



Jarðfræðafélag  
Íslands

**Haustfundur Jarðfræðafélagsins:  
HAFSBOTNSRANNSÓKNIR Á  
LANDGRUNNI ÍSLANDS**

**24. nóv. í Öskju, Kl. 13:30 – 19:00**

## Dagskrá

13:30 – 13:35

Ráðstefnan sett

13:35 – 13:50

Kortlagning hafsbots með fjölgeisladýptarmæli

Guðrún Helgadóttir, Hafrannsóknastofnunin

13:50 – 14:05

Rof við landgrunnsbrún suður af Mýrdal og Mýrdalssandi

Einar Kjartansson, Hafrannsóknastofnunin.

14:05 – 14:25

Strýturnar í Eyjafirði. Jarðfræði, jarðhiti og örveruflóra

Hrefna Kristmannsdóttir, Háskolanum á Akureyri og Viggó Þór Marteinsson, Prokaria.

14:25 – 14:45

Arnarnesstrýtur. Virkar neðansjávarstrýtur út af Arnarnesi í Eyjafirði og möguleg tengsl þeirra við jarðhitakerfið á Arnarnesi.

Bjarni Gautason, Íslenskar orkurannsóknir/HA, Hreiðar Þór Valtysson, Hafrannsóknastofnunin/HA, Ásgrímur Ásgrímsson, Landhelgsgæslunni o.fl.

14:45 – 15:00           Kaffi og veggspjöld

15:00 – 15:20

Hafsbotsrannsóknir: Landkönnun 21. aldarinnar

Bryndís Brandsdóttir, Jarðvísindastofnun Háskólans og Bjarni Richter, Íslenskum orkurannsóknum.

15:20 – 15:40

Setlagamyn danir og fornhaffræði á Tjörnesbrotabeltinu á síðjökultíma og nútíma

Ester Guðmundsdóttir og Jón Eiríksson, Raunvísindastofnun Háskóla Íslands.

15:40 – 15:55

Framrás og hörfun jökuls á norðvestanverðu landgrunni Íslands

Áslaug Geirdóttir, Sædís Ólafsdóttir, Raunvísindastofnun Háskóla Íslands og Guðrún Helgadóttir, Hafrannsóknastofnunin.

15:55 – 16:10

Yngra Dryas tímabilið lesið úr sjávarsetsögnum frá norðvestanverðu landgrunni Íslands.

Sædís Ólafsdóttir, Áslaug Geirdóttir, Raunvísindastofnun Háskóla Íslands, Guðrún Helgadóttir, Hafrannsóknastofnunin.

16:10 – 16:25           Kaffi og veggspjöld

16:25 – 16:45

Er botninn kominn úr Borgarfirðinum? Staða rannsókna á lífríki botnsins við Ísland.

Jörundur Svavarsson, Líffræðistofnun Háskólans.

16:45 – 17:05

Rekbeltin suður af Íslandi, myndun þeirra og þroski frá skjálftum til yfirborðs.

Ármann Höskuldsson, Raunvísindastofnun Háskóla Íslands, Kristín S. Vogfjörð, Veðurstofu Íslands, Gunnar B. Guðmundsson, Veðurstofu Íslands og Einar Kjartansson, Hafrannsóknarstofnunin.

17:05 – 17:30           Umræður

17:30 – 19:00           Veggspjöld og léttar veitingar

## Kortlagning hafsbots með fjölgeisladýptarmæli

Guðrún Helgadóttir, Hafrannsóknastofnunin

Fjölegeisladýptarmælingar hafa verið nýttar til kortlagningar hafsbots á Hafrannsóknastofnuninni frá árinu 2000 þegar rannsóknaskipið Árni Friðriksson kom til landsins. Í skipinu er fjögleisladýptarmælir (Multibeam Echo Sounder) af gerðinni Simrad EM 300 en með honum er hægt að kortleggja hafsbottinum af mun meiri nákvæmni en með hefðbundnum dýptarmæli. Tækið er fyrsta sinnar tegundar í eigu Íslendinga og reynslan hefur þegar staðfest mikilvægi þess.

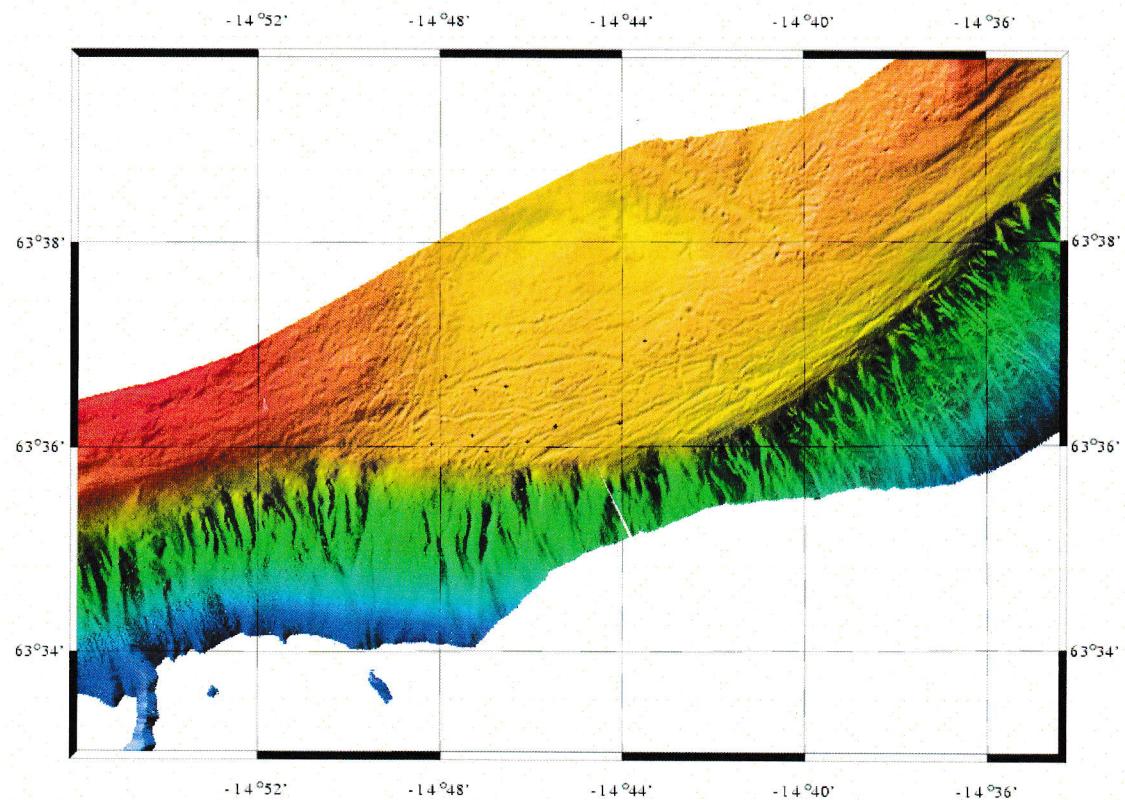
Í langtímaáætlun Hafrannsóknatofnunarinnar hefur verið lögð áhersla á að kortleggja valin svæði á ytri hluta landgrunns og landgrunnshlíðum en einnig ála, djúp og firði eftir aðstæðum. Upplýsingar nýtast í margvíslegum rannsóknum stofnunarinnar, m.a. á nýrri eða þekktum fiskislóð og til að kanna áhrif veiðarfæra á botn, vistkerfi botndýra, hrygningarástöðvar og jarðfræði hafsbotsins.

Hingað til hafa fjöleislamælingar að mestu leyti verið gerðar í sérstökum kortlagningarleiðöngrum en stefnt er að því að nota mælitækið samhliða öðrum rannsóknum þegar því verður við komið. Stærstu samfelldu kortlöögðu svæðin fram til þessa eru fyrir sunnan og norðan land. Fyrir sunnan nær kortlagningin m.a. yfir Vestari Kötluhrygg og lengstu neðansjávarfarvegi sem þekktir eru hér við land, Reynisdjúps- og Mýrdalsgjökulsgljúfur. Fyrir norðan land hefur verið kortlagt á Kolbeinseyjarhrygg og víðar í samvinnu við Orkustofnun og Raunvísindastofnun háskólans.

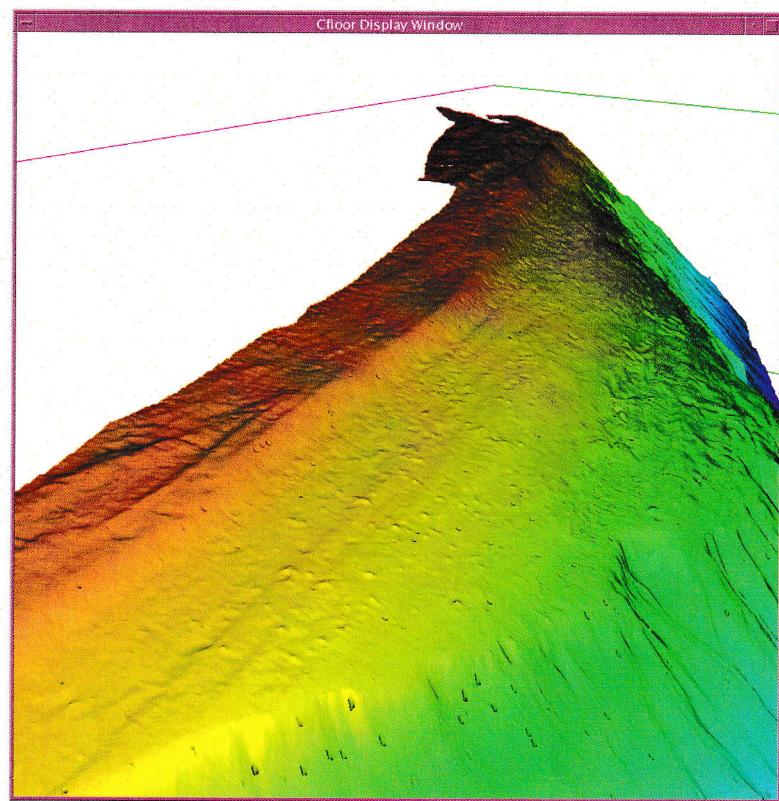
Undanfarin tvö ár hefur mælingatíma að mestu leyti verið varið í kortlagningu fyrir Orkustofnun vegna greinagerðar til Sameinuðu þjóðanna um mörk landgrunns Íslands utan 200 mílna lögsögunnar. Í maí 2004 var þó gerður út sjö daga leiðangur til þess að kortleggja búsvæði kóralla við suðurkanta landgrunnsins. Nákvæm kortlagning valinna svæða var forsenda frekari rannsókna með fjarstýrðum búnaði (ROV) síðar um sumarið. Fjöleislamælingarnar leiddu í ljós mismunandi einkenni á fundarstöðum kórallanna. Á sjálfu landgrunninu finnast kórallar m.a. á brúnum fornra ísjakarása (mynd 1) og í afmörkuðum þyrringum á tiltölulega sléttum botni (mynd 2). Í hlíðum landgrunnsins, virðast skriður (mynd 1) vera ákjósanlegur vaxtarstaður kórallanna.

