

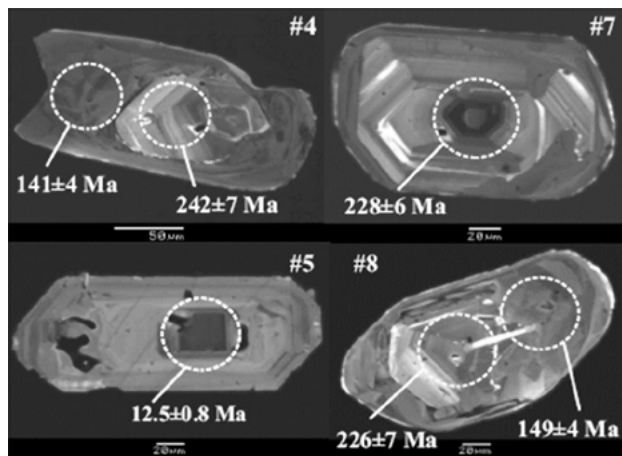
Olgeir Sigmarsson

# Steindin sem aldrei var (og aldur Hvítserks á Austurlandi)

**ZIRKONSTEINDIR** í fjallinu Hvítserk á norðanverðum Austfjörðum hafa verið aldursákvörðaðar. Þrjátíu og tvær mælingar á úraníum- og blýsamsætum gefa aldurinn  $12,5 \pm 0,1$  milljónir ára (Ma). Miðlífsaldargamlir zirkonar sem taldir voru frá Hvítserk finnast ekki í berginu. Leiddar eru líkur að því að þeir séu frá árósum fljótsins Saxelfar (þ. Elbe) í Norður-Þýskalandi. Aldur zirkona frá Hvítserk styður því ekki vangaveltur um að undir Austfjörðum liggi sú flís af meginlandsskorpu frá miðlífsöld sem myndaðist við opnun Norður-Atlantshafsins og liggur suður frá Jan Mayen.



1. mynd. Suðurhlíð Hvítserks alsett basaltgöngum sem skera ljósa flikrubergið þar sem zirkonkristallana er að finna. – South side of Mt. Hvítserkur, NE Iceland, with dark coloured basalt dykes cutting the ignimbrite, which contains zircon crystals. Ljósmynd./Photo: Olgeir Sigmarsson.



2. mynd. Bakskaustsljómunarmyndir af þremur gömlum sirkonkristöllum, flóknum að uppbyggingu og núnum (ávalar útlínur), og einum (#5), mun yngri, sem kemur úr flikrubergeri Hvítserks. Kjarni gömlu zirkonanna myndaðist á tríastímabilinu en jaðrarnir á krittartímabilinu. Hvítserkszirkoninn er aftur á móti aðeins 13 milljón ára gamall með reglulega kristalfleti og engin ummerki um núning við setflutning, eins og sjá má á þeim gömlu. – Cathodoluminescence images of three unrelated zircons and a 13 Ma old crystal from Mt. Hvítserkur. Compared to the Hvítserkur zircon, the old crystals show complex zonation and eroded surface after mechanical erosion during transport.

## INNGANGUR

Jarðfræði er vísindagrein sem byggist að miklu leyti á þekktum atburðum; hverjir þeir voru og hvenær þeir áttu sér stað. Festa þarf aldur þessara atburða til að skilja jarðsöguna og þau undirliggjandi eðlis- og efnafræðilegu ferli sem hafa skapað jörðina og mótað. Ágætt dæmi er að ákvarða má hraða þeirra ferla sem byggðu upp jarðskorpu Íslands, og þar með landið, með aldursgreiningu lykilarjarðlaga sem marka tímamót í myndun hennar. Með gjóskulagafræðum er hægt að ákvarða aldur jarðlaga síðustu tugi þúsunda ára, en leita verður til erlendra rannsóknarstofnana til að aldursgreina eldri jarðmyndanir. Eitt slíkt samstarfsverkefni sneri að aldursákvörðunum á megineldstöðvum Austurlands og hefur verið rakið að hluta til í Náttúrufræðingsgrein.<sup>12</sup> Í tengslum við það verkefni fundust eldgamlar zirkonsteindir sem taldar voru frá fjallinu Hvítserk (1. mynd) og vöktu þær niðurstöður allnokkra athygli jafnt á innlendum sem erlendum vettvangi. Frekari rannsóknir og niðurstöður þeirra staðfesta, eins og hér verður rakið, að gömlu steindirnar hafa ekkert með Hvítserk að gera.

