsingarnar til þess að áætla hörku sjávarbotns og til að flokka hafsvæði eftir eiginleikum hans (t.d. sand-, leir- eða malarbotn). Búsvæði botndýra þurfa að uppfylla ákveðin skilyrði til þess að dýrin fái þrifist og er hentug botngerð eitt mikilvægasta skilyrðið fyrir tilvist tegunda og samfélaga þeirra. Fyrirhuguð kortlagning sjávarbotns (landslag og botngerð) og skilgreining á samfélögum botndýra og útbreiðslu þeirra, mun leggja grunn að lýsingu búsvæða botnfiska í hafinu við Ísland.



15. mynd. Staðsetning sýna, sem notuð voru í rannsókninni. Sýnin voru tekin í tveimur leiðöngrum BIOICE, á norska rannsóknaskipinu Håkon Mosby.

Figure 15. Locations of samples used in the present study. The samples were taken during two cruises on the Norwegian RV Håkon Mosby .

1. tafla. Meginsamfélög skeldýra fyrir Norðurlandi, landgrunns- og djúpsjárvarsamfélag, byggt á hlutfallslegum fjölda dýra í sýni. Sýndar eru helstu einkennistegundir samfélaganna og vísitala um vægi tegunda innan þeirra.

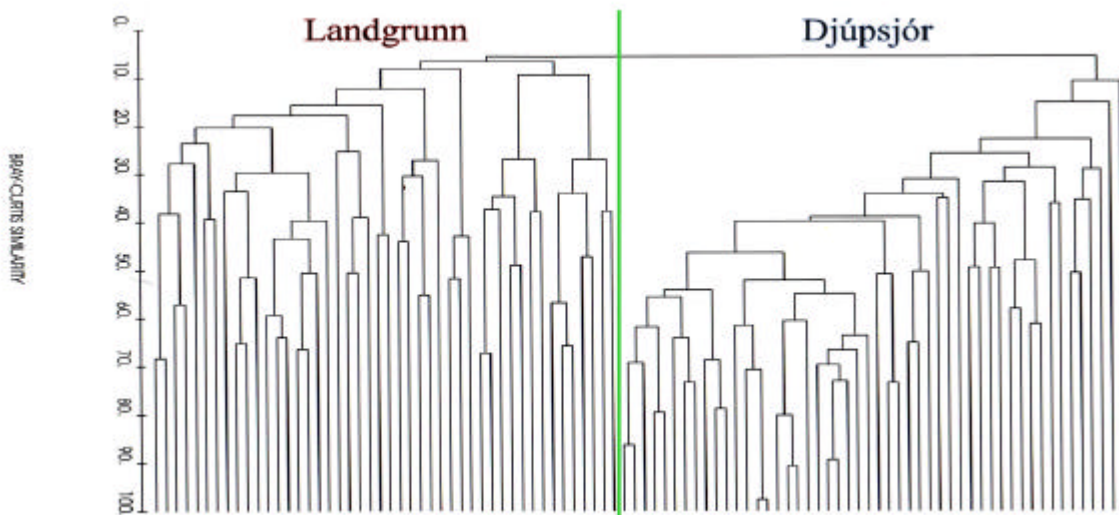
Table 1. Main types of bivalvia communities north of Iceland. Landgrunn = continental shelf, Djúpsjór = deep sea water. Key species are shown together with an index of their relative importance.

Samfélag	Hópur	Tegund	Latneskt heiti	Vísitala
Landgrunn	samloka	auðnuskel	<i>Crenella decussata</i>	31,3
	hyrnuskel		<i>Antalis entale</i>	21,1
	samloka	sauðaskel	<i>Astarte sulcata</i>	6,7
	samloka	trönuskel	<i>Nuculana pernula</i>	6,2
Djúpsjór	samloka	(búlða)	<i>Thyasira pygmaea</i>	33,8
	samloka	bugðukesja	<i>Cuspidaria subtorta</i>	17,4
	samloka	(búlða)	<i>Thyasira dunbari</i>	15,8
	hyrnuskel		<i>Siphonodentalium lobatum</i>	9,7

Á vegum Hafrannsóknastofnunarinnar er nú unnið við rannsóknir á flokkun og skilgreiningu samfélaga skeldýra í Íslandshafi, byggðar á gögnum BIOICE-verkefnisins. Sýni voru tekin á 96 stöðum fyrir Norðurlandi, frá Grænlandssundi austur að Sléttugrunni (á 18-1146 m dýpi, 15. mynd).

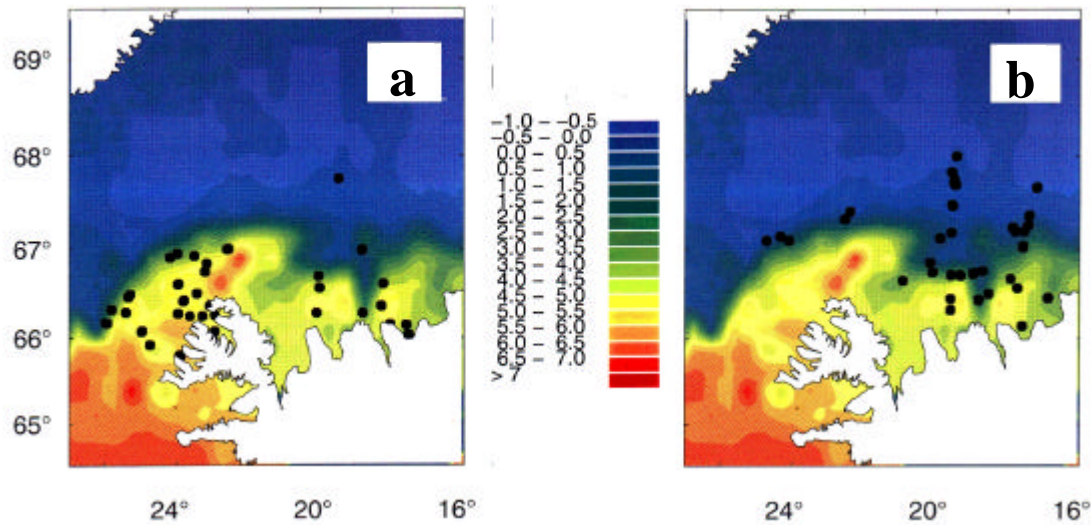
Í Rannsóknastöðinni í Sandgerði voru skeldýr flokkuð frá öðrum dýrahópum í sýnun-