Kortlagning hafsbots með fjöleisladýptarmæli er í raun landkönnun á hafsbotni. Góð dýptarkort eru undirstaða annarra hafsbotsrannsókna og nýtast öllum sjófarendum. Enn sem komið er hefur þó aðeins tekist að mæla innan við 5% af flatarmáli íslensku efnahagslögsögunnar, sem er um 758 þúsund km<sup>2</sup>.

Mynd 1. Mynni Hornafjarðardjúps.



Mynd 2. Öræfagrunn.



## Rof við landgrunnsbrún suður af Mýrdal og Mýrdalssandi.

Einar Kjartansson, Hafrannsóknastofnuninni, Skúlagötu 4, Reykjavík

Umhverfis Ísland er landgrunn sem markast af greinilegri landgrunnsbrún sem er víðast á 150 - 300 metra dýpi. Breidd landgrunnsins er víðast um og yfir 100 km. Suður af Mýrdal er landgrunnsbrúnin mun nær landi eða innan við 20 km þar sem landgrunnið er mjóst.

Landgrunnsbrúnin og svæðið þar suður af voru kortlögð með fjölgeislamælinum í Árna Friðrikssyni haustin 2000 og 2001. (Guðrún Helgadóttir, Héðinn Valdimarsson, Páll Reynisson og Jóhannes Briem: Submarine Canions and the shield slope south of iceland with multibeam bathymetry. 25. vetrarfundur norrænna jarðfræðinga, Reykjavík 6-9 janúar 2002.)

Landgrunnshallinn er skorinn af kerfi neðansjávar gilja og gljúfra sem byrja á um það bil 500 metra dýpi og ná niður á a.m.k 2400 metra dýpi í Suðurdjúpi. Kötluhryggir eru á milli stærstu gljúfranna og ná upp á 12-1300 metra dýpi. Ekki eru greinileg tengsl við landslag uppi á landgrunnsbrúninni nema að Reynisdjúp sem er suður af Kötlutanga, er í framhaldi af einu gljúfranna. Önnur stór gljúfur eiga upptök suður af ósum Kúðafljóts og Jökulsár á Sólheimasandi. Greinileg ummerki eru um skriðu sem fallið hefur úr landgrunnsbrúninni í mynni Reynisdjúps.

Landslag í landgrunnshallanum minnir um margt á "dendric" mynstur sem einkenna oft landslag sem myndast við vatnsrof þar sem bergrunnur er frekar einsleitur.

Hér er sett fram sú tilgáta að þetta landslag sé í raun myndað af rofi af völdum eðjustrauma og að þeir hafi rofið allmarga tugi km utan af landgrunninu á þessu svæði. Þetta rof hefur líklega hafist á ísöld þegar mikil eldvirkni hefst á suðaustur gosbeltinu og samspil jöklar og eldgosa veldur mikilli framleiðslu á lausum gosefnum. Þetta veldur því að vatnsföll bera fram margfalt meira af fínu seti, í stað þess að bæta við landgrunnið, verður þéttleiki setsins svo mikill að það veldur eðjustraumum sem rjúfa landgrunnið í stað þess að bæta við það.

Það að ekki sjást greinileg merki um tektóník í landslaginu, bendir til þess að rofið sé fyrst og fremst í setlögum ferkar en gosbergi. Segulmælingar yfir landgrunninu benda til þess að ytri hluti þess, a.m.k út af suðausturlandi, sé gerður úr seti.

Hægt er að nálgast kort og mælingar á slóðinni:

<http://www.hafro.is/undir.php?REFID=10&ID=159&REF=2>

## Strýturnar í Eyjafirði-

jarðfræði, jarðhiti og örveruflóra og samanburður við aðra neðansjávarhveri

Hrefna Kristmannsdóttir\* og Viggó Þór Marteinsson#  
\*Auðlindadeild, Háskólangs á Akureyri, Sólborg, 600 Akureyri  
#Prokaria, Gylfaflöt 5, 112 Reykjavík

### Jarðhitavirkni á sjávarbotni við Ísland

Hverir í fjörum og á sjávarbotni finnast víða við Ísland og á virku beltunum út af Íslandi. Háhitasvæði eru þekkt við Kolbeinsey, Grímsey og út af Reykjanesi og mörg lághitasvæði í fjörum og í sjó eru þekkt á suðvesturlandi, vesturlandi, vestfjörðum og norðurlandi.

### Jarðhiti og hverastrýtur í Eyjafirði

Lengi hefur verið vitað af jarðhitavirkni á botni Eyjafjarðar. Vel þekktir eru hverir við Hrísey bæði að vestanverðu og norðanvert. Jarðhitinn þar er talinn tengjast NV lægu sniðgengi og NA lægum misgengjum. Út af Yztuvíkurhólum hafa sjómenn fengið heita steina í net og það ásamt góðri silungsveiði á staðnum og vöku sem ekki lögðu frostaveturinn mikla 1918 var talið tengjast uppstreymi af heitu vatni. Á gömlum sjókortum var einnig sýnd hæð á þessum slóðum, sem síðan var talin vera mæliskekkja. Hverastrýturnar voru

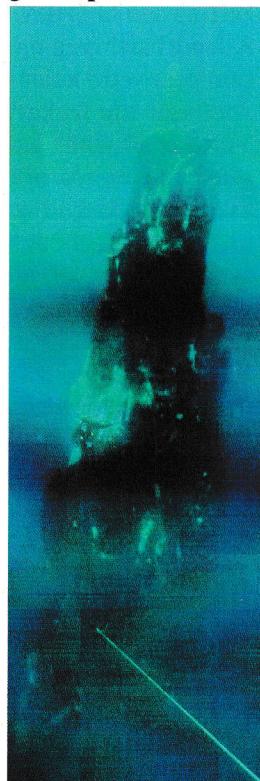
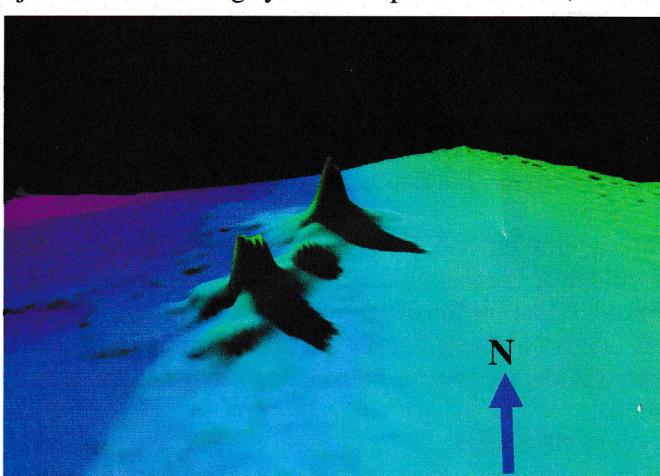
kortlagðar 1997 og 1998. Miðað við sögusagnir heimamanna voru taldar líkur á fleiri hverum og/eða strýtum á þessum slóðum. Kortlagning á botni Eyjafjarðar sumarið 2004 leiddi svo í ljós að allmargar minni strýtur hafa byggst upp vestanvert í firðinum og eru væntanlega tengdar jarðhita við Arnarnes og Hjalteyri.

Stóru hverstrýturnar liggja á um 100 m löngum hrygg um 1,8 km vestur af Ystuvík. Botn þeirra er á um 65 m dýpi og hæð þeirra er 33, 25 og 45 m yfir sjávarbotni. Berggrunnur þar er gammal svo búast mætti við lítilli lekt, en reyndar liggja þær rétt við stóra

mislægið austan í Eyjafirði. Fjöldi virkra útstremisopa er á hverri strýtu og einnig fjöldi gamalla óvirkra opa. Heildarútstremi er verulegt, sennilega margir tugir l/s (>50), sem vekur nokkra athygli þar sem flestir hverir á Eyjafjarðarsvæðinu eru vatnslitlir og þrýstingur fljótur að dala á vinnslusvæðum. Vegna mikillar virkni má telja líklegt að jarðhitasvæðið sé tengt meginbrotabeltum á svæðinu, bæði NV og NA stefnum (Geptner o.fl. 2002). Strýturnar sjálfar eru byggðar upp af seti, skeljum en að mestum hluta af leirkennendum útfellingum. Hæsta hitastig í útstremisopum mældist 71,6 °C.