## KÍSILRÍKT BERG OG TEKTÓNÍK

### Hátt hlutfall kísilríks bergs á Íslandi

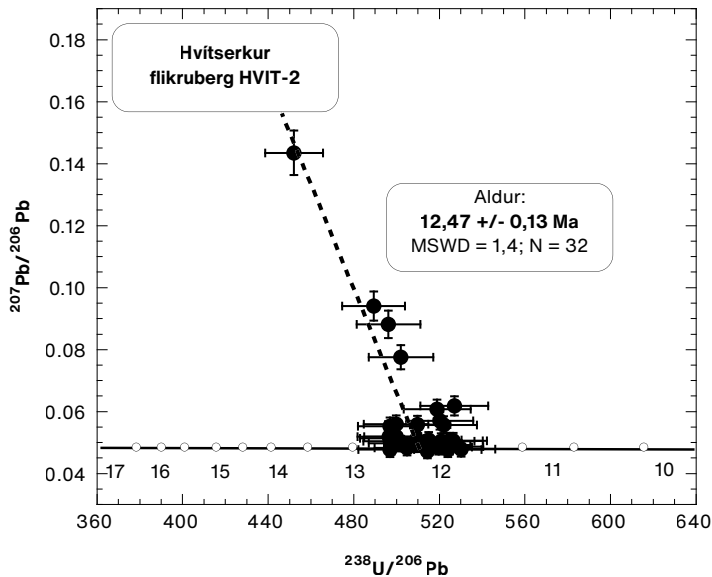
Elstu jarðlög Íslands eru trúlega nálægt 15 milljóna ára gömul. Þau mynduðust við mikla kvikuframleiðni möttulstróksins undir Íslandi og upphleðslu basalhraunlaga sem einkenna bæði

Vestfirði og Austfirði. Flakk gosbelta til austurs, í gegnum jarðsögu Íslands<sup>1-5</sup>, vegna tilfærslu möttulstróksins miðað við Mið-Atlantshafshrygginn hefur valdið uppbræðslu áður myndaðrar basaltskorpu með svokölluðu fram-sæknu reki (e. propagation rift).<sup>6-7</sup> Hin kísilríka kvika sem myndast við hlutbráðnun skorpunnar er eðlislétt miðað við kalda basaltskorpuna, og ris því upp skorpana og jafnvel upp í gegnum hana. Hlutfall kísilríks bergs (einkum dasíts og rýólíts)<sup>8</sup> á yfirborði landsins gefur því ýkta mynd af hlut þess miðað við ríkjandi basaltmyndanir.<sup>6</sup> Engu að síður eru kísilríkar gosmyndanir á Íslandi óvenju margar og miklar að rúmmáli í samanburði við aðrar úthafseyjar, svo sem Hawaii-eyjaklasann í Kyrrahafi eða Réunion-eyju í Indlandshafi, sem báðar eru svokallaðir heitir reitir ofan á möttulstrókum.

