



**Vorráðstefna
Jarðfræðafélags Íslands**

Ágrip erinda og veggspjalda

Haldin í Öskju
Náttúrufræðahúsi Háskóla Íslands,
26. mars 2010

Dagskrá Vorráðstefnu JFÍ, 26. mars 2010

Erindi

08:15 – 08:45 Skráning

Fundarstjóri Kristín Vogfjörð

08:45 – 08:55 Setning

Þorsteinn Sæmundsson

08:55 – 09:10 Jarðskjálftavirkni og landbreytingar samfara kvikuhreyfingunum undir Eyjafjallajökli 2009-2010

Sigurlaug Hjaltadóttir, Sigrún Hreinsdóttir, Matthew J. Roberts, Gunnar B. Guðmundsson, Amandine Auriac, Freysteinn Sigmundsson, Steinunn Jakobsdóttir og jarðvæðingurinn á Veðurstofu Íslands

09:10 – 09:25 Sveimur jökulalda í mótun við Múlajökul: einstakur á heimsvísu?

Ívar Örn Benediktsson, Mark Johnson, Anders Schomacker, Alessa Janine Geiger og Amanda Ferguson

09:25 – 09:40 Grunnvatnsstaða við Háslón

Victor Kr. Helgason

09:40 – 09:55 InSAR time series analysis at Hekla volcano, Iceland: Inflation periods and crustal deformation associated with the 2000 eruption

Benedikt G. Ófeigsson, Freysteinn Sigmundsson, Andy Hooper og Erik Sturkell

09:55 – 10:10 Hermt eftir viðbrögðum suðurskriðjökla Vatnajökuls við loftslagsbreytingum Hrafnhildur Hannesdóttir, Helgi Björnsson, Sverrir Guðmundsson, Finnur Pálsson og Guðfinna Aðalgeirsdóttir

10:10 – 10:25 Flæði koltvíoxíðs frá bruna um Norðurhöf inn í djúpsjávarhringrás hafsins
Jón Ólafsson

10:25 – 10:45 Kaffi og veggjaldasýning

Fundarstjóri Sóley Unnur Einarsdóttir

10:45 – 11:00 A simplified model of Tertiary rift-jumps and a migrating transform zone in West Iceland

Maryam Khodayar

11:00 – 11:15 Orka sprengigosa og skipting hennar þætti: Grímsvatnagosið 2004

Magnús T. Guðmundsson, Bernd Zimanowski, Ralf Buettner, Piero Dellino, Tanya Jude-Eton, Þorvaldur Þórðarson, Björn Oddsson, Þórdís Högnadóttir og Guðrún Larsen

11:15 – 11:30 Nýjar athuganir á segulstefnum hraunlaga á Reykjanesi sem tilheyra Skálamælifellsfráviki jarðsegulsviðsins

Leó Kristjánsson og Ágúst Guðmundsson

11:30 – 11:45 Reykir Reykjavíkur

Árni Hjartarson

11:45 – 12:00 Samspil gosbelta og heits reits undir Íslandi með hliðsjón af jarðlagagerð, rekstefnu og ójöfnum rekhraða meginfleka

Jóhann Helgason

12:00 – 12:45 Aðalfundur Jarðfræðafélags Íslands

12:45 – 13:30 Matur og veggjaldasýning

Fundarstjóri Eydís Salóme Eiríksdóttir

13:30 – 13:45 Magma flow direction in the Streithvarf composite dike inferred from field geology and anisotropy of magnetic susceptibility

Erikssona, P. I., Riishuus, M. S., Sigmundsson, F. and Elming, S. Å

13:45 – 14:00 Hulunni svipt af Örafajökli: Niðurstöður íssjarmælinga

Eyjólfur Magnússon, Finnur Pálsson og Helgi Björnsson

14:00 – 14:15 IDDP – Borun holu IDDP-1 í Kröflu 2009 og upphleyping í mars 2010

Guðmundur Ó. Friðleifsson og Bjarni Pálsson

14:15 – 14:30 Eldfjallagarður og jarðminjar á Reykjanesskaga

Helgi Páll Jónsson

14:30 – 14:45 The Neogene redbed horizons in Iceland – a high-resolution paleoclimate monitor driven by weathering processes

Morten S. Riishuus and Dennis K. Bird

14:45 – 15:00 Yfirlit snjóflóðavaktar Veðurstofu Íslands veturinn 2008 – 2009

Sveinn Brynjólfsson og Rúnar Óli Karlsson

15:00 – 15:30 Kaffi og veggjaldasýning

Fundarstjóri Ívar Örn Benediktsson

15:30 – 15:45 Jarðhitaleit í Ungverjalandi

Gísli Guðmundsson, Helga Tulinius, László Ádam, Ingunn María Þorbergsdóttir, Christian M. Lacasse, Jón Einar Jónsson, Heiða Björk Halldórsdóttir, Steinþór Traustason, Haraldur Hallsteinsson, Benedikt Ó. Steingrímsson og Enikő Mérés

15:45 – 16:00 Íslensk náttúra og ábyrgð jarðfræðinga

Sigmundur Einarsson

16:00 – 16:15 Áhrif hlýnandi veðurfars á kolefnishringrás jarðvegs á Íslandi

Rannveig Anna Guicharnaud, Graeme Paton og Ólafur Arnalds

16:15 – 16:30 Water and ice: How to account for the effects of water on glacier flow?

Þróstur Þorsteinsson, Sven Sigurðsson, Sverrir Guðmundsson, Eyjólfur Magnússon, Helgi Björnsson, Guðfinna Aðalgeirsdóttir and Finnur Pálsson

16:30 – 16:45 What's up below Eyjafjallajökull volcano? – relations between seismicity and deformation

Rikke Pedersen, Freysteinn Sigmundsson and Pall Einarsson

16:45 – 17:00 Aurflóðin við Lindargötu á Sauðárkróki 15. apríl 2007

Þorsteinn Sæmundsson og Halldór G. Pétursson

17:00 – 17:15 Nordsim mælingar á stöðugum samsætum í íslenskum gjóskulögum og nútímahraunum

Olgeir Sigmarsson

17:00 - Móttaka í boði Jarðfræðafélagsins Íslands

Veggspjöld

Deformation associated with the ongoing Eyjafjallajökull intrusion: Constraints from GPS and InSAR observations

Amandine Auriac, Sigrún Hreinsdóttir, Freysteinn Sigmundsson, Andy Hooper, Rikke Pedersen, Matthew J. Roberts, Erik Sturkell, Judicael Decriem and Martin Hensch

Hnyðlingar í Miðfelli og Mælifelli – framandsteindir í pikrítkviku

Ásgeir Einarsson, Karl Grönvold og Niels Óskarsson

Kortlagning sprungna í sprungusveim Kröflu

Ásta Rut Hjartardóttir og Páll Einarsson

Mobilization of major and trace elements during development of volcanic soils in Iceland

Birgir V. Óskarsson, Morten S. Riishuus and Ólafur Arnalds

Sólheimajökull – From the Little Ice Age to the present

Bjarki Friis, Ólafur Ingólfsson, Anders Schomacker and Ívar Örn Benediktsson

Hver eru tengslin á milli kornastærðar svifaus og hraða efnahvarfaveðrunar?

Eydís Salome Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Erik H. Oelkers og Jórunn Harðardóttir

Concertina eskers at Eyjabakkajökull, Iceland

Eygló Ólafsdóttir, Ólafur Ingólfsson, Ívar Örn Benediktsson and Anders Schomacker

Beltun í epidótútfellingum í holum HE-50 og HE-51 í háhitakerfinu á Hellisheiði

Gísli Örn Bragason, Karl Grönvold, Niels Örn Óskarsson og Hjalti Franzson

Tímasetningaþáttur úr landgrunnshluta Millennium verkefnisins: Gjóskufall og vikurrek á norðurslóð síðustu 1000 ár

Guðrún Larsen og Jón Eiríksson

Gerð þrívíddarlíkans af jarðhitasvæði Hellisheiðar

Helga M. Helgadóttir, Sandra Ó. Snæbjörnsdóttir, Steinþór Nielsson og Sveinborg H. Gunnarsdóttir

Mun stöðug aukning CO₂ í andrúmsloftinu verða kalkmyndandi lífríki sjávar ofviða

Hrönn Egilsdóttir og Jón Ólafsson

Setlagadæmdir í íslenskum gosbeltum

Leifur A. Símonarson

Fault map of the Hjallar-Heiðmörk part of the Krísuvík fissure swarm, SW-Iceland

Páll Einarsson, Ásta Rut Hjartardóttir, Benedikt G. Ófeigsson, Þorbjörg Ágústsdóttir, Þórhildur Björnsdóttir, Gísli Örn Bragason, Ásgeir Einarsson and students of Current Crustal Movements in the Faculty of Earth Sciences, University of Iceland 2009

Jarðhnik á Tjörnesi

Sigríður Magnúsdóttir og Bryndís Brandsdóttir

An inflation event in the Krísuvík geothermal area

Sigrún Hreinsdóttir, Þóra Árnadóttir, Martin Hensch, Björn Lund, Freysteinn Sigmundsson, Halldór Geirsson, Judicael Decriem, Marie Keiding and Rick Bennet

Leysnihraði kristallaðs basalts við mismunandi pH og hitastig

Snorri Guðbrandsson, Domenik Wolff-Boenisch, Sigurður R. Gíslason og Eric H. Oelkers

Jarðskjálftavirkni á Íslandi 2009

Steinunn S. Jakobsdóttir, Gunnar B. Guðmundsson, Matthew J. Roberts, Sigurlaug Hjaltadóttir, Bergþóra S. Þorbjarnardóttir og jarðvárhópurinn á Veðurstofu Íslands

Efnisyfirlit

Dagskrá Vorráðstefnu JFÍ, 26. mars 2010	i
Erindi	i
Veggspjöld	iii
Efnisyfirlit.....	v
Deformation associated with the ongoing Eyjafjallajökull intrusion: Constraints from GPS and InSAR observations	1
<i>Amandine Auriac, Sigrún Hreinsdóttir, Freysteinn Sigmundsson, Andy Hooper, Rikke Pedersen, Matthew J. Roberts, Erik Sturkell, Judicael Decriem and Martin Hensch</i>	
Reykir Reykjavíkur.....	3
<i>Árni Hjartarson</i>	
Hnyðlingar í Miðfelli og Mælifelli – framandsteindir í píkírtkviku.....	4
<i>Ásgeir Einarsson, Karl Grönvold og Niels Óskarsson</i>	
Kortlagning sprungna í sprungusveim Kröflu	5
<i>Ásta Rut Hjartardóttir og Páll Einarsson</i>	
InSAR time series analysis at Hekla volcano, Iceland: Inflation periods and crustal deformation associated with the 2000 eruption	6
<i>Benedikt G. Ófeigsson, Freysteinn Sigmundsson, Andy Hooper and Erik Sturkell</i>	
Mobilization of major and trace elements during development of volcanic soils in Iceland.....	8
<i>Birgir V. Óskarsson, Morten S. Riishuus and Ólafur Arnalds</i>	
Sólheimajökull – From the Little Ice Age to the present	9
<i>Bjarki Friis, Ólafur Ingólfsson, Anders Schomacker and Ívar Örn Benediktsson</i>	
Magma flow direction in the Streitishvarf composite dike inferred from field geology and anisotropy of magnetic susceptibility	10
<i>Erikssona, P. I., Riishuus, M. S., Sigmundsson, F. and Elming, S. Á.</i>	
Hver eru tengslin á milli kornastærðar svifaura og hraða efnahvarfaveðrunar?	11
<i>Eydís Salome Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Erik H. Oelkers og Jörunn Harðardóttir</i>	
Concertina eskers at Eyjabakkajökull, Iceland.....	12
<i>Eygló Ólafsdóttir, Ólafur Ingólfsson, Ívar Örn Benediktsson and Anders Schomacker</i>	
Hulunni svipt af Öræfajökli: Niðurstöður íssjarmælinga	14
<i>Eyjólfur Magnússon, Finnur Pálsson og Helgi Björnsson</i>	
Beltun í epidótútfellingum í holum HE-50 og HE-51 í háhitakerfinu á Hellisheiði	15
<i>Gísli Örn Bragason, Karl Grönvold, Niels Örn Óskarsson og Hjalti Franzson</i>	
Jarðhitaleit í Ungverjalandi.....	16
<i>Gísli Guðmundsson, Helga Tulinius, László Ádam, Ingunn María Þorbergsdóttir, Christian M. Lacasse, Jón Einar Jónsson, Heiða Björk Halldórsdóttir, Steinþór Traustason, Haraldur Hallsteinsson, Benedikt Ó. Steingrímsson og Enikő Mérés</i>	
IDDP – Borun holu IDDP-1 í Kröflu 2009 og upphleyping í mars 2010	17
<i>Guðmundur Ó. Friðleifsson og Bjarni Pálsson</i>	
Tímasetningabáttur úr landgrunnnshluta Millennium verkefnisins: Gjóskufall og vikurrek á norðurslóð síðustu 1000 ár.....	19
<i>Guðrún Larsen og Jón Eiríksson</i>	
Gerð þrívíddarlíkans af jarðhitasvæði Hellisheiðar	21
<i>Helga M. Helgadóttir, Sandra Ó. Snæbjörnsdóttir, Steinþór Níelsson og Sveinborg H. Gunnarsdóttir</i>	

