



Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands

Ágrip erinda

Askja, Náttúrufræðahús Háskóla Íslands
8. mars 2024



**Vorráðstefna
Jarðfræðafélags Íslands**

Ágrip erinda

Umsjón

**Þorsteinn Sæmundsson, Halldór Geirsson, Bjarni Gautason & Lúðvík
E. Gústafsson**

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
8. mars 2024

Dagskrá Vorráðstefnu JFÍ, 8. mars 2024

08:15 Skráning opnar

Fundarstjóri **Halldór Geirsson**

08:50 – 09:00 Setning

Þorsteinn Sæmundsson

09:00 – 09:15 Gosvirkni á Reykjanesskaga – líkleg þróun í ljósi fyrri atburða
Magnús Tumi Guðmundsson

09:15 – 09:30 Möttulstrókur og basaltkvika úr 2021-2024 gosum á Reykjanesi
Olgeir Sigmarsson

09:30 – 09:45 Geochemistry and petrology of the 2023-2024 eruptions at Svartsengi
volcanic system
Simon Matthews

09:45 – 10:00 Kvikugangurinn mikli 10. nóvember 2023 og áframhaldandi atburðarás í
eldstöðvakerfi Svartsengis: Samspil kvíkusvæðis, gangainniskota og eldgosa
Freysteinn Sigmundsson

10:00 – 10:15 Fault ruptures, a key to tectonics, and major hazard from 1906 in San
Francisco, California to 2023 in Grindavík, Iceland
Gregory P. De Pascale

10:15 – 10:45 Kaffi – Veggspjaldasýning

Fundarstjóri **Bjarni Gautason**

10:45 – 11:00 Marine Carbon Dioxide Removal (mCDR): Not that simple
Jón Ólafsson

11:00 – 11:15 On the ocean dynamics South of Iceland
Charly de Marez

11:15 – 11:30 Petrochemical evidence for hydraulically linked magma reservoirs during the
1975-1984 Krafla Fires
Sæmundur A. Halldórsson

11:30 – 11:45 Deformation patterns of the Reykjanes Peninsula unrest 2020-2024, Iceland:
evidence for interconnected neighboring volcanic systems
Halldór Geirsson

11:45 – 12:00 Secondary emission of volatile heavy metals from basaltic lavas in Reykjanes
Nicolas Levillayer

12:00 – 13:00 Matur – Veggspjaldasýning

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
8. mars 2024

Fundarstjóri Lúðvík E. Gústafsson

- 13:00 – 13:15 Aldur jökulgarða og jökulhöfun á Jökuldalsheiði og Brúaröræfum
Ívar Örn Benediktsson
- 13:15 – 13:30 Jarðfræði- og jarðhitaathuganir í Grímsey
Árni Hjartarson
- 13:30 – 13:45 Causes and consequences of the large-scale displacements on the Siglufjarðarvegur road in the Almenningar area, central N Iceland
Þorsteinn Sæmundsson
- 13:45 – 14:00 Upphof síðjökultíma á Íslandi
Hreggviður Norðdahl
- 14:00 – 14:15 Tröllaskagi – Urðartungur, urðarbingir og urðarjöklar
Águst Guðmundsson
- 14:15 – 14:30 The Hafnarfjall-Skarðsheiði central volcano in West Iceland
Hjalti Franzson
- 14:30 – 14:45 Grímsvatnagljúfur: Frumniðurstöður þéttra íssjármælinga á jökulstíflu
Grímsvatna
Eyjólfur Magnússon

14:45 – 15:15 Kaffi & Veggspjaldasýning

Fundarstjóri Þorsteinn Sæmundsson

- 15:15 – 15:30 Deconvolution of high and low temperature alteration processes along the contact zones of basaltic-dike intrusions in basaltic host rocks of different permeabilities – implications for geothermal exploration
Byron Pilicita
- 15:30 – 15:45 Characterization and evolution of the magma reservoir beneath the Asal-Ghoubbet rift, Republic of Djibouti
A. A. Aden
- 15:45 – 16:00 Triggered earthquakes in the Hjalli-Ölfus area (Hjallahverfi)
Ingi Þorleifur Bjarnason
- 16:00 – 16:15 A surprisingly explosive volcanic history, Snæfellsjökull W. Iceland
Wesley R. Farnsworth
- 16:15 – 16:30 Estimating deformation source parameters using a 3D elastic Finite Element model including topography and crustal heterogeneity at Askja, Iceland
Catherine Grace O'Hara
- 16:30 – 16:45 The influence of variable host rock cohesion and magma viscosity on intrusion-fault interaction: Insights from laboratory models
Sonja H. M. Greiner
- 16:45 – 17:00 Drone magnetometry for fracture and void mapping – preliminary results from Grindavík
Catherine Rachael Gallagher

17:00 – Hressing

Veggspjöld

The destabilizing effect of glacial unloading. Svínafellsjökull, SE Iceland

Daniel Ben-Yehoshua, Sigurður Erlingsson, Þorsteinn Sæmundsson, Reginald Hermanns & Eyjólfur Magnússon

Hálsagígar, Rauðhóll og Botnahraun ~5300 ára gömul

Guðrún Larsen, Rebecca C. Feldman, Esther R Guðmundsdóttir & Bergrún A. Óladóttir

Orsök og aldur framhlaupa á Íslandi

Skafti Brynjólfsson, Hreggviður Norðdahl, Jón Kristinn Helgason & Halldór G. Pétursson

Efnisyfirlit

Dagskrá Vorráðstefnu JFÍ, 8. mars 2024	ii
Veggspjöld	iv
Efnisyfirlit	v
Ágrip	1
Characterization and evolution of the magma reservoir-beneath the Asal-Ghoubbet rift, Republic of Djibouti.....	3
A. A. Aden, E. Bali, G. H. Guðfinnsson, G. P. Hersir, K. M. Ahmed, I. M. Galeczka	
Tröllaskagi – Urðartungur, urðarbingir og urðarjöklar	5
Águst Guðmundsson	
Jarðfræði- og jarðhitaathuganir í Grímsey	7
Árni Hjartarson	
The destabilizing effect of glacial unloading. Svínafellsjökull, SE Iceland	9
Daniel Ben-Yehoshua, Sigurður Erlingsson, Þorsteinn Sæmundsson, Reginald Hermanns & Eyjólfur Magnússon	
On the ocean dynamics South of Iceland	10
Charly de Marez, Angel Ruiz-Angulo & Mathieu Le Corre	
Grímsvatnagljúfur: Frumniðurstöður þétra íssjármælinga á jökulstíflu Grímsvatna .	11
Eyjólfur Magnússon, Finnur Pálsson & Joaquín M.C. Belart	
A surprisingly explosive volcanic history, Snæfellsjökull W. Iceland	12
Wesley R. Farnsworth, Nína Aradóttir, Egill Erlendsson, Esther R. Guðmundsdóttir, Guðrún Larsen, Nicolaj K. Larsen & Kurt H. Kjær	
Kvikugangurinn mikli 10. nóvember 2023 og áframhaldandi atburðarás í eldstöðvakerfi Svartsengis: Samspil kvikusvæðis, gangainniskota og eldgosa	13
Freysteinn Sigmundsson, Michelle Parks, Halldór Geirsson, Andrew Hooper, Vincent Drouin, Kristín Vogfjörð, Benedikt Ófeigsson, Sonja H. M. Greiner, Yilin Yang, Chiara Lanzi, Gregory Paul DePascale, Kristín Jónsdóttir, Sigrún Hreinsdóttir, Valentyn Tolpekin, Hildur María Friðriksdóttir, Páll Einarsson & Sara Barsotti	
Drone magnetometry for fracture and void mapping – preliminary results from Grindavík	15
Catherine Rachael Gallagher & Elisa Johanna Piispa	
Hálsagígur, Rauðhóll og Botnahraun ~5300 ára gömul.....	16
Guðrún Larsen, Rebecca C Feldman, Esther R Guðmundsdóttir & Bergrún A Óladóttir	
The influence of variable host rock cohesion and magma viscositiy on intrusion-fault interaction: Insights from laboratory models	18
Sonja H. M. Greiner, Olivier Galland, Freysteinn Sigmundsson, Steffi Burchardt, Halldór Geirsson & Rikke Pedersen	
Deformation patterns of the Reykjanes Peninsula unrest 2020-2024, Iceland: evidence for interconnected neighboring volcanic systems	19
Halldór Geirsson, Michelle Parks, Freysteinn Sigmundsson, Vincent Drouin, Benedikt Ófeigsson, Chiara Lanzi, Áslaug Gyða Birgisdóttir, Cécile Ducrocq, Andrew Hooper, Páll Einarsson, Kristín Jónsdóttir, Sigrún Hreinsdóttir, Sonja Greiner & Hildur María Friðriksdóttir	
The Hafnarfjall-Skarðsheiði central volcano in West Iceland	20
Hjalti Franzson	
Upphof siðjökultíma á Íslandi.....	23
Hreggviður Norðdahl, Halldór G. Pétursson & Skafti Brynjólfsson	

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
8. mars 2024

Triggered earthquakes in the Hjalli-Ölfus area (Hjallahverfi)	25
Ingi Þorleifur Bjarnason	
Aldur jökulgarða og jökulhöfun á Jökuldalsheiði og Brúaröræfum	27
Ívar Örn Benediktsson, Joseph M. Licciardi, Skafti Brynjólfsson, Sarah Principato, Nína Aradóttir & Esther Ruth Guðmundsdóttir	
Marine Carbon Dioxide Removal (mCDR): Not that simple	28
Jón Ólafsson	
Secondary emission of volatile heavy metals from basaltic lavas in Reykjanes	29
Nicolas Levillayer, Celine Mandon & Olgeir Sigmarsson	
Geochemistry and petrology of the 2023-2024 eruptions at Svartsengi volcanic system	30
Simon Matthews, Alberto Caracciolo, Enikő Bali, Gro Birkefeldt Møller Pedersen, Guðmundur H. Guðfinnsson, Jóhann Gunnarsson Robin, Olgeir Sigmarsson, Sæmundur A. Halldórsson, Araksan A. Aden, Heini Merill, Nicolas Levillayer, Noëmi Löw, Rebekka Hlíð Rúnarsdóttir & Sóley M. Johnson	
Estimating deformation source parameters using a 3D elastic Finite Element model including topography and crustal heterogeneity at Askja, Iceland	31
Catherine Grace O'Hara, Sonja Heidi Maria Greiner, Halldór Geirsson, Michelle Parks & Freysteinn Sigmundsson	
Möttulstrókur og basaltkvika úr 2021-2024 gosum á Reykjanesi.....	32
Olgeir Sigmarsson	
Fault ruptures, a key to tectonics, and major hazard from 1906 in San Francisco, California to 2023 in Grindavík, Iceland	33
Gregory P. De Pascale	
Deconvolution of high and low temperature alteration processes along the contact zones of basaltic-dike intrusions in basaltic host rocks of different permeabilities – implications for geothermal exploration	34
Byron Pilicita & Enikő Bali	
Gosvirkni á Reykjanesskaga – líkleg þróun í ljósi fyrri eldvirknitímabila	36
Magnús Tumi Guðmundsson, Halldór Geirsson & Magnús Á. Sigurgeirsson	
Petrochemical evidence for hydraulically linked magma reservoirs during the 1975-1984 Krafla Fires	38
Shane M. Rooyakers, Kate J. Carroll, Alexandra F. Gutai, Ben Winpenny, Enikő Bali, Guðmundur H. Guðfinnsson, John MacLennan, Freysteinn Sigmundsson, Kristján Jónasson, Euan J. F. Mutch, David A. Neave, Jóhann Gunnarsson Robin, Andreas Stracke, Felix Genske, Karl Grönvold & Sæmundur A. Halldórsson	
Orsök og aldur framhlaupa á Íslandi	39
Skafti Brynjólfsson, Hreggviður Norðahl, Jón Kristinn Helgason & Halldór G. Pétursson	
Causes and consequences of the large-scale displacements on the Sigrufjarðarvegur road in the Almenningar area, central N Iceland.....	41
Þorsteinn Sæmundsson, Halldór Geirsson & Hafdís Eygló Jónsdóttir	

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
8. mars 2024

Ágrip

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
8. mars 2024

Characterization and evolution of the magma reservoir beneath the Asal-Ghoubbet rift, Republic of Djibouti

A. A. Aden^{1,2,3}, E. Bali², G. H. Guðfinnsson², G. P. Hersir⁴, K. M. Ahmed¹
& I. M. Galeczka⁵

(1) Djiboutian Office for Geothermal Energy Development (ODDEG), Djibouti, Republic of Djibouti.

(2) Institute of Earth Sciences, University of Iceland, 102 Reykjavík, Iceland.

(3) GRÓ GTP, Urdarhvarf 8, Kópavogur IS-203, Iceland.

(4) Independent Researcher, Reykjavik, Iceland.

(5) Carbfix, Höfðabakki 9D, 110 Reykjavík, Iceland

Determination of the temperatures and pressures of crystallization in volcanic products is helpful for understanding magmatic system behaviour and igneous processes. While estimates of the former give insights into the thermal evolution of magma, the latter provides an estimation of the storage depth of magmatic reservoirs. Together they provide practical constraints for understanding the magma storage conditions beneath active volcanic areas and their implications in other research fields, such as geothermal exploration. The Asal-Ghoubbet rift is one of the emergent segments of the Aden Gulf oceanic ridge, which spreads westward on land into the triple junction zone of the Afar depression. The rift-in-rift area has witnessed repeated magmatic and tectonic activity over its ~1 Ma evolution. Most recently, in November 1978, a one-week-long basaltic fissure eruption led to the birth of the Ardoukôba volcano. Due to its active and unique location, the area has been subject to geothermal exploration since the 1970s. However, although intensive geological, geochemical, and geophysical studies have been conducted in the area, detailed knowledge is still lacking regarding the evolution of storage conditions in the magmatic system beneath the Asal-Ghoubbet rift.

For this study, eleven samples, representing the time span from ~300 ka to today, were collected in the rift. Geochemical and geothermobarometric analyses were conducted. Two samples representing the oldest basalts in Djibouti (BD and BS) were also added for comparison. The rock samples are tholeiitic to transitional basalts with MgO contents between 3.3 and 10.2 wt%. The negative correlations of TiO₂, FeO and positive correlation of CaO with MgO indicate that fractional crystallization is an important process in the magmatic system. The crystal cargo of the erupted lavas consists of plagioclase, olivine and clinopyroxene, in order of decreasing amount. Anorthite contents of plagioclase vary between 45 and 89, with a main population at ~An₈₅. Most crystals are in disequilibrium with their carrier melts. Olivine cores and mantles are mostly primitive, with the most common composition of Fo₈₄. Clinopyroxenes have Mg# ranging from 47 to 87, with crystals of Dalha basalts (BD) being the most differentiated. The majority of clinopyroxenes and olivines are in equilibrium with carrier melts, except for BD. Based on the clinopyroxene-melt geothermobarometer, we propose the existence of a magma reservoir beneath the Asal-Ghoubbet rift at mid- to deep-crustal depth of 11 ± 4.3 km with a mean temperature of $1165 \pm 24^\circ\text{C}$. However, some of the most primitive clinopyroxenes indicate higher temperatures of crystallization (~1200°C), whereas clinopyroxene crystals in BD formed at ~1110°C (Fig. 1). Olivine and plagioclase compositions indicate mean temperatures of $1167 \pm 25^\circ\text{C}$ and $1202 \pm 20^\circ\text{C}$, respectively. Our observations suggest that the main magma storage depth has been maintained over time. Moreover, the differentiation processes in place, the assemblage of diverse mineral compositions, and thermal variations indicate that the reservoir might have experienced episodic replenishment of primitive melts from the mantle. This could imply a continuous renewal of the geothermal heat source in the Asal-Ghoubbet rift.