Ein skýringin á háu hlutfalli kísilríks bergs á Íslandi kann að vera hversu algeng brotabelti eru í skorpunni. Ástæðan er lega Atlantshafshryggjarins þvert í gegnum eyjuna, sem greiðir leið fyrir úrkomu niður í skorpana. Framsækið rek auðveldar síðan basaltinnskot í vatnaða basaltskorpu vegna tilfærslu Atlantshafshryggjarins miðað við legu möttulstróksins. Tíð basaltinnskot og hlutkristöllun basaltkvikunnar ná að yfirhita skorpana. Hún bráðnar því að hluta til og myndar kísilríka kviku, sem kann að blandast yngri basaltkvikum og stíga til yfir-

borðs í eldgosu eða storkna ofar í skorpunni. Hið háa hlutfall kísilríks bergs á Íslandi hefur orðið tilefni til vangaveltna um svipaðan uppruna fyrstu meginlandsskorpunnar (e. protocrust) fyrir um 4 milljörðum ára, það er að segja að „íslenskar“ aðstæður hafi verið fyrir hendi með samspili rek-hryggja og heitra reita, og þar af leiðandi hafi myndast kísilríkt berg sem flaut ofan á frummöttli Jarðar. Þessar vangaveltur skjóta upp kollinum með nokkuð reglulegu millibili en erfitt hefur reynst að sannreyna þær.<sup>9-13</sup>

Framsækið rek Austurgosbeltisins til suðvesturs veldur endurvinnslu á eldri basaltskorpu í allnokkrum mæli, svo sem útbreiðsla kísilríks bergs í Torfajökli, Heklu og Tindfjöllum bendir til. Enn sunnar er skorpan mun kaldari, þar sem færri basaltbráðir rísa frá möttli en inn til landsins, og er því erfiðari að bræða. Basaltbráðirnar kólna því, afgangast og kristallast að stórum hluta og mynda þannig lítið magn af kísilríkari afgangsbáðum, svo sem gerist undir Eyjafjallajökli og Heimaey (mugearit, benmoreit og alkalískt rýólít).<sup>14-15</sup> Framleiðni kísilríks bergs á Íslandi virðist því fyrst og fremst eiga sér stað við mót þvergengja og rekbelta eða þar sem lekt skorpunnar veitir heitri möttulbráð aðgang að vatnaðri basaltskorpunni. Sérstaklega á þetta við þar sem þvergengi skera framsækið rek inn í eldri skorpu, samanber Torfajökulssvæðið.



3. mynd. „Terra-Wasserburg“-graf með 32 mælingum á Pb-samsætu- og U-Pb-hlutföllum. Kúrfan sem virðist lárétt er svokölluð „geochron“ þar sem aldur reiknaður frá  $^{235}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}$ - og  $^{238}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}$ -samsætukerfa er hinn sami. Skurðpunktur mæligagna við „geochron“-kúrfuna gefur aldur zirkonsteindanna í milljónum ára. – “Terra-Wasserburg“-diagram and age spectra of 32 zircons from Mt. Hvítserkur dated via in-situ LA-ICPMS U-Pb method. Uranium-lead ellipse errors are quoted at the two sigma level. Lower intercept with the geochron yields zircon crystallisation age.