Eldfjallagarður og jarðminjar á Reykjanesskaga	22
<i>Helgi Páll Jónsson</i>	
Hermt eftir viðbrögðum suðurskriðjökla Vatnajökuls við loftslagsbreytingum	23
<i>Hrafnhildur Hannesdóttir, Helgi Björnsson, Sverrir Guðmundsson, Finnur Pálsson og Guðfinna Aðalgeirsdóttir</i>	
Mun stöðug aukning CO₂ í andrúmsloftinu verða kalkmyndandi lífríki sjávar ofviða?	24
<i>Hrönn Egilsdóttir og Jón Ólafsson</i>	
Sveimur jökulalda í mótun við Múlajökul: einstakur á heimsvísu?	25
<i>Ívar Örn Benediktsson, Mark Johnson, Anders Schomacker, Alessa Janine Geiger og Amanda Ferguson</i>	
Samspil gosbelta og heits reits undir Íslandi með hliðsjón af jarðlagagerð, rekstefnu og ójöfnum rekhraða meginflekka	26
<i>Jóhann Helgason</i>	
Flæði koltvíoxíðs frá bruna um Norðurhöf inn í djúpsjávarhringrás hafsins	28
<i>Jón Ólafsson</i>	
A simplified model of Tertiary rift-jumps and a migrating transform zone in West Iceland	29
<i>Maryam Khodayar</i>	
Setlagadældir í íslenskum gosbeltum	31
<i>Leifur A. Símonarson</i>	
Nýjar athuganir á segulstefnum hraunlaga á Reykjanesi sem tilheyra Skálamælifellsfráviki jarðsegulsviðsins	32
<i>Leó Kristjánsson og Ágúst Guðmundsson</i>	
Orka sprengigosa og skipting hennar þætti: Grímsvatnagosið 2004	34
<i>Magnús T. Guðmundsson, Bernd Zimanowski, Ralf Buettner, Piero Dellino, Tanya Jude-Eton, Þorvaldur Þórðarson, Björn Oddsson, Þórdís Högnadóttir og Guðrún Larsen</i>	
Nordsim mælingar á stöðugum samsætum í íslenskum gjóskulögum og nútímahraunum	35
<i>Olgeir Sigmarrson</i>	
Fault map of the Hjallar-Heiðmörk part of the Kríuvík fissure swarm, SW-Iceland	36
<i>Páll Einarsson, Ásta Rut Hjartardóttir, Benedikt G. Ófeigsson, Þorbjörg Ágústsdóttir, Þórhildur Björnsdóttir, Gísli Örn Bragason, Ásgeir Einarsson and students of Current Crustal Movements in the Faculty of Earth Sciences, University of Iceland 2009</i>	
What's up below Eyjafjallajökull volcano? – relations between seismicity and deformation	37
<i>Rikke Pedersen, Freysteinn Sigmundsson and Pall Einarsson</i>	
Áhrif hlýnandi veðurfars á kolefnishringrás jarðvegs á Íslandi	38
<i>Rannveig Anna Guicharnaud, Graeme Paton og Ólafur Arnalds</i>	
The Neogene redbed horizons in Iceland – a high-resolution paleoclimate monitor driven by weathering processes	40
<i>Morten S. Riishuus and Dennis K. Bird</i>	
Íslensk náttúra og ábyrgð jarðfræðinga	41
<i>Sigmundur Einarsson</i>	
Jarðhník á Tjörnesi	43
<i>Sigríður Magnúsdóttir og Bryndís Brandsdóttir</i>	
An inflation event in the Kríuvík geothermal area	44
<i>Sigrún Hreinsdóttir, Þóra Árnadóttir, Martin Hensch, Björn Lund, Freysteinn Sigmundsson, Halldór Geirsson, Judicael Decriem, Marie Keiding and Rick Bennett</i>	

Jarðskjálftavirkni og landbreytingar samfara kvikuhreyfingunum undir Eyjafjallajökli 2009-2010 ..	45
<i>Sigurlaug Hjaltadóttir, Sigrún Hreinsdóttir, Matthew J. Roberts, Gunnar B. Guðmundsson, Amandine Auriac, Freysteinn Sigmundsson, Steinunn Jakobsdóttir og jarðvárhópurinn á Veðurstofu Íslands</i>	
Leysnihraði kristallaðs basalts við mismunandi pH og hitastig	47
<i>Snorri Guðbrandsson, Domenik Wolff-Boenisch, Sigurður R. Gíslason og Eric H. Oelkers</i>	
Jarðskjálftavirkni á Íslandi 2009.....	48
<i>Steinunn S. Jakobsdóttir, Gunnar B. Guðmundsson, Matthew J. Roberts, Sigurlaug Hjaltadóttir, Bergþóra S. Þorbjarnardóttir og jarðvárhópurinn á Veðurstofu Íslands</i>	
Yfirlit snjóflóðavaktar Veðurstofu Íslands veturinn 2008 – 2009	50
<i>Sveinn Brynjólfsson og Rúnar Óli Karlsson</i>	
Grunnvatnsstaða við Háslón.....	51
<i>Victor Kr. Helgason</i>	
Aurflóðin við Lindargötu á Sauðárkróki 15. apríl 2007	54
<i>Þorsteinn Sæmundsson & Halldór G. Pétursson</i>	
Water and ice: How to account for the effects of water on glacier flow?	56
<i>Þróstur Þorsteinsson, Sven Sigurðsson, Sverrir Guðmundsson, Eyjólfur Magnússon, Helgi Björnsson, Guðfinna Aðalgeirsdóttir and Finnur Pálsson</i>	

Umsjón:

Þorsteinn Sæmundsson, Ívar Örn Benediktsson og Theódóra Matthíasdóttir

Tilvitnun í ritið:

Sveinn Brynjólfsson og Rúnar Óli Karlsson 2010: Yfirlit snjóflóðavaktar Veðurstofu Íslands veturinn 2008-2009. Vorráðstefna JFÍ, 26. mars 2010. Ágrip erinda og veggspjalda. Jarðfræðafélag Íslands, bls. 51.

Deformation associated with the ongoing Eyjafjallajökull intrusion: Constraints from GPS and InSAR observations

Amandine Auriac¹, Sigrún Hreinsdóttir¹, Freysteinn Sigmundsson¹, Andy Hooper², Rikke Pedersen¹, Matthew J. Roberts³, Erik Sturkell⁴, Judicael Decriem¹ and Martin Hensch¹

¹ Nordic Volcanological Center, Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands, Öskju, Sturlugötu 7, Reykjavík. ² Department of Earth Observation and Space Systems, Delft University of Technology, Kluyverweg 1, Delft, Netherlands. ³ Veðurstofa Íslands - Bústaðavegi 9, Reykjavík. ⁴ University of Gothenburg, Department of Earth Sciences, Göteborg, Sweden

The ice-capped Eyjafjallajökull central volcano is located at the junction between the South Iceland Seismic Zone and the Eastern Volcano Zone. It last erupted in 1821-1823 and was directly followed by an eruption of neighbouring Katla volcano. The last period of significant activity was in 1999-2000 when there were multiple earthquake swarms and more than 15 cm of peak uplift measured over a period of ~8 months (Pedersen and Sigmundsson, 2004). Modelling of this event, located beneath the southern flank of the edifice, indicates a $0.021 \pm 0.002 \text{ km}^3$ sill intrusion (Hooper, Pedersen and Sigmundsson, 2009).

Three continuous/semi-continuous GPS-sites around Eyjafjallajökull have provided important constraints on the evolution of the intrusion. These are sites south of the volcano at Þorvaldseyri (station THEY) and at Skógaheiði (SKOG), and north of the volcano at Steinsholt (STE1 and STE2). THEY and SKOG are steel quadripod stations and STE1 and STE2 are tripod and steel rod stations, respectively.

A geodetic signal associated with present intrusive activity was first recorded on the north component of station THEY, from the beginning of May 2009. This unrest episode lasted until mid August 2009 with approximately 2.8 mm/month southward motion at THEY. It was accompanied by more than 170 small earthquakes located at a depth level of 8-12 km (automatic locations from the IMO). At the end of December last year deformation started again at the same station, associated with an increase in seismicity. This time, the deformation rate is much faster than before (~19 mm/month in the SSW direction for THEY) and can now also be seen on other stations (GOLA, SOHO, STE2 and SKOG) and on the east and up components.

GPS data recorded at stations located close to the volcano, both at 15 s intervals and 1-5 Hz data is being analysed. From the preliminary GPS results (Figure 1), three phases in the signal development can be identified: (i) the first one started at the end of December by a southward motion of THEY, (ii) at the beginning of February, the direction of displacement at THEY changed to the SW, at the same time as eastward motion of station SKOG began, (iii) since the 5th of March, rapid deformation is observed at STE2, both towards north west and up. The data obtained with higher frequencies may enable us to derive dynamic displacements related to the increase in seismicity. InSAR images have also been produced from TerraSAR-X data acquired on the 4th of February 2010, and more acquisitions are planned. Preliminary results, on both ascending and descending orbits, suggest some deformation signal on the south flank of the volcano, but a large part of the area remains incoherent. The geodetic data allow

modelling of temporal and spatial evolution of the intrusion and comparison with previous intrusion episodes in 1994 and 1999.

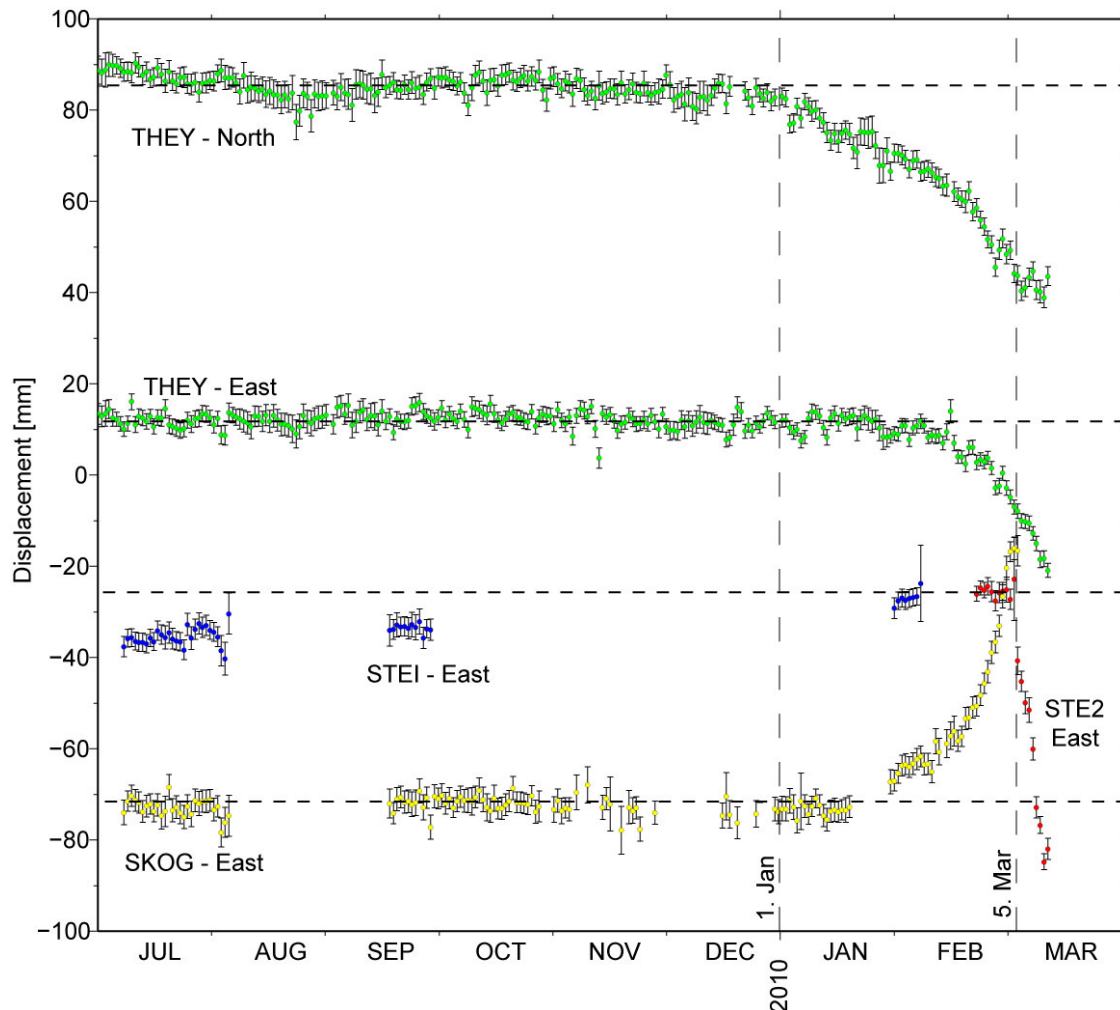


Figure 1. GPS timeseries for the stations at Þorvaldseyri (THEY, north and east components), Steinsholt (STEI and STE2, east) and Skógaheiði (east), since July 2009.