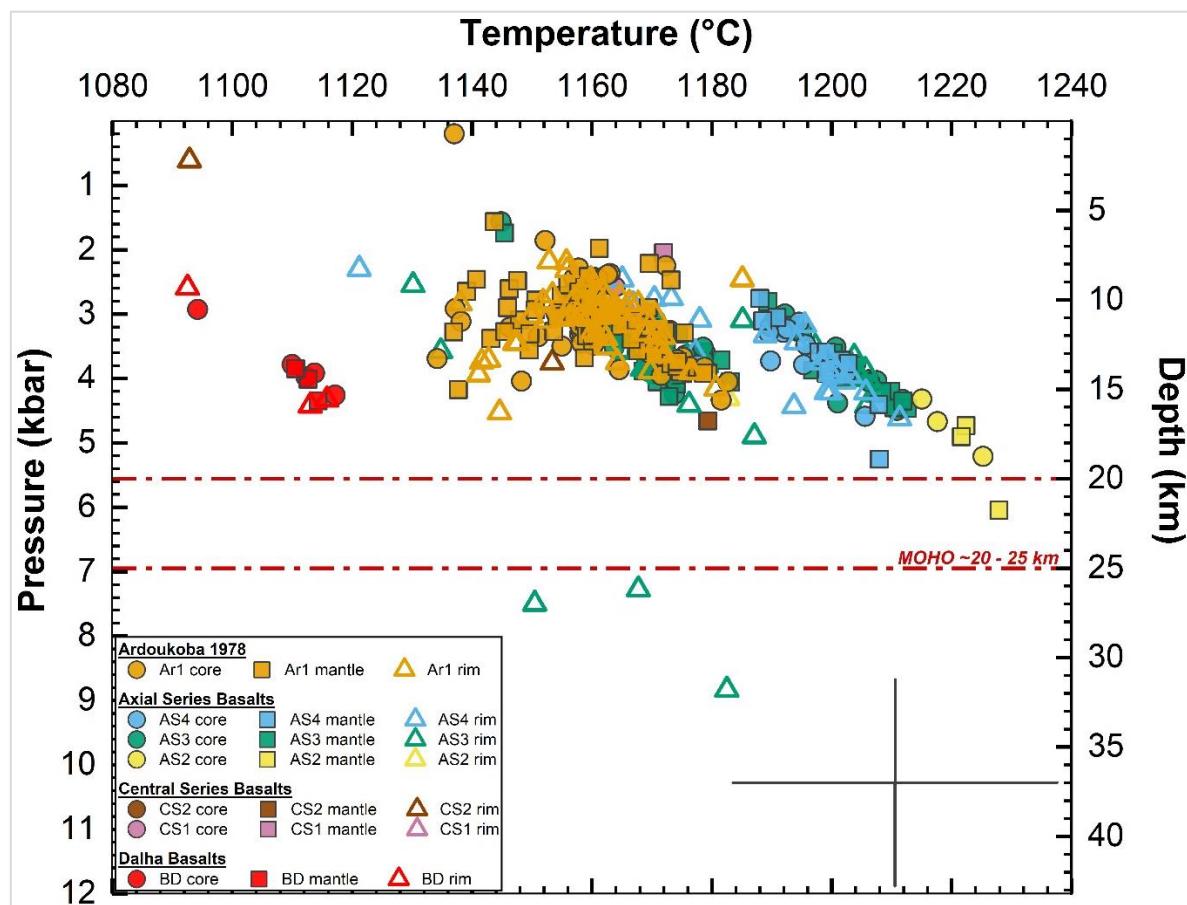


Figure 1: Pressure, temperature and depth of magma storage based on the clinopyroxene-melt thermobarometer in basalts from the Asal-Ghoubbet rift. Error bars refer to the standard error estimates (SEE) of the clinopyroxene-melt geothermobarometer with $P \pm 1.6$ kbar and $T \pm 27$ °C (Neave et al., 2019)

Tröllaskagi – Urðartungur, urðarbingir og urðarjöklar

Ágúst Guðmundsson

Jarðfræðistofan ehf

Skaginn á milli Skagafjarðar og Eyjafjarðar sem á síðustu áratugum hefur verið nefndur Tröllaskagi er hálandasta landsvæði Íslands utan jökla. Hann er sundurskorinn af döllum og hvilftum og hæstu samfelldu fjallarimar fara yfir 1200 m hæð og hæstu stakir tindar í liðlega 1400 m y.s en stök rís Kerling yfir 1500 m hæð. Kynni höfundar af Tröllaskaga hófust með berggrunnskortlagningu á árunum 1975-2000 en samhliða því fór höf. að horfa sífellt meir eftir sérkennilegum lausum jarðögum sem mynda oft vel afmarkaðar urðartungur og mörgum hafði verið lýst af Sigurði Þórarinssyni og síðar enn betur af Ólafi Jónssyni. Ekki er að sjá að þeir Sigurður og Ólafur hafi gengið á fjöll og lýsingar þeirra eru aðallega frá sjónarhorninu „séð frá þjóðvegi“ eða gerðar lágt yfir flatlendi. Árið 2000 ritaði höfundur um samanteknar niðurstöður sínar í MSc ritgerð sem ber nafnið Frerarfjöll. Sá sem skoðar umræddar urðartungur frá upptökum í efri hluta fjalla og fylgir þeim niður hlíðar, fær e.t.v. annað sjónarhorn á myndunarsögu þeirra en hinir sem aðeins horfa til þeirra frá þjóðvegi og telur höf. að uppruna flestra bingjanna sé að leita samsvörun við hliðstæðar urðartungur sem á okkar tínum eru að myndast í „virku ástandi“ hátt í fjöllum og að flesta þeirra er lægra liggja megi tengja við sífreraástand á viðkomandi stað í fortíðinni. Ekki hlutu þessar hugmyndir höfundar brautargengi í jarðfræðisamfélagit hérlandis.

Haustið 2001 fékk höf. Bernd Etzelmüller frá Hásk. Í Ósló til að koma til íslands og í stutta ferð norður í land. Í framhaldinu virkjaði Bernd vinnuhóp við Oslóarháskóla til að setja af stað ýmiskonar mælingar á hitastigi í urðum í fjöllum og skriðhraða á urðum. Norski hópurinn ritaði líklega vel á annan tug greina um verkefnið sem má segja að hafi lokið er síðustu hitanemarnir voru fjarlægðir sumarið 2022. Segja má að yfirlit yfir verk Norðmanna og tilvitnanir í ýmsar tengdar greinar sé að finna í grein í Quaternary Science Review 2020 (ef einhverjir vilja kynna sér efnið).

Icelandic permafrost dynamics since the Last Glacial Maximum – model results and geomorphological implications

Bernd Etzelmüller ^{a,*}, Henry Patton ^b, Anders Schomacker ^c, Justyna Czekirda ^a,
Luc Girod ^a, Alun Hubbard ^{b,d}, Karianne S. Lilleøren ^a, Sebastian Westermann ^a

Um 2015 fóru að birtast eftir Spánverja áhugaverðar greinar um urðarjöklar og ýmis jökulruðnings-tengd fyrirbæri í háfjöllum tröllaskaga við Hjaltadal og víðar. „Spænski hópurinn“ studdi og tímasetti athuganir sínar með aldursgreiningum, aðallega „exposure datings“. Dálitið tímafrekt getur verið að draga saman efni úr greinum þeirra því þar eru einir 4-5 höfundar að birta efni úr sameiginlegum gagnasjóði og efnið skarast verulega og getur orðið dálitið misvísandi. Athyglisvert er að eftir 4 sumra leit að jökulslípuðum hvalbökum fannst ekkert slíkt hærra en einn staður í 600 m hæð y.s. á fjallinu Ellíða. Allt berg í fjallshryggjum eða fjallabrénum hærra í landinu var umbylt af sífrera en í skálum mátti aldursgreina efni sem flutt var fram af ýmsum gerðum jöklum. Meðfylgjandi titill í Science of the Total Environment 2019 segir mikið um urðarjöklana að baki Hólabyrðu. Til frekari fróðleiks má rekja greinar þeirra höfunda er hér koma fram ásamt viðkomandi tilvitnunum og frekari netleit.



Unchanged surface morphology in debris-covered glaciers and rock glaciers in Tröllaskagi peninsula (northern Iceland)

Luis M. Tanarro ^{a,*}, David Palacios ^a, Nuria Andrés ^a, José M. Fernández-Fernández ^a, José J. Zamorano ^b, Þorsteinn Sæmundsson ^c, Skafti Brynjólfsson ^d



Úr ritinu Frerajöll. Kort af Tröllaskaga með staðsetningu urðarbingja, birt árið 2000. Síðan hefur orðið stökkbreyting í framboði fjarkönnunargangan þannig að auðvelt væri að vinna ítarlegar upplýsingar á kortinu. Rammað er inn svæði við Hjaltadal þar sem Norðmenn og síðar Spánverjar hafa stundað athuganir í líðlega two áratugi og birt áhugaverðar niðurstöður.

Jarðfræði- og jarðhitaathuganir í Grímsey

Árni Hjartarson

Gerð er grein fyrir athugunum sem gerðar voru í Grímsey haustið 2023 fyrir ÍSOR. Sýnd verða jarðlagasnið og nýtt berggrunnskort. Niðurstöður byggja að nokkru á fyrri rannsóknum og borunum í eynni og greinargerðum Kristjáns Sæmundssonar um þær.

Jarðlagastaflinn sem myndar Grímsey er gerður úr basalthraunlögum og misþykkum setlögum inn á milli. Elstu jarðlög ofansjávar eru neðst í björgunum í Eyjarfætinum norðan við Heimskautsbauginn nyrst á eynni. Þau yngstu eru við Grímseyjarhöfn. Jarðlagastaflinn, sem sjá má ofansjávar, er ekki nema um 150 m þykkur. Neðstu og elstu löginn sem sjást eru beltaskipt dyngjubasalt. Einungis sjást um 25 m af syrpunni ofansjávar en hún er vafalítið talsvert þykki. Ofan á dyngjuna leggjast nokkur þunn þóleiftlög. Því næst kemur hraunlag sem virðist hafa runnið út í sjó (eða vatn). Neðri helmingur þess er úr kubbabergi og bólstrabrexíu og ber vott um hraðkælingu. Yfirborð lagsins er slétt og veðrað og ber merki um að hafa sorfist all lengi af vatni og vindum.

Básavíkurset, þykkasta setlag Grímseyjar, liggur á þessu lagi. Það er misþykkt, er t.d. upp undir 14 m í Básavík. Það sést fyrst til þess þar sem það kemur úr sjó syðst í Stekkjarvík utan við Bása. Það fer svo hækkandi til austurs og norðurs í samræmi við jarðlagahallann og myndar sjávarbjörgin við Básavík. Síðan þverar það Eyjarfótinn rétt ofan við Köldugjá. Það sést í björgunum norðaustast á eynni en hverfur í sjó sunnan við Almannagjá. Það er áberandi lagskipt þar sem skiptast á sandsteinn, völuberg og hnnullungaberg. Allar völur og hnnullungar eru úr basalti. Í neðsta hluta lagsins, sem er úr fínnum sandsteini, finnast smá brot af þunnum skeljum sem erfitt er að tegundagreina. Neðsti hluti Básavíkursetsins er því sjávarset en efri hlutinn er strandset. Í borholunni GR-18 ofan við byggðina upp af höfninni kemur þetta lag í ljós á 66–84 m dýpi og er því 18 m þykkt þar.

Tvö þóleiftlög um 10 m þykk leggjast ofan á Básavíkurset með sandsteinslagi á milli sín. Þessi lög sjást best við ströndina neðan við Bása og í Básavík. Þykkt og mikið hraunlag, sem víða er fagurlega stuðlað, er næst í röðinni. Stuðlabergið setur mikinn svip á suðvestur ströndina allt frá Grímseyjarhöfn og suður á suðurodda eyjarinnar við Grenivík. Þykkt þess sést ekki því það nær frá sjó og upp á bjargbrún meðfram allri strandlínunni en hún liggur mjög nálægt strikstefnunnu á þessum kafla. Þetta er hart, fínkorna, dílalaust þóleiít. Í björgunum austan á eynni er fallegt stuðlabergslag, hátt í 40 m þykkt, líklega þetta sama lag.

Yngstu löginn í Grímseyjarstaflanum eru við höfnina og í Sandvíkurholti norðan hennar. Þetta eru tvö þóleiftlög aðskilin af 2-3 m þykku setlagi úr sandsteini og völubergi. Erfitt er að átta sig á hvað mikla útbreiðslu þau hafa en líklega þekja þau hlíðina ofan við byggðina.

Holufyllingar eru áberandi í bergeninu bæði í blöðrum í hraunlögunum og sem sprungufyllingar í sandsteinslögunum, svo sem ópall, kalsít, kabasít og fleiri lághitasteindir, sem benda til þess að nokkur hundruð metrar hafi sorfist ofan af jarðlagastaflanum í Grímsey.

Setlögin virðast ýmist vera straumvatnaset, strandset eða grunnsjávarset. Þótt Grímsey sé áberandi jökulsorfin og jökulurð sé á yfirborði sést hvergi jökulberg í jarðlagastaflanum. Þetta bendir til að jarðlagastaflinn hafi orðið til áður en ísaldarjöklar náðu verulegri útbreiðslu eða jafnvel fyrir ísöld. Á jarðfræðikortum hefur eyjan verið talin af árkvarterum aldri en rof og ummyndun benda allt eins til plíósen. Setlögin milli hraunanna benda til þess að upphleðsla staflans hafi verið fremur hæg. Þar með má gera ráð fyrir að talsverður aldursmunur sé á efstu og neðstu lögum jarðlagastaflans. Þau sýna einnig að staflinn hefur orðið til á láglendi næri sjávarmáli.

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
8. mars 2024

Mælingar sýna að elstu berglögin í staflanum eru öfugt segulmögnuð (R). Þetta er dyngjubasaltið í Eyjarfætinum. Miðhlutinn er rétt segulmagnaður (N), hann tekur yfir meginhluta eyjarinnar frá norðri til suðurs. Yngsta bergið, löginn við Grímseyjarhöfn og út með ströndinni norðan byggðarinnar og í hlíðinni ofan við hana eru öfugt segulmögnuð. Ekki er ljóst hvaða segulskeið þetta eru.

Nokkur brot eða misgengi skera eyna og stefna í N-NNA. Stærsta brotið sést vel í landslaginu. Það myndar Handfestargjá í björgunum austan á eynni og Gátdal þar suður af og teygir sig allt til Grenivíkur syðst á eynni, 2500 m langt. Almannagjá og Kaldagjá skerast einnig í brotalínur í björgunum en erfiðara er að rekja þau brot. Jarðlagahallinn er 4-8° í SV-VSV.

Jarðskjálftar eru tíðir í Grímsey enda er eyjan í Tjörnesbrotabeltinu og þar hefur lengi verið skjálftamælir sem sýnir talsverða virkni undir eynni. Ætla má að skjálftarnir viðhaldi sprungumyndun og lekt í berginu og skapi þannig góðar aðstæður fyrir jarðhitakerfi.

Rennandi vatn er af skornum skammti í Grímsey og vatnsskortur hrjáði eyjarskeggja oft á öldum áður. Þar er enginn lækur, sem kalla má því nafni, en smálindir finnast á stöku stað. Ein er Gát í Gátdal og hefur um aldir þótt tryggasta lindin í eynni en vatnsvegurinn er nokkuð langur. Önnur uppsprettar er ofan Sandvíkur og nefnist Lindin. Hún hefur alla tíð verið helsta vatnsból Grímseyinga enda liggar hún vel við byggðinni. Vatnsmesta og stöðugasta uppsprettan er þó í Stórasekarði í Básavík en hún er langt frá bæjum og illa aðgengileg. Allar eru þessar lindir hangandi og tengjast ekki hinu almenna grunnvatnslagi heldur grunnvatnslinsum sem liggja yfir grunnvatnsborðinu. Borað var eftir neysluvatni við Lindina 1966 og síðan hafa Grímseyingar fengið allt sitt vatn úr borholum.