### Jarðhitavatn í Strýtunum

Sýnum af nær ómenguðu jarðhitavatni var safnað úr strýtunum með borholudælu, sem tengd var beint við útstremisop (Marteinsson o.fl., 2001). Vatnið er ferskt og efnasamsetning þess svipuð og vatns úr hverum og borholum í Eyjafirði, einkum vatni frá vinnslusvæðinu á Ytri Tjörnum í Eyjafirði. Svoltíl sjómengun hefur orðið í sýnatoku og voru hlutar vatnssýnanna missaltir, um 0,1-0,2 % sjómengaðir. Leiðni mældist 290-615 µS/cm, en rafleiðni jarðhitavatns í Eyjafirði er venjulega um 300 µS/cm. Miðað við niðurstöður efnahitamæla er hitastig jarðhitageymis um 80 °C. Hlutfall stöðugra samsætna bendir til sama uppruna og annars jarðhitavatns í Eyjafirði og sýndaraldur <sup>14</sup>C er svipaður og algengt er í jarðhitavatni á þessum slóðum. Snefilefnastyrkur vatnsins gæti virst almennt nokkru hærri en í vatni úr vinnslu- borholum á Eyjafjarðarsvæðinu en efnagreiningarnar eru ekki alveg sambærilegar. **Fastefni í strýtum**



Útfellingarnar í strýtunum eru aðallega úr illa kristölluðum magnesíumsilikötum, amorf kísli og einnig svolitlu kalsíumkarbónati. Anhydrit finnst ekki enda er það mikið undirmettað í jarðhitavatninu, svo og í upphituðum sjó við þetta lágan hita. Magnesíumsilikatið sem myndar aðaluppistöðuna í strýtunum er saponít með nokkuð breytilega samsetningu: (Ca, Na, K) <sub>0.2-0.3</sub>; Mg <sub>3.8-6.2</sub>; Si <sub>6.4-8.6</sub>; Al <sub>0.2-1.2</sub> (OH)<sub>4</sub> n\*H<sub>2</sub>O, mjög svipað útfellingum sem verða í hitaveitum við blöndun jarðhitavatns og kalds vatns (Kristmannsdóttir o.fl. 1999). Óvenju hár styrkur mælist af fjölhringja aromatiskum kolefnissamböndum, allt að 1330 ng/g, og talið að þau séu aðsoguð í millilögum leirsteindastrúktúrsins. Útfellingarmar eru væntanlega lítið sem ekki kristallaðar þegar þær falla út en endurkristallast síðan fljótlega og bendir margt til að bakteríur eigi verulegan þátt í því ferli. Styrkur kvikasilfurs, sinks, kopars og mangans er verulega hærri í vel kristölluðum magnesíumsilikötum en illa kristölluðum, en styrkur bórs og arsens hins vegar lægri. Gæti staðað að meiri stöðugleika málmannna í eldri og betur kristölluðu sýnum en að bór og arsen séu lausbundnari.

**Örveruflóra strýtunnar og annarra neðansjávarhvera**

Ræktatíðar og einangraðar voru örverur úr mismunandi lögum útstreymisops einnar hverastrýtunnar og sýndi það vel hvernig jarðhitavatnið blandast sjónum. Ysta lagið innihélt hita- og saltkærar loftháðar örverur en saltþolni örveranna minnkaði í innri lögnum. Mjög góð lífmassasýni fengust með sérstökum örverusíum sem voru tengdar við fyrnefnda sýnatökudælu. Örverugreiningarnar á lífmassanum sýndu fjölbreytt samfélag hitakærra forn- og raunbaktería sem finnast einungis í landhverum með ferskvatni. Ein háhitakær loftfírrð fornbaktería *Desulfurococcus mobilis* var einangruð úr lífmassanum en kjörhitastig hennar er um 85°C og vex ekki við hærri hita en 92°C. Þetta er örvera sem er vel þekkt úr landhverum en hún drepst við snertingu súrefnis eða við meira en 1% salt við vaxtarhita. Út frá þessum niðurstöðum má áætla að jarðhitavatnið í kerfinu sé ekki mengað af sjó og hitastigð þess sé á milli 80°- 90°C (lífraðin hitamælir). Þetta bendir til þess *D. mobilis* hafi ekki getað borist gegnum sjóinn og hún hlýtur því að hafa borist til strýtanna landleiðina með vatninu þ.e. frá landi gegnum jarðlögin. Niðurstöðurnar styðja þar með hugmyndir manna um dreifingu örvera neðanjarðar.

Rannsóknir á örverufjölbreytileika strandhvera eins og við Reykjanes við Ísafjarðardjúp sýnir svipaða flóru og í Strytunni, þ.e. sambland af land og sjávar raunbakteríum en hinsvegar hafa engar fornbakteríur verið greindar þar. Allt aðra flóru er að finna í öðrum neðansjávar jarðhitakerfum eins og háhitakerfinu við Grímsey. Þar reyndist örveruflóran áþeckk örveruflóru sem finnst í djúpsjávarhverum t.d. á mið-Atlandshafshrygg og Kyrrahafshryggjum. Nær eingöngu saltkærar örverur hafa einangrast úr þessum kerfum sem geta verið kulda- eða háhitakærar og allt þar á milli.

### Áætlanir um frekari rannsóknir á neðansjávarhverum við Ísland

Verið er að vinna að rannsóknum á seti frá Grímsey og einnig liggja fyrir áætlanir um rannsóknir á jarðhitavæðum í Breiðafirði og á þekktum hverastrýtum á Vestfjörðum. Einnig er áætlað að taka fleiri sýni úr stóru hverastrýtunum til örverugreiningar, sem mun gefa betri mynd af þeim örverum sem lifa við þessar aðstæður. Þær niðurstöður sem þegar hafa fengist gefa mjög góða mynd af fjölbreytileikanum en þörf er á fleiri sýnatökum og örverugreiningum til að fá betri heildamynd. Einnig þarf sýni úr fleiri neðasjávarkerfum gömlum sem nýjum til að bera saman örveruflóruna frá mismunandi stöðum og jarðhitakerfum.

### Heimildir

Geptner, A.R., Kristmannsdóttir, H., Kristjánsson, J. and Marteinsson, V., 2002. Biogenic saponite from an active submarine hot spring, Iceland. Clay and Clay minerals, 50, 174-185.

Marteinsson, V.T., Kristjánsson, J., Kristmannsdóttir, K., Dahlkvist, M., Sæmundsson, K., Hannington, M., Pétursdóttir, S.K., Geptner, A. and Stoffers, P. 2001. Discovery and description of giant submarine smectite cones on the seafloor in Eyjafjörður, northern Iceland, and a novel thermal microbial habit. Applied and Environmental Microbiology, 67, 827-833.

Kristmannsdóttir, H. and Ildefonse, A. Ph., Berta, A. J. and Flank, A. M., 1999. Crystal-chemistry of Mg-Si and Al-Si scales in geothermal waters, Iceland. Geochemistry of the Earth's Surface. Proceedings of the 5th International Symposium on Geochemistry of the Earth's Surface, Reykjavík, Iceland, 16-20 August 1999, 519-522.

## Arnarnesstrýtur: Virkar neðansjávarstrýtur út af Arnarnesi í Eyjafirði og möguleg tengsl þeirra við jarðhitakerfið á Arnarnesi.

Bjarni Gautason<sup>1)</sup>, Erlendur Bogason<sup>2)</sup> Hreiðar Þór Valtysson<sup>3)</sup> Ásgírmur Ásgrímsisson<sup>4)</sup>  
Þorsteinn Egilson<sup>1)</sup> og Sigmar Arnar Steingrímsson<sup>5)</sup>

1) Íslenskar orkurannsóknir og Háskólinn á Akureyri, 2) Sævör 3) Hafrannsóknastofnunin og Háskólinn á Akureyri 4)  
Landhelgisgæsla Íslands 5) Hafrannsóknastofnun Reykjavík

### INNGANGUR

Á árunum 1998 til 2001 stóð yfir jarðhitaleit á Arnarnesi við Eyjafjörð að frumkvæði Arnarneshrepps. Árangur var mjög lofandi og í ársbyrjun 2002 tók Norðurorka við og lét bora vinnsluholu á Arnarnesásum. Heppnaðist sú borun afar vel og er hola HJ-19 sú besta sem Norðurorka hefur eignast til þessa [1, 2].

Engin ummerki um jarðhita eru á yfirborði á þessu svæði en við skipulag leitarinnar var haft í huga að sjómenn telja sig hafa orðið vara við uppstreymi út af Arnarnesvík þó svo að staðsetning eða eðli þess jarðhita hafi ekki verið vel þekktur. Þannig höfðu til að mynda kafarar leitað út af Arnanesvík, en ekki haft erindi sem erfiði.

Við jarðhitaleitina voru boraðar grunnar hitastigulsholur til að fá upplýsingar um hitastigul efst í berggrunninum. Með þessu tókst að afmarka hitafrávik með NA-læga stefnu. Þegar allt er talið voru boraðar 18 hitastigulsholur en 2 þeirra misfórust af bortæknilegum ástæðum. Úr fjórum holum rann volgt vatn og bentu efnagreiningar á vatninu til þess að kerfishiti væri vel ásættanlegur. Segulmælingar sýndu að hitafrávikið var nátengt og nálega samsíða berggangi með stefnu u.þ.b. N8A.

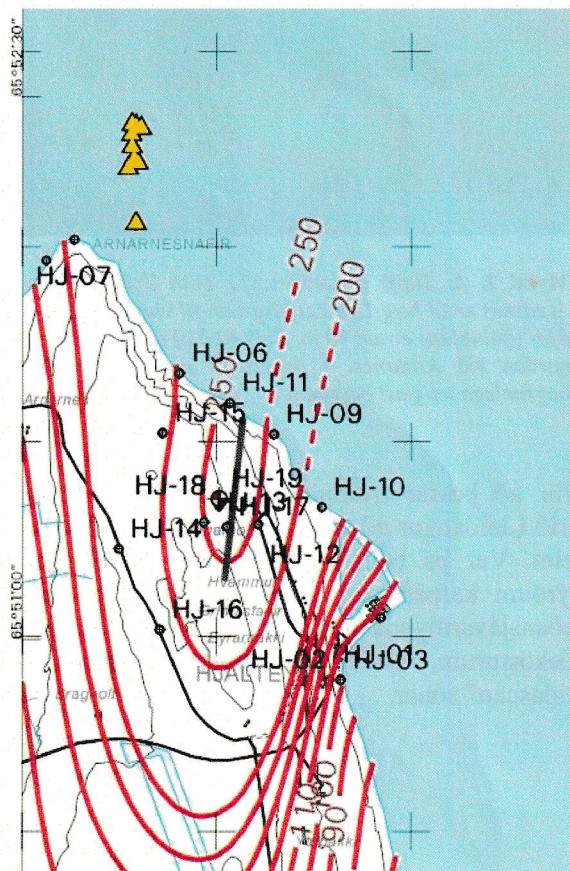
Beitt var nýrri tækni við þessa leit þegar notuð var borholusjá, en hún gerir kleift að skoða holuveggi með hljóðbylgjum. Með þessum mælingum fengust nákvæmar upplýsingar um strik og halla jarðlaga á leitarsvæðinu sjálfu og í ljós komu sprungur í berggrunninum með norð-læga stefnu.

### FJÖLGEISLAMÆLINGAR

Í ágúst mánuði síðastliðnum var MB Baldur, rannsóknarskip landhelgisgæslunnar, fengið til að kortleggja botn Eyjafjarðar milli Arnarness og Laufásgrunns. Megintilgangur kortlagningarinnar var að kanna botninn með mögulega lagnaleið í huga, en þá var í skoðun sá möguleiki að leiða heitt vatn frá Arnarnesi yfir fjörðinn til

Grenivíkur. Einnig var vonast til að varpa ljósi á mögulega jarðhitastaði út af Arnarnesi.