REFERENCES

- Pedersen, R. and Sigmundsson F. 2004. InSAR based sill model links spatially offset areas of deformation and seismicity for the 1994 unrest episode at Eyjafjallajökull volcano, Iceland. *Geophys. Res. Letters*, **31**, L14610, doi:10.1029/2004GL020368.
- Hooper, A., Pedersen, R. and Sigmundsson F. 2009. Constraints on magma intrusion at Eyjafjallajökull and Katla volcanoes in Iceland, from time series SAR Interferometry, in *The Volume Project*, edited by C.J. Bean, A.K. Braiden, I. Lokmer, F. Martini, G.S.O'Brien.

Reykir Reykjavíkur

Árni Hjartarson

Íslenskum orkurannsóknnum (ÍSÖR), Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Tóft landnámsaldarbæjarins í sýningarsalnum undir Hótel Reykjavík í Aðalstræti er meðal merkustu fornleifa Íslendinga. Til að tryggja þeim langan aldur í þeirri mynd sem þær eru nú þarf að verja þær raka. Ráðstafanir hafa því verið gerðar til að lækka grunnvatnsborðið undir þeim. Þrátt fyrir drenlagnir og dælingu hefur ekki tekist að bægja vatninu frá þannig að sífellt streymir undan grunni hinna fornu húsa. Á tímabili var þrálátur raki í tóftinni sem hélt uppi líflegum sveppagróðri sem aftur skemmdi torfið í hleðslunum. Gerð var rannsókn á ástæðum vatnsrennslisins og rakans. Pípa-rör voru rekin niður í gólf tóftarinnar til mælinga á grunnvatnshæð og grunnvatnshita. Helstu niðurstöður þessarar athugunar voru eftirfarandi:

- Grunnvatnsborð undir tóft landnámsbæjarins er í um 0,9 m y.s., hæst nyrst en lægst þar sem það streymir út í dælubrunn fyrir miðjum vesturvegg.
- Efnagreining og gerlaprófun benda ekki til mengunar frá affallsvatni eða skolpi.
- Grunnvatnsborð stendur hærra en drenlagnirnar sem að mestu umkringja tóftina. Vatnið er að öllum líkindum ættað úr berggrunni og streymir undir þrýstingi upp um sprungu í klöppinni og út í vatnsleiðandi mól.
- Líklegasti uppkomustaður vatnsins er úr berginu í klapparhausnum undir norðurvegg tóftarinnar. Raunar gæti vatnið komið upp á fleiri en einum stað.
- Vatnið er hálfvolgt, 19-20°C. Hitinn er líklega af völdum jarðvarma.
- Uppgufun frá vatninu viðheldur rakanum í tóftinni og malarlögnum undir henni.
- Þótt ekki sé líklegt að volgra eða laug hafi verið þarna á landnámsöld er vel hugsanlegt að við ákveðin veðurskilyrði hafi mátt sjá gufur stíga úr mölinni við gamla Reykjavíkurbæinn. Það gæti verið skýring á nafni bæjarins.

Gerðar voru tillögur um lausn vandans og þurrkun tóftarinnar en áður en til aðgerða kom dró úr rennsli undan tóftinni og raka í henni og sveppagróðurinn lét verulega undan síga. Ástæðan fyrir þessu var að öllum líkindum gróftur og dæling úr Alþingisreitnum sem er skammt frá Hótel Reykjavík, en þar hefur farið fram fornleifakönnun undanfarin misseri. Vandamálið gæti komið fram á ný nú þegar uppgrefti er hætt.

Hnyðlingar í Miðfelli og Mælifelli – framandsteindir í pikrít-kviku.

Ásgeir Einarsson, Karl Grönvold og Níels Óskarsson

Jarðvísindastofnun Háskólans, Sturlugötu 7, 101 Reykjavík

Í austurjaðri Hengilssvæðisins er gossprungukerfi sem sker SA-hluta Þingvallavatns. Eldvirknin á nyrsta hluta sprungukerfisins framleiddi á síðjökultíma mjög frumstætt ólivín-þóleítt með afar lágt kalíuminnihald og spinel í grunnmassa. Þessi bergsamsetning hefur verið nefnd oceanít en er oftast nefnd pikrít núorðið.

Nyrst á sprungukerfinu, norðan vatnsins, er Miðfell en SA-hluti hluti þess samanstendur af pikrítbólstrabergi og bólstrabreksía, þar sem hnyðlingar af mjög frumstæðri gerð hafa fundist. Sunnan vatnsins er Mælifell, en í bólstrabergssalla nyrst í fjallinu er urmull smáhnyðlinga. Á báðum stöðum eru hnyðlingarnir ol-plag-cpx-sp. Ólivín er 86-89% Fo, plagíóklas er um 92% An en klínópyroxen er um En₄₉, Wo₄₃ og Fs₈, sem er einna næst díopsíð af klínópyroxenum hérlandis. Hnyðlingarnir einkennast því af þrem silikatsteindum í jafnvægi. Pikrítið á báðum stöðum er einnig nauðalíkt með um 8,8-9,4% MgO.

Við fyrstu sýn mætti ætla að hnyðlingarnir væru kristalkúmúlat ættað frá pikrítinu. Margt gæti bent til þess, svo sem hátt MgO og hátt MgO-FeO hlutfall, sem gæti átt við samsetningu ólivínsins.

Líkanreikningar með forritinu COMAGMAT, sem er byggt á bræðslutilraunum á basalti, hafa reynst endurspegla allvel jafnvægi bráðar og steinda frá yfirborði niður í 10 kílóbara þrýsting. Líkanreikningar fyrir jafnvægiskristöllun pikrítsins sýna að þrjár silikatsteindir geta einungis verið í jafnvægi við pikrítið við lágan þrýsting eða um 1-1,5 kílóbar sem samsvarar um 4 km undir yfirborði. Sá klínópyroxen sem myndast við þær aðstæður er hinsvegar venjulegt ágít en ekki díopsíð.

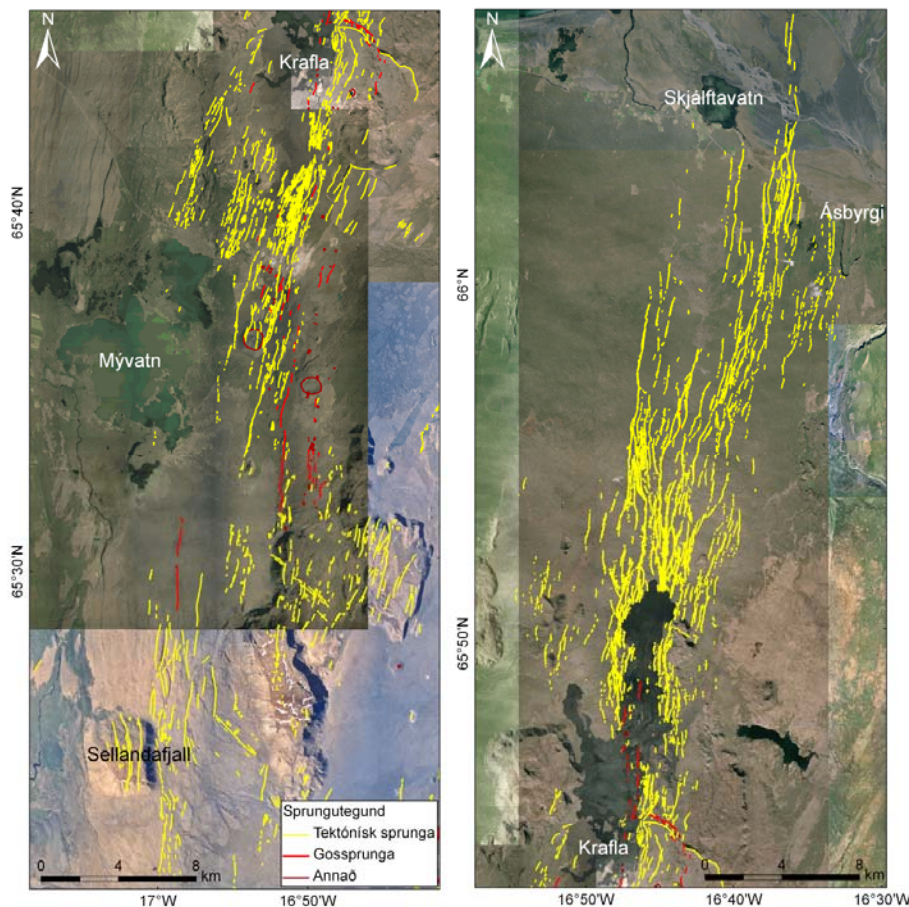
Niðurstaðan er því sú að hnyðlingarnir frá Miðfelli og Mælifelli eru ekki skyldir pikrítkvikunni sem flutti þá til yfirborðs og því dæmigerðar framandsteindir.

Kortlagning sprungna í sprungusveim Kröflu

Ásta Rut Hjartardóttir og Páll Einarsson

Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands

Tektónískar sprungur og gossprungur í sprungusveim Kröflu hafa verið kortlagðar eftir loftmyndum, til að fá sem nákvæmasta mynd af sprungusveimnum. Fyrstu niðurstöður sprungukortlagningarinnar gefa til kynna að flestar gossprungur finnast í nágrenni megineldstöðvarinnar Kröflu, og að þeim fækki með aukinni fjarlægð frá Kröflu. Fleiri og lengri gossprungur finnast í sprungusveimnum suður af Kröflu heldur en norður af henni. Töluverður munur er á ásýnd Kröflusprungusveimsins til norðurs og suðurs. Sprungur í norðursveimnum greinast en sprungur í suðursveimnum eru nokkuð samsíða. Vinna okkar í öðrum sprungusveimum Norðurgosbeltisins bendir til þess að mynstrið sem sést í norðursprungusveimnum sé óvanalegt, þar sem sprungur sprungusveima eru yfirleitt nærri því samsíða. Hugsanlega má rekja þetta óvanalega sprungumynstur í norðursveimnum til samspils sprungusveimsins við Húsa-víkurmisgengið, en það liggur vestan við norðursveim Kröflu. Við teljum okkur finna ummerki um sprunguhreyfingar frá Mývatnseldum (1724-1729) í austurhlíðum Sellandafjalls, sunnan Mývatns.



Mynd: Suður og norðursprungusveimur Kröflu. Bakgrunnur frá Loftmyndum ehf.

InSAR time series analysis at Hekla volcano, Iceland: Inflation periods and crustal deformation associated with the 2000 eruption

Benedikt G. Ófeigsson¹, Freysteinn Sigmundsson¹, Andy Hooper² and Erik Sturkell³

¹Norræna Eldfjallasetrinu, Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands. ²Delft Institute of Earth Observation and Space Systems, Delft University of Technology. ³University of Gothenburg, Gothenburg

Hekla volcano is one the most active volcanoes in Iceland. Its most recent eruption occurred from 26 February to 8 March 2000, when about 0.19 km³ of magma erupted. From earlier geodetic measurements, a deep magma source and a shallow dike connected by a narrow feeder channel have been inferred. However, the deformation field observed in the vicinity of the volcano is complex and the characteristics of the deformation sources are uncertain. We present deformation data, from multi-temporal analyses of synthetic aperture radar (SAR) images acquired by satellites. A series of multiple images focusing on pixels with low phase-variance is evaluated to reveal time history of deformation around Hekla. We use ERS satellite data, acquired from 1992 until 2000 to study crustal deformation in relation to the 2000 eruption and the inter-eruptive periods since an earlier eruption in 1991. We study the period after the eruption with ENVISAT satellite data from 2003 until 2008.

For the inter-eruptive periods, we find a broad area of inflation around the volcano (radius about 20 km), with satellite line-of-sight (LOS) shortening of up to 5 mm/yr. The broad inflation is interpreted as a result of pressure increase in a deep seated magma chamber. The broad signal in the period between 1991 and 2000 eruptions is modelled with a spherical magma chamber with a center depth in the range 14-20 km, and volume increase rates of 0.005-0.015 km³/yr. In close vicinity of the volcano, within ~6 km radius from its summit, a LOS velocity lengthening of 13-19 mm/yr, of superimposed signal is detected when the predicted velocity from an expanding spherical pressure source has been subtracted. This superimposed signal (which is mostly subsidence) correlates partly with recent lava flows. Interferograms spanning the 2000 eruption show that the inflation bulge deflates back to the 1993 level. The co-eruptive signal is consistent with a spherical magma chamber at 14-18 km, with a total co-eruptive contraction volume of 0.03-0.05 km³. A local co-eruptive deformation signal is also observed next to the eruptive fissure in interferograms spanning the 2000 eruption. The limited spatial scale of the signal over the area suggests the feeder dike of the 2000 eruptive fissure originates at shallow depth. ENVISAT data show that inflation continues at a similar rate in the 2003-2008 interval as prior to the 2000 eruption.