Fersk grunnvatnslinsa flýtur ofan á jarðsjó í Grímsey eins og jafnan er í eyjum sem liggja langt frá landi. Ekki hafa verið gerðar miklar mælingar á þykkt linsunnar. Við ströndina er hún þunn en hún þykknar hratt inn til landsins og gæti verið 200 m eða meir á miðri ey.

Engin merki um jarðhita eru á yfirborði í Grímsey. Hins vegar er vitað um jarðhita á hafbotni bæði austan hennar og vestan. Í gagnagrunni OS og ÍSOR eru 19 borholur skráðar í Grímsey. Hitastigulsferlnir í þeim eru allbreytilegir og sumir torræðir því lagskiptingin í ferskvatn og saltvatn flækir málið. Ljóst er þó að mikill og góður jarðhiti er undir eynni. Mælingar í djúpri holu (GR-18) gefa að vonum langmestar upplýsingar um hugsanlegan árangur af borunum. Hún var boruð árið 2007 og er 583 m. Holan var staðsett með það að markmiði að hitta á misgengissprungu, það er Almannagjársprunguna eða framhald hennar til suðurs. Holan olli vonbrigðum, hún skar ekki meinta sprungu og gaf lítið vatn en leiddi þó í ljós að hár hiti er þarna á tiltölulega litlu dýpi. Botnhitinn mældist 84,5°C og hitastigullinn í jarðsjónum í neðri hluta holunnar er 165°C/km. Þessi hái stigull getur ekki þýtt annað en að jarðhitakerfi sé í nánd þar sem heitur jarðsjór streymir upp úr djúpstæðum lögum um opnar sprungur.

The destabilizing effect of glacial unloading. Svírafellsjökull, SE Iceland

Daniel Ben-Yehoshua^a, Sigurður Erlingsson^a, Þorsteinn Sæmundsson^b,
Reginald Hermanns^{c,d} & Eyjólfur Magnússon^b

^aFaculty of Civil and Environmental Engineering, University of Iceland, Reykjavík, Iceland

^bInstitute of Earth Sciences, University of Iceland, Reykjavík, Iceland

^cGeological Survey of Norway, Leiv Eiriksonsvei 39, 7040 Trondheim, Norway

^dDepartment of Geoscience and Petroleum, Norwegian University of Science and Technology, S. P. Andersensveg 15a, 7031 Trondheim, Norway

The destabilization of alpine rock walls in the light of ongoing climate change has been linked to processes such as permafrost thaw (Penna et al., 2022), extreme precipitation (Stoffel and Huggel, 2012), and effects tied to deglaciation (McColl, 2012). Glacial retreat and thinning expose rock walls to atmospheric erosional factors, affect the surrounding ground water and reduce the load and buttressing from the slope. We quantify the destabilizing effect of glacial thinning on an unstable mountain slope in SE Iceland, where an extensive fracture network has appeared in the 2000s during a period of rapid glacial thinning (Ben-Yehoshua et al. 2023). In our model, we consider the glacial changes since the Little Ice Age and future scenarios resulting in complete removal of the currently 500 m thick glacier. The resulting reduced factor of safety is a function of ice volume loss and bed topography over time between scenarios. Even though the effects of deglaciation alone might not be sufficient to lead to slope failure, they increase shear stresses within the slope which can affect inherent structural weaknesses, as well as increase the vulnerability to seismic triggering, extreme precipitation, and other destabilizing processes.

References

- Ben-Yehoshua, D., Sæmundsson, P., Erlingsson, S., Helgason, J.K., Hermanns, R. L., Magnússon, E., Ófeigsson, B.G., Belart J.M.C., Hjartardóttir, Á. R., Geirsson, H., Guðmundsson, S., Hannesdóttir, H., Pálsson, F., Drouin, V., Bergsson, B. H. 2023. The destabilization of a large mountain slope controlled by thinning of Svírafellsjökull glacier, SE Iceland. *Jökull* 73, 1-32 (accepted manuscript)
- McColl ST. 2012. Paraglacial rock-slope stability. *Geomorphology* 153–154: 1–16. DOI: 10.1016/j.geomorph.2012.02.015
- Penna I, Magnin F, Nicolet P, Etzelmüller B, Hermanns RL, Böhme M, Kristensen L, Noël F, Bredal M, Dehls JF. 2022. Permafrost controls the displacement rates of large unstable rock-slopes in subarctic environments. *Global and Planetary Change* 220 DOI: 10.1016/j.gloplacha.2022.104017
- Stoffel M, Huggel C. 2012. Effects of climate change on mass movements in mountain environments. *Progress in Physical Geography* 36: 421–439. DOI: 10.1177/0309133312441010

On the ocean dynamics South of Iceland

Charly de Marez¹, Angel Ruiz-Angulo¹ & Mathieu Le Corre^{2,3}

1. Institute of Earth Sciences, University of Iceland
2. Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM), Brest, France
3. Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale (LOPS), Brest, France

Water masses formed in the Arctic Ocean overflow into the North Atlantic at the bottom of the ocean, forming the so-called upper cell of the Atlantic Meridional Overturning Circulation (AMOC). The pathway of the currents carrying these water masses is still under debate due to a lack of observations. In this study, we discuss in details the pathway of these bottom currents in the specific area south of Iceland. We show that a steady current flows along the Icelandic continental shelf, and then divide in smaller structures when reaching the southernmost tip of Iceland. We also show that on its way, the current mixes the bottom layer of the ocean. These findings have major implication in the understanding of heat and carbon transport at depth in this area, which constitute an important response of the climate to anthropogenic forcing. Furthermore we discuss why this current may have been a major component in the formation of Kötluhryggurinn "Kata Ridge" topographic anomaly south of Iceland.

Grímsvatnagljúfur: Frumniðurstöður þéttra íssjármælinga á jökulstíflu Grímsvatna

Eyjólfur Magnússon¹, Finnur Pálsson¹ & Joaquín M.C. Belart²

1.Jarðvísindastofnun Háskólags

2.Landmælingar Íslands

Í vorferðum Jöklarannsóknarfélagsins undanfarin ár hefur verið gerð gangskör í því að kortleggja betur jökulbotn Grímsvatna og nágrenni þeirra. Hluti þeirrar kortlagningar hefur beinst sérstaklega að jökulstíflu Grímsvatna austur af Grímsfjalli. Þar hefur tvennt komið til. Í fyrsta lagi er þetta sérstaklega þægilegt vorferðarmæliverkefni; í þásum er á 5 mínumúnum hægt að kíkja í mat eða kaffi í skálann á Grímsfjalli. Í öðru lagi þá getur kortlagning á jökulbotni þar sem hlaup sleppa út úr Grímsvötnum aukið skilning okkar á eðli þeirra, bæði fyrr og nú. Í síðustu þremur vorferðum (2021–2023) hefur rösklega 4 km^2 svæði verið rannsakað með því mæla samsíða íssjársnið með einungis 20 m millibili. Af þeim sökum er hægt að beita þrívíðri staðsetningaráleiðréttingu (e. 3D migration) á þá endurkastsfleti sem íssjáin nemur og síðan rekja botnendurköst með þeim hætti að úr fæst samfellt botnhæðarlíkan í hárri upplausn ($20\text{m} \times 20\text{m}$ möskvastærð). Það sýnir drætti botnlandslags í mun meiri smáatriðum en við erum vön úr hefðbundnum íssjármælingum þar sem að öllu jöfnu eru mörg hundruð metrar milli mælisniða og einungis er hægt að beita tvívíðri staðsetningaráleiðréttingu á endurkastsfleti. Hluti mælisvæðisins hefur verið mældur oftar en einu sinni, bæði til að kanna samræmi milli mælisniða sem mæld eru hornrétt á hvort annað en einnig til að greina breytingar við jökulbotn í tengslum við jökulhlaup. Mismunur á botnhæðarkortum gerð eftir íssjármælingum frá 2021 og 2022 sýna allt að 30 m lækkun botnendurkasts á svæði þar sem flangt 20 m djúpt ketildrag myndaðist í hlaupinu 2021. Pessi lækkun jökulbotns (neðri mörk íss) skýrist af tæmingu vatnsgeymis í farvegi hlaupsins. Sá vatnsgeymir hafði þegar myndast í júní 2021. Samsett botnhæðarlíkan frá mælingum áranna 2021–2023 sýnir tilkomumikið gljúfur rétt austan við núverandi útfall Grímsvatna. Gljúfrið er víða 300–400 m breitt og 100–250 m djúpt. Athygli vekur að það fellur ekki saman við útfall Grímsvatnahlaupsins í nóvember 1996, í kjölfar Gjálpargossins, en þar sjást engin afgerandi merki um gljúfurmyndun. Grímsvatnagljúfrið fellur mun betur að útfalli Grímsvatna eins og það var fyrir Gjálpargos. Gljúfrið gæti því verið myndað í óþekktu hlaupi, sem var mun stærra en 1996 hlaupið, eða í aldanna rás í mörgum hlaupum sambærilegum við 1996 hlaupið. Til að ná heildstæðari mynd af gljúfrinu verður íssjármælisvæðið stækkað til austurs í næstu vorferð.

A surprisingly explosive volcanic history, Snæfellsjökull W. Iceland

Wesley R. Farnsworth^{a,b}, Nína Aradóttir^a, Egill Erlendsson^c, Esther R. Guðmundsdóttir^a, Guðrún Larsen^a, Nicolaj K. Larsen^b & Kurt H. Kjær^b

^a Nordic Volcanological Center, Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Askja, Sturlugata 7, IS-102 Reykjavík, IS

^b Globe Institute, University of Copenhagen, Øster Voldgade 5-7, DK-1350 Copenhagen K., DK

^c Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Iceland, Askja, Sturlugata 7, IS-102 Reykjavík, IS

Iceland's Holocene explosive volcanic history is predominantly derived from investigations of soil sections as well as written archives, following human settlement *c.* 877 CE. Unsurprisingly, historically active volcanic provinces are most often the target of tephrochronological investigations (e.g. Hekla, Katla, Bárðarbunga-Veiðivötn and Grímsvötn). Even despite the risk of explosive eruptions (>VEI 4), not only locally impacting Iceland, but potentially large parts of the Northern Hemisphere, some volcanic provinces remain relatively un-studied. The Snæfellsjökull volcano, located on a peninsula extending 100 km off the west coast of Iceland (110 km north of the capital city, Reykjavík) is a prime example of one of these understudied provinces. While the glaciated central volcano has no described historical eruptions, mapping from the late 1970s and early 1980s suggests there are three explosive events (acidic) known from the Holocene era: Sn-1 ~1.8 ka BP, Sn-2 ~4.4 ka BP and Sn-3 ~8-10 ka BP. It is assumed that tephra from at least two of these eruptions has been identified in European stratigraphic archives. Furthermore, numerous other (crypto-) tephra horizons have been identified in Europe that exhibit similar geochemical properties to the Snæfellsjökull province, albeit different age estimates than Sn-1, 2 and 3. The tephrochronological potential from Snæfellsjökull is limited by our lack of fundamental knowledge on the volcanic history and the potential range in tephra geochemistry from the stratovolcano. In a small step towards addressing this knowledge gap, we present a lake record from the Snæfellsnes peninsula to improve understanding of post-glacial explosive volcanic activity effecting both regional and distal environments.

Kvikugangurinn mikli 10. nóvember 2023 og áframhaldandi atburðarás í eldstöðvakerfi Svartsengis: Samspil kvikusvæðis, gangainnskota og eldgosa

Freysteinn Sigmundsson¹, Michelle Parks², Halldór Geirsson¹, Andrew Hooper³, Vincent Drouin², Kristín Vogfjörð², Benedikt Ófeigsson², Sonja H. M. Greiner^{1,4}, Yilin Yang¹, Chiara Lanzi¹, Gregory Paul DePascale¹, Kristín Jónsdóttir¹, Sigrún Hreinsdóttir⁵, Valentyn Tolpekin⁶, Hildur María Friðriksdóttir², Páll Einarsson¹ & Sara Barsotti²

¹ Nordic Volcanological Center, Institute and Faculty of Earth Sciences, University of Iceland, Reykjavík, Iceland

² Icelandic Meteorological Office, Reykjavík, Iceland

³ Centre for the Observation and Modelling of Earthquakes and Tectonics (COMET), School of Earth and Environment, University of Leeds, Leeds, UK.

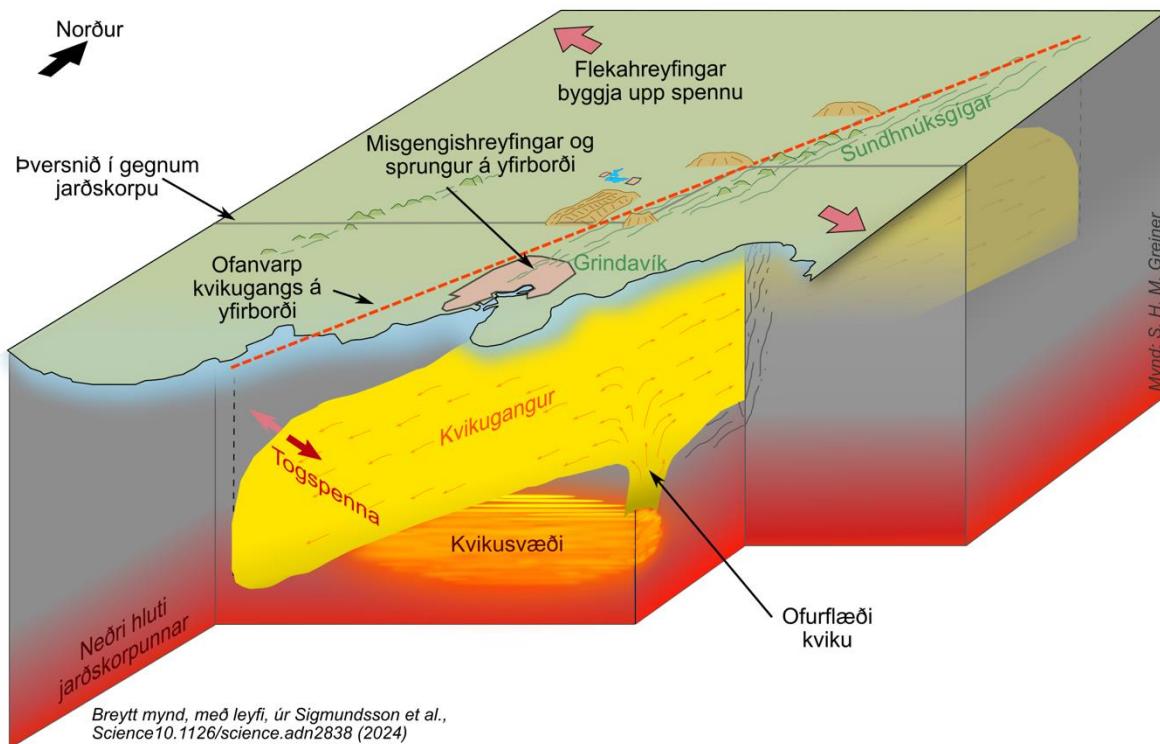
⁴ Department of Earth Sciences, Uppsala University, Uppsala, Sweden

⁵ GNS Science, Lower Hutt, New Zealand

⁶ ICEYE OY, Maarintie 6, 02150 Espoo, Finland

Kvikuinnskotið mikla þann 10. nóvember síðastliðinn er það langstærsta í yfirstandandi umbrotahrinu á Reykjanesskaganum. Samkvæmt túlkun á mælingum á jarðskorpuhreyfingum var áætlað hámarkskvikustreymi um $7400 \text{ m}^3/\text{s}$, tveimur stærðargráðum meir en hámarks-kvikustreymi í gangainnskotin við Fagradalsfjall. Hægt er að skýra þetta hraða streymi með samspili tveggja þáttta: stóru broti á jaðar kvikusvæðis, þar sem kvika hefur safnast fyrir, og að kvikugangur leiti inn í svæði þar sem mikil uppsöfnuð togspenna er til staðar (mynd 1). Atburðir sem orðið hafa í kjölfarið er í ágætu samræmi við þessa skýringu. Þann 18. desember hafði þrýstingur í Svartsengis-kvikusvæðinu aftur byggst upp og náð lágmarks þrýstingi sem þurfti til að brjótast aftur inn í kvikuganginn, svo viðbótar opnum varð á honum. Náði hann þá til yfirborðs og eldgos hófst, aðeins 1.5 klst eftir undanfarandi skjálfahrinu. Að þessu sinni var áætlað hámarks kvikuflæði inn í ganginn um $\sim 800 \text{ m}^3/\text{s}$. Svipaðir atburðir urðu í janúar og febrúar 2024. Í janúar 2023 náði kvikugangur aftur undir Grindavík. Að þessu sinni var leið gangsins aðeins austar en 10. nóvember og náði nú undir miðhluta bæjarins. Þann 8. febrúar greindust skammtíma fyrirboðar eldgoss (jarðskjálftar), sem voru tilkynntir til almannavarna. Eldgos hófst aðeins 37 mínútum seinna. Kvikuinnskotið þann 2. mars, án eldgoss, var svo það langminnsta til þessa. Á Svartsengissvæðinu liggur kvikusvæðið sem fóðrar kvikuganga á um 4-5 km dýpi skv. túlkun á mælingum á jarðskorpuhreyfingum. Þegar nægum þrýstingi er náð gefur jaðar kvikusvæðisins sig og kvika flæðir hratt inn í gangainnskot. Mælingar á jarðskorpuhreyfingum og túlkun þeirra benda til að ristímabilin fimm sem urðu á Svartsengissvæðinu frá 21. janúar 2020 til 10. nóvember 2023, fyrir fyrsta gangainnskotið, hafi stafað af streymi kviku inn í kvikusvæði sem var þar til staðar og nær frá Eldvörpum í vestri að Sundhnúksgígöldinni í austri – og liggur þar með undir Bláa lóninu og orkuverinu í Svartsengi. Það svæði hefur haldið áfram að safna í sig kviku á milli síðari atburða.