um og þaðan send til sérfræðinga og íslenskra áhugamanna um skeldýr, sem greindu dýrin til tegunda. Nöfn tegunda og fjöldi einstaklinga í hverju sýni voru skráð í gagnagrunn BIOICE, sem einnig geymir upplýsingar um umhverfi dýranna á hverjum söfnunarstað. Fyrir sérhverja tegund var áætlaður hlutfallslegur fjöldi dýra í hverju sýni. Reiknuð var vísitala skyld-



16. mynd. Niðurstöður klasagreiningar á botnsýnum sem tekin voru fyrir Norðurlandi. Sýni skeldýra skiptust í tvo hópa við 4,8% skyldleika, landgrunns- og djúpsjárvarsamfélag.

Figure 16. The results of cluster analysis of bottom samples taken off North Iceland. Bivalve samples became segregated into two groups at 4.8 % similarity, the continental shelf community and the deep sea community.



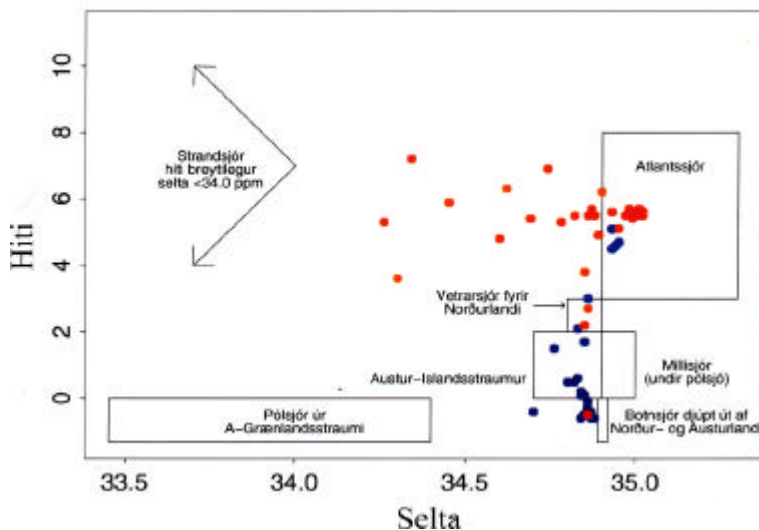
17. mynd. Útbreiðsla megin-samfélaga skeldýra fyrir Norðurlandi, miðað við sjávarhita við botn. a) landgrunnssamfélag, b) djúpsjávarsamfélag. Dreifing hita (meðalhiti við botn) er byggð á gagnagrunni Hafrannsóknastofnunarinnar um mælingar gerðar á tímabilinu 1934-1996.

Figure 17. The distribution of main communities of bivalves off the North coast compared to the average bottom temperature during 1934-1996. a) the continental slope community, b) the deep sea community.

leika fyrir hvert par af sýnum, sem segir til um það hversu lík þau voru með tilliti til hvaða tegundir voru í sýnunum og hlutfallslegan fjölda eintaka af hverri tegund. Vísitalan 100 þýðir að í báðum sýnum voru nákvæmlega sömu tegundir og fjöldi sérhverrar tegundar sá sami, en vísitalan 0 þýðir að ekkert var sýnunum sameiginlegt. Greint var á milli ólíkra samfélaga skeldýra með svokallaðri klasagreiningu,

sem flokkar sýni eftir áður nefndum vísi-tölum. Einnig voru ákvarðaðar einkennis-tegundir hvers samfélags.

Niðurstöður sýndu að í hafinu fyrir Norðurlandi voru tvö megin-samfélög skeldýra sem voru mjög lítið skyld (meðalskyld-leiki 4,8%, 16. mynd). Annað samfélagið var á landgrunninu (18 – 400 m dýpi, land-grunnssamfélag) og hitt á djúpu vatni (> 300 m dýpi, djúpsjávarsamfélag).



18. mynd. Megin-sjógerðir við Ísland, skilgreindar út frá seltu og hita sjávar. Sýnd er staðsetning sýna, sem notuð voru í rannsókninni, samkvæmt mælingum á seltu og hita gerðum í leiðöngrum BIOICE. Landgrunnssamfélag (gráir punktar), djúpsjávarsamfélag (svartir punktar).

Figure 18. Main types of water masses around Iceland defined by their salinity and temperature. Also shown is the salinity and temperature just above each sampling site in this survey. Grey = continental shelf samples, black = deep sea samples.

Einkennistegundir samfélaganna voru ákvarðaðar út frá því hversu jafna dreifingu tegund hafði innan samfélags. Á þeim mælikvarða einkenndu auðnuskel og hrynuskelin *Antalis entale* samfélag skeldýra á landgrunni (1. tafla) en samlokur af ættkvísl búlda og bugðukesja djúpsjárvarsamfélagið.