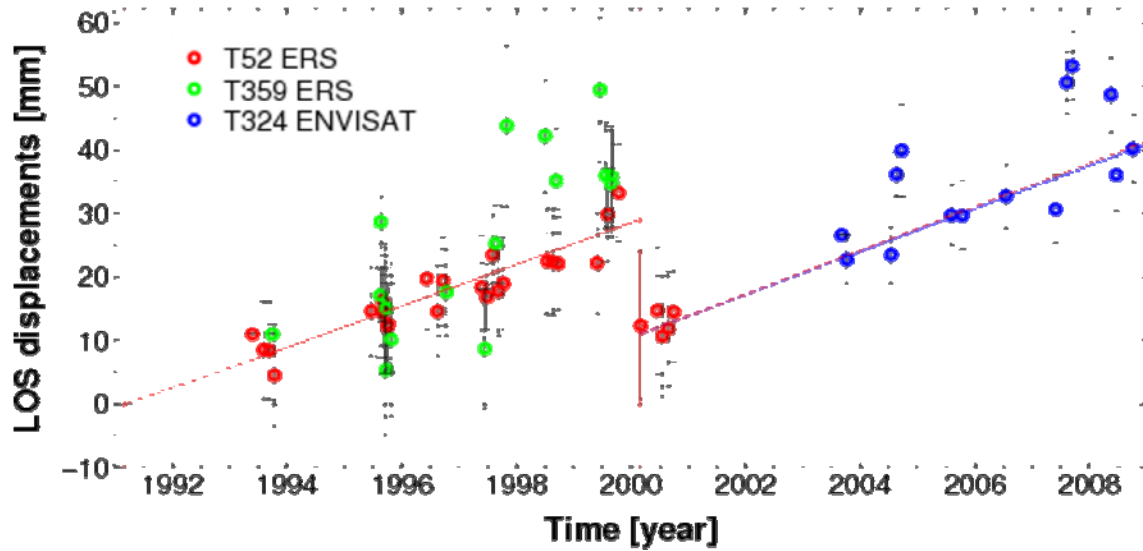


Figure 1: Average LOS time series displacements of areas selected from all the InSAR images spanning 1993-2008. The data used is from 10 different areas, from locations where the highest uplift rates are observed. The red vertical lines show the beginning of the 17 January 1991 and 26 February 2000 eruptions. Before the 2000 eruption a steady rate of (3.3 ± 0.7) mm/yr LOS rate is inferred (from the T52 data, red line). A similar rate is inferred after the eruption, (3.4 ± 2.5) mm/yr (blue line). The dotted red line is a continuation of the fit for the T52 data. After Hekla's 2000 eruption an offset of -17.3 mm LOS is observed.

Mobilization of major and trace elements during development of volcanic soils in Iceland

Birgir V. Óskarsson¹, Morten S. Riishuus¹ and Ólafur Arnalds²

¹ Nordic Volcanological Centre, Faculty of Earth Sciences, University of Iceland. ² Agricultural University of Iceland

Element mobility within volcanic soil profiles developed in diverse climatic conditions in Iceland is assessed. Soils were selected from areas with good monitoring on annual temperature and precipitation and the degree of weathering and elemental behavior was compared. Most soils in Iceland develop on parent material which comprise lava flows, hyaloclastites and glacial tillites, and several soils are subject to high flux of eolian dust and in times tephra ejecta from volcanic eruptions. In this study, samples were carefully extracted from brown to greyish andosol horizons within the profiles for both major and trace element analysis. Each horizon is representative of a pedogenetic stage. Preliminary results show that the major elements TiO_2 , Al_2O_3 and Fe_2O_3 (T) (mean wt% = 3.4, 19.2, 17.3) are the less mobile relative to the parent material (p.m. mean wt% = 1.6, 14.6, 10.9) and are found enriched within more mature horizons. The base cations MgO , CaO and Na_2O (mean wt% = 4.11, 7.23, 1.8) are depleted in these horizons (p.m. mean wt% = 9.1, 11.8, 2.0) showing to be mobilized in the process of pedogenesis. Trace elements were also assessed in this study being Sr, Zn and Pb among the most mobile and Zr and Nb among the most immobile. Soils developed in colder and dryer climatic conditions in Iceland (MAAT = -1°C and MAP = $<700\text{mm}$) show less the effects of chemical weathering (CIA-K = 45) while soils developed in warmer and wetter climates (MAAT = 4°C and MAP = $>1000\text{mm}$) show higher levels of weathering (CIA-K = 50-65). The parent material has CIA-K weathering index of 37. The relationship of the covariance of the climate parameters with extent of chemical weathering may be quantified as climofunctions to deliver proxy climate data in cool to subarctic conditions. Our results may yield reasonable tools for determining past climate variations from weathered tephras found as paleosols in the Neogene lava piles from Iceland and other volcanic provinces.

Sólheimajökull – From the Little Ice Age to the present

Bjarki Friis, Ólafur Ingólfsson, Anders Schomacker and Ívar Örn Benediktsson

Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Askja, Sturlugata 7, IS-101 Reykjavík, Iceland

Sólheimajökull is an outlet glacier draining the Mýrdalsjökull ice cap, southern Iceland. The glacier is 15 km long, 1-2 km wide and covers 44 km². It descends from 1000 m a.s.l. to 100 m a.s.l. The base of the glacier reaches about 50 m below present sea level, about 2 km inside the present margin.

Mýrdalsjökull covers the Katla central volcano, one of the most active volcanoes in Iceland. Subglacial eruptions of Katla have led to jökulhlaups at Sólheimajökull, which have had a huge impact on the proglacial landscape. The marginal fluctuations of Sólheimajökull correspond well to changes in the climate. In 2008, it had retreated 1130 m since ice front measurements were initiated in 1931, despite a period of significant advance from 1969-1995.

The objectives of this study are firstly to (i) map and interpret landforms and sediments exposed in the forefield since 1995: (ii) map and interpret changes in the size and extent of the glacier during the Little Ice Age (14th–19th century): (iii) confine the extent of the glacier during the Mid-Holocene.

ArcMap and ArcSCENE have been used in the work of reconstructing the extent of Sólheimajökull through time. This has been done by analyzing a series of aerial photographs from 1945 to present and a topographical map from 1904. Fieldwork conducted during the summer of 2009 offered the possibility to check the quality of the mapping work as well as to do stratigraphical work in the glacier forefield. Preliminary results confine the end moraines in front of Sólheimajökull to the period after AD 1573, which is important to reconstruct the extent of the Little Ice Age glacier advances. Furthermore, a preliminary geomorphological map shows a number of recently exposed landforms that allow investigation of the processes operating during these advances.

Magma flow direction in the Streitishvarf composite dike inferred from field geology and anisotropy of magnetic susceptibility

Erikssona, P. I.¹, Riishuus, M. S.¹, Sigmundsson¹, F. and Elming, S. Å.²

¹Nordic Volcanological Center, University of Iceland, Askja, Sturlugata 7, 101 Reykjavík, ²Division of Applied Geophysics, Department of Chemical Engineering and Geosciences, Luleå University of Technology, Sweden

The Streitishvarf composite dike in East Iceland has been studied in the field and sampled in the central granulophyre at three outcrops separated by 12.1 km for paleomagnetic and anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) studies. Field evidence in form of aligned dolerite enclaves and flow banding outlining a parabolic surface in the interior of the granulophyre indicates a horizontal component of flow from north to south, which is confirmed by AMS in all three sites. The AMS results indicate inclined flows between $30\pm 70^\circ$ above the horizon depending on outcrop with a maximum standard deviation ellipse of $4\pm 8^\circ$. The paleomagnetic results show a reverse characteristic magnetization yielding a virtual geomagnetic pole in the southern hemisphere (*Decl.* $\pm 52.6^\circ$, *Incl.* $\pm 139.6^\circ$). The remanence as well as the AMS is carried by Ti-poor titanomagnetite indicated by Curie temperatures and the high bulk susceptibility ($\gg 10^2$ SI). The magnetite occurs as small ($7.5\mu\text{m}$) cubic grains in the fine-grained ground mass and as exsolved larger ($22.5\mu\text{m}$) cubic grains at amphibole rims of clinopyroxene. Unanimity between field evidence and AMS fabric lends credence to the application of AMS as a method to reveal magma flow directions in Icelandic dike intrusions. For the studied dike at the present level of erosion, ca. 1500 m below the paleo-surface, the flow of magma had a strong horizontal component at the time of emplacement, which has been preserved due to the solidification of magma at the margins.

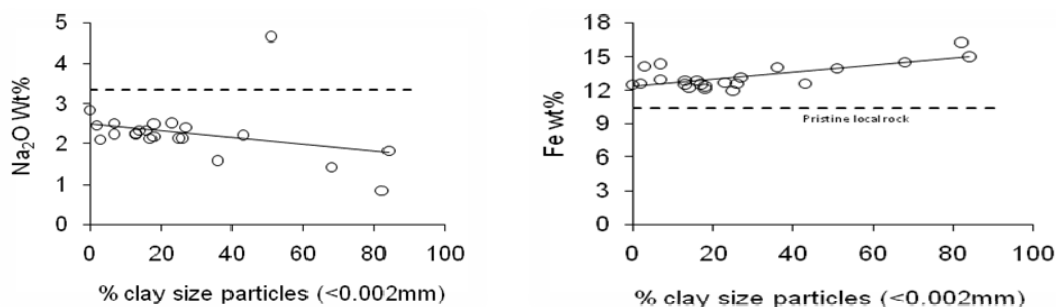
Hver eru tengslin á milli kornastærðar svifaurs og hraða efnahvarfaveðrunar?

Eydís Salome Eiríksdóttir¹, Sigurður Reynir Gíslason¹, Erik H. Oelkers²
og Jórunn Harðardóttir³

¹Jarðvísindastofnun Háskólans, Sturlugata 7, 101 Reykjavík, ese@raunvis.hi.is, ²LMTG-CNRS-Université Paul Sabatier-IRD-OMP, 31400 Toulouse, France, ³Veðurstofa Íslands, Bústaðavegi 9, 150 Reykjavík

Tilraunir á rannsóknarstofu benda til þess að hraði efnahvarfaveðrunar sé í réttu hlutfalli við snertiflöt bergs og vatns. Í þessari rannsókn er tilgátan prófuð með gögnum um efnasamsetningu og kornastærðardreifingu svifaurs úr Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga. Berggrunnur vatnasviðsins er einsleitur að berggerð og aldri. Gaillardet og félagar (1999) lýstu veðrun á svifaur úr stærstu vatnsföllum á jörðinni eftir styrkleika veðrunarinnar þar sem styrkurinn 1 þýddi lítið veðraður svifaur og 25 mikið veðraður svifaur. Veðrun svifaurs í vatnsföllum á Austurlandi samkvæmt þessari aðferðarfræði var frá 1,8 til 3,2 og fór gildið hækkandi eftir því sem aldur berggrunnins jókst.

Flatarmál korna er í öfugu hlutfalli við kornastærð; lítil korn hafa stærsta eðlisflatarmálið (specific surface area). Því ættu lítil korn að veðrast hraðar en stór korn. Í þessari rannsókn er sýnt fram á að styrkur auðleysta efna í svifaurnum, eins og Na, Ca og Ba, lækkar með minnkandi kornastærð á meðan styrkur torleysta efna, eins og Fe, Cu og Zr, hækkar að sama skapi. Þannig að þrátt fyrir að bergið á vatnasviðunum hafi ekki undirgengist mikla efnahvarfaveðrun þegar það fellur til sjávar, eru skýr tengsl á milli kornastærðar og efnasamsetningar svifaursins. Það rennir stoðum undir þá kenningu að hraði efnahvarfaveðrunar sé í hlutfalli við snertiflöt bergs og vatns.



Mynd 1. Styrkur natríum og járns í svifaur úr Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga miðað við hlutfall leirkorna (<0,002 mm) í svifaurnum. Með hækkandi hlutfall leirkorna í svifaurnum lækkar styrkur natríums (auðleyst efni) í svifaurnum á meðan járnstyrkurinn (torleyst efni) eykst.

Gaillardet J., Dupré B. Og Allégre J., 1999. Geochemistry of large river suspended sediments: Silicate weathering or recycling tracer? GCA, 63, 4037-4051

Concertina eskers at Eyjabakkajökull, Iceland

Eygló Ólafsdóttir¹, Ólafur Ingólfsson¹, Ívar Örn Benediktsson¹ and Anders Schomacker¹

¹Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Askja, Sturlugötu 7, 101 Reykjavík, Iceland

The morphology and sedimentology of concertina eskers at the surge-type glacier Eyjabakkajökull, Iceland, was studied during four weeks of fieldwork in the summer of 2007. Since the last surge in 1972-73 the glacier has been retreating and exposing landforms that were formed during the surge. Among these landforms are concertina eskers, a cone shaped zigzag ridge that is mainly composed of fluvial material [1] which covers a core of dead-ice. The morphology was described in the field and from a series of aerial photographs from 1967-2008, the sedimentology was studied in sections, and the relationship between the concertina eskers and the underlying glacial deposits was documented. ArcMap and aerial photographs, covering ca. 40 years, have been used to document the development of the concertina eskers in time and space.

The preliminary results are that concertina eskers are formed englacially or supraglacially during a short-lived high-discharge event [2], right after the surge wave has moved down the glacier. Subglacial meltwater under high pressure dammed behind the surge wave breaks through the glacier and finds a new path along surface crevasses.