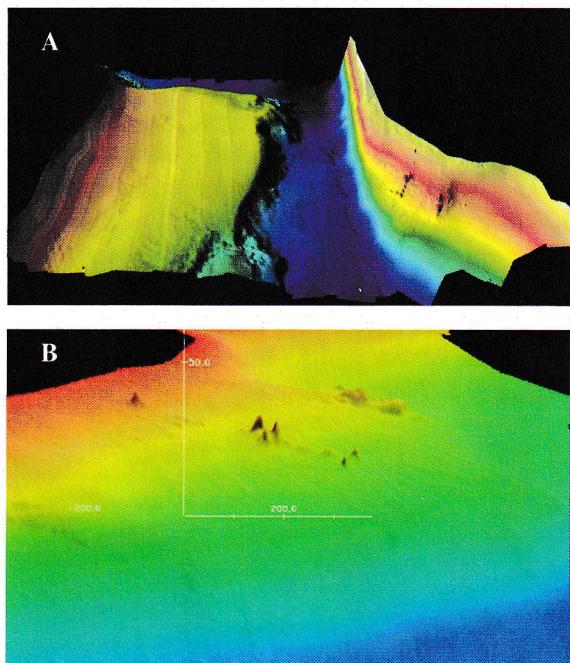
Fjölgeilsamælirinn um borð í Baldri er af "Reson 8101" gerð en stofnunin hefur haft hann til umráða síðan árið 2002. Botnstykki mælisins sendir frá sér hljóðbylgjur og á botnstykkinu er fjöldi nema sem taka við endurkasti frá hafssbotninum. Mælirinn er gerður fyrir 0 til 300 m dýpi. Eftir því sem grynnra verður undir mælinum er upplausnин betri, þar sem fleiri endurvörp fást af sama hlutnum en heildarþekjan minnkar. Með meira dýpi dregur úr upplausninni en þekjan verður meiri. Þumalputtareglan er að þekjan sé 5-7 sinnum dýpið.



Mynd 1. Jarðhitakort af Arnarnesi og staðsetning strýtanna. Sýndar eru jafnhitastigulslínur, lega berggangs og staðsetningar borholna.

## 2. ARNARNESSTRÝTUR

Fjölgeislamælingarnar leiddu í ljós röð af strýtulaga fyrirbærum skammt norður af Arnarnesnöfum (mynd 1). Strýturnar eru allt að 10 m háar og er sú sem grynnst stendur á um 25 m dýpi. Þær sem utar standa eru á allt að 45 m dýpi. Strýturnar virðast liggja á sprungu með stefnu rétt austan við norður (mynd 2). Þessi sprungustefna er áþeppk þeirri sem kortlögð var með borholusjánni á Arnarnesi og rennir stoðum undir hugmyndir um að jarðhitavirknin tengist fyrst og fremst þessari sprungustefnu.



**Mynd 2.** A: Horft til suðurs yfir botn Eyjaffjarðar. Arnarnes er til hægri en Laufásgrunn til vinstri. Mesta dýpi (fjólublátt) er um 90 m. B: A Röð af hverastrýtum norðan við Arnarnes. Í bakgrunni eru hólar sem hugsanlega tengast berggangi

Eftir að þessar frumniðurstöður lágu fyrir var farið í leiðangur að strýtunum og kafað niður að þeim. Var þá beitt i fyrsta skipti nýjum fjarstýrðum kafbáti sem er útbúinn með tveimur neðansjávarmyndavélum og þremur öflugum ljóskösturum, ásamt hefðbundnum sónar og “sidescan” sónar.

Köfunin staðfesti að mikil jarðhitavirkni er á svæðinu. Mesti hiti í jarðhitauppstreymi mældist  $77.5^{\circ}\text{C}$ . Sýni náðust af strýtunum og eru þau úr lítt kristölluðu magnesíumsilikati og þannig sambærilegar við strýturnar út af Ystuvíkurhólum [3]. Sýni var einnig tekið af jarðhitavökvanum.

Frumrannsóknir benda til þess að lífríkið sé þar fjölbreyttara en almennt sé í firðinum. Sæfíflar og hveldýr voru áberandi á botninum en einnig var vart við umtalsvert magn fiska í kringum strýturnar.

Myndaður hefur verið rannsóknarhópur með þátttöku ÍSOR á Akureyri, útibúi Hafrannsóknastofnunar, Auðlindadeildar Háskóla Íslands á Akureyri og fleiri aðila. Nánari rannsóknir á lífríkinu í kringum strýturnar eru fyrirhugaðar á næsta ári. Einig verður fylgst með breytingum í jarðhitavirkni og mögulegum tengslum við vinnslu úr holum á Arnarnesi.

## HEIMILDIR

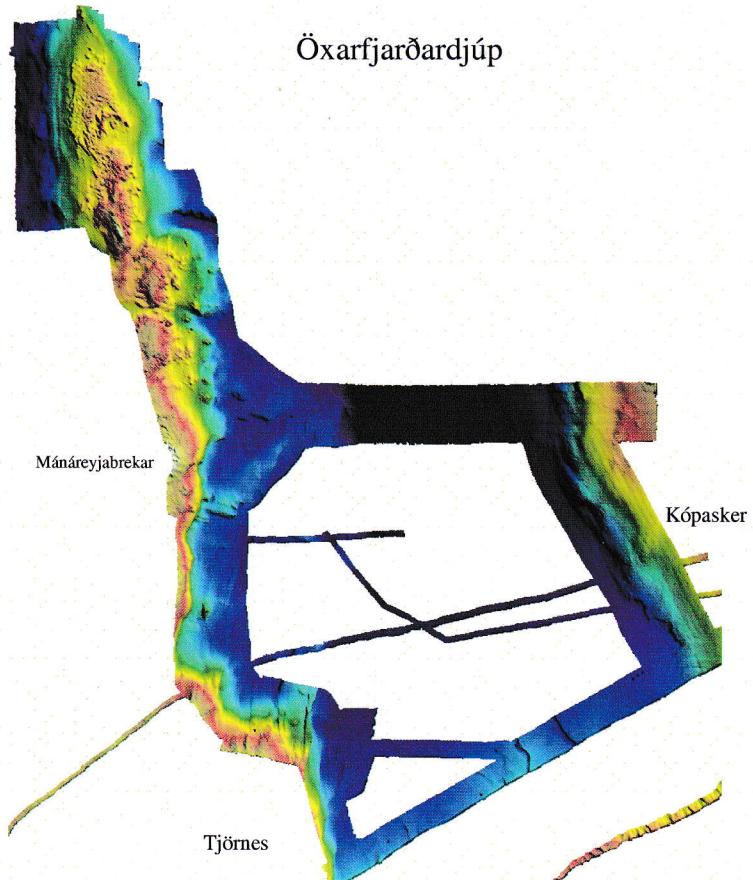
- [1] Bjarni Gautason, Ólafur G. Flóvenz, Þorsteinn Egilson, Guðni Axelsson, Sigvaldi Thordarson og Arni Arnason, 2005: Discovery and development of the low-temperature geothermal field at Hjalteyri, Eyjafjordur, in northern Iceland. A productive system apparently lacking surface expression. “World Geothermal Congress 2005” í prentun.
- [2] Guðni Axelsson., Grímur Björnsson, Þorsteinn Egilson, Ólafur G. Flóvenz, Bjarni Gautason, Steinunn Hauksdóttir, Magnús Ólafsson, Ómr B. Smarason and Kristján Sæmundsson 2004: Nature and properties of recently discovered hidden low-temperature geothermal reservoirs in Iceland. “World Geothermal Congress 2005” í prentun.
- [3] V. P. Marteinsson, J. Kristjánsson, H. Kristmannsdóttir, M. Dahlkvist, K. Sæmundsson., M. Hannington, S.K. Pétursdóttir, A. Geptner, og P. Stoffers 2001: Discovery and description of giant submarine smectite cones on the seafloor in Eyjafjörður, northern Iceland, and a novel thermal microbial habit. Applied and Environmental Microbiology, 67, 827-833.

## Hafsbotsrannsóknir: Landkönnun 21. aldarinnar. Sprungur, set, jarðhiti og jarðskorpuhreyfingar í Tjörnesbrotabeltinu.

Bryndís Brandsdóttir, Jarðvísindastofnun Háskólags  
Bjarni Richter, Íslenskum orkurannsóknum