Nokkrar sjógerðir finnast í Íslandshafi og Grænlandssundi. Landgrunnssamfélagið var yfirleitt í fullsöltum eða blönduðum Atlantssjó og útbreiðsla takmörkuð við landgrunnið niður á um 400 m (17. og 18. mynd). Djúpsjárvarsamfélagið var einkum utan landgrunns (> 300 m) og nær eingöngu í köldum sjó (djúpsjárbotnsjó og Austur-Íslandsstraumi), þar sem breytingar í hita og seltu eru litlar. Þannig móta ólík haffræðileg skilyrði við landið útbreiðslu botndýra við Ísland, á þeim stóra mælikvarða sem hér hefur verið lýst. Innan þessara meginsvæða ræður botngerð trúlega miklu um hvar einstakar tegundir er að finna og formar samfélög dýranna. Næstu skref rannsókna verða að greina á milli mismunandi samfélaga innan

meginsamfélaganna tveggja, landgrunns- og djúpsjárvarsamfélagsins, lýsa hvaða tegundir einkenna þau og meta hvaða þættir í umhverfi þeirra, aðrir en sjógerðir, móta samfélögin.

Heimildir:

- Aðalsteinn Sigurðsson 1974. Benthosfauna bei Surtsey/Island. Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein. Kiel, 44: 5-12
- Arnþór Garðarsson og Kristín Aðalsteinsdóttir, 1977. Rannsóknir í Skerjafirði. I. Botndýralíf. Niðurstöður könnunar í júní 1975, Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 9, 82 bls.
- Guðmundur Guðmundsson, Sigmar Arnar Steingrímsson og Guðmundur Víðir Helgason 1999. Rannsóknaverkefnið Botndýr á Íslandsmiðum. Náttúrufræðingurinn 68 (3-4): 225-236.
- Guðmundur Víðir Helgason og Jörundur Svavars-son 1991. Botndýralíf í Þerneyjarsundi, Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 30, 33 bls.
- Surtseyjarfélagið 2000. Surtsey Research Progress Report 11, Gutenberg, Reykjavík, 143 bls.

Hugleiðingar um umhverfisspár / *About environmental predictions*

Konráð Þórisson

Á undanförunum áratugum hefur ýmislegt verið rætt og ritað, sem tengist umhverfisspám (t.d. Þórunn Þórðardóttir 1977, Jakob Jakobsson 1980, Svend-Aage Malmberg 1986, Magnús Jónsson 1992, Malmberg og Blindheim 1994, Jón Ólafsson 1985, 1999). Enn hefur þó ekki verið gerð samanburðarúttekt á öllum helstu umhverfis- og lífþáttum og samspili þeirra. Grein þessari er fyrst og fremst ætlað að vekja athygli á því að ýmis tengsl milli umhverfispátta innbyrðis og milli umhverfispátta og lífþátta hafa lítið verið rannsökuð fyrir íslensk hafsvæði. Þar liggja því hugsanlega ónotaðir spámöguleikar, sem vert er að rannsaka betur en gert hefur verið.

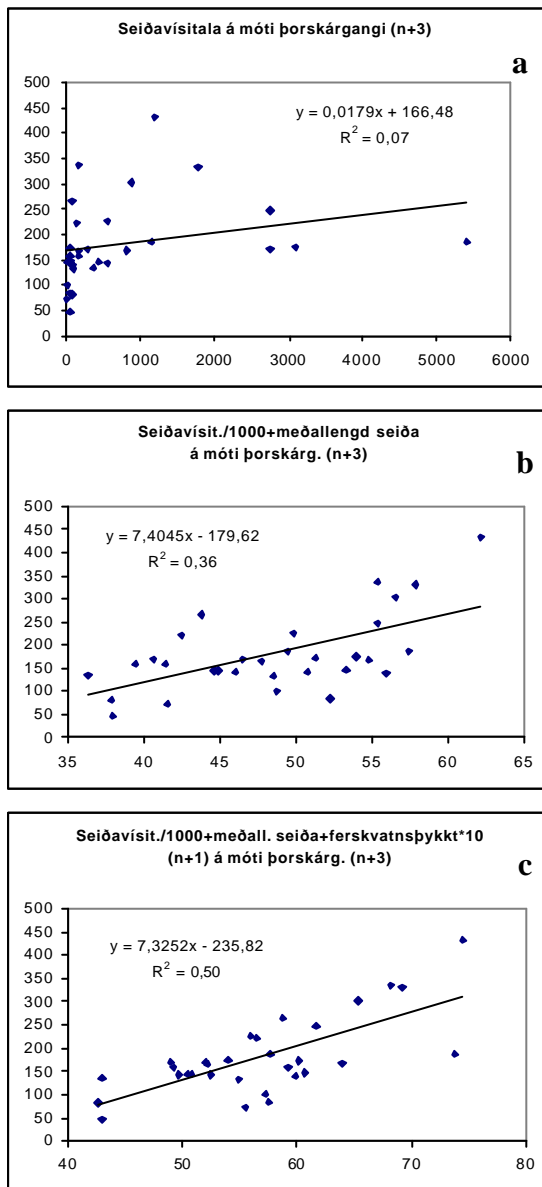
Í síðustu tveim vistfræðiskýrslum var gerð tilraun til að spá fyrir um þróun ýmissa umhverfispátta það sem eftir lifði sumars viðkomandi ár (Anon. 1999, 2000). Einnig var reynt að meta hvort hugsanleg áhrif þessara umhverfispátta yrðu jákvæð eða neikvæð fyrir vöxt og viðgang fiskseiða, loðnu og þorsks. Í þessari grein er fjallað lítillega um árangur umræddra spátílauna. Þá er minnst á möguleika á samsettum umhverfisvísium. Að lokum er nefndur umhverfisvísir, sem hugsanlega gæti nýst í slík spálíkön, en það er lega svokallaðra „norðurskila” Golfstraumsins austur af Bandaríkjunum. Hvort og þá hvernig lega þessara skila tengist öðrum umhverfis- og lífþáttum er raunar umdeilt.