The mean annual air temperature on the Eyjabakkar outwash plain is 0.1°C [3] with the ablation season lasting from May to October. The cone shaped cross-section of the concertina eskers is therefore not permanent due to the melting ice-core. Thus, the preservation potential of concertina eskers is poor, but the final product may be recognized as a hummocky landform with glaciofluvial sediment.

This research project will contribute to our understanding of the formation and development of concertina eskers, as well as the preservation potential of these peculiar landforms in front of surge-type glaciers.

References

- [1] Ó. Knudsen, 1995. *Quaternary Science Reviews*, 14, 487-493.
- [2] D.J.A. Evans and B.R. Rea, 1999. *Annals of Glaciology*, 28, 75-82.
- [3] Í.Ö. Benediktsson et al., 2010. *Quaternary Science Reviews*, 29, 484-506.



Fig.1 Concertina esker in front of Eyjabakkajökull

Hulunni svipt af Öræfajökli: Niðurstöður íssjármælinga

Eyjólfur Magnússon¹, Finnur Pálsson² og Helgi Björnsson²

¹Norræna Eldfjallasetrið, Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands, Öskju, Sturlugötu 7. ²Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands, Öskju, Sturlugötu 7

Birtar eru niðurstöður íssjármælinga sem gerðar voru í vorferð Jöklarannsóknafélagsins í júní 2009 með nýrri stafrænni íssjá jöklahóps Jarðvísindastofnunar. Gerðar voru mælingar á 170 km sniðum sem ná frá efstu drögum Skaftafellsjökuls og Breiðamerkurjökuls norðan Hermannaskarðs og suður yfir ákomusvæði Fjallsjökuls og Svínafellsjökuls, Snæbreið og öskju Öræfajökuls. Hermannaskarð afmarkar upphleðslu eldfjallsins að norðanverðu; skarðið er í um 950 m h.y.s. og hulið 380 m þykkum ís. Frá Hermannaskarði upp norðurhlíð Öræfajökuls er ísinn að jafnaði 150-250 m þykkur. Jökulbotninn í efri hluta þessara hlíða sem og nyrst í Öræfajökulsöskjunni er mjög úfinn, sem gæti bent til þess að þar hylji jökullinn lítið rofin hraun. Ísinn í öskju Öræfajökuls er þykkastur um 550 m og nær botn hennar niður fyrir 1300 m h.y.s. Rúmmál íss innan öskjunnar er 4.6 km³. Greina má nokkuð skýr jafntímalög í íssjárnsniðum innan öskjunnar sem sum staðar eru greinanleg niður á um 200 m dýpi. Lega þeirra er nokkuð óregluleg sem líklega má skýra með ójafnri ákomudreifingu. Öskjubotninn virðist samsettur úr tveimur plötum. Sú lægri er í sunnanverðri öskjunni og nær yfir ~5 km² eða nálægt helming öskjunnar. Hún stendur að jafnaði ~150 m lægra en innri brún hærri plötunnar. Að öðru leyti er landslag innan öskjunnar fremur einfalt og mjög lítið virðist vera um jarðmyndanir innan hennar. Þetta bendir til þess að mjög fá gos hafi orðið innan hennar frá myndun hennar og því er askjan annað hvort mjög ung eða eldgos innan hennar fátíð. Þó er að finna einn hnúð sem líklega er myndaður við eldgos í öskjunni norðvestanverðri á núverandi vatnaskilum Kvíár og Virkisár. Miðað við svipaðan jökul og nú má gera ráð fyrir að gos á þeim slóðum hefði valdið jökulhlaupum bæði til suðausturs í Kvía og til vesturs í Virkisá og niður á Sandfellsheiði. Vatnasvið Kvíár nær yfir um 60-80% öskjunnar og það sem út af stendur rennur að mestu til Virkisár.

Beltun í epidótútfellingum í holum HE-50 og HE-51 í háhitakerfinu á Hellisheiði

Gísli Örn Bragason¹, Karl Grönvold¹, Níels Örn Óskarsson¹ og Hjalti Franzson²

¹Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands, Öskju, Sturlugötu 7. ² Íslenskar orkurannsóknir, Orkugarði, Grensásvegi 9

Ummyndunarsteindirnar epidót, $\text{Ca}_2\text{Al}_2(\text{Fe}^{3+};\text{Al})(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)\text{O}(\text{OH})$ og prehnít, $\text{Ca}_2\text{Al}(\text{Fe}^{3+};\text{Al})(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ hafa breytilegt Al-Fe hlutfall sem talið er tengjast mörgum breytum, s.s hita, steindajafnvægi, sýrustigi, koldíoxíð- og súrefnisþrýstingi. Epidót á Hengilssvæðinu er yfirleitt beltaður og yfirleitt er kjarninn járnríkur (Fe(III)-mól hlutfall 0,32) en milli kjarna og rima er steindin Al ríkari (0,17). Samsetning kjarnans er tiltölulega einsleit en ytra byrðið er lítið eitt breytilegt í samsetningu. Fe ríki kjarninn er mjög áhugaverður, en hann er einnig er Ti ríkur (0,2-0,3% TiO_2) og Sr snauður ($< 0,1\%$ SrO). Epidót á Hengilssvæðinu líkist mjög epidóti á Reykjanesi og í Reyðarfjarðarholunni. Á BSE (e. backscattered-electrons) myndum virðist kjarninn myndast sem geislalöguð holufylling en ytra byrði er fylling utan um kjarnann. Hugsanlega má rekja upphafsmyndun epidóts til aðstæðna sem eru frábrugðnar síðari aðstæðum. Beltun epidóts og prehníts má líklega rekja til breytinga í steindajafnvægi. Umhverfi beggja steindanna er breytilegt en klórít, kalsít, andradít, albít, K-felspat, pýrít og kvars koma þar oftast fyrir.

Jarðhitaleit í Ungverjalandi

Gísli Guðmundsson¹, Helga Tulinius¹, László Ádam², Ingunn María Þorbergsdóttir¹, Christian M. Lacasse¹, Jón Einar Jónsson¹, Heiða Björk Halldórsdóttir¹, Steinþór Traustason¹, Haraldur Hallsteinson¹, Benedikt Ó. Steingrímsson¹ og Enikő Mérés²

¹Mannvit Verkfræðistofa, Grensásvegur 1, Reykjavík, ²Mannvit Verkfræðistofa, Budapest, Ungverjaland

Mannvit hefur undanfarin 3 ár unnið við jarðhitaleit í Ungverjalandi. Markmið verkefnisins er að staðsetja möguleg borstæði fyrir fyrirhugaða jarðhitanytingu í Ungverjalandi. Við þessa vinnu hefur Mannvit (áður VGK og síðar VGK-Hönnun) starfað fyrir ungverska fyrirtækið PannErgy (áður Pannonplast). Verkefnið hefur verið unnið á nokkrum áföngum. Í fyrsta áfanga voru áhugaverð jarðhitasvæði í Ungverjalandi afmörkuð. Í öðrum áfanga var sérhvert svæði skoðað nánar og reynt að staðsetja heppileg svæði til jarðhitavinnslu. Markmiðið var að finna bæði svæði sem hægt væri að nýta í hitaveitu og/eða til raforkuframleiðslu. Vinna við bæði 1. og 2. áfanga byggðist á gögnum sem þegar voru til staðar, sem og nýjum gögnum.

Ungverjaland hefur tiltölulega mikla möguleika á því að nýta lághita (< 150 °C) jarðvarma vegna þess að jarðhitastigullinn er nálægt því að vera um 50 °C/km. Þessi tiltölulega há jarðhitastigull stafar af því að jarðskorpan í Ungverjalandi er nokkuð þunn, en einnig vegna þess að tiltölulega þétt og þykk setlög hylja mestan hluta landsins.

Við jarðhitaleit var helst miðað við að finna kalkstein/dólómít frá miðlífsöld. Slíkt berg virðist hafa góða eiginleika sem jarðhitageymir. Áhugaverðustu svæðin fyrir jarðhitavinnslu voru þar sem misgengi höfðu skorið jarðhitageyminn á um 2 til 3 km dýpi. Jarðhitavinnsla er einnig möguleg úr öðrum geymum en kalkstein/dólómít jarðhitageymum. Sem dæmi má nefna að myndbreytt berg getur vel komið til greina sem jarðhitageymir, en við slíkar aðstæður skipta misgengi verulegu máli.

Ungverjaland hefur í gegnum tíðina framleitt töluvert af olíu og gasi. Við leit að olíu og gasi, sem og við almennar jarðfræðirannsóknir hafa tugþúsundir borhola verið boraðar. Samhliða borholunum er búið að framkvæma mjög margar endurkastsmælingar. Niðurstöður úr þessum rannsóknum voru notaðar í jarðhitaleitinni, en einnig voru gerðar AMT/MT mælingar á völdum svæðum.

Í Ungverjalandi er gerð krafa um að öllu jarðhitavatni sem dælt er upp til yfirborðs og virkjað, verði að dæla niður í sama jarðhitageymi að lokinni vinnslu.

Þriðji áfangi af þessu verkefni gengur út á að nýta jarðhitann. Í dag er búið að bora eina holu og gaf hún um 20 s/L af um 90 °C heitu vatni og fyrirhugað er að bora a.m.k. tvær holur í vor, þar af eina niðurdælingarholu.

IDDP – Borun holu IDDP-1 í Kröflu 2009 og upphleyping í mars 2010

Guðmundur Ó. Friðleifsson¹ og Bjarni Pálsson²

¹IDDP Office og HS Orka hf, Brekkustíg 36, IS-260, ² Landsvirkjun, Háaleitisbraut 68, IS-103.

Íslenska djúpborunarverkefnið (IDDP: Iceland Deep Drilling Project) hefur verið í gangi síðastliðin áratug. IDDP snýst um að bora 4-5 km djúpar holur í rætur háhitakerfa í leit að jarðhitavökva í yfirmarksástandi ($>374^{\circ}\text{C}$ og >221 bar). Verkefninu var fyrst lýst á WGC-2000, alþjóðlegri jarðhitaráðstefnu árið 2000 (1) og við fjölmörg tækifæri síðan og þar á meðal á vorráðstefnum JFÍ öðru hvoru. Nú 10 árum síðar verður sérstök málstofa um IDDP á WGC-2010 í næsta mánuði og er listi yfir IDDP greinarnar birtur í tilvitnunarlista (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15). Hægt verður að nálgast greinarnar á www.wgc2010.org í kjölfar ráðstefnunnar og á www.iddp.is.

Árið 2005 stóð til að IDDP fengi að dýpka 3 km djúpa holu á Reykjanesi niður í 5 km. Til þess kom þó ekki því holan hrundi í upphleypingu og tókst ekki að lagfæra hana í byrjun árs 2006. Ákvörðun var þá tekin um að næsta IDDP hola yrði boruð í Kröflu, og hlaut hún síðar holuheitið IDDP-1. Forborun holunnar niður á tæplega 100 m dýpi var framkvæmd í júní 2008. Í nóvember sama ár kom stærri bor að framkvæmdinni og dýpkaði holuna og fódraði í tveimur áföngum niður í tæplega 300 m og tæpa 800 m. Í lok mars 2010 tók síðan stærsti bor landsins við holunni, og stóð til að hann dýpkaði hana niður í 4,5 km, en kæmi áður fyrir öryggis og vinnslufóðringum á 2,4 km og 3,5 km. Það markmið náðist þó ekki því vandræði í borun reyndust nær óyfirganganleg. Borinn festist í þriggja á 2104 m dýpi, skilja þurfti hluta borstrengsins eftir, steypa fastan og bora framhjá. Þremur mánuðum eftir að verkið hófst fékkst loks skýring á erfiðleikunum við að komast niður er ljóst varð að borað var niður í rhyólít kviku, $900\text{--}1000^{\circ}\text{C}$ heita, á 2104 m dýpi. Borinn festist sem fyrr, en í þetta skiptið tókst að halda skolvatnskælingu í gangi, og eftir um 1-2 klst dælingu fór skolvatn og fersk glerfrauð (kæld kvika) að skila sér upp til yfirborðs. Áður hafði holan verið fódruð af á 1950 m dýpi og því var hægt að ganga þannig frá að steyptri innri fóðringu, opinni með götum næst botni, var hægt að koma fyrir í holunni og koma traustum öryggisloka fyrir á toppi. Með þessum frágangi var tryggt að takast mætti á við ofurheita og háþrýsta gufu. Holan var síðan kæld í næstu 2 mánuði með 25 l/s niurdælingu af köldu vatni. Síðan hefur holan fengið að hitna upp og er nú komið að því að henni verður hleypt upp í gos, 22. mars 2010 skv. áætlun, og verður líklega hægt að lýsa fyrstu niðurstöðum á þessari vorráðstefnu.