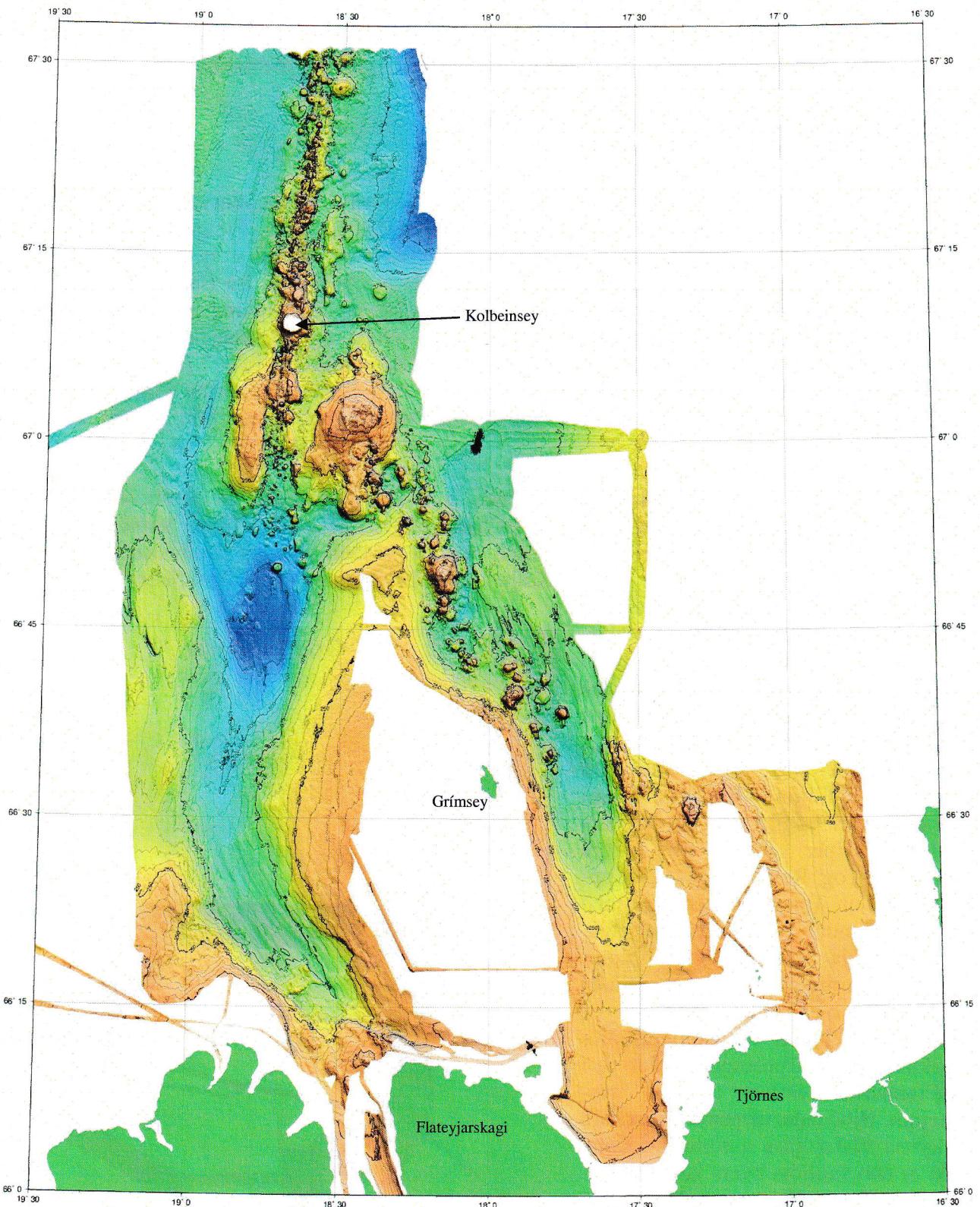
Með nútímatækni, s.s. fjölgeislamælingum, háupplausnar hljóðendurvarpsmælingum, og neðansjávarmyndavélum hefur okkur opnast ný sýn á hafsbottinum. Fjölgeislamælingar sýna landslag á hafsbottni í hárri upplausn (10-50 m á djúpsævi og allt að 1 m á grunnsævi). Úr kortunum má lesa jarðsöguna, m.a. brotahreyfingar og þróun gosvirkni frá ísaldarlokum og meta magn og legu lausra jarðefna og setmyndunarumhverfi þeirra. Kortlagning hafsbots er þannig eðlilegt framhald jarðfræðarannsókna á landi. Kortin nýtast og mismunandi fræðasviðum til grunnrannsókna sem og auðlindakönnunar. Gjöfulstu fiskimið okkar eru við jaðra landgrunnsins og úthafshryggina suðvestur og norður af landinu. Þar sem úthafsstraumurinn skellur á bröttum hlíðum landgrunnsins og eldfjallareinum hryggjanna er víða fjölbreytilegt lífríki á botni, að miklu leiti ókannað.

Kortlagning hafsbotsins í Tjörnesbrotabeltinu, þ.e. í Eyjafjarðarál, á Kolbeinseyjarhrygg, Skjálfandadjúpi, Skjálfandaflóa og Öxarfirði (myndir 1 og 2) síðastliðin fjögur sumur hefur m.a. leitt í ljós tvískiptingu plötuskilanna á milli nyrðra gosbeltisins og Kolbeinseyjarhryggjar. Hrikalegur sigdalur Eyjafjarðaráls, sunnan Kolbeinseyjarhryggjar og Húsavíkur-Flateyjarmisgengið marka vestur- og suðurjaðar Tjörnesbrotabeltisins en Grímseyjarbætið norður- og austurjaðar þess. Sigdalir í Eyjafjarðarál, Skjálfandadjúpi og Öxarfirði hafa allir gliðnað á nútíma þrátt fyrir að gosvirknin hafi sennilega verið bundin við Grímseyjarbætið síðustu 2 milljónir ára. Landslagi Kolbeinseyjarhryggjar og Grímseyjarbætisins svipar mjög til nyrðra gosbeltisins og Reykjanes-skaga. Upphleðslumiðjur (megineldstöðvar) með sprungusveimum (sigdolum) og gígaröðum liggja skástígt eftir plötuskilunum. Kortin sýna einnig útbreiðslu ísaldarjöklar og landmótunarform af ýmsu tagi, þ.m.t. uppstremisholur (pockmarks). Uppstremisholur í Skjálfandaflóa virðast tengjast misgengjum. Hjóðendurvarpsmælingar gefa til kynna tilvist gass á sömu svæðum. Ekki er enn fullljóst hvers konar gas er um að ræða, en líklegast þykir að það hafi myndast við hitaummyndun lífrænna efna í tengslum við jarðhita, jarðhnik og sprungur innan Tjörnesbrotabeltisins.



Mynd 1. Fjölgeislamælingar í Öxarfirði með skipi Landhelgisgæslunnar, MB Baldri, gerðar sumarið 2004

Frekari rannsóknir á hafsbottinum umhverfis landið munu auka skilning okkar á uppbyggingu brotabelta og tengslum þeirra við úthafshryggina, eðli brotahreyfinga, útbreiðslu ísaldarjöklusins, flotjafnvægi, rofi og setmyndun á landgrunnu og leiða í ljós áður óþekktar auðlindir.



**Mynd 2.** Fjölgeislamaelingar með Árna Friðrikssyni, skipi Hafnarfjarðarstofnunarinnar, úti fyrir norðurlandi, á árunum 2002 og 2004.

## **Setlagamyndanir og fornhaffræði á Tjörnesbrotabeltinu á síðjökultíma og nútíma**

**Jón Eiríksson og Esther Ruth Guðmundsdóttir  
Jarðvísindastofnun Háskólans, Öskju, Sturlugötu 7, 101 Reykjavík**

Jarðfræði landgrunnsins undan Norðurlandi mótaðist af Tjörnesbrotabeltinu, en því fylgja setlagadældir, sem varðveita sögu höggunar, eldvirkni og loftslagsbreytinga við Norður-Atlantshaf.

Eftir að Íslendingar gerðust aðili að ODP árið 1986 kviknaði áhugi á því að vinna að djúpborun á vegum ODP á Tjörnesbrotabeltinu. Um miðjan síðasta áratug komst skriður á umræður um þetta efni og var farið að safna saman gögnum, sem stutt gætu slíka umsókn. Tilfinnanlegur skortur var á gögnum sem gætu gefið upplýsingar um setmyndunarferli á landgrunninu á síðustu árþúsundum, þannig að hægt væri að meta líkur á markverðum upplýsingum í setlagakjarna frá landgrunninu. Um svipað leyti var einnig vaxandi áhugi á uppruna gasuppstreymis í Öxarfirði, og hugsanlegri varðveislu kolvetnissambanda í setlagadældum við Norðurland. Af þessu tilefni var sett á laggirnar sérstakt rannsóknaverkefni í samvinnu Raunvísindastofnunar Háskólans, Universitetet i Bergen í Noregi og Aarhus Universitet í Danmörku. Markmið verkefnisins var að rannsaka setlög á landgrunninu frá Skaga austur að Sléttu með því að taka borkjarna sem gætu spannað síðustu 10-15 þúsund ár, og með því að safna yfirborðssýnum af hafsbottinum á sama svæði. Verkefnið var kallað FUNI (Fornumhverfi við norðanvert Ísland) á íslensku og fékk alþjóðlega nafnið PANIS (Palaeoenvironments on the North Icelandic Shelf). Vísindasjóður styrkti þessar rannsóknir. Samstarf hafði þá þegar tekist við verkefnið BIOICE (Botndýr á Íslandsmiðum) um úrvinnslu yfirborðssýna frá efnahafslögsögu Íslands.

Árið 1995 var farinn rannsóknaleiðangur á vegum BIOICE með rannsóknaskipinu Haakon Mosby, og voru teknir 6 fallkjarnar og 10 kassakjarnar og fjölmög yfirborðssýni með botngreip. Voru þetta fyrstu borkjarnarnir, sem teknir höfðu verið á norðlenska landgrunninu, en áður höfðu verið teknir fallkjarnar inni í Eyjafirði. Ásamt hinu yfirgripsmikla sýnasafni BIOICE voru þessi yfirborðssýni notuð til þess að rannsaka samhengi milli lífvera í yfirborðssetlögnum og sjógerða við Ísland. Niðurstöður þessara rannsókna, sem ná til kísilþörunga, svipuþörunga og götunga, hafa birst í þremur vísindagreinum. Borkjarnarnir voru aldursgreindir með kolefnisgreiningum og með gjóskulagatímatali. Elstu setlögin sem til náðist í leiðangri HM107 reyndust vera um 16000 ára gömul, og borkjarnarnir hafa verið nýttir til að rekja fornhaffræðilegar breytingar frá þeim tíma allt til okkar daga.

Umsókn til ODP um borstaði á Tjörnesbrotabeltinu fíll í dauðan jarðveg. Hins vegar leiddu niðurstöður PANIS rannsóknaverkefnisins frá leiðangrinum 1995 til þess að alþjóðlega hafsbottensrannsóknaverkefnið IMAGES tók norðlenska landgrunnið inn á verkefnaskrá á fundi í Stokkhólmi 1997, og var í framhaldi af því unnið að skipulagningu borleiðangurs með franska rannsóknaskipinu Marion Dufresne árið 1999. Ísland gerðist formlegur aðili að IMAGES 1998, og tók hópur íslenskra jarðfræðinga og jarðfræðinema þátt í leiðangrinum. Teknir voru borkjarnar af íslenska landgrunninu allt frá Faxaflóa, vestur og norður fyrir land austur til Skjálfsandaflóa. Á vegum PANIS voru teknir kjarnar á svæðinu frá Skagagrunni austur í Skjálfadadjúp, en aðrir rannsóknahópar með íslenskri þátttöku og verkefnisstjórn stóðu fyrir borstöðum fyrir vestan og norðan land. Erlendir aðilar, einkum bandarískir og franskir, stóðu einnig að borstöðum á íslenska landgrunninu. Fjölmög rannsóknarverkefni á sviði fornhaffræði og loftslagssögu hafa spröttið af IMAGES

leiðangrinum 1999, og hafa margir íslenskir og erlendir jarðfræðinamar nýtt gögn þaðan í meistaraprófs og doktorsverkefni. Þátttaka Íslands í IMAGES og fjármögnun á vegum markáætlunar RANNÍS um umhverfismál voru lykilatriði við skipulagningu leiðangursins.