Spárnar í vistfræðiskýrslunum hafa að mestu einskorðast við hafsvæðin norður af Íslandi, þar sem breytileiki umhverfispátta er hvað mestur. Þeir umhverfispáttir sem reynt var að spá fyrir um eru eftirfarandi: 1) hiti, 2) selta, 3) streymi hlýsjávar inn á norðurmið og 4) framboð næringarefna á norðurmiðum. Lífþáttir í spánum hafa einkum verið þessir: 5) framleiðni svifþörungna fyrir norðan land, 6) átumergð á norðurmiðum, 7) afkoma þorskseiða, 8) afkoma ýsuseiða, 9) vöxtur loðnu og 10) vöxtur þorsks. Spárnar hafa að grunni til einkum byggst á mælingum á sjávarhita og seltu fyrir norðan land í febrúar auk upplýsinga um ýmsa lífþætti frá árinu áður.

Í ofanefndum tilraunum til að spá sumar-ástandi fyrir norðan land var einnig notaður sem vísbending loftþrýstingsmunur að vetri, milli Azoreyja og Stykkishólms, svokölluð NAO-vísitala (North Atlantic Oscillation index). Vetrargildi NAO (Hurrell 1995) geta bætt spálíkön um þróun ýmissa umhverfis- og svifþátta. Hins vegar bæta þau aðeins óverulega umhverfistengda spá um fiskistofna og því hafa NAO-gildin ekki verið notuð í því samhengi.

Á 19. mynd má sjá dæmi um hvernig spá um nýliðun þriggja ára þorsks batnar þegar notaðir eru fleiri en einn umhverfiseða lífþáttur sem grunnur að spánni. Með ólínulegum aðferðum má sýna fram á nánari tengsl milli þátta, en hér er einungis verið að benda á möguleika, sem þarf að athuga betur. Á mynd 19 a sést að samband seiðavísitölu þorsks við nýliðun þremur árum síðar er ekki marktækt (með því t.d. að nota lógariþma af seiðavísitölu má þó bæta sambandið). Á mynd 19 b er seiðavísitala og meðallengd seiðanna borin saman við nýliðun þremur árum síðar. Samband þessara stærða er marktækt, en skýrir þó ekki nema 36 % breytileikans. Á mynd 19 c er svo bætt við á x-ás reiknaðri ferskvatnsþykkt á Látra-bjargssniði ári síðar, en reiknuð fersk-

vatnsþykkt er mælikvarði á styrk strandstraums við landið. Samband þessarar samsettu vísitölu og nýliðunar ($R^2=0,50$), er nánara en þegar eingöngu er tekið mið af seiðunum. Að ferskvatnsþykkt ári síðar, þ.e. þegar þorskurinn er á 2. ári, skuli bæta fylgnina er hins vegar óútskýrt og ólíklegt



19. mynd. Samanburður á fjölda 3 ára þorska og þriggja mismunandi vísitalna (útskýringar yfir myndunum).

Figure 19. Number of 3 year old cod recruits compared to three indices: a) number of 0-group juveniles, b) number and average size of juveniles c) an index of numbers and average size of juveniles, and the strength of the coastal current.

að ferskvatnið hafi þarna bein áhrif. Líklegra er að um sé að ræða sameiginlegan orsakavald sem hefur áhrif á bæði ferskvatnsþykkt og lífslíkur ungborsksins. Hér gæti t.d. verið um að ræða ríkjandi vindáttir á svæðinu (Jón Ólafsson 1999), en þær hafa áhrif á lagskiptingu og uppblöndun sjávar, sem aftur ræður miklu um frumframleiðni þörunga. Ef til vill eru áhrif þessara þátta á seiðin (þ.e. haustið áður), þegar komin inn í vísitölur um seiðafjölda og meðallengd seiðanna.

Lauslegt mat á árangri spátílauna í áður nefndum vistfræðiskýrslum sýnir að flestar spár um þróun umhverfisþátta hafa gengið eftir svo og spár um svifþörunga, átu og jafnvel seiði (sem þó er erfiðara að staðfesta) og virðast þessar spár að meðaltali hafa staðist í níu af hverjum tíu tilvikum. Hins vegar hefur gengið illa að spá um áhrif þessara þátta á fiskstofna, en þær spár hafa einungis ræst í einu af fjórum tilvikum, sem er lægra en ef tilviljun væri látin ráða spánni (ath. að tilvik eru afar fá). Spámönnum er þó nokkur vorkunn, þar sem þeir byrja spátílaunir sínar á árum þar sem útbreiðsla þorsks og loðnu skaraðist óvenju lítið, sem aftur leiddi til óvenju hægs vaxtar hjá þorski (sbr. misræmi ferlanna fyrir árin 1999-2001 á 20. mynd). Meginástæðan fyrir lélegum spám um vaxtarskilyrði fiska í undangengnum vistfræðiskýrslum er samt ófullnægjandi spálíkön. Á næstu árum er ætlunin að þróa spálíkönin og umhverfisvísa svo bæta megi spárnar.