Í erindinu verður IDDP verkefninu lýst í stórum dráttum og síðan vikið að forsendum staðsetningar holunnar yfir kvikuhólfinu í Kröflu. Staðsetningin byggði fyrst og fremst á nýlegum MT-mælingum og svo tektóník (misgengjum og gossprungum) ásamt mikilli jarðhitaummyndun langsum eftir misgengjunum. Miðað við túlkaðar mælingar leit út fyrir að komið yrði í mjög heitt og deigt berg ($600\text{--}700^{\circ}\text{C}$) á 4,5 km dýpi, eða kviku ($>900^{\circ}\text{C}$). Það kom því á óvart að bora niður í kviku á 2100 m dýpi. Gömul hola var í 100 m fjarlægð og hafði hún verið boruð heldur dýpra niður, vandræðalaust. Önnur yngri hola, 3-400 m norðar, hafði auk þess verið skáboruð innundir Víti, og skorið bæði Vítissprunguna og Hólseldasprunguna vestar, án vandræða, og endaði sú hola 100 m neðar en IDDP-1 holan. Líklega er því um tiltölulega smátt súrt innskot að ræða undir IDDP-1 holunni, en miðað við

að innskotið væri tengt Kröflueldum, þá þurfti það a.m.k. að vera 50 m þykkt til að vera ennþá bráðið, 25 árum eftir að umbrotunum lauk.

Ef IDDP-1 holan reynist gæf á gufu, þá má reikna með að gufan verði örugglega yfirhitið og a.m.k. 350°C heit. Sökum nálægðar við kviku þá gæti yfirhitið gufan verið talsvert heitari, e.t.v. 400-500°C, en það kemur í ljós á næstu vikum. Á næstu mánuðum verður geta holunnar síðan könnuð ítarlega. Ef svo fer að hún reynist ekki gæf á orku, þá kemur til greina að gera tilraunir með að örva jarðhitakerfið með því að bora aðra holu niður að kvikunni og dæla í hana köldu vatni, og taka það síðan upp á formi þurrugu í IDDP-1 og skapa þannig varmnámskerfi, svokallað EGS-kerfi. Yrði það hin merkasta tilraun og örugglega sú heitasta í heimi til þessa.

Tilvitnanir:

- (1) Friðleifsson, G.Ó and Albertsson, A.: Deep Geothermal Drilling at Reykjanes Ridge: Opportunity for an International Collaboration. *Proc. World Geothermal Congress*, Kyushu-Tohoku, Japan, May 28-June 10, (2000) 3701-3706.
- (2) Friðleifsson, G.Ó., A. Albertsson and W. Elders, 2010. The Iceland Deep Drilling Project (IDDP) – 10 Years Later – Still an Opportunity for International Collaboration. *Proceedings World geothermal Congress 2010, Bali Indonesia*, 25-29 April (submitted)
- (3) Friðleifsson, G.Ó., Pálsson, B., Stefánsson, B., Albertsson, A., Gunnlaugsson, E., Ketilsson, J., Lamarche, R., and Andersen, P.E., 2010. Iceland Deep Drilling Project. The first IDDP drill hole drilled and completed in 2009. *Proceedings World geothermal Congress 2010, Bali Indonesia*, 25-29 April (submitted)
- (4) Elders, W.A. and Fridleifsson, G.O., 2010. The Science Program of the Iceland Deep Drilling Project (IDDP): a Study of Supercritical Geothermal Resources *Proceedings World geothermal Congress 2010, Bali Indonesia*, 25-29 April (submitted)
- (5) Homuth, S. Hólmeirsson, S., Pálsson, B., Sass, I. 2010. Risk Management and Contingency Planning for the First Icelandic Deep Drilling Project Well in Krafla, Iceland. *Proceedings World geothermal Congress 2010, Bali Indonesia*, 25-29 April (submitted)
- (6) Guðmundur O. Fridleifsson and Bjarni Richter 2010. Two IDDP Drill Cores from the Reykjanes High Temperature Field *Proceedings World geothermal Congress 2010, Bali Indonesia*, 25-29 April (submitted)
- (7) Halldór Ármannsson, 2010. IDDP - the Chemistry of the Krafla Geothermal System in Relation to the IDDP Well. *Proceedings World geothermal Congress 2010, Bali Indonesia*, 25-29 April (submitted)
- (8) N. J. Olsen, D. K. Bird, S. Arnórsson, Th. Fridriksson, G. Ó. Fridleifsson, and W. A. Elders, 2010. Iceland Deep Drilling Project (IDDP): Arsenic Distribution and Mobility in Active and Fossil Geothermal Systems in Iceland. *Proceedings World geothermal Congress 2010, Bali Indonesia*, 25-29 April (submitted)
- (9) BW Christenson, H Ármannsson, BM Kennedy , 2010. IDDP: Comparative Chemistries of Krafla and Nesjavellir Geothermal Fluids: Aspects of Tectonic Setting and Magmatic Volatile Inputs in Two Prospective IDDP Systems. *Proceedings World geothermal Congress 2010, Bali Indonesia*, 25-29 April (submitted)
- (10) Kristinn Ingason, Albert Albertsson, Bjarni Pálsson, Claus Ballzus, Halldór Ármannsson, Jónas Matthíasson, Sverrir Þórhallsson, Teitur Gunnarsson, 2010. Icelandic Deep Drilling Project (IDDP) – Fluid Handling and Evaluation. *Proceedings World geothermal Congress 2010, Bali Indonesia*, 25-29 April (submitted)
- (11) Adam J.E. Freedman, Dennis K. Bird, Stefán Arnórsson, Thráinn Fridriksson, Wilfred A. Elders, Guðmundur Ó. Fridleifsson, 2010. Iceland Deep Drilling Project (IDDP): Stable Isotope Evidence of Fluid Evolution in Icelandic Geothermal Systems. *Proceedings World geothermal Congress 2010, Bali Indonesia*, 25-29 April (submitted)
- (12) Sverrir Thorhallsson, Bjarni Pálsson, Sveinbjörn Holmeirsson, Kristinn Ingason, Hinrik Boasson, 2010. Well Design and Drilling Program for the Iceland Deep Drilling Project (IDDP). *Proceedings World geothermal Congress 2010, Bali Indonesia*, 25-29 April (submitted)
- (13) Alister Skinner, Paul Bowers, Sverrir Thorhallsson, Guðmundur Omar Fridleifsson, 2010. Coring at Extreme Temperatures. Design and Operation of a Core Barrel for the Iceland Deep Drilling Project (IDDP). *Proceedings World geothermal Congress 2010, Bali Indonesia*, 25-29 April (submitted)
- (14) Sveinbjörn Hólmeirsson, Bjarni Pálsson, Sverrir Thorhallsson, Hinrik Arni Boasson, Kristinn Ingason, 2010. Iceland Deep Drilling Project. the Challenge of Drilling into Supercritical Geothermal Reservoir. *Proceedings World geothermal Congress 2010, Bali Indonesia*, 25-29 April (submitted)
- (15) Naomi Marks, Peter Schiffman, Robert Zierenberg, Wilfred A. Elders, Guðmundur O. Fridleifsson, Hjalti Franzson, 2010. Isotopic Evidence of Hydrothermal Exchange and Seawater Ingress from Alteration Minerals in the Reykjanes Geothermal System: Results from the IDDP. *Proceedings World geothermal Congress 2010, Bali Indonesia*, 25-29 April (submitted)

Tímasetningabáttur úr landgrunnshluta Millennium verkefnisins: Gjóskufall og vikurrek á norðurslóð síðustu 1000 ár

Guðrún Larsen og Jón Eiríksson

Jarðvísindastofnun Háskólans, Sturlugötu 7, 101 Reykjavík

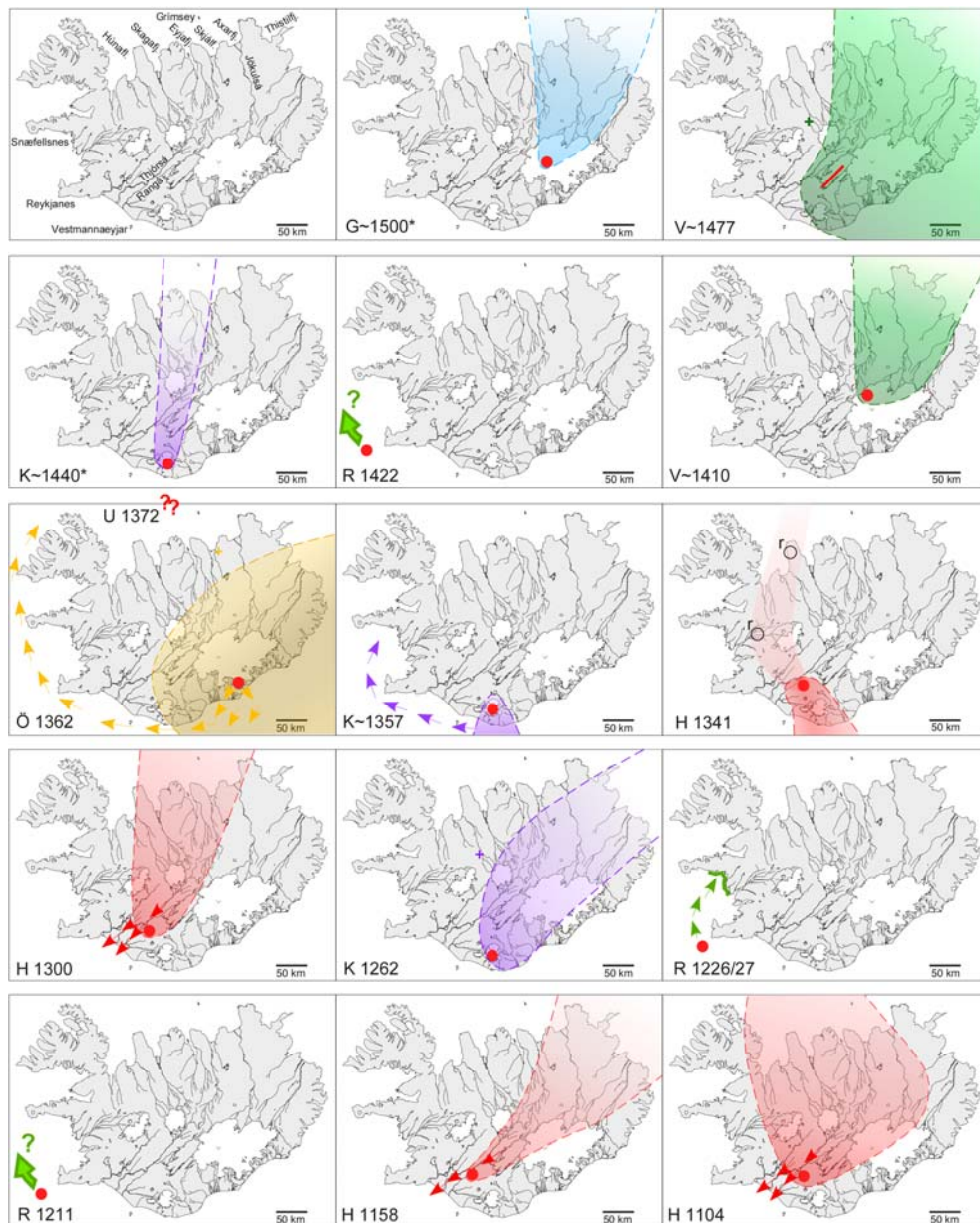
Millennium er fjölþjóðlegt verkefni í loftslagsrannsóknum, styrkt af 6. rammaáætlun Evrópusambandsins. Meginspurningin sem Millennium er ætlað að svara er hvort þær lofslagsbreytingar sem átt hafa sér stað á síðustu öld séu meiri og hraðari en náttúrulegar loftslagsveiflur á síðustu 1000 árum. Nýjum aðferðum er beitt við öflun og meðhöndlun gagna í því skyni að draga úr þeirri miklu óvissu, sem loftslagslíkön notast enn við. Íslenski hluti verkefnisins snýr að öflun gagna úr sjávarseti og steingervingum frá norðlenska landgrunninu um breytingar á hafstraumum úti fyrir Norðurlandi og mati á áhrifum slíkra breytinga.

Tímasetningar eru mikilvægur þáttur í þessum rannsóknum og þar er meðal annars horft til íslenska gjóskulagatímatalesins. Þekkingin á gossögu síðustu 1000 ára er allgóð, gosár fjölmargra eldgosa eru þekkt af heimildum allt frá byrjun 12. aldar og líkleg gosár margra annarra hafa verið reiknuð út frá þykknunarhraða jarðvegs milli þekktra tímasettra gjóskulaga. Tekin var saman skrá yfir gjóskulög sem gætu hafa borist út á norðlenska landgrunnið og útbreiðslukort gerð af þeim gjóskulögum sem líklegt var að nýttust til tímasetninga. Upplýsingar úr tiltækum gagnasöfnum, rituðum heimildum, jarðvegssniðum og jökulís, voru dregnar saman og lagðar til grundvallar. Útbreiðslukortin eru byggð á einum eða fleirum af eftirfarandi gagnaflokkum: Áður birtum kortum, heimildum um gjóskufall á tilteknum stöðum/svæðum eða jarðvegssniðum. Loftborin gjóska úr um 30 þeytigosum eða gosfösum, stórum og smáum, gæti hafa náð til landgrunnins út af Norðurlandi síðustu 1000 árin. Stærst þeirra eru Heklugosið 1104 og Veiðivatnagosið ~1477.