### Tektónísk staða Borgarfjarðar og Víknaslóða

Allar líkur eru á því að svipaðar myndunaraðstæður og nú hafi ríkt þegar eldstöðvar Austfjarða mynduðust fyrir milljónum ára. Margar og miklar myndanir kísilríks bergs finnast á Víknaslóðum, austur og suður af Borgarfirði eystra, en þar virðist þvergingi frá Kolbeinseyjarhrygg hafa skorið Norðurgosbeltið fyrir 13–14 milljónum ára.<sup>1,2</sup> Bergsýni úr flestum megineldstöðum Austfjarða voru aldursákvörðuð í tengslum við doktorsverkefni Ervans Martins, sem fjallaði um uppruna kísilríks bergs á Íslandi og hugsanleg tengsl við uppruna meginlandsskorpu í árdaga Jarðar.<sup>16</sup> Tvær velþekktar aðferðir voru notaðar til aldursgreiningar. Annars vegar Ar-Ar-aðferðin sem byggist á afgösum eðalgassins argons úr kviku við gos og uppsöfnun  $^{40}\text{Ar}$ -atóma við geislavirk niðurbrot á  $^{40}\text{K}$  eftir að gosi lýkur. Hins vegar U-Pb-zirkon-aðferðin sem byggist á niðurbroti úrans í stöðugt blý ( $^{238}\text{U}$  í  $^{206}\text{Pb}$  og  $^{235}\text{U}$  í  $^{207}\text{Pb}$ ; en geislavirkni léttara úrans hentar betur fyrir ungan aldur íslensks bergs vegna styttri helmingunartíma, og því hraðara niðurbrots  $^{235}\text{U}$ - en  $^{238}\text{U}$ -atóma) eftir kristöllum zirkonsteinda úr kísilríkri kviku. Báðar hafa þessar aðferðir reynst vel í gegnum tíðina við aldursávarðanir á íslensku bergi.<sup>17</sup> Niðurstöður frá Austfjörðum sýna meðal annars að gliðnun Íslands um Norðurgosbeltið á milli norðurameríska og evrasíska flekans var jöfn

síðastliðnar 12 milljónir ára. Jafnframt sýna niðurstöðurnar að aldur megineldstöðva eykst reglulega frá 3 til 14 milljónum ára norður eftir Austfjörðum, eins og rakið hefur verið annars staðar.<sup>1-2</sup> Eitt bergsýnið skar sig þó úr, þar sem U-Pb-aldur zirkonsteinda reyndist mjög hár. Það kom úr hinu fagra fjalli, Hvítserk.

### Aldur Hvítserks

Fjallið Hvítserkur gnæfir upp af hálsinum á milli Borgarfjarðar og Húsavíkur. Það er talið rofleið af gamalli öskjufyllingu Breiðvíkureldstöðvarinnar (1. mynd).<sup>18</sup> Fjallið er gert úr flikrubergi, sundurskornu af basaltgöngum með bólstrabrotabergi á toppinum. Í sýni sem sent var með pósti til Frakklands og talið var vera af flikruberginu fundust 16 zirkonsteindir (Zr-SiO<sub>4</sub>). Ein steindanna gaf aldurinn 12,5 ± 0,6 milljónir ára (Ma en 15 steindir reyndust vera frá miðlífsöld (130–240 Ma; sjá 2. mynd))<sup>19</sup> og féll sá aldur vel að hugmyndum um hugsanlega legu Jan Mayen-hryggjarins inn undir Borgarfjörð og suður úr. Meginlandsskorpa kynni því að liggja undir Austfjörðum. Voru þetta spennandi fyrstu niðurstöður og í framhaldinu voru haldnir fyrirlestrar um þær á alþjóðlegum og innlendum vísindaráðstefnum. Jafnframt hófust greinarskrif um þessar einstöku niðurstöður, sem taldar voru skýra nokkur sérkenni Austfjarðafjalla og óreglulegan hraða skjálftaþylgna austur af landinu. Í því handriti

var lögð áhersla á rof/klofning hins stóra meginlandsskorpu, Pangeu, á mörkum perm- og krittartímabilanna, sem leiddi síðan til opunar Norður-Atlantshafsins, og klofnun flísar úr meginlandsskorpunni frá austurströnd Grænlands. Hana rak austur á bóginn, og síðan byggðist á henni eyjan Jan Mayen. Þessum vangaveltum hefur hópur undir forystu Norðmanna nú komið á framfæri<sup>20</sup> þótt mæliniðurstöðurnar frá Íslandi hafi hvergi birst í ritryndum fræðigreinum.