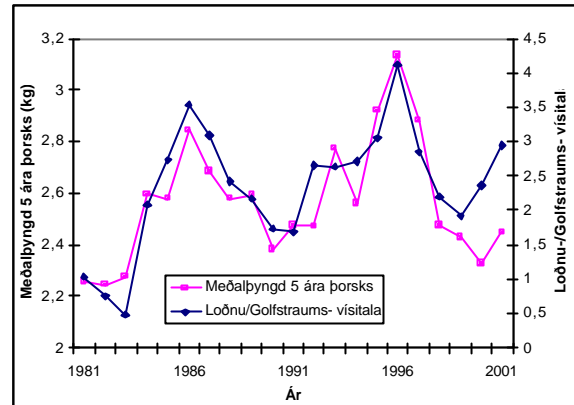
Undanfarna áratugi hefur sífellt verið að koma betur í ljós hvað umhverfis- og lífþættir alls Norður-Atlantshafsins eru tengdir innbyrðis (Dickson et al. 1988, Jakob Jakobsson 1992). Tilraunir manna til að skilja samhengi þessara kerfa hafa leitt í ljós að brautir lægða í lofthjúpnun og rennsli hafstrauma skipta þar miklu máli. Í öflugum hafstraumakerfum er mikil tregða og þau geta því gefið vísbendingar um væntanlega þróun bæði umhverfis- og lífþátta marga mánuði fram

í tímanna á víðáttumiklum hafsvæðum.

Legu Golfstraumsins út af austurströnd Bandaríkjanna (á 65-79°W) er ein slík vísbending, sem e.t.v. má nota til að spá fyrir um framvindu umhverfis- og lífþátta norðar í Atlantshafi (Taylor og Stephens, 1980). Þar sem Golfstraumurinn sveigir út frá meginlandinu (milli 30° og 40° N) er straumurinn ekki í föstum farvegi heldur færast ýmist suður eða norður eftir því hversu öflugur hann er, en einnig hafa ríkjandi vindáttir þar áhrif. Áðurnefndur þrýstingsfallandi lofthjúpsins milli suðurs og norðurs yfir Norður-Atlantshafi (NAO), stýrir einmitt brautum lægða yfir hafið frá vestri til austurs. Þess má geta í því sambandi, að sveiflur í takt við sveiflur í NAO koma fram í stöðu norðurskila Golfstraumsins tveimur árum síðar (Taylor and Stephens 1998).

Frá árinu 1966 hefur legu norðurskila Golfstraumsins verið skráð mánaðarlega á nokkrum stöðum. Vegið meðaltal þeirra mælinga er notað sem vísitala á legu norðurskilanna í heild og er hægt að nálgast þær vísitölur á vefslóðinni www.pml.ac.uk/gulfstream. Mikill breytileiki er í mánaðameðaltölunum og því eru hér notuð ársmeðaltöl.

Enn hefur spágildi umræddra umhverfisvísa einungis verið kannað lauslega, en þó er þegar ljóst að legu Golfstraumsmarka frá árinu áður getur bætt fylgnistuðla í spámódelum með samsettum umhverfisvísnum. Ólíklegt er að hér sé um beint orsakasamband að ræða. Líkleggra er að hnattrænar „fasa“-breytingar í veðurfari hafi áhrif á báða þætti. Hér er ekki ætlunin að reyna að skýra hvernig eða hvers vegna einn þáttur breytist í takt við annan, einungis að benda á að sennilega leynast meiri upplýsingar í þeim gögnum sem þegar eru fyrir hendi. Sem dæmi má nefna að stærð loðnustofnsins og meðalþyngd 3ja ára loðnu á ákveðnu ári skýrir um 38 % breytileikans í stofnstærð loðnu ári síðar (Anon. 1992, Anon. 2001). Ef hins vegar Golfstraumsmörkum (n-1) er bætt



20. mynd. Þyngd 5 ára þorsks m.v. loðnustofn og norðurskil Golfstraumsins ári áður.

Figure 20. Weight of 5 year old cod compared to an index of capelin stock size and the position of the north wall of the Gulf stream.

inn í líkanið eykst fylgnin ($R^2 = 0,52$). Annað dæmi: Vel þekkt samband er milli stofnstærðar loðnu og meðalþyngdar þorskárganga á sama ári (Svend-Aage Malmberg 1986). Í spálíkani þarf hins vegar að nota stofnstærð loðnu einu ári fyrir til að spá um vöxt þorsks á ákveðnu ári og það samband skýrir t.d. um 54% breytileikans í meðalþyngd 5 ára þorsks (hærri fylgni hjá 6 ára þorski). Ef hins vegar Golfstraumsmörkum frá árinu áður er bætt inn í líkanið verður sambandið enn nánara ($R^2 = 0,70$) eins og sést á 20. mynd. Þrátt fyrir sterkari tengsl lagast þó ekki ósamræmið seinustu 2-3 árin.

Þörf er á mun ítarlegri skoðun á samspili umhverfis- og lífþátta, er tengjast Íslenskum hafsvæðum. Þar má t.d. nefna samspil veðurs og sjávar. Einnig þarf að finna líklegar skýringar, sem styðja eða hafna þeim marktæku samböndum sem finnast því þegar leitað er tengsla í stóru gagnasafni aukast möguleikar á sjálffylgni (auto-correlation) og tilviljanatengslum (Walters og Collie 1988).

Þess má að lokum geta að gerð hefur verið sérstök rannsóknáætlun fyrir næsta ár um skipulagða, leit að marktækum samböndum milli umhverfisþátta og vistkerfa

sjávar hér við land. Að því loknu mun þverfaglegur hópur sérfræðinga meta trúverðuleika fundinna sambanda og leggja til hugmyndir um prófanir og hugsanlega samþættingu niðurstaðna. Endanlegt markmið þessarar vinnu er að bæta umhverfistengd spálíkön.