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
8. mars 2024



Mynd 1. Skýringarmynd af kvikugangi undir Grindavík og kvikusvæði, þar sem kvika safnast fyrir áður en gangainnskotin verða. Kvikugangur myndaðist skyndilega 10. nóvember 2023, undir Sundhnúksígaröðinni og Grindavík, þar sem misgengishreyfingar og sprunguopnun urðu. Rauða línan á yfirborðinu sýnir hvar gangurinn myndi skera yfirborð jarðar ef hann næði þangað.

Drone magnetometry for fracture and void mapping – preliminary results from Grindavík

Catherine Rachael Gallagher^{1,2} & Elisa Johanna Piispa¹

¹Institute of Earth Sciences, University of Iceland

²HS Orka

Widespread tectonic and volcanic activity started in the Reykjanes Peninsula in January 2020, after more than 800 years of quiescence. Initially confined within uninhabited areas, the focus of this activity switched to the Svartsengi volcanic system in October 2023, with serious repercussions for the nearby communities and critical infrastructure.

On the 10 November a large, 15 km long, dyke was emplaced into the crust extending from NE Sundhnúkurgígar in the NE and underneath the town of Grindavík in the SW (Sigmarsson et al. 2024). This created widespread fracturing, and triggering movement on existing faults, as a graben formed through the west of the town above the dyke highlighted by the NÍ and LMÍ operational photogrammetry data. This dyking event established a weakness in the crust, creating a main pathway from the shallow crustal storage domain to the surface, which has been utilized by subsequent dykes. A second graben formed through the east of the town of Grindavík on the 14 January 2024 (NÍ and LMÍ data), again associated with widespread fracturing and movement of faults, as another dyking event occurred in area. These fractures, grabens, sinkholes, and their unknown subterranean structures represent a grave danger to inhabitants and workers in the area.

The cyclical nature of these dyking events bears similarities to past historical Fires events in Iceland (e.g. Krafla, Reykjanes), which could indicate that this activity in the SW is likely to continue for years or decades. Therefore, rapid response surveys to swiftly update hazard maps in the area are needed.

However, detecting the size, shape, orientation, and location of the fissures, fractures etc. in areas covered by Holocene lava flows and urban construction is not easy. InSAR, differential DEMs, and surface mapping gives an idea of fault locations and their sense of motion, but the subterranean shape and size of fractures and sinkholes remain elusive. From a hazard perspective this knowledge would be integral for assessing the risks related to residents and workers in the area. Ground penetrating radar can be an effective tool to assess underground features, but this data set can suffer from low penetration depth, especially when flown on drone over areas that are inaccessible/unsafe for traditional ground based GPR systems. Some of these problems can be overcome with drone magnetometry. Here we present how drone magnetometry can be utilized to reveal the subsurface features of these fractures, highlight the graben boundary faults, and to provide possible locations of sinkholes. The main aim of the project is to develop methodology for a rapid hazard response drone magnetometry, that would aid in mapping of underground features in urban areas. This methodology adds another piece to the puzzle to help construct a hazard assessment map for Grindavík alongside other datasets. It will help provide the geoscience community with a clearer view of the fractures, their locations, and sizes, that can be directly used to assess the hazards related to them.

Hálsagígar, Rauðhóll og Botnahraun ~5300 ára gömul

Guðrún Larsen¹, Rebecca C Feldman², Esther R Guðmundsdóttir² & Bergrún A Óladóttir³

1 Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands, 2 Jarðvísindadeild Háskóla Íslands, 3 Veðurstofa Íslands

Rannsóknin sem hér er sagt frá var meistaraverkefni Rebeccu C. Feldman við Jarðvísindadeild Háskóla Íslands árið 2020¹. Verkefnið var að kortleggja gjóskulögin frá Hálsagígum og Rauðhól syðri, finna aldur, rúmmál og efnafraðileg einkenni gjóskunnar og nota gjóskulagaskipan svæðisins² til að tengja saman goseiningar sem tilheyrta gætu gosi í Hálsagígum sunnan í Skálarheiði á Út-Síðu. Fyrri hugmyndir um aldur og tengsl goseininga á þessu svæði hafa verið á reiki³.

Hálsagígar spretta fram úr þverhnípinu syðst í Skálarheiði. Gígarnir eru á um 2 km langri gossprungu, það sem sést, en gossprungan gæti hafa náð lengra til suðurs. Þeim var fyrst lýst af Jóni Jónssyni árið 1953³. Sjálfir Hálsagígar voru ekki skoðaðir í þessari rannsókn en samkvæmt lýsingu Jóns eru þeir gjall- og klepragígar með um 30 m háum börmum en hraunið frá þeim hverfur undir árframburð. Miklar gjalldyngjur eru í kringum gígana næst Skálarheiði, einkum vestanmegin, en syðsti gígurinn er að mestu horfinn undir árframburð. Um 4 km norðan við Hálsagíga, ofarlega í Holtsdal, er um 600 m löng gossprungu, Bunuhólar, með þrem litlum gígum og gjalldreif vestan við uppvörpin. Frá þessum hluta rann hraun sem fylgja má niður í Holtsdal þar sem það hverfur undir árframburð³. Rauðhóll, stór gjallgígr með gígskálina móti austri og vikur- og öskugeira til vesturs, er 1,5 km norðar³.

Rúmlega 40 jarðvegssnið voru mæld í Skaftártungu, á Síðuheidiðum og Álfaversafrétti haustið 2019. Gjóskulagið úr Hálsagígum, nefnt HAG, og gjóskulagið úr Rauðhól, nefnt RAG, finnast á sama stað í gjóskulagaskipan svæðisins. Gjósakan frá Hálsa-gígum er fremur auðþekkt, hún er tiltölulega gróf og í henni er gjall, brúnleitt og frauðkennt að innan með svarta, gljáandi glerhúð. Gjósakan frá Rauðhól er svört í jarðvegssniðum og kornin yfirleitt mött. HAG og RAG voru tímasett í tveim lykilsniðum samkvæmt þykknunarhraða jarðvegs milli leiðargjóskulaga af þekktum aldri, Heklu-4, SILK-N2 og SILK-N1.

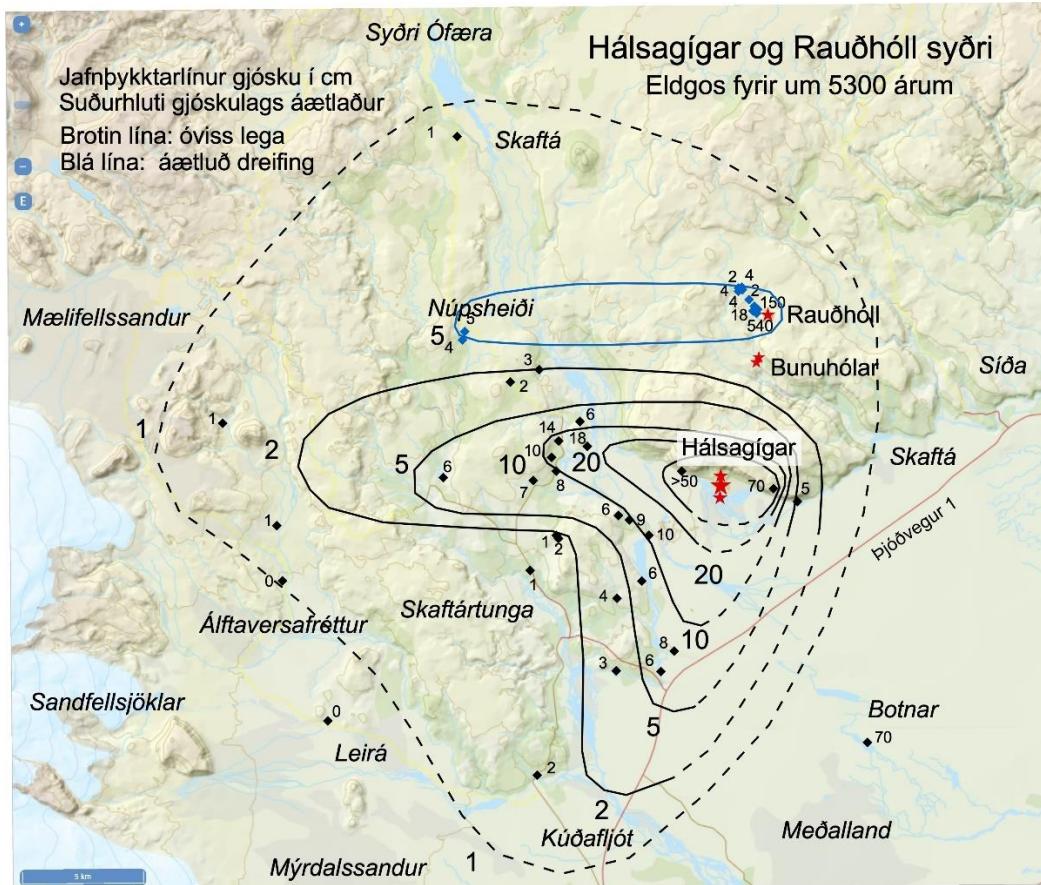
Gjósakan frá Hálsagígum barst til vesturs og suðurs og myndar two afmarkaða geira (Mynd 1), en gjóskugeirinn til suðurs er að hluta hulinn yngri hraunum og framburði Skaftár. Rúmmál gjóskunnar er metið um 0.03 km³. Kornagerð bendir til að sprengivirknin í Hálsagígum hafi verið af strombólskri gerð en dreifing og kornastærð (F%, sundrunarhlutfall) skilgreina gosið sem sub-plínískt. Hæð gosmakkar, metin út frá dreifingu stærstu korna, var um 7 km, svipað og mældist í Eldfellsgosinu 1973.

Gjósakan frá Rauðhól myndar geira til vesturs og liggar ofan á Hálsagígagjóskunni þar sem þær finnast saman, t.d. á Núpsheiði (Mynd 1). Kornagerð Rauðhólgjóskunnar breyttist með tíma í gosinu, úr fínkorna, lagskiptri og öskuríkri gjósku yfir í grófara gjall, sem bendir til að vatn hafi haft áhrif á sprengivirknina í fyrstu. Rúmmál Rauðhólgjóskunnar er lítið en var ekki metið.

Gjósakan frá Bunuhólum (snið Jóns Jónssonar³) og gjósakan frá Hálsagígum eru á sama stað í gjóskulagaskipan svæðisins. Fjöldi ljósleitra leiðarlaga á svæðinu er miklu meiri en Jón miðaði við þegar hann birti niðurstöður sínar um ólíkan aldur Hálsagíga og Bunuhóla. Rúmmál Bunuhólagjósku er óþekkt.

Á Botnahrauni í Meðallandi eru á stöku stað bingir úr grófri gjósku með sömu útlitseinkenni og efnasamsetningu og gjósakan úr Hálsagígum. Stærsti bingurinn er á hraunfláka austan við fiskeldisstöðina í Botnum og þar er náma grafin í hann. Gjósakan þar er um 70 cm þykk en

hreyfð, með votti af rauðoxun og virðist blönduð í yfirborð hraunsins. Einfaldasta skyringin er að gjóskan hafi fallið á hraun sem var á hreyfingu nálægt gosstöðvunum og borist með því, eins konar Flakkari. Botnahraun telst því samtímanyndun og er ættað úr Hálsagígum. Rúmmál Botnahrauns er $3,4 \text{ km}^3$ miðað við 12 m þykkt að meðaltali skv. borholu SKA-04.



Mynd 1. Þykktarkort af Hálsagígagjósu og Rauðhólsgjósu, mælt á rúmlega 40 stöðum. Jafnþykktarlinur fyrir suðurgeira Hálsagígagjósu eru að hluta áætlaðar (brotin lína).

Efnasamsetning gjósku úr Hálsagígum og Rauðhól var fengin með efnagreiningum í örgreini Jarðvísindastofnunar Háskólans og er dæmigerð fyrir Grímsvatnakerfið. Engar breytingar með tíma fundust í gjóskunni frá Hálsagígum en sýni úr báðum geirunum voru greind. Samsetning gjóskunnar úr Rauðhóli breytist lítillega með tíma. Efnasamsetning bergsýna (XRF greiningar) úr Botnahrauni og Bunuhólahrauni er þekkt úr fyrri rannsóknum^{3,4,5} og er í viðunandi samræmi við glerefagnagreiningar miðað við aðra greiningaraðferð. Tuttugu og sex sýni af leiðarlögum og öðrum gjóskulögum úr lykilsniðunum voru greind til að tryggja öruggar tengingar við gjóskulagaskipan á Kötlusvæði og nágrenni.

Niðurstaða rannsóknanna er að gjóskulög frá Hálsagígum, Bunuhólum, Rauðhóli syðri og Botnahraun í Meðallandi eru samtímanyndanir úr gosi sem varð á um 8,5 km langri en slitróttri gossprungu fyrir um 5300 árum. Rúmmál gjósku eins og hún er í jarðvegi nú reiknast að lágmarki $0,03 \text{ km}^3$ ($0,01 \text{ km}^3$ sem fast berg) en er vafalítíð hærra. Gjóska er samt sem áður aðeins líttill hluti af heildarmagni gosefnanna.

1 R.C. Feldman 2020. Hálsagígar Eruption Tephra dispersal, geochemistry, volume, and age. MS thesis, Faculty of Earth Sciences, University of Iceland, 149 p. **2** B.A. Óladóttir et al. 2008. Katla volcano, Iceland: magma composition, dynamics and eruption frequency as recorded by Holocene tephra layers. Bull. Volc. 70: 475-493. **3** Jón Jónsson 1953. Hálsagígir. Náttúrufr. 23: 51-53; 1978. Eldstöðvar og hraun í Skaftafellsþingi. Náttúrufr. 48: 196-232. **4** S.P. Jakobsson 1979. Petrology of Recent basalts of the Eastern Volcanic Zone, Iceland. Acta Nat. Isl. 26: 1-103. **5** M. Carpenter. Óbirt gögn.