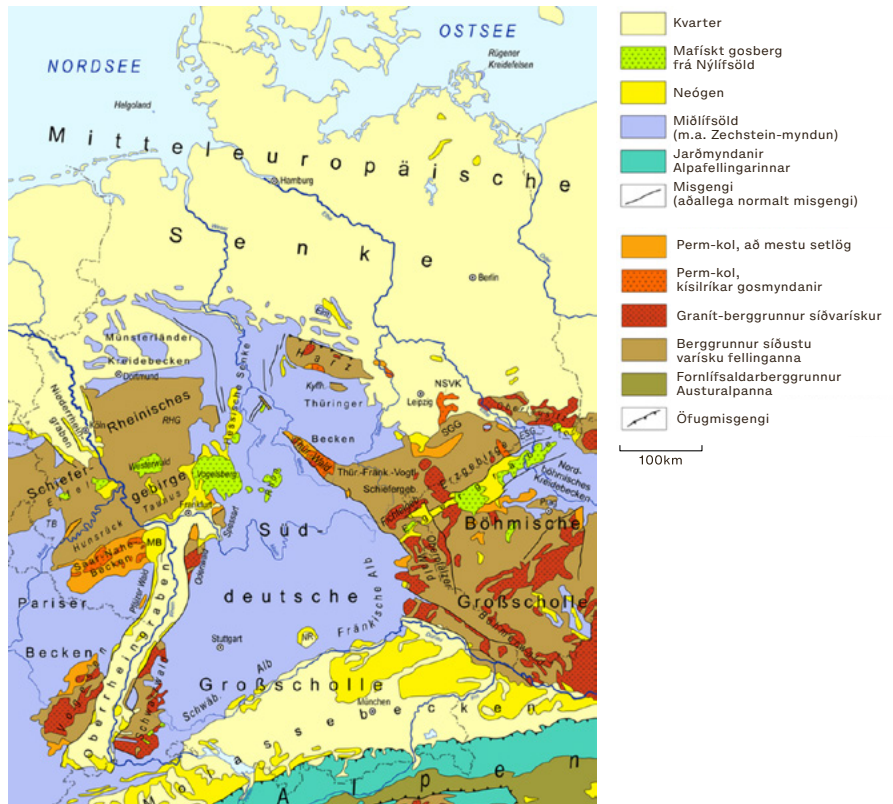
Áður en vísindagrein um miðlífsaldargamla zirkona yrði send til birtingar í alþjóðlegu tímariti varð að sannreyna niðurstöðurnar frá Hvítserk og var því gerð önnur ferð austur og nýtt flikrubergrsýni af sama stað í fjallinu tekið til greiningar. Þrjátíu og tvær zirkonsteindir fundust í nýja sýninu og reyndist meðaltalsaldurinn vera 12,47 ± 0,13 Ma (2σ; 3. mynd). Fellur sá aldur vel að jarðfræði Austfjarða en enginn hinna 32 zirkona reyndist vera frá miðlífsöld. Heldur hærrí Ar/Ar-aldur fékkst á kísilríku bergi neðan Ölduhamars utan við bæinn Hofströnd í Borgarfirði (12,8 ± 0,1 Ma), enda liggur það neðar í jarðlagastaflanum. Sama gildir um 13,1 ± 0,2 milljóna ára gamalt flikruberger sem liggur enn neðar, sunnan Húsavíkur.<sup>1</sup> Við þessar niðurstöður kom hik á þá sem að rannsókninni stóðu og voru greinarskrif um gamla íslenska zirkona eðlilega lögð á hilluna.