Það er yfirlýst stefna Hafrannsóknastofnunarinnar að efla beri þróunarvinnu við slík líkön og það er sannfæring höfundar að fyrr eða síðar muni sú vinna skila sér í nægjanlega nákvæmum umhverfistengdum spám, sem geti veitt stuðning við stofnstærðarútreikninga stofnunarinnar.

Þakkir:

Ástþóri Gíslasyni, Höskuldi Björnssyni, Sigfúsi A. Schopka og Svend-Aage Malmberg eru þakkaðar góðar ábendingar.

Heimildir:

- Anon. 1992. Nytjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1992. Aflahorfur fiskveiðiárið 1992/1993. Hafrannsóknastofnun. Fjölrit nr. 29, 147 s.
- Anon. 1999. Þættir úr vistfræði sjávar 1997 og 1998. Hafrannsóknastofnun. Fjölrit nr. 73, 48 s.
- Anon. 2000. Þættir úr vistfræði sjávar 1999. Hafrannsóknastofnun. Fjölrit nr. 77, 31 s.
- Anon. 2001. Nytjastofnar sjávar 2000/2001. Aflahorfur fiskveiðiárið 2001/2002. Hafrannsóknastofnun. Fjölrit nr.80, 177 s.
- Dickson, R. R., J. Meincke, S. A. Malmberg, and A. Lee 1988. The "great salinity anomaly" in the northern North Atlantic 1968-1982. *Prog. Oceanog.* 20:103-151.
- Hurrell, J.W., 1995: Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation. *Science*: Vol. 269, pp. 676-679.
- Jakob Jakobsson 1992. Recent variability in the fisheries of the North Atlantic. *ICES mar. Sci. Symp.* 195:291-315.
- Jakob Jakobsson 1980. The North Icelandic herring fishery and environmental conditions, 1960-1968. *Rapp. P.-v. Réun. Conc. int Explor. Mer*, 185: 179-187.
- Jón Ólafsson 1985. Recruitment of Icelandic haddock and cod in relation to variability in the physical environment. *ICES C.M.1985/G:59*.
- Jón Ólafsson 1999. Connections between oceanic conditions off N-Iceland, Lake Mývatn temperature, regional wind direction variability and the North Atlantic Oscillation. *Rit Fiskideildar* 16: 41-57.
- Magnús Jónsson 1992. Þorskurinn og veðrið. *Sjómannablaðið Víkingur* 11.-12. tbl.: 30-31.
- Svend-Aage Malmberg, 1986. The ecological impact of the East Greenland Current on the North Icelandic Waters. Í *S.Skreslet (ritstj.)*. *The Role of Freshwater Outflow in Coastal Marine Ecosystems*, Springer-Verlag, Berlin. p. 389-404
- Svend-Aage Malmberg og J. Blindheim 1994. Climate, cod and capelin in northern waters. *ICES Mar. Sci. Symp.* 198: 297-310.
- Taylor, A.H. og J.A. Stephens, 1998. The North Atlantic Oscillation and the latitude of the Gulf Stream. *Tellus*, 50(A): 134-142.
- Taylor, A.H. og J.A. Stephens, 1980. Latitudinal displacements of the Gulf Stream (1966 to 1977) and their relation to changes in temperature and zooplankton abundance in the NE Atlantic. *Oceanologica Acta*, 3(2): 145-149.
- Þórunn Þórðardóttir 1977. Primary production in North Icelandic waters in relation to recent climatic changes. Í *Polar Oceans*. M. J. Dunbar (ritstj.), *Proc. Oc. Congress. Montreal* 1974. p. 655-665.
- Walters, C.J., og J.S. Collie 1988. Is Research on Environmental Factors Useful to Fisheries Management? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 1848-1854.

4. Viðauki. Umhverfisþættir í maí-júní 1952-2000.

Appendix. Environmental variables in May-June 1952-2000.

Frávik hita og seltu frá meðaltali árána 1961-1980 (3,288 °C og 34,727). Vegin meðaltöl frá 0-200 m dýpi á stöðvum 1-5 á Siglunesi. Taflan sýnir einnig meðalátumagn (þurrvig, g m⁻²) í efstu 50 m á Siglunesniði og afkastamark plöntusvifs (C chl-a⁻¹ klst⁻¹) úti fyrir Norðurlandi eystra. 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⁻²) in 0-50 m at the Siglunes section and the assimilation number of phytoplankton (C chl-a⁻¹ h⁻¹) in north Icelandic waters. The last column shows the calculated freshwater thickness (m) at the Látrabjarg section.

Ár Year	hitafrávik frá meðaltali Temp. dev.	seltufrávik frá meðaltali Salinity dev.	átumagn Zoopl. biomass (g dw m ⁻²)	ferskvatnsþykkt Coast. curr. Index (m)
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	0,820	0,147	7,3	1,636

Hafrannsóknastofnun. Fjölrit

Marine Research Institute. Reports

Pessi listi er einnig á Netinu
(*This list is also on the Internet*)