Skörp skil í andrúmslofti og hafi einkenna loftslag og veðurfar við Ísland á okkar dögum. Í hafinu liggur Irminger straumurinn upp að Austur-Grænlandsstraumnum milli Íslands og Grænlands, og norðan við landið liggja skil milli hlýsjávar og kaldsjávar um kalda tungu sem teygir sig austur með landgrunninu. Þessi kalda tunga tekur af og til á sig einkenni pólsjávar og flytur ískaldan og seltulítinn yfirborðssjó til Íslands. Markalínan milli hlýsjávarins og pólsjávarins er auðsýnilega mikilvæg fyrir lífríkið á hverjum tíma og breytingar á mörkunum endurspeglast í setlögum, sem varðveita forndýr og plöntur. Almennt er talið að straumakerfið við yfirborð mótið að talsverðu leyti af vindafari, og skilningur á samhenginu milli hafstrauma og vindafars í tímans rás er eitt helsta markmiðið með PANIS verkefninu. Það hefur sýnt sig að landgrunnsset á Tjörnesbrotabeltinu er næmt fyrir loftslagsbreytingum á sögulegum tíma, og upphleðsluhraði setlaganna er nægur til þess að nema breytingar frá áratug til áratugs.

Í lok ísaldar og við upphaf nútíma urðu miklar sveiflur í hafstraumum við landgrunnið norðan við Ísland. Súrefnissamsætur í svifgötungum og botngötungum sýna að fyrir Bølling tíð var léttur, seltulitill yfirborðssjór í sunnanverðu Íslandshafi og nokkuð bar á frystingu sjávar, sem leiddi til lóðréttar blöndunar þar sem eðlisþungur, brimsaltur sjór seig niður. Samtímis þessu streymdi kjarni úr tiltölulega hlýjum Atlantshafssjó eftir landgrunninu. Svipaðar aðstæður sköpupust um skamma hríð fyrir um 12000 árum á Yngra Dryas tíð, um það leiti sem Skóga – Vedde gjóska fíll, að því er virðist á auðan sjó næst Íslandi. Kólnun í hafinu átti sér stað á þessum slóðum við upphaf Bølling tíðar og aftur við upphaf nútíma, öfugt við það sem gerðist við austanvert Norður-Atlantshaf. Kólnunarkaflarnir voru þó ekki varanlegir, en fyrsta svörun andstæð yfir Atlantsála.

Í landgrunnssetinu eru skýr merki um kólnun fyrir 8200 árum, og greinilegt er að straumakerfið hefur sveiflast svo um munar síðustu 4500 ár. Sérstaklega áberandi er snögg kólnun sem átti sér stað um 50 árum áður en stórgos varð í Heklu fyrir 2980 árum (kvörðuð ár fyrir 1950). Greinileg merki eru um kaldan sjó og hafisrek á þessum tíma. Breytingar þær sem við þekkjum frá sögulegum heimildum eftir landnám koma mjög skýrt fram í breytingum á fornhafræði norðan við Ísland.

Aldursgreiningar eru mikilvægur þáttur í loftslagssögu, sem rakin er með jarðfræðilegum gagnarunum. Í PANIS verkefninu hefur verið sýnt fram á að geislakolsgreiningar á fornkeljum í sjó eru ekki áreiðanlegar á landgrunninu norðan við Ísland. Þetta kemur fram í mismun á aldurslíkönum, sem byggjast á sögulegum gjóskulögum eða öðrum vel aldursgreindum gjóskulögum annars vegar og kolefnisgreiningum á kalkskeljum í sjávarseti við gjóskulögin hins vegar. Þessar niðurstöður benda til að sýndaraldur sjávar hafi verið breytilegur. Hugsanleg skýring er sú að pólsjór, sem tímabundið hefur streymt inn á landgrunnið og blandast Atlantshafssjó hafi haft áfhrif til hækkunar á sýndaraldri sjávar. Ef sú tilfgáta reynist rétt eru kolefnisgreiningar við slíkar aðstæður mælikvarði á fornhafræðilega þætti. Gjóskulagatímatal er á þennan hátt mikilvægt, óháð aldursgreiningartæki við hafsbotsrannsóknir.

## Framrás og hörfun jökuls á norðvestanverðu landgrunni Íslands

Áslaug Geirdóttir, Sædís Ólafsdóttir, Guðrún Helgadóttir,  
Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands og Hafrannsóknastofnunin.

Erfitt hefur reynst að áætla stærð og útbreiðslu jökuls á Íslandi á síðasta jökluskeiði vegna skorts á gögnum af landgrunninu. Einkum hafa verið uppi skiptar skoðanir um stærð jökulhettunnar á Vestfjörðum. Sá jökull hefur ýmist verið talinn hylja megnið af Vestfjörðunum með útbreiðslu út á landgrunnsbrún eða hafa verið öllu minni með ystu mörk fyrir mynni Ísafjarðardjúps.

Kortlagning hafsbotsinsins með fjölgeisladýptarmælingum auk bylgjubrotsmælinga á norðvestanverðu landgrunninu gerir kleift að rekja hörfunarsögu jöklusins frá hámarksútbreiðslu á síðasta jökluskeiði og inn á nútímann. Því til stuðnings eru ítarlegar rannsóknir á fjórum sjávarsetskjörnum sem teknir voru frá innsta hluta Ísafjarðardjúps og út í Djúpál. Hörfunarsagan er dregin fram með aðstoð rannsókna á setásýndum, kolefnisgreiningum og segulmælingum, auk talningar á grófkorna ísjakabornu seti sem finnst í setkjörnum. Atburðarásin er tímasett með fjölda AMS 14C aldursgreiningum og tveimur gjóskulögum: Vedde gjóskunni og Saksunarvatnsgjóskunni.

Einn af kjörnum (MD99-2264) var tekinn úr Djúpálstrogini norðvestur af Vestfjörðum þar sem kaldur og seltusnauður Austur-Grænlandsstraumurinn mætir í dag hlýjum og selturíkari Norður-Atlantshafsstraumnum. Kjarninn er 38 m langur og reynist geyma fimm seteiningar sem endurspeglar ólíkar umhverfisaðstæður allt frá hámarki síðasta jökluskeiðs. Neðsta einingin sem samkvæmt aldursgreiningum er meira en 20 þús. leiðr. ár, hefur að geyma vitnisburð um að jökull hafi þá náð a.m.k. út í Djúpál. Með hliðsjón af niðurstöðum nýju fjölgeisladýptarmælinganna má ætla að mikill ísstraumur hafi gengið fram Ísafjarðardjúp, út yfir Djúpál og að Hala á þessum tíma.

Fyrir um 15000 leiðr. árum hefst tiltölulega hröð hörfun jökuls með myndun síendurtekinna eðjuflóða í Djúpál. Með áframhaldandi hörfun jökuls frá kjarnatökustaðnum, tekur við jöklusjávarsetmyndun með talsverðu magni af fallsteinum eða ísreknu efni. Jöklar hafa kelft nær óslitið frá því fyrir meira en 20000 leiðr. árum og þar til fyrir u.þ.b. 11000 leiðr. árum, en þá hættir að vera vart grófs ísrekins efnis í Djúpálskjarnanum. Sjávarsetskjarnarnir úr Ísafjarðardjúpi (kjarnar MD99-2265, B997-342, B997-339), sýna að jöklar hafa kelft í fjörðinn allt þar til fyrir 10000 leiðr. árum, Allir setkjarnarnir sýna aukningu á ísreknu efni í kringum yngra dryas tímann frá 12700 til 11500 ár. Mælingar á lífrænu kolefni í setkjörnum benda til lítillar lífvirkni í hafinu norðvestan við Ísland á þessu tímabili, en tiltölulega snögg aukning verður á magni lífræns kolefnis fyrir 11 til 10 þús. leiðr. árum. Eftir það hafa jöklar hörfað hratt inn til landsins.

Áframhaldandi rannsóknir beinast að há-upplausnargögnum um umhverfisbreytingar á nútíma. Sjávarset úr Djúpál og Jökulfjörðum og stöðuvatnaset úr Haukadalsvatni, Hvítárvatni og Hestvatni, ættu að hafa nægilega upplausn (1- 10 ár/sýni) til að greina sveiflur í veðurfari síðustu 12.000 árin. Rannsóknir á seguleiginleikum setkjarnanna ættu að styrkja allar tengingar milli þessara ólíku setmyndunarumhverfa og draga fram reglubundnar sveiflur sem tengjast veðurfarsbreytingum og þannig nýtast til frekari skilnings á þeim ferlum sem stjórna slíkum sveiflum.

# Er botninn er kominn úr Borgarfirðinum? – staða rannsókna á lífríki botnsins við Ísland

Jörundur Svavarsson  
Líffræðistofnun Háskólans, Öskju, Náttúrufræðahúsi,  
Sturlugötu 7, 101 Reykjavík