The influence of variable host rock cohesion and magma viscosity on intrusion-fault interaction: Insights from laboratory models

Sonja H. M. Greiner^{*1,2,3}, Olivier Galland⁴, Freysteinn Sigmundsson¹, Steffi Burchardt^{2,3}, Halldór Geirsson¹ & Rikke Pedersen¹

¹ Nordvulk, Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Reykjavík, Iceland

² Department of Earth Sciences, Uppsala University, Uppsala, Sweden

³ Center for Natural Hazard and Disaster Science (CNDS), Uppsala/Stockholm/Karlstad, Sweden

⁴ NJORD Center, Department of Geosciences, University of Oslo, Oslo, Norway

*Email: shmgreiner@hi.is

Volcanic activity frequently occurs in areas affected by tectonic structures, such as faults. Numerous examples of pre-existing faults serving as magma pathways are known, but many aspects of these processes are not well understood. Understanding the influence of faults on magma transport dynamics is important for studying volcanic plumbing systems in the upper crust, as they may affect and alter an inferred path of magma descent.

We present laboratory experiments, which investigate how pre-existing strike-slip faults affect intrusion emplacement. Dry mixtures of fine-grained silica flour and micro-glass beads of variable cohesions and angles of friction represented brittle, dominantly plastically deforming host rock. We injected two liquids simulating low and high-viscosity magmas, respectively into both intact and pre-faulted model crust. The temporal evolution of surface deformation was monitored with photogrammetry to assess how the intrusions interacted with the pre-existing faults.

In high-cohesion materials, intrusions formed sheet intrusions, and some of their segments clearly propagated along pre-existing faults. Low-cohesion materials produced subcircular laccoliths that grew by prominent doming of the model crust. The growth was accommodated by newly formed structures that were barely affected by the pre-existing faults. Models of intermediate cohesions exhibit hybrid behaviour where the intrusions both generated new fractures and partly followed pre-existing fault segments. Intrusions with both tested viscosities exhibited similar trends, but the hybrid behaviour occurred only when the model magma was of low viscosity. Furthermore, magma-fault interactions appear slightly less prominent for high-viscosity magmas.

These analogue models demonstrate that the structural control of pre-existing faults on magma emplacement is variable and highly dependent on the host rock cohesion. Magma viscosity seems to play a secondary role for the reactivation of fault structures during magma ascent. Our findings may be helpful for areas which are dominated by very strong host rock such as basalt, e.g. Iceland.

Deformation patterns of the Reykjanes Peninsula unrest 2020-2024, Iceland: evidence for interconnected neighboring volcanic systems

Halldór Geirsson¹, Michelle Parks², Freysteinn Sigmundsson¹, Vincent Drouin², Benedikt Ófeigsson², Chiara Lanzi¹, Áslaug Gyða Birgisdóttir¹, Cécile Ducrocq^{1,3}, Andrew Hooper⁴, Páll Einarsson¹, Kristín Jónsdóttir², Sigrún Hreinsdóttir³, Sonja Greiner¹ & Hildur María Friðriksdóttir²

1: NORDVULK, Institute of Earth Sciences, University of Iceland; 2: Icelandic Meteorological Office; 3: GNS Science, New Zealand; 4: University of Leeds, UK

Neighboring volcanic systems sometimes show evidence of interconnection, for example by inflating or deflating either in phase or in anti-phase. We review here the ongoing unrest on the Reykjanes Peninsula (RP) since approximately 2020, through spectacles of volcano geodesy.

There are several volcanic systems on the RP, from west to east: Reykjanes, Svartsengi, Fagradalsfjall, Krýsuvík, Brennisteinsfjöll, and Hengill. All these volcanic systems, except Brennisteinsfjöll, have shown deformation signs of unrest in the past years and decades: Three uplift episodes occurred at Svartsengi during 2020; one or two subtle deformation events further west on Reykjanes in 2020, and further uplift episodes at Svartsengi in May 2022, October 2023, November 2023, and December 2023 - March 2024. Inflation was detected at Krýsuvík during the summer of 2020; and a M5.6 earthquake occurred in Krýsuvík in October 2020.

As of March 4, 2024, three eruptions have occurred at Fagradalsfjall (in 2021, 2022, and 2023) and three eruptions at Svartsengi (December 2023; January 2023; February 2023). Each eruption has been preceded by a dike intrusion, often intertwined with complex patterns of faulting, near-surface fracturing over wide areas, and creep along segments of the plate boundary. Additional dike intrusions in December 2021 in Fagradalsfjall and in Svartsengi in November and March 2, 2023, did not breach to the surface. The dike growth has spanned timescales of just around an hour to several weeks; furthermore, small dikelets accompanied new vent openings during the 2021 eruption. The dikes were emplaced in the brittle crust, above ~6-8 km depth, spanned several decimeters to meters in thickness, and released locally a great amount of plate-tectonic stresses. Re-inflation following each eruption or dike intrusion is usually observed; however, the temporal style of uplift rates varies considerably from time to time. Co-eruptive deflation was observed during the 2021 Fagradalsfjall eruption, but the other eruptions have been smaller in volume with little or no detected co-eruptive deformation.

The detailed deformation observations and modeling for the unrest periods reveal complex interactions of tectonics and magmatism across several volcanic systems on the RP. During 2020-2024, localized deformation and seismicity have alternated between different volcanic systems on the RP, such that only one system is inflating or erupting at a time. This observation may be interpreted in terms of deep pressure coupling between the systems. Furthermore, the deformation events cause significant stress changes at neighboring volcanic systems, affecting the probability of dike propagation and seismicity as well as conditions for magma accumulation.

The Hafnarfjall-Skarðsheiði central volcano in West Iceland

Hjalti Franzson

This summary describes a study of a thick central volcanic succession which accumulated during the opening stages of the precursor of the Reykjanes-Langjökull axial rift zone in W-Iceland, between 6-4 m.y. (Figures 1 and 2). Following the initial accumulation of olivine tholeiite lavas within the new rift zone, which lie unconformably on an older crustal basement 10-13 m.y., a central volcano developed in the Hafnarfjall-Skarðsheiði area. It was active for some 1.5 m.y. and consists of four volcanic phases: I. *The Brekkufjall phase* is characterised by basaltic volcanism followed by voluminous and copious extrusions of differentiated rocks culminating in a sudden caldera collapse (c.5 km wide) in Brekkufjall. II. During *the Hafnarfjall phase* a thick extrusive sequence of basaltic to rhyolitic compositions accumulated, mainly fed by ENE fissures. During the gradual subsidence of the Hafnarfjall caldera (7 by 5 km) a marked decrease occurred in lava accumulation rate outside the caldera. Epicentres of three cone sheet swarms coincide in time and space with three basinal structures of this caldera. III. *The Skarðsheiði phase* is characterised by N-S fissuring and a marked bimodal basalt-rhyolite lava accumulation. IV. Remnants of *the Heiðarhorn phase* include compositions ranging from basalts to rhyolites. The western boundary of the axial rift zone is marked by large intrusives, basalt flexuring, a sheet swarm and the disappearance of dyke swarms. The lenticular unit was later buried by lavas of the Hvalfjörður fissure swarm, which is not dealt with here. Rocks of the central volcano follow the Þingmúli trend, but relative abundance shows discontinuity within the basaltic andesite range.

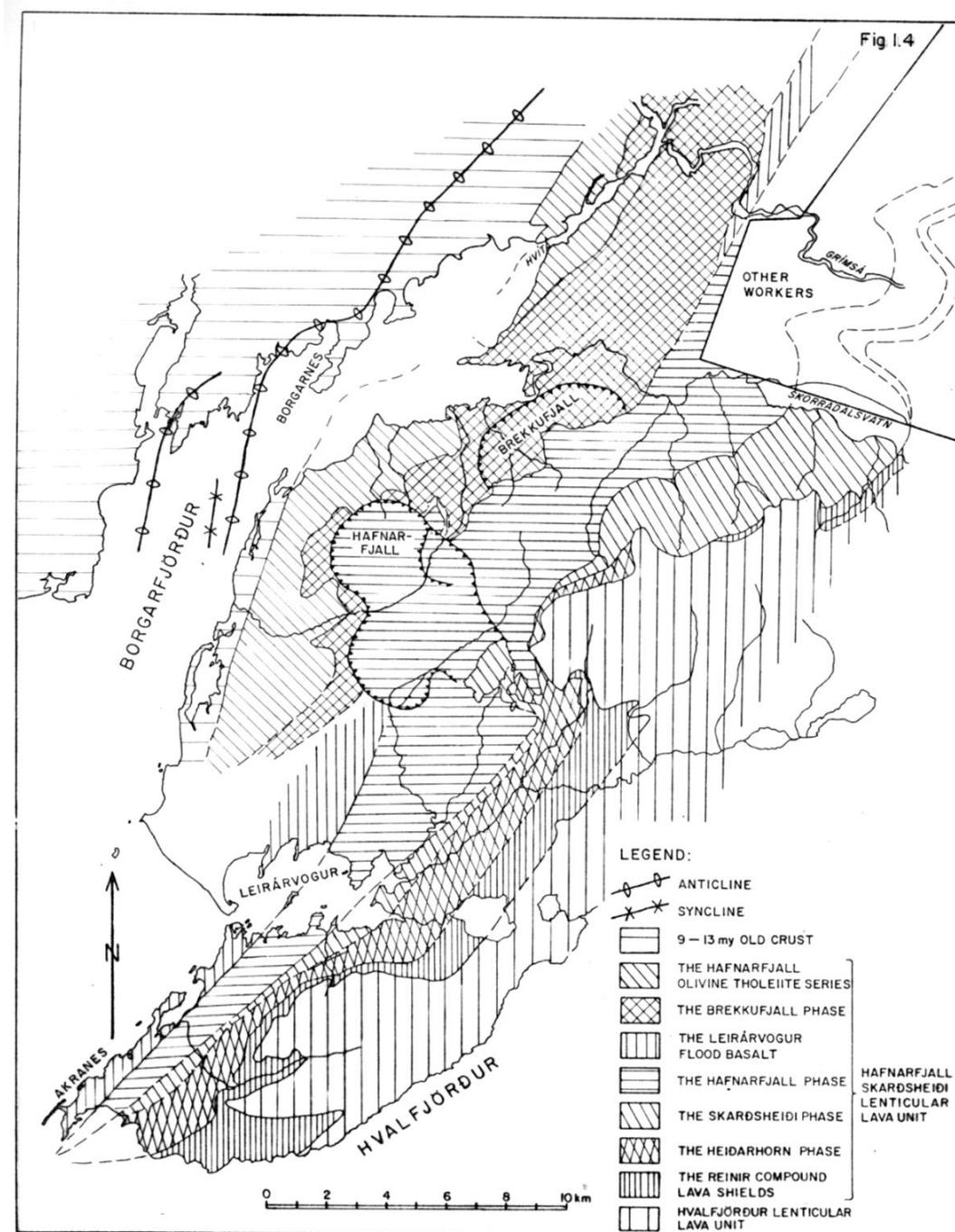


Figure 1. Evolutionary episodes of the central volcano and overlying basalt succession.