Um svipað leyti leitaði hópur frá Vanderbilt-háskólanum í Bandaríkjunum eftir samstarfi um verkefni sem snerist um efna- og samsætumælingar á zirkoni víðs vegar af landinu. Ákveðið var að fullreyna hvort eldgamlir zirkonar væru á Víknaslóðum. Fjölmörgum, eða 243, zirkonum var safnað úr árseti austan og vestan Hvítserks, og þeir aldursákvæðir. Allir reyndust þeir vera á aldrinum 12–14 Ma (miðgildi 12,9 Ma), með lágt  $d^{18}O$  og einsleit Hf-samsætuhlutföll,<sup>21</sup> sem einkennir íslenskt berg. Hvorki fundust því ummerki um zirkona frá miðlífsöld né zirkonar með samsætuhlutföll meginlandsskorpu. Samsætuhlutföll sírefnis og hafníums falla vel að hugmyndum um myndun kísilríku kvikunnar við hlutbræðslu vatnaðrar og myndbreyttrar basaltskorpu. Eru þær hugmyndir í fullu samræmi við tektoníska stöðu Hvítserks og Breiðuvíkureldstöðvarinnar á mörkum þvergensis og framsækens reks, eins og eindregin N-S-gangastefna á Víknaslóðum bendir sterklega til. Talið er að staða Torfajökuls nú sé besta samlíkingin við Breiðuvíkureldstöðina fyrir 12–14 milljónum ára. Aldur zirkonsteindanna sýnir að kísilrík bergkvikva kom upp á Víknaslóðum í um og yfir hálf milljón ára, sem er vel innan virkniramma íslenskra megineldstöðva.<sup>3</sup>

### Steindin sem aldrei var

En hvaðan komu þá þessir „gömlu“ zirkonar, og voru þeir yfirhöfuð íslenskir? Einn hugsanlegur möguleiki kann að vera mistök við mólun sýna og aðgreiningu zirkonsteinda úr bergmylsnunni. Hvítserksvíkurinn var fimmaláður mitt á milli annarra bergsýna frá Austfjörðum og ef um mengun frá öðrum sýnum væri að ræða væri það helst „ungi“ zirkoninn (sá eini af upphaflega 16) sem kynni að vera ættaður úr áður meðhöndluðum sýnum. Hverfandi litlar líkur voru þess vegna á mengun „gamalla“ zirkona við sýnaundirbúning Hvítserks. Því þarf að leita annarra skýringa á tilurð „gömlu“ zirkonsteindanna í fyrsta Hvítserksýninu. Kísilríka bergið sem safnað var af Austfjörðum var sent með sjópósti til Frakklands. Bergmolum hafði verið pakkað í pappír og plastpoka, þétt raðað í plastkassa sem sendir voru með póstinum sem brothætt vara og merktir „Fragile“. Til borgarinnar Clermont-



4. mynd. Einfaldað jarðfræðikort af Þýskalandi sem sýnir uppruna fljótisins Saxelfar í norður-bóhemsku kalklæggðinni (þ. Kreidebecken) við landamæri Tékklands, og legu Hamburgar við árósa. – Simplified geological map of Germany showing the origin of Elbe river at the border with Czech Republic as well as the location of Hamburg, where Elbe flows into the North-Sea. Kort/Map: By Gretarsson – Own work, CC BY4.0. Sótt/Borrowed 17.08.2021: [https://en.wikipedia.org/wiki/Geology\\_of\\_Germany#Basement](https://en.wikipedia.org/wiki/Geology_of_Germany#Basement)

Ferrand í Mið-Frakklandi komu bergsýnin umpökkuð í fina gula og þykka plastkassa frá þýska póstinum. Í þeim voru leifar af upphaflegu plastkössunum með sýnunum. Flickubergið frá Hvítserk var orðið að sandi en önnur sýni heilleg. Sjópóstinum hafði verið afskipað í Hamburg, komið fyrir í nýjum þýskum plastkössum og sendur landleiðina til Frakklands.

Er hugsanlegt að hafnar- eða póstarfsmenn í Hamburg hafi sópað sandi af höfninni með í umpökkininni? Erfitt er um slíkt að spá, en fljótið Saxelfur (þ. Elbe), sem rennur til Norðursjávar um Hamburg, á upprunasvæði á miðlífs- og fornlífsaldarbergi í austurhluta Þýskalands við tékknesku landamærin (4. mynd). Fljótið flæðir um laus jarðlög sem ísaldarjökullarnir rufu úr berggrunni Skandinavíu og settu síðan af sér. Þannig mynduðust slétturarnar í norðurhluta Þýskalands. Sterkar líkur eru því á að árset Saxelfar sé uppfyllt af zirkonsteindum,<sup>22</sup> sem þola mjög vel allt það hnjask og núning sem fylgir setflutningi

frá berggrunni til árósa. Hinn augljósi lærdómur sem draga má af rannsóknum á zirkonsteindum frá Hvítserk er að sparnaður rannsóknarfjár við þökkun og sendingu bergsýna á milli landa getur orðið dýrkeyptur og leitt til furðulegra, en um sumt skemmtilegra, niðurstaðna.