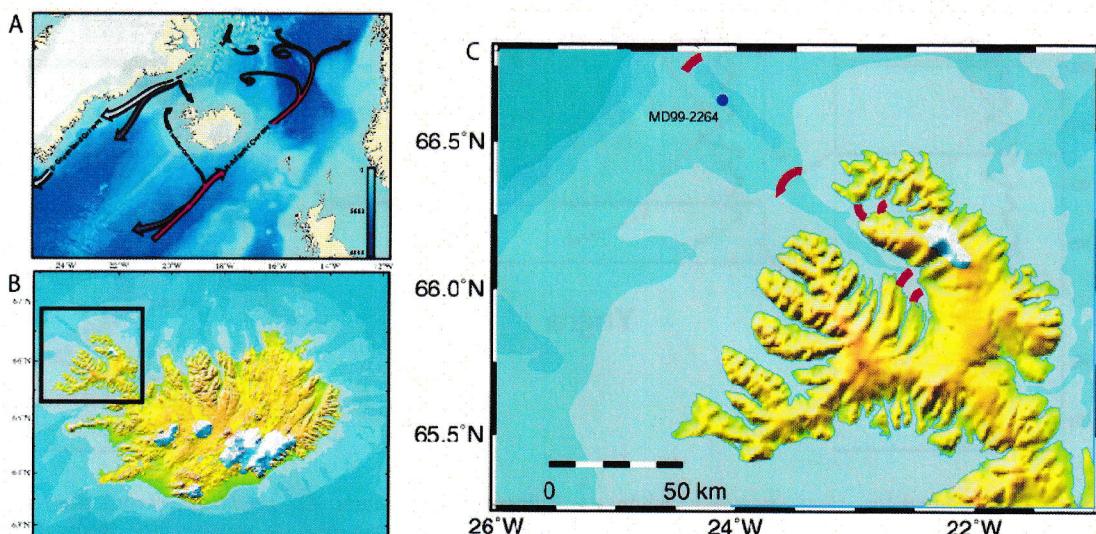
Mikið af þeim upplýsingum sem legið hafa fyrir um lífríki á botni sjávar eru frá gamalli tíð, eða allt frá því að danski Ingolfleiðangurinn var til Íslands árin 1895 og 1896. Varðskipið Ingolf var sitthvert þessara ára við rannsóknir í fjóra mánuði í senn á Norðurslóðum og aflaði sýna við Ísland, Grænland og Færeysjum. Á síðari hluta seinustu aldar hófust rannsóknir hérlendis á ýmsum hagnýtum botndýrum á vegum Hafrannsóknastofnunarinnar, auk þess sem rannsóknir á ýmsum öðrum tegundum og á samfélögum hófust á vegum Líffræðistofnunar Háskólans. Á síðustu 13 árum hafa farið fram umfangsmiklar rannsóknir á botndýrum við Ísland í tengslum við rannsóknarverkefnið Botndýr á Íslandsmiðum, en verkefnið er unnið á vegum umhverfisráðuneytisins og með þátttöku íslenskra stofnana og fjölmargra erlendra aðila.

Þekkingarleitin hefur því verið nokkuð ólík á þessum árum og markmið og forsendur mismunandi. Þekking hefur aukist verulega á tegundasamsetningu og á útbreiðslu botndýra sem lifa á leðju- eða sandbotni, en enn vantar mikilvægar upplýsingar um útbreiðslu og tegundasamsetningu botndýra sem lifa á búsvæðum, sem erfitt er að afla sýna frá. Má þar nefna þverhnípta fjallsveggi og gil neðansjávar, sem erfitt er beita hefðbundnum sýnatökum á. Einnig vantar ferkari upplýsingar er lúta að lifnaðarháttum botndýra. Í fyrirlestrinum verður spáð í hvaða rannsóknarsprungar munu blasa við á komandi árum og rætt um gildi þess að tengja saman jarð- og líffræðilega sýnatöku. Einnig verður rætt um gildi botnsins fyrir lífríki vatnsbolsins, og mikilvægi þess að þekkja tengsl botns og vatnsbols. Í ljósi þessa verður leitað svara við spurningunni hvort botninn sé nú loksns kominn heim, eða hvort hann sé ennþá í Borgarfirðinum.

# Yngra Dryas tímabilið lesið úr sjávarsetsögnum frá norðvestanverðu landgrunni Íslands

Sædís Ólafsdóttir, Áslaug Geirdóttir og Guðrún Helgadóttir  
Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands og Hafrannsóknastofnunin

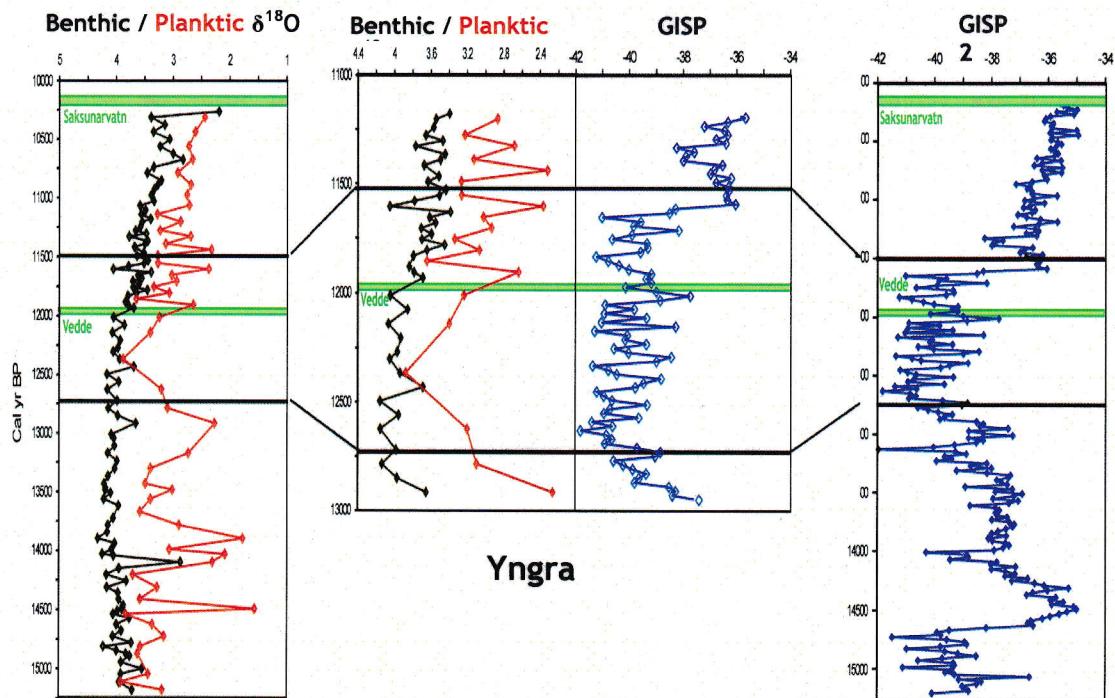
Á undanförnum árum hafa jarðvísindamenn og haffræðingar beint rannsóknum sínum í auknu mæli að landgrunnsvæðum Íslands vegna mikilvægrar legu landsins á mörkum hafstrauma- og loftslagskerfa. Leiðir Íslandslægðarinnar ganga yfir landið auk þess sem norðvestur af Íslandi mætir heitur og selturíkur Irmingerstraumurinn köldum og ferskum Austur-Grænlandsstraumi. Þessi skörpu hita- og seltuskil yfirborðssjávarstraumanna, svokallaður Pólarfrontur, gegnir mikilvægu hlutverki í vistkerfi hafsins auk þess sem breytingar á staðsetingu hans í tíma tengjast breytingum á veðurfari frá jökluskeiði til hlýskeiðs á Norður Atlantshafssvæðinu.



Mynd 1. A) Norður Atlantshafssstraumakerfið, rauð ör tákna heitan og selturíkan yfirborðssjó, ljósblá ör tákna kaldan og ferskan yfirborðssjó og fjólbláar örvar tákna djúpsjávarmyndun. B) Staðsetning rannsóknarsvæðisins. C) Vestfirðirnir og kjarnatökustaðurinn í Djúpánum, rauðar línar sýna meinta jökulgarða.

Árið 1999 var farinn alþjóðlegur leiðangur á rannsóknarskipinu *Marion Dufresne* um N-Atlantshafssvæðið til að afla sjávarsetskjarna með hárrí tímaupplausn. Einn þessara kjarna, MD99 2264, er hér til umfjöllunar. Setkjarninn var tekinn af 235 m dýpi í Djúpánum norðvestur af Vestfjörðum og er 38 m langur. Mat á aldri sjávarsetsins í Djúpál var byggt á um tuttugu  $^{14}\text{C}$  aldursgreiningum á skeljum og tveimur gjóskulögum (Vedde og Saksunarvatnsgjóskunni) og sýnir að setið hefur sest til á síðustu u.þ.b. 20 þús. árum. Áhersla er lögð á tímabil jökulhöfunar frá c. 15.200 – 10.300 leiðr. árum. Þá áttu sér stað miklar breytingar og sveiflur á strauma- og loftlagskerfinu. Til að greina þær er aðallega stuðst við ásýndarlýsing, tegundagreiningu á götungum auk mælinga á súrefnis- og kolefnissamsætum í skeljum þeirra (svif- og botngötungategundirnar: *Neoglobigerina pachyderma* (s) & *Cassidulina reniforme*). Á þennan hátt má leggja mat á breytingar á styrkleika Irmingerstraumsins og einkenni Yngri Dryas tímabilsins.

Niðurstöður benda til þess að töluverðar sveiflur hafi verið á styrkleika Irmingerstraumsins á rannsóknartímabilinu. Ljóst er að fyrstu merki Irmingerstraumsins eftir hámark jöklunar gætir fyrir um 14.000 leiðr. árum. Marka má upphaf Yngra Dryas kuldatímans fyrir um 12.700 leiðr. árum en þá gætti lítilla áhrifa hlýssjávar í yfirborðslögnum sjávar. Hámarks kólnun kemur fram í gögnunum fyrir um 12.300 leiðr. árum. Í kjölfarið tók við óstöðugt tímabil þar sem yfirborðssjórinn sýnir breytilegt hitastig auk þess sem bræðsluvatn frá hörfandi jöklinum hefur áhrif á súrefnissamsætugildin. Irmingerstraumurinn nær að streyma norðurfyrir land með núverandi styrk og streymi fyrir um 10.500 leiðr. árum.

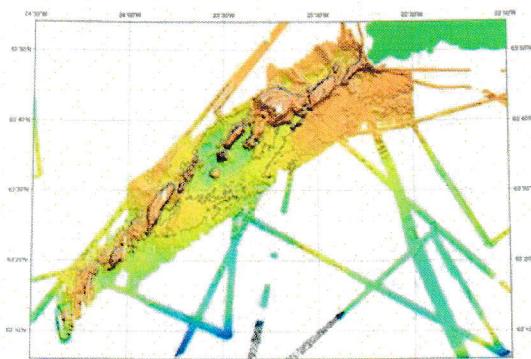


Mynd 2. Niðurstöður súrefnissamsætumælinga á botngötungategundinni *C. reniforme* (svört lína) og svifgötungnum *N. pachyderma* (s) (rauð lína). Bláa kúrfan er til samanburðar og stendur fyrir mælingar á súrefnissamsætum í GISP2 ískjarnanum frá Grænlandi. Í miðjunni hafa kúrfurnar verið stækkaðar upp með áherslu á Yngra Dryas tímabilið.