<http://www.hafro.is/Timarit/fjoler.html>

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

28. **Gunnar Stefánsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka**: Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1991. Rannsóknaskýrsla. Reykjavík 1991. 60 s.
29. Nyttjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1992. Aflahorfur fiskveiðiárið 1992/93. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1992. Prospects for the Quota Year 1992/93*. Reykjavík 1992. 147 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
30. **Van Aken, Hendrik, Jóhannes Briem, Erik Buch, Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Sven Ober**: *Western Iceland Sea. GSP Moored Current Meter Data Greenland - Jan Ma yen and Denmark Strait September 1988 - September 1989*. Reykjavík 1992. 177 s.
31. **Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka**: Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1992. Reykjavík 1993. 71 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
32. **Guðrún Marteinsdóttir, Gunnar Jónsson, Ólafur V. Einarsson**: Útbreiðsla grálúðu við Vestur- og Norðvesturland 1992. Reykjavík 1993. 42 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
33. **Ingvar Hallgrímsson**: Rækjuleit á djúpslóð við Ísland. Reykjavík 1993. 63 s.
34. Nyttjastofnar sjávar 1992/93. Aflahorfur fiskveiðiárið 1993/94. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1992/93. Prospects for the Quota Year 1993/94*. Reykjavík 1993. 140 s.
35. **Ólafur K. Pálsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Sigfús A. Schopka**: Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1993. Reykjavík 1994. 89 s.
36. **Jónbjörn Pálsson, Guðrún Marteinsdóttir, Gunnar Jónsson**: Könnun á útbreiðslu grálúðu fyrir Austfjörðum 1993. Reykjavík 1994. 37 s.
37. Nyttjastofnar sjávar 1993/94. Aflahorfur fiskveiðiárið 1994/95. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1993/94. Prospects for the Quota Year 1994/95*. Reykjavík 1994. 150 s.
38. **Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Jóhannes Briem, Erik Buch**: *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project - CTD Data Report. Joint Danish Icelandic Cruise R/V Bjarni Sæmundsson, September 1990*. Reykjavík 1994. 99 s.
39. **Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Jóhannes Briem, Erik Buch**: *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project - CTD Data Report. Joint Danish Icelandic Cruise R/V Bjarni Sæmundsson, September 1991*. Reykjavík 1994. 94 s.
40. Þættir úr vistfræði sjávar 1994. Reykjavík 1994. 50 s.
41. **John Mortensen, Jóhannes Briem, Erik Buch, Svend-Aage Malmberg**: *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project - Moored Current Meter Data Greenland - Jan Ma yen, Denmark Strait and Kolbeinsey Ridge September 1990 to September 1991*. Reykjavík 1995. 73 s.
42. **Einar Jónsson, Björn Æ. Steinarsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka**: Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1994. - Rannsóknaskýrsla. Reykjavík 1995. 107 s.
43. Nyttjastofnar sjávar 1994/95. Aflahorfur fiskveiðiárið 1995/96. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1994/95 - Prospects for the Quota Year 1995/96*. Reykjavík 1995. 163 s.
44. Þættir úr vistfræði sjávar 1995. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 1995*. Reykjavík 1995. 34 s.
45. **Sigfús A. Schopka, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Höskuldur Björnsson, Ólafur K. Pálsson**: Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1995. Rannsóknaskýrsla. *Icelandic Groundfish Survey 1995. Survey Report*. Reykjavík 1996. 46 s.
46. Nyttjastofnar sjávar 1995/96. Aflahorfur fiskveiðiárið 1996/97. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1995/96. Prospects for the Quota Year 1996/97*. Reykjavík 1996. 175 s.
47. **Björn Æ. Steinarsson, Gunnar Jónsson, Hörður Andrésson, Jónbjörn Pálsson**: Könnun á flatfiski í Faxaflóa með dragnót sumarið 1995 - Rannsóknaskýrsla. *Flatfish Survey in Faxaflói with Danish Seine in Summer 1995 - Survey Report*. Reykjavík 1996. 38 s.
48. **Steingrímur Jónsson**: *Ecology of Eyjafjörður Project. Physical Parameters Measured in Eyjafjörður in the Period April 1992 - August 1993*. Reykjavík 1996. 144 s.
49. **Guðni Þorsteinsson**: Tilraunir með þorskgildrum við Ísland. Rannsóknaskýrsla. Reykjavík 1996. 28 s.
50. **Jón Ólafsson, Magnús Danielsen, Sólveig Ólafsdóttir, Þórarinn Arnarson**: Næringarefni í sjó undan Ánanaustum í nóvember 1995. Unnið fyrir Gatnamálastjóran í Reykjavík. Reykjavík 1996. 50 s.
51. **Þórunn Þórðardóttir, Agnes Eydal**: *Phytoplankton at the Ocean Quahog Harvesting Areas Off the Southwest Coast of Iceland 1994*. Svifþörungur á kúfiskmiðum út af norðvesturströnd Íslands 1994. Reykjavík 1996. 28 s.
52. **Gunnar Jónsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Höskuldur Björnsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka**: Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1996. Rannsóknaskýrsla. *Icelandic Groundfish Survey 1996. Survey Report*. Reykjavík 1997. 46 s.
53. Þættir úr vistfræði sjávar 1996. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 1996*. Reykjavík 1997. 29 s.
54. **Vilhjálmur Þorsteinsson, Ásta Guðmundsdóttir, Guðrún Marteinsdóttir, Guðni Þorsteinsson og Ólafur K. Pálsson**: Stofnmæling hrygningarþorsks með þorskanetum 1996. *Gill-net Survey to Establish Indices of Abundance for the Spawning Stock of Icelandic Cod in 1996*. Reykjavík 1997. 22 s.
55. Hafrannsóknastofnunin: Rannsókn- og starfsáætlun árin 1997-2001. Reykjavík 1997. 59 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
56. Nyttjastofnar sjávar 1996/97. Aflahorfur fiskveiðiárið 1997/98. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1996/97. Prospects for the Quota Year 1997/98*. Reykjavík 1997. 167 s.
57. Fjölstofnarannsóknir 1992-1995. Reykjavík 1997. 410 s.
58. **Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson (editors)**: *BORMICON. A Boreal Migration and Consumption Model*. Reykjavík 1997. 223 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
59. **Halldór Narfi Stefánsson, Hersir Sigurgeirsson, Höskuldur Björnsson**: *BORMICON. User's Manual*. Reykjavík 1997. 61 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
60. **Halldór Narfi Stefánsson, Hersir Sigurgeirsson, Höskuldur Björnsson**: *BORMICON. Programmer's Manual*. Reykjavík 1997. 215 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).