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
8. mars 2024

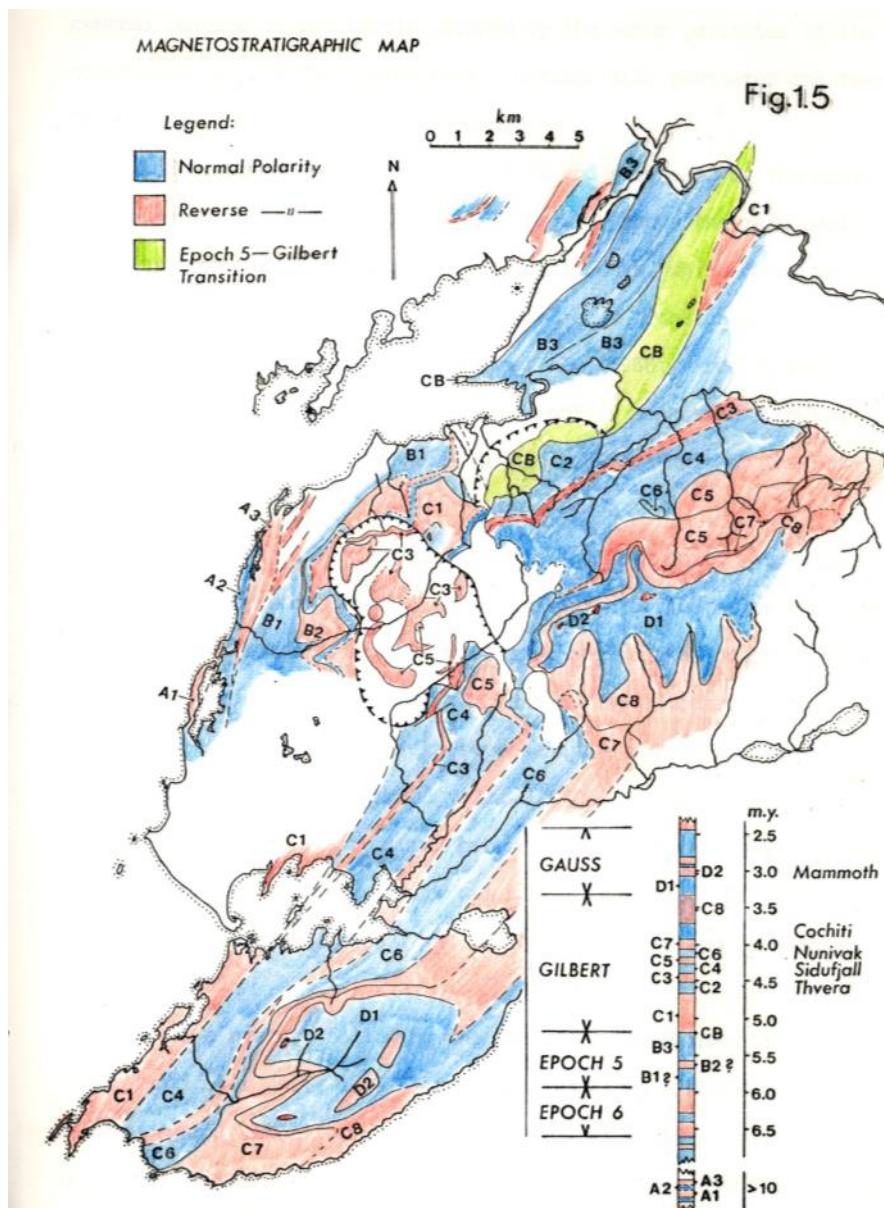


Figure 2. Magnetostratigraphic map of the field area

Upphof síðjökultíma á Íslandi

Hreggviður Norðdahl¹⁾, Halldór G. Pétursson²⁾ & Skafti Brynjólfsson²⁾

¹⁾ Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands

²⁾ Náttúrfræðistofnun Íslands

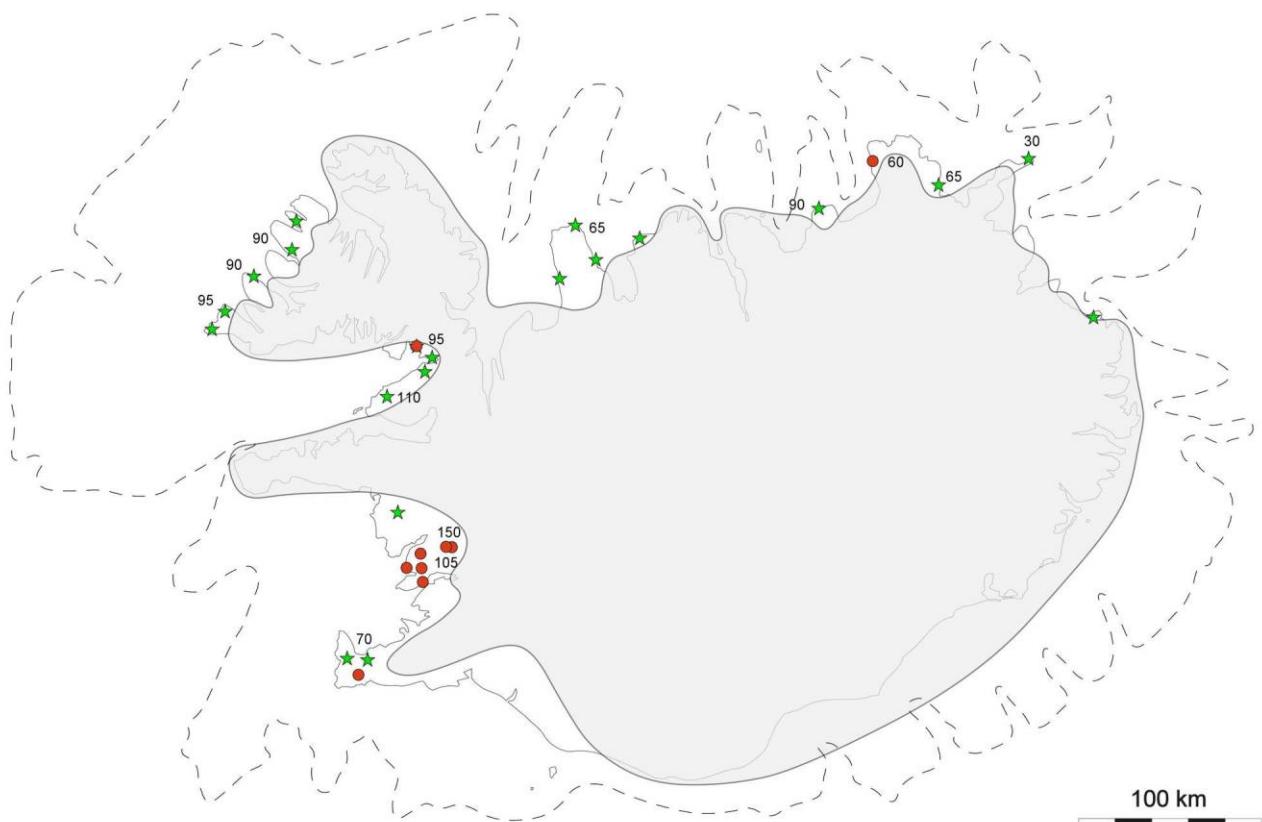
Fyrir um 23 000 árum (cal. a BP) gekk meginjökull Íslands vestur yfir Rosmhvalanes í átt að mestu stærðar hans á síðasta jökulskeiði (LGM). Ummerki eftir þessa mestu stærð hans er að finna á brún landgrunnsins allt í kringum landið en líkanreikningar styðja einnig við slíka stærð íslenska meginjökulsins. Ekki er vitað hve lengi jökullinn hélt þessari miklu stærð sinni, en fyrir um 18 000 árum hafði brún hans hörfað inn í Djúpál og fyrir um 16 000 árum var hlýsjór úti fyrir Norðurlandi. Þetta tvennt bendir til þess að á þessum tíma hafi hlýir sjávarstraumar á ný náð ströndum landsins. Það var svo fyrir um 15 000 árum að jökullinn hörfaði upp úr Jökuldjúpi og skömmu seinka var brún hans komin inn fyrir núverandi strönd landsins á Vesturlandi. Til þess að jökullinn héldist botnfastur, allt þar til fyrir um 15 000 árum, verður hörfun hans að hafa verið með þeim hætti að brún hans hefur eitthvað dregist inn fyrir brún landgrunnsins, en mest massaminnkun hans hefur orðið við þynningu þess hlutar hans er var neðan þáverandi sjávarborðs. Þessi gerð massaminnkunar er forsenda þess að flotjafnvægi jökuls og skorpu héldist allt þar til jökultungan hvarf úr Jökuldjúpi, sjávarborð mætti landi og elstu fjörumörk á Vesturlandi urðu til fyrir um 14 700 árum í 150 m hæð yfir sjó í Stóra-Sandholi í mynni Skorradals. Fjörumörk af svipuðum aldri eru þekkt á Vestur-Melrakkasléttu, í innanverðum Breiðafirði og á utanverðum Reykjanesskaga. Víða á Vestur-, Norðvestur- og Norðurlandi eru há fjörumörk ofan við fjörumörk af yngri Dryas aldri. Ef þessi háu fjörumörk hafa öll myndast við svipaðar kringumstæður og voru á Vesturlandi fyrir tæpum 15 000 árum, þá má nota legu þeirra til að gera sér mynd af stærð og lögun íslenska meginjökulsins þegar sá hluti hans sem var neðan þáverandi sjávarborðs hrundi og hvarf.

Á Mið-Norðurlandi lá brún jökulsins ýmist innan núverandi stranda eða skammt undan landi nema þá helst í Eyjafirði en þar, nánar tiltekið í Fnjóskadal, eru vísbendingar um að nyrsti hluti dalsins hafi snemma orðið jökullaus og í honum myndast jökullón með affalli norður yfir Flateyjardalsheiði. Í Fnjóskadal eru ummerki um allt að 10 jökulstífluð lón með affalli norður yfir Flateyjardalsheiði. Ummerki fjögurra elstu lónanna eru varðveisitt í setlögum en ummerki tveggja yngri lóna eru varðveisitt bæði í setlögum og strandlínum í hlíðum Fnjóskadals. Jarðlagrafraðilegar rannsóknir hafa leitt í ljós að þessi lón urðu til hvert á fætur öðru þannig að eitt lón tæmdist og það næsta varð til. Til þess að þetta gæti orðið þá varð jökulstífla í Dalsmynni að veikjast það mikið að vatn gæti rutt sér leið úr lóninu og til Eyjafjarðar og eflast svo á ný þannig að nýtt lón með affalli um Flateyjardalsheiði varð til í Fnjóskadal. Þetta endurspeglar að á tímum þessara lóna var stærð og þá um leið stíflumætti jökultungunnar í Dalsmynni breytilegt, jökull ýmist hörfaði eða gekk fram.

Jarðsaga þessa svæðis er varðveisitt bæði í setlögum og landformum. Á Flateyjardalsheiði hefur jökull í fyrstu hörfað til suðurs og upp á vatnskil heiðarinnar en þá mynduðust jökuláraurar framan við jökulbrúnina en í jöklinum sjálfum myndaðist gríðarlega mikill malarás, sem til norðurs greindist fyrst í two malarás og svo í flókið net smárra malarása. Í Út-Fnjóskadal safnaðist gífurlegt magn sets fyrir og í opnum við Mela eru ummerki um fjögur elstu lónin. Sum þessara setлага hafa aflagast þegar jökull í Fnjóskadal gekk ítrekað norður yfir þau. Greinilegar strandlínur urðu til við strendur tveggja næstu jökullóna og við þær safnaðist set og myndaði óseyrar, aðra austur undan Víkursskarði og hina austan lónsins gegnt Dalsmynni. Strandlínur þessara tveggja lóna fara hækkandi til suður og er hvor þeirra með sínum halla. Með því að notfæra sér þekkt samband halla strandlína og tíma kemur í ljós að aldur þessara

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
8. mars 2024

tveggja lóna og strandlínur þeirra mynduðust fyrir um 15 000 og 13 000 árum síðan, aldur sem beint tengir þessi jarðsög í Út-Fnjóskadal við hrún meginjökuls Íslands og upphaf síðjökultíma. Þessu næst hörfuðu jöklar landsins inn til miðhálendisins og á þeim tíma varð stór hluti landsins jökullaus og afstætt sjávarborð varð hvað lægst. Á Norðausturlandi runnu hraun sem síðar fóru undir jökul yngri Dryas tímans.



Meginjökull Íslands við upphaf síðjökultíma

Triggered earthquakes in the Hjalli-Ölfus area (Hjallahverfi)

Ingi Þorleifur Bjarnason

Institute of Earth Sciences, University of Iceland.

When it comes to earthquake damage no locations are mentioned more often in the *Icelandic Annals* than the Hjalli farm in Ölfus in South Iceland. Historical records, extending back to the 11th century, are not expected to be complete, which suggests (underestimation of damage) a minimum frequency of damage. On average once or twice in a century, has the Hjalli church farm collapsed due to earthquakes (Halldórsson et al, 2013). Farms in the neighborhood of Hjalli (Hjallahverfi) have suffered similarly. Sometimes earthquake damage is reported only at Hjalli and Hjallahverfi, while in other times Hjalli and Hjallahverfi suffer from earthquakes with epicenters several km away. This applies to the year 1706 during the Ölfus earthquake, epicenter ~6 km away from Hjalli, year 1784 of Flói earthquake, epicenter of ~14 km distance from Hjalli, and in year 1896 of the Ölfus earthquake, epicenter ~6 km from Hjalli. Explanations for the high vulnerability of Hjallahverfi to earthquake hazards will be discussed in the talk presented.

In a period of crustal deformations and inflation of the crust close to Hengill Volcano in the years 1993–1998, an intense seismicity was triggered in the Hengill region, and that activity spread to Hjallahverfi, ~15 km south of Hengill. The Icelandic Meteorological Office recorded over 20.000 earthquakes during these years in Hjallahverfi, most of them of magnitude less than 2.0 (M_lw) (micro earthquakes). The activity culminated on June 4th 1998 with an earthquake of 5.4 M_w near to Hengill on a N-S fault. Aftershock activity of this earthquake extended some ~10 km south to Hjallahverfi. The Hengill earthquake was followed by two mainshocks in Hjallahverfi some 5 months later, a magnitude 5.1 (M_w) on November 13th 1998 and a second mainshock (on a different fault) of magnitude 4.8 (M_w) ~24 hours later. The first mainshock was on a ~ENE-WSW, striking near vertical fault, and the second mainshock was on a ~N-S, striking near vertical fault located 5 km east of the first mainshock (Parameswaran et al, 2020). The rupture planes of the two mainshocks were approximately at 2–8 km depths and ~9–10 km long, in the first mainshock, and ~3.6 km long in the second shock. Focal mechanism and aftershock distribution of the first shock suggests left-lateral strike-slip fault with oblique normal component, and for the second mainshock a right-lateral strike-slip fault with oblique normal component. There was a clear foreshock activity of ~48 hours preceding the first mainshock. A seismic pattern suggests that in the first ~24 hours of the sequence, foreshocks were braking ~N-S striking fault (asperities) followed in ~24 hours by adjoining orthogonal E-W fault. The mainshock, even though not well located, was close to the intersection of the N-S and E-W foreshock activity (Parameswaran et al, 2020).

Discovery of a major ~ENE-WSW fault directly under Hjallahverfi (Parameswaran et al., 2000) explains to a certain extend high earthquake hazards in Hjalli area. Maximum shaking in earthquakes takes place in the immediate vicinity of fault areas. I postulate that movement on this fault was triggered by large Ölfus earthquakes in 1706 and 1896, respectively, and by the large Flói earthquake in year 1784. If neighboring large earthquakes are able to trigger the ~ENE-WSW Hjalli fault, it may be a rather ‘weak’ (easily slippable) fault. The oblique normal component in strike-slip earthquakes on this fault observed in years 1991–1999 (Parameswaran et al. 2023), suggests a reduced minimum horizontal compression, which helps in maintaining them weak. However, Parameswaran et al. (2023) showed that the stress field in Hjallahverfi fluctuates between the transtensional stress field of the Reykjanes peninsula and the stress field of the South Iceland transform. Hjallahverfi is on the boarder of the Reykjanes Peninsula and

the E-W trending South Iceland transform zone. The Hjalli fault may therefore fluctuate between weak and strong states, thus generating variable destructive earthquakes.

Other factors playing a part in high earthquake hazards in Hjallahverfi are N-S strike-slip faults, which are mapped north of the area. Some of them extend into the Hjallahverfi (Parameswaran et al., 2000). A factor, which has not been confirmed, is a possible thick sedimentary sequence adjacent to Hjallahverfi, created by the largest river in Iceland, the Ölfusá River. Thick sedimentary cover amplifies seismic waves.

References:

- Halldórsson, Páll, S. Björnsson, B. Brandsdóttir, J. Sólnes, R. Stefánsson and B. Bessason. (2013). Jarðskjálftar á Íslandi í Náttúruvá á Íslandi, *Eldgos og jarðskjálftar*.
- Parameswaran, R. M., Thorbjarnardóttir, B. S., Stefánsson, R., & Bjarnason, I. T. (2020). Seismicity on conjugate faults in Ölfus, South Iceland: Case study of the 1998 Hjalli-Ölfus earthquake. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 125, e2019JB019203. <https://doi.org/10.1029/2019JB019203>.
- Parameswaran, R. M., Bjarnason, I. T., & Thorbjarnardóttir, B. S. (2023). Evolution of stresses over conjugate faults in Hjalli-Ölfus, South Iceland. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 128, e2022JB026201. <https://doi.org/10.1029/2022JB026201>.

Aldur jökulgarða og jökulhörfun á Jökuldalsheiði og Brúaröræfum

Ívar Örn Benediktsson¹, Joseph M. Licciardi², Skafti Brynjólfsson³, Sarah Principato⁴, Nína Aradóttir¹ & Esther Ruth Guðmundsdóttir¹

¹Jarðvísindastofnun Háskólangs; ²University of New Hampshire; ³Náttúrufræðistofnun Íslands;
⁴Gettysburg Collage, PA

Kortlagning jökulrænna landforma og setlaga á undanförnum árum endurspeglar legu formra íssbrauma í íslenska ísaldarjöklínunum á Norðausturlandi. Einn þeirra teygði sig frá ísaskilum yfir núverandi Vatnajökli og út í Vopnafjörð. Talið er að þessir íssbraumar hafi verið virkir fram á Yngra Dryas skeiðið. Lega strandlína bendir til að þá hafi jökulröndin legið við núverandi strönd. Staða jökulsins á Preboreal skeiði hefur verið aldursgreind í Hofsárdal í Vopnafirði um 11,000 ár. Næsta jökulstaða með þekktan aldur er síðan við norðurjaðar Vatnajökuls frá 1810-1890, um 100 km innar í landinu. Ýmis gögn benda til að leifar ísaldarjökulsins hafi verið að mestu horfnar fyrir um 9000 árum, og jafnvel fyrr. Hraði og mynstur hörfunar jökulsins hefur hins vegar verið illa þekkt fram til þessa.

Á Jökuldalsheiði og Brúaröræfum eru víða jökulgarðar og endasleppir sandar sem benda til að hörfun ísaldarjökulsins á nútíma hafi verið ósamfelld. Árið 2022 var hafist handa við að aldursgreina jökulgarða á Jökuldalsheiði og Brúaröræfum með gjóskulagafræði og mælingum á áhrifum geimgeislunar á berg eða set sem kemur undan jökli (e. cosmogenic nuclide exposure dating) til að varpa ljósi á hraða og mynstur jökulhörfunarinnar. Um 30 sýnum til greininga á afhjúpunaraldri ((e. exposure age) hefur verið safnað á um 120 km löngu sniði frá ströndu í Vopnafirði fast að norðurjaðri Vatnajökuls. Fyrstu niðurstöður benda til að afhjúpunaraldur Skessugarðs sé 10.900 ár og Fiskidalsgarðs 10.200 ár. Fyrstu niðurstaðna af Búrfellsgarði og Þorláksmýragarði á Brúaröræfum er að vænta á vormánuðum 2024. Frumathuganir á gjóskulögum í jarðvegssniði innan við Þorláksmýragarð gefa til kynna að hann gæti verið eldri en 10.300 ára. Þetta kann að benda til þess að jökulhörfun hafi verið enn hraðari og lokið fyrr en áður hefur verið talið. Unnið er að því að sannreyna þessar athuganir með frekari greiningum og feltvinnu.

Með tengingum aldursgreininga við landmótun eykur mun verkefnið auka þekkingu okkar á hnignun íslenska ísaldarjökulsins og varpa ljósi á þróun stórra jöklar á tímum hlýnandi loftslags. Niðurstöður verkefnisins nýtast einnig við að skorða líkön fyrir þróun íslenska ísaldarjökulsins. Þá eykur verkefnið þekkingu okkar á jarðgrunni, sem almennt er lítt kortlagður á Íslandi.

Marine Carbon Dioxide Removal (mCDR): Not that simple

Jón Ólafsson

Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands, Öskju, Sturlugötu 7, 101 Reykjavík

Key objectives of the 2015 Paris Agreement were to limit global warming to well below 2 °C.