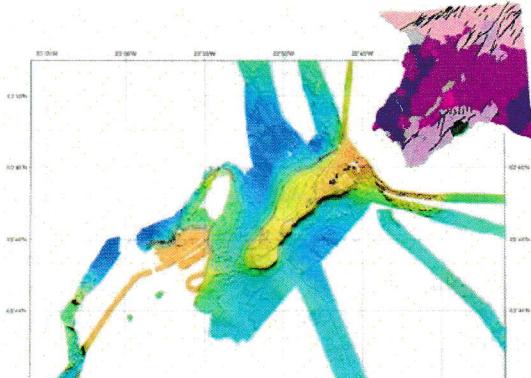
## Rekbeltin suður af Íslandi, myndun þeirra og þroski frá skjálftum til yfirborðs.

Ármann Höskuldsson<sup>1</sup>, Kristín S. Vogfjörð<sup>2</sup>, Gunnar B. Guðmundsson<sup>2</sup> og Einar Kjartansson<sup>3</sup>.

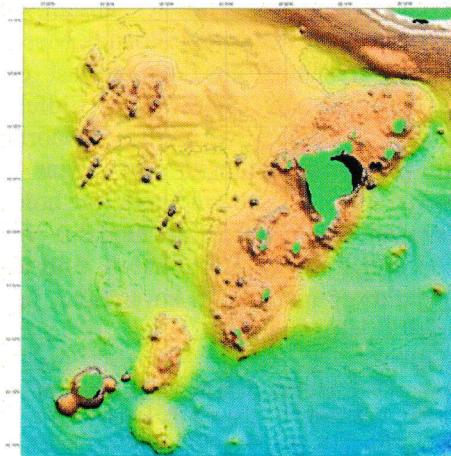
<sup>1</sup>Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands, <sup>2</sup>Veðurstofu Íslands, <sup>3</sup>Hafrannsóknarstofnunin.



Mynd 1. Kort af Reykjaneshrygg, frá 63,1°að Reykjanesi. Eldstöðvarkerfin koma út sem vel afmarkaðir hryggir, með samsvörun í sprungusveimum og gosum á landi.



Mynd 2. Kort af Húllinu og Reykjanesá. Hryggurinn nær upp á um 75 m dýpi og fellur bratt niður á 150 m. Hann grynnist og að landi.

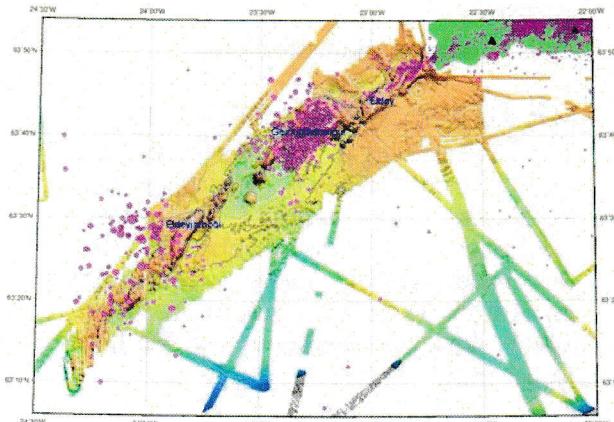


Mynd 3. Vestmannaeyjar, samsvörun við eldstöðvarkerfi á RH kemur fram í hrygglögun.

Mót Ameríku- og Evrasíuflekanna liggja eftir Reykjaneshrygg. Þau teygja sig frá Bight þverbrotabeltinu í suðri til Reykjaness í norðri. Samkvæmt mælingum á þverbrotabeltinu hafa flekamótin verið til staðar í núverandi mynd í allt að 36 Ma (Muller and Roest 1992). Reykjaneshryggur er um 900 km langur með rekskekkju upp á um 27° (Vogt 1971). Hér verður fjallað um hluta hans sem afmarkast af 63,1° til 63,5°, mynd 1 sem og tengingu við Reykjanes, mynd 2. Alls eru þekkt um 14 eldgos á þessu svæði á sögulegum tíma (Johnson and Jakobsson 1985). Flekamótin ein-kennast af smáum hryggjum sem skarast og liggja skásett yfir þau (mynd 1). Hryggir eru frá 3 til 1 km breiðir og 10 til 20 km langir. Við Eldeyjarboða eru tveir hryggir, annar 10x3 km og hinn mun grenni og lengri 12x1 km, þar gaus síðast 1970. Svæðið við Geirfugladrang sker sig úr þar sem að byggst hefur upp stapi um 8 km í þvermál, tveir hryggir ganga síðan suður úr stapanum, síðast gaus þar 1884. Eldeyjarhryggurinn er um 4x13 km og breiðastur til norðurs. Þar gaus síðast 1926. Næst Reykjanesi er Húllið og hryggur sem að gengur á land á Reykjanesi. Hryggurinn er um 3 km breiður og 6 km langur. Mesta lengd milli misgenga er um 6 km.

Vestmannaeyjasvæðið er aftur á móti talið vera rekbelti í mótun. Aldur svæðisins er ekki alveg líjos, Sveinn P Jakobsson (Jakobsson 1979) gerir ráð fyrir að eldvirkni á svæðinu sé allt að 170 ka. Vestmannaeyjahryggurinn er um 20 km langur og 4 km breiður. Afmörkun hryggjarins eru skörp til austur en þar fellur dýpi af 50 m niður í 125 m. Hryggurinn er byggður upp í mörgum gosum og stuttum sprungum. Síðast gaus 1973 upp um tæplega 2 km langa sprungu. Jarðskjálftavirkni á nyrsta hluta Reykjaneshryggjarins var lítil á tíunda áratug síðustu aldar. Frá miðju ári 2000 hefur virknin vaxið stöðugt með stærri

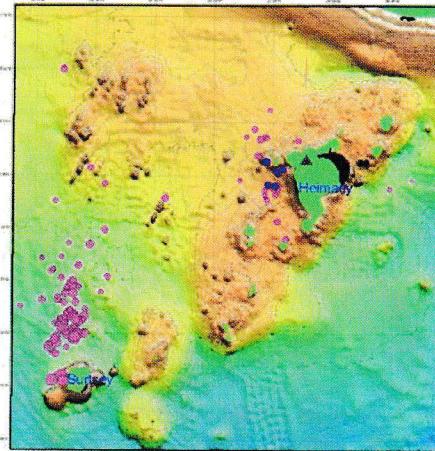
skjálftum og skjálftahrinum. Flestir skjálftanna eiga upptök undir skástædu hryggjunum við Geirfugladrang og við Eldeyjarboða.



*Mynd 4. Kortið sýnir staðsetningu jarðskjálfta á Reykjaneshrygg suður af Íslandi. Skjálftarnir raðast vel á Eldeyjarhrygg og hrygginn sem að gengur út í Húllið. Stapið undir Geirfugladrangi er mjög skjálftavirkur og teygjast skjálftarnir suður eftir eystra tagli hans. Skjálftar sunnar eru hinsvegar illa staðsettir og virðast því dreifast meira um svæðið. Hinsvegar má reikna með að með bættri staðsetningu myndu þeir raða sér niður á hryggina sem liggja skásett á flekamótin*

Þar urðu einnig stærstu skjálftarnir og öflugustu hrinurnar. Þegar fjær dregur landi verða staðsetningar skjálftanna ónákvæmari vegna afstöðu SIL jarðskjálftamælanetsins til hryggjарins. Við Surtsey var skjálftavirkni nokkuð stöðug, rúmlega 7 skjálftar á ári frá byrjun árs 1991 til ársloka 1999. Frá upphafi árs 2000 hefur virkni þar hins vegar minnkað niður í tæpa 4 skjálfta á ári. Nokkrir skjálftar eru yfir 3 að stærð, en flestir eru milli 1 og 2. Virkni kringum Heimaey var u.p.b 1 skjálfti á ári fram til ársloka 2002, en síðan þá hefur hún aukist mikið, í rúmlega 7 skjálfta á ári. Ný skjálftastöð sem sett var upp á Heimaey, í ágústlok 2000, hefur aukið næmninga nokkuð, en það er þó ekki eina ástæðan fyrir fjölgun skjálfta, því meðalstærð skjálftanna, eftir sem áður er um 1.5. Stærstu skjálftar eru tæplega 2 að stærð og dýpi nokkuð mikið eða um 15 km. Nánari athugun á nokkrum völdum skjálftum á jarðskjálftastöðinni á Heimaey gefur til kynna að lengdarstaðsetning skjálfta vestan Heimaeyjar sé ónákvæm (um 4-5 km), því

eindahreyfing í P-bylgju þeirra sýnir að þeir koma úr A til ASA, eða nokkurn veginn undan gossprungunni frá 1973 Flekamótin út á Reykjanesi og við Eyjar, eru um margt svipuð. Í báðum tilvikum byggjast upp hryggir ofan við mestu



*Mynd 5. Kortið sýnir staðsetningu jarðskjálfta á Vestmannaeyjasvæðinu. Bláir skjálftar hafa verið skoðaðir sérstaklega og gefa til kynna skekkju um 4-5 km til vesturs. Því má gera ráð fyrir sambærilegri skekkju fyrir aðra skjálfta. Skjálftarnir eru valdir þannig að aðeins þeir sem sjást á 4 stöðvum og eru með 6 fasapikk, (þ.e. a.m.k. 2 S-fasa) eru teiknaðir hér sem og á mynd 4 .*

eldvirknisvæðin. Úti á Reykjanesi eru hryggirnir mjög vel afmarkaðir og með bröttum hlíðum beggja vegna. Þetta hefur verið skýrt með þeim hætti að hryggirnir byggist upp ofan við virkasta hlutann en verði svo markvist brotnir niður er þeir reka út af þessu svæði. Í Eyjum er hinsvegar brattasta hlíðin austan í hryggnum en sú vestari er aflíðandi. Mesta eldvirkni er einnig að finna austast og syðst í hryggnum (Stórhöfði - Eldfell, Bjarnarey - Elliðaey og Surtsey í suðri). Ekki greindust sprungur við Eyjar í leiðangri 2003, en setmyndun er þar hröð. Hinsvegar er áhugavert að sigdalur við Húllið teygir sig frá Stórusandvík í átt að Eldeyjarhrygg og er um 6 km breiður, þar er mikil skjálftavirkni.

Heimildir:

- Jakobsson, S. P. (1979). *Acta Naturalia Islandica* **26**: 1-103.. Johnson, G. L. and S. P. Jakobsson (1985). *J.Geophys. Res* **90**: 10073-10083.. Muller, S. P. and W. R. Roest (1992). *J. Geophys. Res* **97**: 3337-3350. Vogt, P. R. (1971). *Earth and Planet Sci Lett* **13**: 153-160.