61. **Þorsteinn Sigurðsson, Einar Hjörleifsson, Höskuldur Björnsson, Ólafur Karvel Pálsson:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum haustið 1996. Reykjavík 1997. 34 s.
62. **Guðrún Helgadóttir:** *Paleoclimate (0 to >14 ka) of W and NW Iceland: An Iceland/USA Contribution to P.A.L.E. Cruise Report B9-97, R/V Bjarni Sæmundsson RE 30, 17th -30th July 1997.* Reykjavík 1997. 29 s.
63. **Halldóra Skarphéðinsdóttir, Karl Gunnarsson:** Lífirki sjávar í Breiðafirði: Yfirlit rannsókna. *A review of literature on marine biology in Breiðafjörður.* Reykjavík 1997. 57 s.
64. **Valdimar Ingi Gunnarsson og Anette Jarl Jörgensen:** Þorskrannsóknir við Ísland með tilliti til hafbeitar. Reykjavík 1998. 55 s.
65. **Jakob Magnússon, Vilhelmina Vilhelmsdóttir, Klara B. Jakobsdóttir:** Djúpslóð á Reykjaneshrygg: Könnunarleiðangrar 1993 og 1997. *Deep Water Area of the Reykjanes Ridge: Research Surveys in 1993 and 1997.* Reykjavík 1998. 50 s.
66. **Vilhjálmur Þorsteinsson, Ásta Guðmundsdóttir, Guðrún Marteinsdóttir:** Stofnmæling hrygningarþorsks með þorskanetum 1997. *Gill-net Survey of Spawning Cod in Icelandic Waters in 1997. Survey Report.* Reykjavík 1998. 19 s.
67. Nýttjastofnar sjávar 1997/98. Aflahorfur fiskveiðiárið 1998/99. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1997/98. Prospects for the Quota year 1998/99.* Reykjavík 1998. 168 s.
68. **Einar Jónsson, Hafsteinn Guðfinnsson:** Ýsurannsóknir á grunnslóð fyrir Suðurlandi 1989-1995. Reykjavík 1998. 75 s.
69. **Jónbjörn Pálsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Hjörleifsson, Gunnar Jónsson, Hörður Andrésón, Kristján Kristinsson:** Könnun á flatfiski í Faxaflóa með dragnót sumrin 1996 og 1997 - Rannsóknaskýrsla *Flatfish Survey in Faxaflói with Danish Seine in Summers 1996 and 1997 - Survey Report.* Reykjavík 1998. 38 s.
70. **Kristinn Guðmundsson og Agnes Eydal:** Svifþörungur sem geta valdið skelfiskeitrun. Niðurstöður tegundagreininga og umhverfisathugana. *Phytoplankton, a Potential Risk for Shellfish Poisoning. Species Identification and Environmental Conditions.* Reykjavík 1998. 33 s.
71. **Ásta Guðmundsdóttir, Vilhjálmur Þorsteinsson, Guðrún Marteinsdóttir:** Stofnmæling hrygningarþorsks með þorskanetum 1998. *Gill-net survey of spawning cod in Icelandic waters in 1998.* Reykjavík 1998. 19 s.
72. Nýttjastofnar sjávar 1998/1999. Aflahorfur fiskveiðiárið 1999/2000. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1998/1999. Prospects for the Quota year 1999/2000.* Reykjavík 1999. 172 s. (Ófáanlegt-Out of print)
73. Þættir úr vistfræði sjávar 1997 og 1998. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 1997 and 1998.* Reykjavík 1999. 48 s.
74. **Matthías Oddgeirsson, Agnar Steinarsson og Björn Björnsson:** Mat á arðsemi sandhverfueldis á Íslandi. Grindavík 2000. 21 s.
75. Nýttjastofnar sjávar 1999/2000. Aflahorfur fiskveiðiárið 2000/2001. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1999/2000. Prospects for the Quota year 2000/2001.* Reykjavík 2000. 176 s.
76. **Jakob Magnússon, Jútta V. Magnússon, Klara B. Jakobsdóttir:** Djúpfiskarannsóknir. Framlag Íslands til rannsóknaverkefnisins EC FAIR PROJECT CT 95-0655 1996-1999. *Deep-Sea Fishes. Icelandic Contributions to the Deep Water Research Project. EC FAIR PROJECT CT 95-0655 1996-1999.* Reykjavík 2000. 164 s.
77. Þættir úr vistfræði sjávar 1999. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 1999.* Reykjavík 2000. 31 s.
78. *dst² Development of Structurally Detailed Statistically Testable Models of Marine Populations. QLK5-CT1999-01609. Progress Report for 1 January to 31 December 2000.* Reykjavík 2001. 341 s.
79. *Tagging Methods for Stock Assessment and Research in Fisheries.* Reykjavík 2001. (Ekki útgefið - In press)
80. Nýttjastofnar sjávar 2000/2001. Aflahorfur fiskveiðiárið 2001/2002. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2000/2001. Prospects for the Quota year 2001/2002.* Reykjavík 2001. 186 s.
81. **Jón Ólafsson, Sólveig R. Ólafsdóttir:** Ástand sjávar á losunarsvæði skolps undan Ánanaustum í febrúar 2000. Reykjavík 2001. 49 s.
82. **Hafsteinn G. Guðfinnsson, Karl Gunnarsson:** Sjór og sjávarnytjar í Héraðsflóa. Reykjavík 2001. 20 s.
83. Þættir úr vistfræði sjávar 2000. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 2000.* Reykjavík 2001. 37 s.