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2018) pointed out that to meet the objective, gigatonne amounts of CO₂ need to be removed from the atmosphere in addition to reducing CO₂ emissions. Several approaches for mCDR have therefore been proposed. They are mostly based on amplifying biological and geochemical processes. The best-known approach are the Iron Fertilization Experiments (1993-2009). Public agencies and private companies are already developing techniques for mCDR.

The scientific community in the US has reacted by bringing forward in a report, the state of knowledge for the most relevant mCDR schemes (1). In Europe a Guide to Best Practices Ocean Alkalinity Enhancement (OAE) was published simultaneously with opening of the COP28 meeting a few months ago (2). Here, the basis for mCDR will be discussed as well as some known mCDR approaches.

The N-Atlantic Ocean is generally regarded as a natural CO₂ sink. The carbon chemistry characteristics of the relatively warm Atlantic Water, which currents bring to the southern shores of Iceland, have been included in 40 years of observations by the Icelandic Marine Research Institute (3). The feasibility of running mCDR operations in this region will be examined.

References

1. National Academies of Sciences, E., and Medicine, *A Research Strategy for Ocean-based Carbon Dioxide Removal and Sequestration*. 2022: The National Academies Press, Washington, DC:.
2. Oschlies, A., et al., *Guide to Best Practices in Ocean Alkalinity Enhancement Research*. State Planet 2023. 2(oae2).
3. Olafsson, J., et al., *Enhancement of the North Atlantic CO₂ sink by Arctic Waters*. Biogeosciences, 2021. **18**(5): p. 1689-1701.

Secondary emission of volatile heavy metals from basaltic lavas in Reykjanes

Nicolas Levillayer¹, Celine Mandon¹ & Olgeir Sigmarsson^{1,2}

¹Institute of Earth Sciences, University of Iceland

²Laboratoire Magmas et Volcans, CNRS, France

Gas emissions from basaltic eruptions occur both syn- and post-eruptively. The atmospheric loading resulting from the latter, taking place as the lava cools down and solidifies, is poorly characterised and its environmental impacts are largely unknown. Because of the release of toxic metal, it appears critical to study this process and assess potential environmental and social impacts. Characterising post-eruptive degassing can be attempted either by direct sampling of the gas emitted at solidifying lava flow or by analysing the degassing structure (segregation veins and vesicles) from already crystallised lava bodies. The 2021-2023 Fagradalsfjall eruptions allowed sampling of both the syn- and post-eruptive gas phases. Segregation veins from prehistorical olivine tholeiite lavas (similar to those of Fagradalsfjall) have been investigated, together with their host lava. Major and trace volatile element concentrations, particularly those of the toxic volatile metals and metalloids (VMM), were measured in the gas and rock samples. The gas analyses reveal distinct VMM composition of the gas emitted syn- and post-eruptively, with a clear tendency for Zn, Mo and Sb to degas after the eruption, whereas Te, Cd and Bi are predominantly released syn-eruptively. Among the segregation veins sampled, several showed anomalous enrichment in numerous VMM, indicative of the post-eruptive gas phase composition. Molybdenum is largely enriched in these veins whereas Cd enrichment is low, reflecting gas phase rich in the former but poor in the latter. Taken together, both approaches indicate substantial atmospheric loading of As, Pb, Sb and Mo post-eruptively resulting in potential hazard around newly erupted lava bodies such as in Svartsengi.



Geochemistry and petrology of the 2023-2024 eruptions at Svartsengi volcanic system

Simon Matthews, Alberto Caracciolo, Enikö Bali, Gro Birkefeldt Moller Pedersen, Guðmundur H. Guðfinnsson, Jóhann Gunnarsson Robin, Olgeir Sigmarsson, Sæmundur A. Halldórsson, Araksan A. Aden, Heini Merill, Nicolas Levillayer, Noëmi Löw, Rebekka Hlín Rúnarsdóttir & Sóley M. Johnson

Institute of Earth Sciences, University of Iceland

Before the eruption of lava in December 2023 we had to rely on indirect observations to infer the behaviour of the magmatic system beneath Svartsengi. The chemical composition of lava and its crystal cargo retains a memory of its journey to the surface, allowing us to place more direct constraints on where the magma is accumulating before eruption and the nature of this magma storage domain. The results from geochemical and petrological analysis provide context for the interpretation of geophysical signals during the ongoing unrest. We will present our first results from characterising the material erupted at the Sundhnúksgígar craters in the 2023-2024 eruptions, and what implications this has for the ongoing unrest.

Estimating deformation source parameters using a 3D elastic Finite Element model including topography and crustal heterogeneity at Askja, Iceland

Catherine Grace O'Hara¹, Sonja Heidi Maria Greiner^{1,2}, Halldór Geirsson¹, Michelle Parks³ & Freysteinn Sigmundsson¹

¹Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Sturlugata 7, IS-102 Reykjavík, ²Uppsala University, ³Icelandic Met Office.

Surface deformation can be used to investigate subsurface processes at active volcanoes. The use of forward and inverse modeling, by constraining deformation source parameters, can help to improve our understanding of these processes. Advanced Finite Element models (FEMs) allow for the customization of these models to each volcanic system and improve the understanding of the system, which may be valuable during future periods of unrest. Askja volcano, Iceland, is located in the Northern Volcanic Zone. After subsiding since 1983, Askja began uplifting in August 2021 and has since uplifted >70 cm at GNSS station OLAC (west of Öskjuvatn) and as of March 2024, is still uplifting.

An elastic 3D FEM of Askja was implemented incorporating realistic topography and 3D crustal heterogeneity, from seismic tomography, to investigate the inflation signal using COMSOL Multiphysics. An inversion was performed using the continuous GNSS data from Askja from September 2021–2022 to estimate the following deformation source parameters: latitude, longitude, depth, and pressure change on two source geometries: spherical and sill-like. The inclusion of topography and crustal heterogeneity in a FE model with a spherical source produced a best fit solution at Askja that is similarly located to the flat, homogeneous FE and analytical models, but is ~1 km deeper. For a sill-like source the depth was increased by ~300 m and the pressure change was reduced slightly compared to the flat, homogeneous FEM. In both cases the FEMs with topography and crustal heterogeneity produced a better fit to the observed data than the flat, homogeneous models.

Möttulstrókur og basaltkvika úr 2021-2024 gosum á Reykjanesi

Olgeir Sigmarsson

Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands
Laboratoire Magmas et Volcans, CNRS, Frakklandi

Gosin í Geldingadölu, Meradölu og Litla-Hrúti, sem og stuttu gosin þrjú á Sundhnúksgígaröðinni norðan Grindavíkur veita nýja innsýn í kvíkukerfi og myndunarstaði basalts undir Reykjanesi. Basalt sem gosið hefur á síðustu þúsund dögum, eða frá 19. Mars 2021, er af ólivín þóleiít samsetningu með óvenju breytileg samsætuhlutföll Sr. Flest íslensk basaltgos sem könnuð hafa verið framleiða kviku með einsleit hlutföll ^{87}Sr á móti ^{86}Sr . Sem dæmi er breytileiki $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ í allri sögulegri gjósku Grímsvatna og Skaftárelnahraunum 2-3 sinnum minni heldur en í sex mánaða gosi Geldingadala.

Fyrstu 50 daga gossins í Geldingadölu jákst $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ gildi kvíkunnar reglulega úr 0,70310 í 0,70321 (2s mæliskekkjan er 0,00001). Breytileikinn hefur verið skýrður með tvíþáttablöndun ólíkra móttulkvikna á mörkum skorpu og móttuls (Sæmundur Halldórsson o.fl. 2022). Frá maí 2021 og til loka gossins í september sveiflaðist samsetning basaltsins frá $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ gildinu 0,70317 til 0,70321 með 53 daga bylgjulengd, sem sýnir kvíslun í kvíkukerfinu. Jafnframt bendir bylgjulengd sveiflunnar til lágmarks rishraða frá söfnunarsvæði kvíkunnar til yfirborðs um 280 daga á dag, eða $3,3 \times 10^{-3}$ m/s. Flest bendir til að þegar kvika með lægra $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ varð uppurin að þá hætti gosið. Tíu mánuðum síðar hófst gos í Meradölu. Kvikan sem þar gaus sem og við Litla-Hrúti sumrin 2022 og 2023 var basalt með svipuðu $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ og hæstu gildin úr Geldingadölu. Líklegast er talið að þær kvíkur hafi komið úr vel blönduðum skammlífum kvíkuhólfum í skorpunni.

Í lok árs 2023 og byrjun 2024 tóku eldar sig upp í gömlu Sundhnúksgígaröðinni. Stutt, kröftug gos framleiddu basalt með mikinn breytileika í samsætuhlutföllum Sr, sem spennaði bilið 0,70316-0,70323. Slíkur breytileiki í örstuttum gosum bendir til að kvikan hafi komið úr mismunandi kvíkuhólfum og/eða úr það þunnum og breiðum laggangi (sillu) að hinari mismunandi kvíkur hafi ekki náð að blandast saman fyrir gos.

Að stofni til virðist nýjasta kvikan vera af þeim sama og sú sem gaus í Geldingadölu. Basalt með $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ allt að 0,70323 hefur ekki fundist fyrr á Reykjanesi en eru algeng inn til landsins, t.d. í Grímsvötnum. Hvort þessi kvika bendir til aukinnar virkni móttulstróksins undir Íslandi skal ósagt látið enda um mjög ólíkan tímakvarða að ræða og móttulstrókurinn væntanlega breytilegur að samsetningu.

Tilvitnun:

Sæmundur A. Halldórsson og 29 meðhöfundar (2022) Rapid shifting of a deep magmatic source at Fagradalsfjall volcano, Iceland. Nature 609, 529-534.

Fault ruptures, a key to tectonics, and major hazard from 1906 in San Francisco, California to 2023 in Grindavík, Iceland

Gregory P. De Pascale

Institute and Faculty of Earth Sciences, Nordic Volcanological Center, University of Iceland,
Reykjavík, Iceland *gregoryp@hi.is

Three key outcomes of tectonic systems are the formation of faults, that when they slip generate earthquakes of all sizes, and the formation and sustenance of volcanic systems that oftentimes utilise faults as pathways for migration to the surface. Deformation in the brittle zone of the crust can be generally discussed in terms of elastic (or recoverable deformation), think the slight doming of the crust near Svartsengi, Iceland prior to the recent 2023-2024 eruptions or inelastic (or non-recoverable) deformation like fault ruptures. Inelastic deformation, outlined by Hook in the 17th Century, is most visible along faults that accommodate tectonic deformation, either as fault ruptures with stick slip behaviour or during episodic or continuous fault creep. The 1906 Mw 7.9 earthquake in San Francisco provided some of the first clear evidence of fault scarps and the interrelationship with earthquakes and importance of slip along geological faultlines. Although the 1906 event was critical to the development of seismology, structural geology, earthquake geology and geophysics, not much was done to understand and reduce the risk from active faultlines, until the fatal Mw 6.6 San Fernando California earthquake in 1971. Because of the impacts on infrastructure from this event, the Alquist-Priolo Geologic Hazard Zones Act was created and implemented as law in California. This has the goal of reducing damage and losses due to fault creep and surface fault ruptures. The act restricts construction of buildings designed for human occupancy across potentially active faults and is a model for other legislation now in place in New Zealand and Japan to reduce risk to infrastructure and people. The 2023 Grindavík Graben, which in fact is a classic horst and graben and formed over a short period starting in on November 10th 2023. This is the first example of fault ruptures in Iceland that caused major infrastructure damage (at least 105 Billion ISK damage - or 2% of the GDP) to Iceland's economy. Most of the main faults that moved in 2023 are present in pre-development airphotos which shows they have moved prior to 2023 during the post-glacial period (i.e. the Holocene). Most of the damage is from strong ground motions during earthquakes, fault ruptures from the normal faults and fissures that ripped apart the town, and at least one eruption (Jan 14, 2024) that utilised one of the horst bounding normal faults as a migration pathway to the surface that destroyed 3 homes with the ensuing lava flow. We cannot go back in time to select a less hazardous location for the site of the town of Grindavík, but we can learn from the mistakes made globally of building along active fault lines. Avoidance of active faults is critical for new development in Reykjavík and Iceland and redundancy of linear infrastructure should be made with fault crossings in mind.

Deconvolution of high and low temperature alteration processes along the contact zones of basaltic-dike intrusions in basaltic host rocks of different permeabilities – implications for geothermal exploration

Byron Pilicita & Enikő Bali

Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Sturlugata 7, 101 Reykjavík, Iceland

Magmatic intrusions serve as crucial heat sources for geothermal systems, facilitating mass transfer, mineral transformations, and elemental exchange, which result in the formation of contact aureoles. While these processes have been extensively studied in large intrusive complexes in ancient geological formations, understanding of their occurrence in active geothermal systems remains limited. The extreme conditions present in active volcanic systems often obscure the geochemical processes occurring within host rock/intrusion zones. In regions with active geothermal activity, such as Iceland, approximately 50% of drill cuttings consist of 50 cm-thick intrusive lithologies. However, uncertainties persist regarding whether these relatively small dike intrusions possess sufficient heat content to induce textural or geochemical changes in the surrounding wall rock, and what implications this may hold for future exploratory drilling projects. The analyses conducted on two distinct outcrops, each featuring 50-cm thick basaltic intrusions within both high and low permeable basaltic host rocks, within the fossil volcanic system of Geitafell, reveal the formation of high-temperature mineral phases ($>800^{\circ}\text{C}$) such as K-feldspar-Hedenbergite-Albite rich plagioclase in the contact zone, with certain elements (such as Si and Na) exhibiting more pronounced mass gain and/or loss, particularly in permeable host rocks. Conversely, immobile, incompatible trace elements retain the signatures of contact metamorphic processes. A low degree of partial melting ($F \approx 10\%$) results in a compositional shift in the host rock, transitioning from basalt to dacite and/or trachyandesite in the low permeable host rock, while a similar degree of partial melting ($F \approx 5\%$) in a highly permeable basaltic rock forms dacite compositions (Figure 1). This suggests that these small dikes, along with their partial melts in the contact zone, can elevate the ambient temperature up to 5 meters around the dike for a few years. These events play an important role in the development of active geothermal systems. In theory, these small dikes do not pose a significant risk during geothermal drilling, unless they are exceptionally small and not related to a relative recent volcanic event (less than 3 years).

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
8. mars 2024

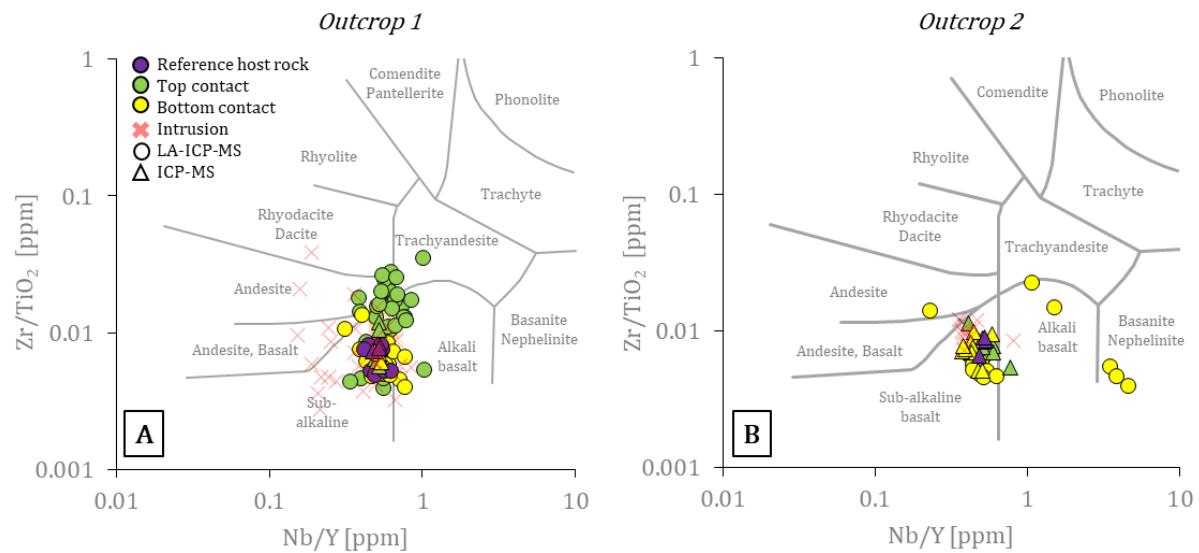


Figure 1. Zr/TiO_2 versus Nb/Y diagram showing the transition from the composition of the reference host rock towards more evolved compositions within the contact zones of both outcrop 1 and 2 as a result of partial melting.