Vangavelturarnar um gamla meginlandsskorpu undir Íslandi og um gamla zirkona standa því enn á brauðfótum einum saman. Helstu niðurstöður þessa „ævintýris“ eru að sjálfur Hvítserkur er 12,5 milljóna ára gamall og að Breiðuvíkureldstöðin var virk í a.m.k. 1/2 milljón ára.

### SUMMARY

Zircon crystals have been separated from the ignimbrite of Mount Hvítserkur NE-Iceland and dated with the U-Pb method. Thirty-two crystals yield the age of  $12.5 \pm 0.1$  Ma at 95% confidence level. Mesozoic zircons, initially thought to come from Hvítserkur, have not been found despite thorough research.

## ÞAKKIR

Ég þakka nýlátnum samstarfsmanni mínum, Jean-Louis Paquette, og samstarfsfólki hans alla þá vinnu sem aðgreining og aldursákvörðun zirkonsteindanna í bergsýnunum kröfðust. Jafnframt er Tamöru L. Cartley og Calvin F. Miller þakkað fyrir samstarfið við aldursgreiningu zirkona í árseti. Verkefnið styrkti Vísindasjóður Íslands (RANNÍS). Jules Verne-samstarf Íslands og Frakklands styrkti ferðakostnað verkefnisins. Að lokum þakkar höfundur Guðrúnu Larsen, Hildi Albertsdóttur og prófarkalesara Náttúrufræðingsins fyrir yfirllestur og leiðréttingar á málfari.