Í fyrstu var gert ráð fyrir að einungis gjóska sem bærisk í lofti út á landgrunnið gæti myndað þekkjanleg „gjóskulög“ í setinu. Við rannsókn á efsta hluta sjávarsetsins komu í ljós vikurkorn með efnasamsetningu Heklugjósku sem voru of grófgerð til að hafa borist þangað í lofti í Heklugosum síðustu aldar. Í Heklugosinu 1947 féll mikill vikur í sjó undan suðurströndinni. Hluti hans barst með hafstraumum réttisælis vestur og norður fyrir land þar sem bátur í síldarleit fann vikurhannir fljótandi á sjónum, tilsýndar líkar síldartorfum, í júní 1947. Staðfestum upplýsingum um rekvikur var því bætt á útbreiðslukortin og önnur gos þar sem slíku gat verið til að dreifa voru einnig sett á kort, þ.m.t. gos í sjó undan Reykjanesi og gos sem ollu vikurreki í stórám á borð við Þjórsá og Jökulsá á Fjöllum. Aðeins eru þó heimildir um rekvikur fyrir Norðurlandi eftir þrjú gos, í Heklu 1947, Öskju 1875 og Heklu 1766.

Eldgos í Vatnajökli hafa valdið jökulhlaupum í Jökulsá á Fjöllum sem báru gosefni til sjávar í Öxarfirði. Hugsanlegt er að svipað hafi gerst í Skjálfandafljóti. Í vorflóðum í Jökulsá á Fjöllum

um hefur gruggugt vatn náð út undir Grímsey og reikna má með að stór jökulhlaup geti borið gosefni alllangt út á landgrunnið. Tímasettum jökulhlaupum af völdum eldgosa var því bætt á kortin. Hvort efnið úr slíkum hlaupum er nógu einsleitt til að mynda auðþekkjanlegt „lag“ í setlögum á hafsbotni er annað mál. Engar heimildir eru um að rekvikur vegna Kötluhlaupa hafi borist langar leiðir á sögulegum tíma. Eina frásögnin um vikurrek vegna Kötlugoss er frá gosinu ~1357, en þá féll mikill vikur í sjó undan suðurströndinni, „enn vikrina rak allt vestr a Myrum“ segir í Skálholtsannál.



Mynd 1. Eldgos á tímabilinu 1500 - 1000 e.kr. sem dreifðu eða hefðu getað dreift gjósku út yfir landgrunnið fyrir Norðurlandi, eða valdið vikurreki inn á svæðið.

Gerð þrívíddarlíkans af jarðhitasvæði Hellisheiðar

Helga M. Helgadóttir, Sandra Ó. Snæbjörnsdóttir, Steinþór Níelsson og Sveinborg H. Gunnarsdóttir

Íslenskum orkurannsóknnum, Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Hengilssvæðið er eitt stærsta jarðhitasvæði landsins og nær yfir um 110 km². Það er staðsett á þrípunktum þar sem tvö rekbelti, Vesturgosbeltið og Reykjanes, mæta Suðurlandsbrotabeltinu. Háhitasvæðið á Hellisheiði er staðsett í suðurhluta Hengils og er svæðið að mestum hluta úr móbergseiningum sem staðsetur það innan megineldstöðvarinnar. Hraunlagasýrpur frá hlýskeyðum hafa byggst upp á láglendinu í kring og eru því sjaldgæfari.

Markmið verkefnisins er að skilgreina eðli og einkenni jarðhitasvæðisins á Hellisheiði út frá gögnum frá borunum Orkuveitu Reykjavíkur á svæðinu. Meðal annars eru borin kennsl á mismunandi jarðmyndanir, æðar og ummyndun og þrívíddarmódel af svæðinu útbúið. Upplýsingarnar verða nýttar til að ákvarða hvort um eitt eða fleiri uppstreymissvæði sé að ræða og hver tengslin eru á milli lektar og jarðfræði svæðisins.

Hellisheiðarsvæðinu er skipt niður í fjóra hluta í þessu verkefni: Skarðsmýrarfjall í norðri, Reykjafell í því miðju, Gráhnúka í suðvestri og Hverahlíð í suðaustri. Kennsl hafa verið borin á jarðmyndanir sem nú er verið að endurskoða með þunnisneiðagreiningu. Með því að bera saman ummyndunarhita í holunum og áætlaðan berghita má sjá hvernig hitaþróun á tilteknum svæðum er. Þessi samanburður gefur til kynna að Gráuhnúkar og Hverahlíð séu að hitna en að kæling eigi sér stað frá austri í átt að Reykjafelli og einnig að einhverju leyti úr vestri. Þetta sést glögglega á mynd 1 þar sem borin eru saman dýpi á fyrsta merki um kvars (ummyndunarsteind sem myndast er hiti nær 180°C) og dýpi á 180°C áætlaðan berghita.

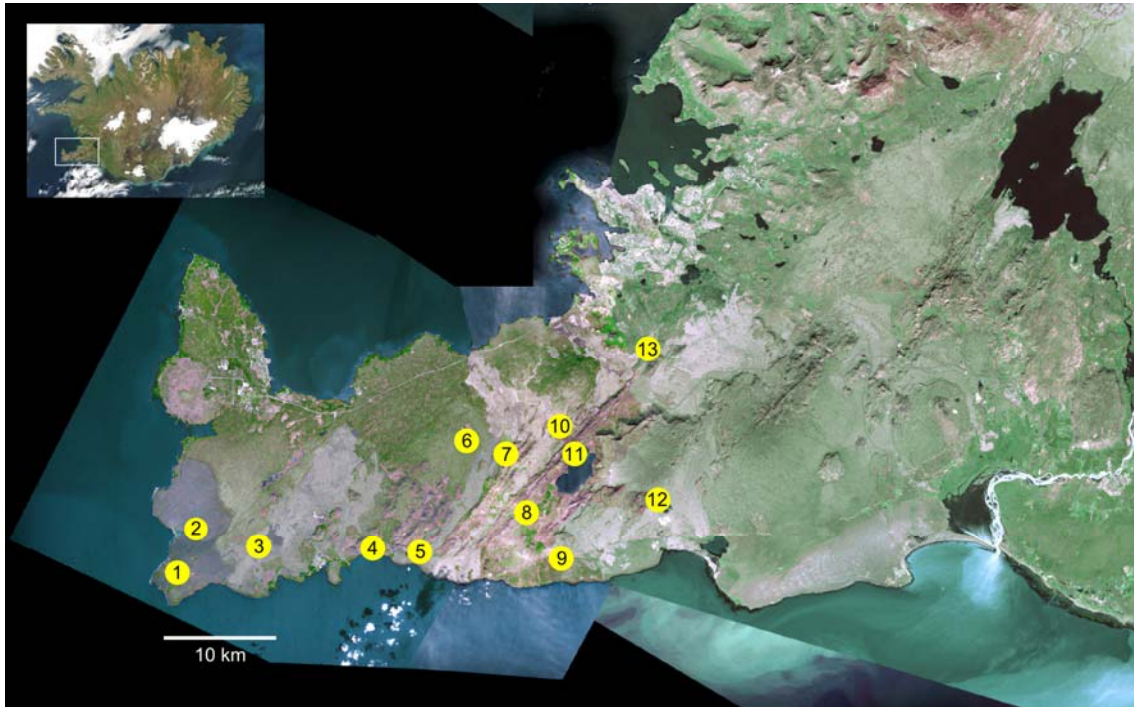
Haldbær þekking á jarðhitasvæðum er mikilvæg ef höfð er í huga langtíma nýting jarðhitaauðlinda landsins og getur skilningur á einu svæði nýst við rannsóknir á öðrum. Þá verður unnt að máta niðurstöður annarra og sértækari rannsókna við þrívíddarmódelið og útvíkka þannig þekkinguna enn frekar.

Eldfjallagarður og jarðminjar á Reykjanesskaga

Helgi Páll Jónsson

Náttúrustofu Norðurlands vestra, Aðalgata 2, 550 Sauðárkrúkur

Uppbygging eldfjallagarðs á Reykjanesskaga hefur verið nokkuð í umræðu á undanförunum árum. Reykjanesskagi sem framhald miðhafshryggs Atlantshafsins býður upp á mikla fjölbreytni eldvarpa sem mótast hafa við umhverfisbreytingar og eldvirkni á ísöld og á nútíma. Þar er auk þess einhver ákjósanlegasti staður ofansjávar til að virða fyrir sér þau ferli sem verða í kjölfar gliðnunar jarðskorpufleka. Eldvirkni á Reykjanesskaga hefur skilað jarðfræðilegri arfleifð eða jarðminjum sem vert er að hlúa að og kynna fyrir almenningi. Í verkefninu sem hér er fjallað um voru valin 13 svæði á Reykjanesskaga sem tillögur að mögulegum lykilsvæðum inn í eldfjallagarð. Svæðin sem valin voru ná frá Reykjanesi á vestasta hluta skagans austur inn í Reykjanesfölkvang og að Brennisteinsfjöllum og Búrfellsgíg fyrir ofan Hafnarfjörð. Reynt er að leggja mat á hvert þeirra með tilliti til fjölbreytni jarðminja og hvað hvert og eitt þeirra gæti boðið upp á í eldfjallagarði. Reynt var ganga út frá því að val svæða væri fjölbreytt og samanstæði af bæði stærri (fjölbreytni og víðerni) og minni (einstök eldvörp) svæðum sem þó myndu sameiginlega draga fram helstu þætti í jarðfræði og jarðsögu Reykjanesskagans. Svo sem höggun og gliðnun, móbergsmýndanir, dyngjur, gígaraðir, hraunmýndanir, hnyðlinga o.fl.



Mynd 1. Tillögur að lykilsvæðum inn í eldfjallagarð á Reykjanesskaga. 1) Reykjanes 2) Sprungusvæði á Hafnarsandi 3) Eldvörp-Sandfellshæð 4) Hrólfsvík-Festarfjall 5) Méltunnuklif 6) Keilir-Keilisbörn 7) Trölladyngja-Sog 8) Grænavatn-Seltún 9) Eldborg undir Geitahlíð 10) Hrótagjárdyngja 11) Vesturbakki Kleifarvatns 12) Brennisteinsfjöll-Grindaskörð 13) Búrfell.

Hermt eftir viðbrögðum suðurskriðjökla Vatnajökuls við loftslagsbreytingum

Hrafnhildur Hannesdóttir¹, Helgi Björnsson¹, Sverrir Guðmundsson¹,
Finnur Pálsson¹ og Guðfinna Aðalgeirsdóttir²

¹Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands, Öskju, Sturlugötu 7, Reykjavík. ²Danish Meteorological Institute, Kaupmannahöfn, Danmörk

Jöklar á Íslandi eru næmir fyrir loftslagsbreytingum og velta í búskap er með því mesta sem gerist á jörðinni. Suðurskriðjöklar Vatnajökuls eru á úrkomumesta og hlýjasta svæði landsins. Sögulegar heimildir um jöklabreytingar og gögn um stærð og lögun jöklanna nýtast til rannsókna á viðbrögðum jöklanna við loftslagsbreytingum. Mesta útbreiðsla jöklanna frá Litlu ísöld er þekkt og hefur verið unnið að kortlagningu á jaðarurðum og jökulgörðum meðfram og framan jöklanna.

Gögn um stærð, botn og yfirborðslögun skriðjöklanna, sem ganga niður úr Öræfajökli og frá Breiðubungu, ásamt veðurfarsgögnum, eru notuð til þess að skoða tengsl jökla- og loftslagsbreytinga og stilla af samtengd afkomu- og flæðilíkön. Frumpartalíkan (e. Finite-element model) byggir á nálgun sem gerir ráð fyrir þunnum ís (e. shallow-ice-approximation) og Weertman botnskriði. Gráðudagalíkan notar hita- og úrkomumælingar frá nærliggjandi veðurstöðvum og er það kvarðað við afkomumælingar frá 23 stikum á suðurhluta Vatnajökuls. Hitastigsmælingar eru til frá 1884 (Hólum Hornafirði) og úrkomumælingar frá 1921 (Fagurhólsmýri).

Upphafsstærð jöklanna í keyrslunum er byggð á mælingum frá árinu 2000 og afkomulíkanið keyrt með meðaltali veðurfarsmælinga frá tímabilinu 1980-2000, þegar flestir jöklar á Íslandi voru í jafnvægi. Fyrstu niðurstöður úr líkankeyrslunum gefa til kynna að afkomulíkanið vanáætli ákomu á safnsvæði jöklanna. Upplýsingar um úrkomudreifingu voru fengnar úr lofthjúpslíkaninu WRF 2.2 í 9 km upplausn frá tímabilinu 1958-2007 og gefa þær til kynna að úrkoma sé meiri á safnsvæði Breiðubungu en líkanið gerir ráð fyrir. Keyrslur með frumpartalíkaninu og leiðréttari ákomu samkvæmt lofthjúpslíkaninu styðja þá niðurstöðu.

Mun stöðug aukning CO₂ í andrúmsloftinu verða kalkmyndandi lífríki sjávar ofviða?