Gosvirkni á Reykjanesskaga – líkleg þróun í ljósi fyrri eldvirknitímabila

Magnús Tumi Guðmundsson¹, Halldór Geirsson¹ & Magnús Á. Sigurgeirsson²

1.Jarðvíssindastofnun Háskóla Íslands, Sturlugötu 7, 102 Reykjavík
2.Íslenskar Orkurannsóknir, Urðarhvarfi 8, 203 Kópavogi

Þegar horft er til seinni hluta Núttíma, sýna jarðfræðikortlagning og aldursgreiningar að Reykjanesskagi hefur gengið í gegnum eldvirknitímabil sem virðast standa í 4-6 aldir og síðan koma tímabil án gosa sem standa í 6-8 aldir. Eldvirknin á síðustu 4000 árum er allvel þekkt. Þegar horft er lengra aftur, verður sagan nokkuð gloppótt einkum vegna skorts á aldursgreiningum. Hegðun Reykjanesskaga á undanförnum gostímabilum má nýta til að spá fyrir um framgang þess eldvirkniskeiðs sem nú er nýhafið. Þegar hugað er að magni kviku sem myndar innskot í stökka hluta jarðskorpunnar (efstu 5-6 km) og kemur upp á yfirborð, að mestu sem hraun, má meta sennileg áhrif hvers gostímabils; við hverju megi búast í ljósi jarðskorpuhreyfinga og goshegðunar fyrri gosatímabila.

Plötuskilin frá Reykjanestá austur í Hengil eru um 80 kílómetra löng. Þau mynda u.p.b. 25-30° horn við rekstefnu platnanna. Rekhraði er um 18-19 mm/ári og því er þáttur opnunar um plötumótin að meðaltali 7-9 mm/ár (Clifton og Kattenhorn, 2006). Á 1100 árum, einni lotu goshléss og eldvirknitímabils, nemur heildaropnunin því 7,5 - 10 m. Þessi opnun virðist að mestu eiga sér stað á eldvirknitímabilunum þegar gangar myndast og eldos verða. Hér er gert ráð fyrir að kvika fylli í opnunina í 5-6 km þykki stökkri skorpu. Til þess þarf 3-4,5 km³ af kviku. Ef brotahreyfingar leggja til umtalsverðan þátt jarðskorpuhreyfinga minnkari matið á heildarrúmmáli kviku. Hraunin sem upp komu á síðasta eldvirknitímabili (tímbilið ~800-1240) þekja rúmlega 220 km² og ef meðalþykktin er á bilinu 10-15 m er rúmmál hraunanna 2-3 km³. Þessar tölur benda til að heildarmagn kviku sem er á ferðinni á hverju eldvirknitímabili sé 5-8 km³ og þar af séu hraunin vel innan við helmingur. Meðaltalsinnflæði (innskot og hraun) var því 1,2-1,8 km³ á öld, sem þýðir um 0.4-0.6 m³/s að meðaltali yfir allt tímabilið. Frá því gosvirknin hófst í Fagradalsfjalli fyrir þremur árum hafa komið upp nálægt 0,2 km³ af hrauni og rúmmál nýrra gangainnskota í stökka hluta skorpunnar á sama tímabili er svipað. Ekki sér fyrir endann á þeirri hrinu kvikusöfnunar sem nú er í gangi undir Svartsengi og nágrenni með tíðum innskotum og eldosum. Virknin gæti haldið áfram í einhver ár.

Ef horft er til hvers eldvirknitímabils, hversu stóran hluta tímans má reikna með að gangi á með eldosum og innskotum? Ef innstreymi kviku í skorpuna á slíkum tímabilum nemur að jafnaði ~5 m³/s, svipað og nú sést við Svartsengi, þýðir það að samanlöögð lengd tímans með virku innflæði væri 30-50 ár. Þetta myndi þýða að innskota- og gosvirkni væri viðvarandi 5-10% tímans þau 450-600 ár sem eldvirknitímabilin vara. Eldstöðvakerfin á Reykjanesskaga frá Reykjanesi austur í Hengil eru talin 5-6 og samkvæmt fyrri rannóknum hefur yfirleitt aðeins eitt þeirra verið virkt í einu. Virkni í hverju kerfi virðist ná yfir áratug eða nokkra áratugi sem bendir til að virkt innrennsli kviku sé yfirleitt af sömu stærðargráðu og nú sést undir Svartsengi og nágrenni. Jafnframt má draga þá ályktun að innflæðið í hverju kerfi sé ekki samfellt, heldur komi tímabil með litlu eða engu innflæði og síðan tímabil með innskotum og eldosum. Ekki er hægt að útiloka að á Reykjanesskaga komi eldos sem væru miklu stærri en þau sem urðu á síðasta eldvirknitímabili. Það væru þá eldos þar sem rúmmál hrausins sem myndast væri verulega umfram 1 km³ Engin slík hafa þó orðið á síðustu 4000-5000 árum.

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
8. mars 2024

Heimildir

Clifton A.M., & S.A. Kattenhorn. 2006. Structural architecture of a highly oblique divergent plate boundary segment. *Tectonophysics*, 419, 27-40.

Petrochemical evidence for hydraulically linked magma reservoirs during the 1975–1984 Krafla Fires

Shane M. Rooyakers^{a, b}, Kate J. Carroll^a, Alexandra F. Gutai^c, Ben Winpenny^c, Enikő Bali^a, Guðmundur H. Guðfinnsson^a, John Maclennan^c, Freysteinn Sigmundsson^a, Kristján Jónasson^d, Euan J. F. Mutch^e, David A. Neave^f, Jóhann Gunnarsson Robin^a, Andreas Stracke^g, Felix Genske^g, Karl Grönvold^a & Sæmundur A. Halldórsson^a

^aNordic Volcanological Center, Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Reykjavík, Iceland

^bGNS Science, Lower Hutt, New Zealand

^cDepartment of Earth Sciences, University of Cambridge, Cambridge, UK

^dIcelandic Institute of Natural History, Garðabær, Iceland

^eEarth Observatory of Singapore, Nanyang Technological University, Singapore

^fDepartment of Earth and Environmental Sciences, The University of Manchester, Manchester, UK

^gInstitut für Mineralogie, Universität Münster, Münster, Germany

The 1975–1984 Krafla Fires in northeast Iceland was the first plate-boundary rifting episode to be tracked using seismic and geodetic monitoring. Conceptual models of magma transport during plate spreading were developed based on geophysical observations from this episode, but complementary petrologic investigation may result in a more detailed, thorough understanding of the events. Here, we present the petrochemistry of all nine Krafla Fires basaltic eruptions which we supplement with new radiogenic isotope data (Sr-Nd-Hf-Pb). Our large dataset of new whole-rock, matrix glass and mineral analyses from samples collected during or shortly after each eruption reveal a clear compositional bimodality in the erupted magmas that persisted across the episode, with evolved quartz tholeiite ($MgO = 5.7\text{--}6.4$ wt.%) erupted inside Krafla caldera, and more primitive (usually olivine-normative) tholeiite ($MgO = 6.4\text{--}8.7$ wt%) erupted north of the caldera margin. Barometric calculations indicate tapping of these magmas from distinct reservoirs: a primitive lower-crustal reservoir at a most probable depth of $\sim 14\text{--}19$ km, and a more evolved, shallower reservoir at a most probable depth of $\sim 7\text{--}9$ km beneath the caldera. These reservoirs were tapped simultaneously in several of the nine eruptions, and in some events the two magma types mixed near the northern caldera margin. These observations are inconsistent with the widely-held view that the eruptions were entirely fed by lateral magma outflow from the shallow reservoir. They instead require some decoupling of the flow paths of the two magma types. However, coupled geophysical and petrologic observations suggest a sustained hydraulic connection between the deep and shallow reservoirs. Comparison of the Krafla Fires with other rifting events and eruptions highlights the complexity and diversity of magma transport during plate boundary rifting events, which is not yet captured by a generalizable model. Integration of petrologic, geochemical and geophysical data is essential to provide a holistic view of future rifting events in Iceland and at other spreading centres.

Orsök og aldur framhlaupa á Íslandi

Skafti Brynjólfsson¹, Hreggviður Norðdahl², Jón Kristinn Helgason³ & Halldór G. Pétursson¹

¹⁾Náttúrfræðistofnun Íslands

²⁾Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands

³⁾Veðurstofa Íslands

Stærstu skriðuföll á Íslandi eru framhlaup eða berghlaup sem verða þegar stórar spildur brotna úr berggrunni. Spildurnar ýmist falla eða skríða niður dal- og fjallshlíðar, brotsár myndast þar sem berggrunnurinn brestur og uppbrotin urð á úthlaupssvæði framhlaupsins sest oft til í fjölbreyttu hóla- og hryggjalandslagi. Framhlaup á Íslandi eru fjölbreytt að stærð, últiti og uppruna, en stærst og algengust er þau í tertíer jarðlagastafla landsins og þá sérstaklega í fjalllendi mið Norðurlands, Austfjarða og Vestfjarða. Jarðlagastafla þessara svæða er fremur einsleitur, byggður upp af basalt hraunlögum með þunnum setlögum á milli. Í jarðlagastaflanum leynast fornar megineldstöðvar á kafi í hraunlagastaflanum. Vegna virkni megineldstöðvanna er talsverð óregla sem skapar ójafnvægi og veikleika jarðlagastaflanum í nágrenni eldstöðvanna, svo sem sprungur, gangar, staðbundinn mikill jarðlagahalli og súr ummynduð gjóskulög. Mikið jökulrof á jökulskeiðum síðustu 3-4 miljón ára hefur myndað brattar dals- og fjallshlíðar og í nokkrum tilfellum afhjúpað fornar megineldstöðvar og veikleika jarðlaganna umhverfis þær.

Rannsóknir á berghlaupum landsins eru fremur stutt á veg komnar en nýlega var lokið við kortlagning á útbreiðslu og umfangi berghlaupa á landsvísu sem var ágætis áfangi. Kortlagningin sýnir að lang flest og stærstu berghlaup landsins er að finna á umræddum tertíersvæðum og oft í nokkurskonar þyrringum umhverfis jökulrofnar fornar megineldstöðvar. Gegnum tíðina hafa auk þess verið gerðar aldursgreiningar og kannanir á aðstæðum og hugsanlegum skýringum nokkurra berghlaupa. Almennt er talið að flest berghlaup séu frá því skömmu eftir að jöklar leysti á landinu og þeir hættu að styðja við brattar og óstöðugar hlíðar tertíersvæðanna. Yfirborðsummerki eins og veðrunarstig bergbrota, jarðvegsmýndanir og gróðurþekja eru hinsvegar mjög mismunandi á milli berghlaupa. Könnun á jarðvegssniðum með stuðningi gjóskulagarannsókna benda til að flest stóru framhlaupanna séu frá því snemma á nútíma, þó nokkur berghlaup virðast tilkomin um miðvik nútíma, en stöku lítil berghlaup hafa fallið síðustu aldir og allt fram á síðustu áratugi. Þá hafa nýlegar athuganir byggðar á radargögnum staðfest grun jarðfræðinga sem byggðist á túlkun jarðfræðilegra ummerkjá að talsverður fjöldi berghlaupa er á hægri hreyfingu, sem sagt silast eða hreyfist í rykkjum undan halla vegna óljós samspils milli setgerðar og vatnabúskaps í framhlaupsurðunum.

Þó berghlaup á Íslandi virðist mjög tengd áhrifum forna megineldstöðva á stöðugleika jarðlaga og jökulrofi í dals- og fjallshlíðum ásamt fargléttingu af óstöðugum hlíðum við jökulhörfun, þá skipta vissulega fleiri þættir máli og eru mögulega afgerandi í tilfellum einhverra berghlaupa. Hugmyndum um mikilvægi sérstaklega hraðs og mikils landris í kjölfar jökulhörfunar af landinu hefur verið varpað fram í tengslum við mikinn fjölda berghlaupa í byrjun nútíma. Súr og leirrík ummynduð gjóskulög sem hafa þann eiginleika að verða mjög hái eða flæðandi komist raki eða vatn að þeim hafa einnig verið greind í þónokkrum berghlaupum og rakin til súrra gjóskulaga á upptakasvæðum berghlaupanna. Líklegt er talið að orsök sumra berghlaupa tengist tilurð síkra gjóskulaga á upptakasvæði berghlaupanna. Í Ölpunum hafa grunnvatnsaðstæður og breytingar á þeim verið taldar tengjast orsökum sumra berghlaupa þar. Sér í lagi hnignandi sífreri með tilheyrandí breytingum á grunnvatnsástandi í bergi. Því er vel mögulegt að hnignandi sífreri í fjöllum landsins við hlýnandi loftslag á fyrri hluta nútíma hafi

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
8. mars 2024

átt sinn þátt í orsökum berghlaupa á þeim tíma. Þá eru áhrif jarðskjálfta á stöðugleika fjallshlíða og tilurð berghlaupa ókönnuð á Íslandi og má vera að stórir jarðskjálftar hafi ýtt undir tilurð einhverra berghlaupa. Stærstu jarðskjálftar síðust alda hafa þó einungis valdið grjóthruni og minnháttar skriðuföllum hér á landi.

Líklega skýrast berghlaup sjaldnast af einum orsakaþætti, talið er að oftast vegi þyngst samspil milli undangraftrar jöklar og jarðlagauppbyggingar, þar vega þungr óregla og veikleikar í jarðlagastaflanum sem tengjast virkni fornu megineldstöðvanna, þá er minna vitað um áhrif annara lítt kannaðra þátta eins og landris, ástandsþreytinga grunnvatns og jarðskjálfta í þessu samspili.

Causes and consequences of the large-scale displacements on the Siglufjarðarvegur road in the Almenningar area, central N Iceland

Þorsteinn Sæmundsson^{1,2}, Halldór Geirsson² & Hafdís Eygló Jónsdóttir³

1. Institute of Life and Environmental Sciences, University of Iceland, Reykjavík

2. Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Reykjavík

3. Vegagerðin, Icelandic Road and Coastal Administration, Miðhúsavegur 1, 600 Akureyri

Since the Siglufjarðarvegur road, in the Almenningar area in central North Iceland, was constructed in 1968 extensive damages have occurred on and along the road, often causing hazardous conditions. The road crosses three landslides on a 6 km along the coastal area on the eastern side of the Tröllaskagi Peninsula. All of these landslides show clear indications of movement. In 1977 the Icelandic Road and Coastal Administration began to monitor the deformation. In the beginning the measurements were achieved with several years interval, but over the last decades yearly measurements have been performed. In the year 2022, nine GNSS stations were installed along the road and a rain gauge was also installed in the area. This installation gives us for the first time the possibility of 24/7 monitoring on the displacements and a direct connection to weather variations, such as temperature variation and precipitation. The dataset, which spans now over 45 years, gives us a unique opportunity to correlate the displacements to external factors. Written source of deformation in the area dates back to 1916 and since then more than 50 movement events have been registered affecting the road.

Recent studies of the movement of the whole landslides masses, both using “feature tracking” and InSAR shows clearly that the whole landslide areas show signs of movement, but of different rate and the movement occurs on different parts of the landslides masses between years.

Our studies show that the highest movement rate takes place along the frontal parts of the landslide masses and that the movement is strongly related to both weather variations, e.g. precipitation and snowmelt and also to coastal erosion.

Extensive damages occur on this part of Siglufjörður road every year, often causing hazardous condition, which makes the prospect for the road not bright.