## HEIMILDIR

- Martin, E., Paquette, J.L., Bosse, V., Ruffet, G., Tiepolo, M. & Olgeir Sigmarsson 2011. Geodynamics of rift-plume interaction in Iceland as constrained by new  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  and in situ U-Pb zircon ages. *Earth and Planetary Science Letters* 311. 28–38.
- Olgeir Sigmarsson, Martin, E., Paquette, J.L., Bosse, V. & Kristján Geirsson 2012. Gliðunarhraði Íslands metinn með aldursgreiningum á megineldstöðvum Austurlands. *Náttúrufræðingurinn* 82. 105–111.
- Kristján Sæmundsson 1979. Outline of the geology of Iceland. *Jökull* 29. 7–28.
- Haukur Jóhannesson 1980. Jarðlagaskipan og þróun rekkelta á Vesturlandi. *Náttúrufræðingurinn* 50. 13–31.
- Björn S. Harðarson, Fitton, J.G. & Árni Harðarson 2008. Tertiary volcanism in Iceland. *Jökull* 58. 161–178.
- Haraldur Sigurðsson 1977. Generation of Icelandic rhyolites by melting of plagiogranites in the oceanic layer. *Nature* 269. 25–28.
- Niels Óskarsson, Guðmundur E. Sigvaldason & Sigurður Steinþórsson 1982. A dynamic model of rift zone petrogenesis and the regional petrology of Iceland. *Journal of Petrology* 23. 28–74.
- Kristján Jónasson 2007. Silicic volcanism in Iceland: Composition and distribution within the active volcanic zones. *Journal of Geodynamics* 43. 101–117.
- Marsh, B.D., Björn Gunnarsson, Congdon, R. & Carmody, R. 1991. Hawaiian basalt and Icelandic rhyolite: Indicators of differentiation and partial melting. *International Journal of Earth Sciences* 80. 481–510.
- Olgeir Sigmarsson, Hémond, C., Condomines, M., Fourcade, S. & Niels Óskarsson 1991. Origin of silicic magma in Iceland revealed by Thorium isotopes. *Geology* 19. 621–624.
- Willbold, M., Hegner, E., Stracke, A. & Rocholl, A. 2009. Continental geochemical signatures in dacites from Iceland and implications for models of early Archaean crust formation. *Earth and Planetary Science Letters* 279. 44–52.
- Martin, E., Martin, H. & Olgeir Sigmarsson 2008. Could Iceland be a modern analogue for the Earth's early continental crust? *Terra Nova* 20. 463–468.
- Martin, E., Martin, H. & Olgeir Sigmarsson 2010. Comment on "Continental geochemical signatures in dacites from Iceland and implications for models of early Archaean crust formation" by Willbold, M., Hegner, E., Stracke, A. and Rocholl, A. *Earth and Planetary Science Letters*. 293. 218–219.
- Sveinn P. Jakobsson 1979. Petrology of recent basalts of the Eastern volcanic zone, Iceland. *Acta Naturalia Islandica* 26. 1–103.
- Olgeir Sigmarsson, Condomines, M. & Gauthier, P.-J. 2015. Excess  $^{210}\text{Po}$  in 2010 Eyjafjallajökull tephra (Iceland): Evidence for pre-eruptive gas accumulation. *Earth and Planetary Science Letters* 427. 66–73.
- Martin, E. & Olgeir Sigmarsson 2010. Thirteen million years of silicic magma production in Iceland: Links between petrogenesis and tectonic settings. *Lithos* 116. 129–144.
- Askew, R.A., Þorvaldur Þórðarson, Gans, P., Thompson, J. & Danyushevsky, L. 2020. Temporal and spatial evolution of the Neogene age Breiðdalur central volcano through  $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$  and U-Pb age determination. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 404. 107006.
- Olgeir Sigmarsson 2011. Hvítserkur: Fjall sem myndaðist í setskál. *Glettingur* 55–56. 20–23.
- Paquette, J.-L., Olgeir Sigmarsson & Tiepolo, M. 2006. Continental basement under Iceland revealed by old zircons. *Eos. Transaction American Geophysical Union*, 2006AGUFM. V33A0642P.
- Torsvik, T.H., Amundsen, H.E.F., Trønnes, R.G., Doubrovine, P.V., Gaina, C., Kuznir, N.J., Steinberger, B., Corfu, F., Ashwal, L.D., Griffin, W.L., Wernera, S.C. & Jamtveit, B. 2015. Continental crust beneath southeast Iceland. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. doi: 10.1073/pnas.1423099112
- Carley, T.L., Miller, C.F., Olgeir Sigmarsson, Coble, M.A., Fisher, C.M., Hanchar, J.M., Schmitt, A.K. & Economos, R.C. 2017. Detrital zircon resolve longevity and evolution of silicic magmatism in extinct volcanic centers: A case study from the East Fjords of Iceland. *Geosphere* 13(5). 1640–1663. doi: 10.1130/GES014671
- Schoer, J.H. 1990. Determination of the origin of suspended matter and sediments in the Elbe estuary using natural tracers. *Estuaries* 13(2). 161–172.

## UM HÖFUND



**Olgeir Sigmarsson** (f. 1958) lauk doktorsprófi í jarðefnafræði 1990 við Blaise Pascal-háskólann í Clermont-Ferrand, Frakklandi. Hann starfar við Vísindastofnun Frakklands (Centre National de la Recherche Scientifique) og Jarðvísindastofnun Háskólans.

**Olgeir Sigmarsson** | olgeir@hi.is

Jarð- og raunvísindastofnun  
Háskóla Íslands | 101 Reykjavík

Laboratoire Magmas et Volcans  
CNRS et Université Clermont Auvergne  
Frakklandi