Hrönn Egilsdóttir^{1,2} og Jón Ólafsson^{1,2}

¹Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands, Öskju, Sturlugötu 7. ²Hafrannsóknastofnunin, Skúlagötu 4

Eftir iðnvæðingu hefur útblástur koltvíoxíðs (CO₂) aukist gríðarlega og er hnattræn hlýnun þekktasta afleiðing þess. Færri vita að heimshöfin hafa dregið í sig a.m.k. fjórðung þess koltvíoxíðs sem borist hefur út í lofthjúpin af mannavöldum. Á þann hátt hafa höfin dregið úr veðurfarsbreytingum en jafnframt veldur upptaka á CO₂ efnafræðilegum breytingum í sjó og lækkun á sýrustigi. Nú þegar hefur sýrustig sjávar fallið um 0,1 pH gildi og er spáð lækkun upp á 0,3 – 0,4 pH gildi fyrir árið 2100 (100-150% aukning H⁺ jóna).

Sýrustig sjávar, hitastig og dýpi (þrýstingur) eru helstu áhrifapættir á kalkmettun aragóníts og kalsítkalks í sjó. Lækkandi hitastig og/eða sýrustig og aukinn þrýstingur hefur neikvæð áhrif á kalkmettun en möguleiki kalkmyndandi lífvera til að mynda kalk byggir á því að kalk sé yfirmettað í umhverfi þeirra. Þannig má leiða líkur að því að tilvist kalkmyndandi lífvera sem lifa í köldum sjó, og á miklu dýpi, sé ógnað.

Rannsóknir benda til þess að sýrustig sjávar hafi haldist nokkuð stöðugt síðustu 800 þúsund árin, og jafnvel síðustu 20 milljón árin. Hinsvegar, ef litið er lengra aftur í jarðsöguna, má finna vísbendingar um að stór hluti kalkmyndandi lífvera í sjó hafi dáðið út (e. mass extinction events) ásamt vísbendingum um aukningu á CO₂ í andrúmsloftinu. Þessi staðreynd vekur upp spurninguna: Munu athafnir mannsins valda næstu stórkostlegu útrýmingu kalkmyndandi dýra í hafinu?

Nauðsynlegt er að rannsaka núverandi tengsl kalkmyndandi lífvera og kalkmettunar og eru hafsvæði Íslands kjörin til þess, þar sem fyrir liggja langtímagögn um karbónatkerfi sjávarins fyrir norðan og sunnan land.

Hér verður greint frá doktorsverkefni H.E. sem byggir á þremur þáttum:

1. Samantekt gagna um búsvæði lífvera í Íslandshafi og samanburði við gögn um kalkmettun sjávar.
2. Athugunum á efnafræði CO₂ í sjó við Íslandstrendur þar sem ferskvatnsáhrifa gætir.
3. Mati á áhrifum aukins CO₂ í sjó á lífverur með tilraunum.

Sveimur jökulalda í mótun við Múlajökul: einstakur á heimsvísu?

Ívar Örn Benediktsson¹, Mark Johnson², Anders Schomacker¹, Alessa Janine Geiger³ og Amanda Ferguson⁴

¹Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands, ²Geovetercentrum, Göteborgs Universitet, ³Department of Geographical and Earth Sciences, University of Glasgow, ⁴Department of Geography, Queen Mary, University of London

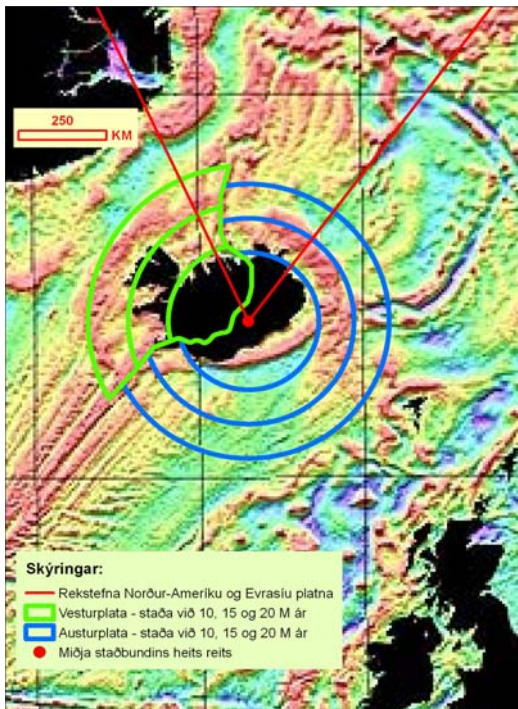
Múlajökull er framhlaupsjökull sem gengur suðaustur úr Hofsjökli. Hörfun jökulsins eftir síðasta framhlaup árið 1992 hefur leitt í ljós sveim jökulalda við jökulsporðinn, frá suðvestri til norðausturs. Sveimurinn samanstendur af meira en 50 samhliða jökulöldum sem eru 90-320 m langar, 30-105 m breiðar og 5-10 m háar. Setlagafræðilegar rannsóknir á jökulöldunum gefa til kynna að þær séu samsettar úr mörgum lögum af botnurð sem orðið hafa til við aflögun undirlagsins í framhlaupum jökulsins. Yngsta botnurðarlagið sker eldri lögin með roffleti sem fylgir yfirborði jökulaldanna. Jökulöldurnar eru því myndaðar við samspil setmyndunar og rofs í framhlaupum jökulsins. Sveimurinn heldur því áfram að mótast, með myndun nýrra jökulalda og mótun hinna eldri, svo lengi sem framhlaup halda áfram í Múlajökli. Þessi sveimur er sá eini í heiminum sem er í mótun svo vitað sé, og því kjörin hliðstæða (og e.t.v. sú eina) við Pleistósen jökulaldasveima. Líklegt er að víðar séu sveimar jökulalda í mótun undir nútímajöklum, en að hörfun jöklanna sé enn of skammt á veg komin til að fletta hulunni af jökulöldunum.

Samspil gosbelta og heits reits undir Íslandi með hliðsjón af jarðlagagerð, rekstefnu og ójöfnum rekhraða meginflekka

Jóhann Helgason

Landmælingar Íslands, Stillholt 16-18, 300 Akranes

Afstæð hreyfing um rekbelti Íslands er vanalega leyst upp í austur og vestur þætti eins og sjá má á nýlegum sprungum á mótum flekka Norður-Ameríku og Evrasíu. Nýlega lauk mjög nákvæmri endurmælingu á grunnstöðvaneti landsins (ISNET2004; Guðmundur Valsson o.fl.



Mynd 1. Myndin sýnir færslu landsins fyrir 10, 15 og 20 milljónum ára á Vesturlandi (grænar línur) og á Austurlandi (bláar línur) út frá heitum reit á landinu suðaustanverðu. Rauðu línurnar sýna mestu rekstefnu, þ.e. N25°V á Vesturlandi og N37°A á Austurlandi.

við rek í þá stefnu sem hraðinn náði hámarki. Sé litið á færslu landsins í framangreindar stefnur fyrir 10, 15 og 20 milljónum ára verður hún 227 km, 340 km og 454 km á Vesturlandi en 200 km, 300 km og 400 km á Austurlandi, eins og sýnt er á meðfylgjandi mynd.

Hvað varðar tengsl landreks og heits reits undir Íslandi getur flutningur landsins til norðurs annars vegar skýrt tilvist Tröllaskaga hásléttunnar fyrir norðan heita reitinn og hins vegar verulega þykkun skorpu á sunnanveru landinu. Þannig væri Tröllaskagi í útjaðri heita reitsins en syðsti hluti landsins bæri ummerki þess að þar leggst gosmiðja sífellt yfir eldri skorpu, eins

2007). Þá voru 115 punktar, jafndreifðir yfir landið, endurmældir og fundin algild hreyfing þeirra fyrir 11 ára tímabil, frá 1993 til 2004. Úr mælingunum fengust einnig niðurstöður um rekstefnu fjær rekbeltinu, sem hér verða túlkaðar í ljósi langtíma hreyfinga á landinu austan- og vestanverðu. Mælingarnar sýna berlega að norðurfærsla landsins er mun meiri en austur-vesturfærslan. Gerð er grein fyrir þrem þáttum þessara mælinga og hvaða áhrif þeir kunna að hafa á jarðfræðilega uppbyggingu landsins. Þessir þrír þættir eru: 1) rekhraði og rekstefna hvors flekka um sig, 2) færsla landsins til norðurs og 3) tengsl landreks og heits reits undir Íslandi. Síðan verður vikið að mögulegum áhrifum ofangreindra þátta á gosbeltaskipan landsins og landgrunnið umhverfis Ísland. Gengið er út frá því að heiti reiturinn undir Íslandi hafi verið á svipuðum slóðum sl. 20 milljón ár og að landið færist óháð reitnum.

Meðalrekhraði á Vesturlandi á tímabilinu 1993-2004 var 2,27 cm/ár í stefnu N25°V en um 1,99 cm/ár í stefnu N37°A á Austurlandi. Er þá miðað

og skjálftamælingar hafa löngum gefið til kynna. Hin hvassa landgrunnsbrún fyrir suðurströndinni er í samræmi við nýmyndun skorpu á því svæði.

Hærri rekhraði á Vesturlandi ætti að leiða til þynnri skorpu þar og minni ummyndunar almennt. Þá má skýra setlög og rof um jarðlagaskil á Vestfjörðum og Vesturlandi svo að upphleðsla jarðlaga þar sé minni og/eða að þar hafi hlé í upphleðslu og eldvirkni varað mun lengur samanborið við Austfirði. En til þess bendir samanburður á upphleðsluhraða blágrýtishlaðanna á Vestfjörðum, Mið-Norðurlandi og Austfjörðum. Færri setlagabelti á Austurlandi benda til þess að upphleðslan þar hafi verið stöðugri og kraftmeiri en á Vesturlandi. Af framansögðu leiðir að upphleðsla hvors fleka um sig, þ.e. basalhlaðanna tveggja á Vestfjörðum og Austfjörðum, er að mestu leyti sjálfstæð. Hlé í upphleðslu á Vesturlandi þýðir ekki hlé á Austfjörðum, þvert á móti, og aðrir eiginleikar, svo sem upphleðsluhraði, skorpubykk og hugsanlega bergefnafræði eru sjálfstæð fyrir hvorn fleka.

Heimild:

Guðmundur Þór Valsson, Þórarinn Sigurðsson, Christof Völksen og Markus Rennen.
ISN2004. Niðurstöður úr endurmælingum grunnstöðvanets Íslands. Skýrsla með
tæknilegum niðurstöðum nr. L02030012, Landmælingar Íslands, Akranesi, 2007.

Flæði koltvíoxíðs frá bruna um Norðurhöf inn í djúpsjávar- hringrás hafsins

Jón Ólafsson^{1,2}

¹Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands, Öskju, Sturlugötu 7, jo@hi.is ²Hafrannsóknastofnun, Skúlagötu 4, 101 Reykjavík, jon@hafro.is

Heimshöfin eru talin geyma um 45% þess koltvíoxíðs sem borist hefur til andrúmslofts með bruna, sementsframleiðslu og breytingum á gróðri þurrlendis frá upphafi iðnvæðingar. Annars væru gróðurhússáhrif enn meiri en raun ber vitni. Nú á dögum nálgast koltvíoxíðlosunin 9 Pg/ár og heimshöfin binda 2,3 Pg/ár eða um 26%. Á sumum hafsvæðum jarðar er árlegt heildarflæði frá lofti til sjávar en á öðrum er það öndvert, úr sjó til lofts. Svæði í Norður-Atlantshafi taka upp mikið koltvíoxíð og Atlantshafið geymir meira koltvíoxíð frá bruna en hin heimshöfin, Indlandshaf og Kyrrahaf. Þetta er afleiðing af yfirborðsstraumakerfi Atlantshafsins sem flytja hlýsjó til norðurs sem kólnar í Norðurhöfum og myndar djúpsjó sem flæðir yfir Grænlands-Íslands-Færeyja-Skotlands hryggina og er drifkraftur hita-seltu hringrásar heimshafanna.

Frá 1983 hefur koltvíoxíð verið rannsakað ársfjórðungslega í sjó norðaustan og suðvestan Íslands. Fyrst einungis í yfirborðssjó en frá 1991 einnig í djúpsjó. Þær mælingarunur veita innsýn í viðbrögð hafsins við vaxandi styrk koltvíoxíðs í andrúmslofti. Þar með kemur fram hvort geta þessara svæða til að draga til sín koltvíoxíð haldist stöðug, ennfremur sést hvernig sívaxandi koltvíoxíðstyrkur leiðir til hliðrana á efnajafnvægjum karbónatkerfisins, breytinga á sýrustigi. Af mælingum á djúpsjó norðan Grænlands-Íslands-Færeyja hryggja má sjá hvernig koltvíoxíð berst þá leið í djúpstraumakerfið sem líklega mun geyma það í 1000 ár.

Þessar rannsóknir hafa verið unnar í nokkrum Evrópuverkefnum, nú síðast í CARBOOCEAN sem lauk um síðustu áramót og í EPOCA, European Project on Ocean Acidification, sem hófst 2008.

A simplified model of Tertiary rift-jumps and a migrating transform zone in West Iceland

Maryam Khodayar

Iceland GeoSurvey (ÍSOR), Grensásvegur 9, 108 Reykjavík, Iceland, mak@isor.is

The revived interest in the evolution of plate boundaries in Iceland gives an opportunity to present my newly published geological map of Hallarmúli in West Iceland and to discuss its tectonics in terms of unstable Tertiary rift and transform zones.

The bedrock and tectonics of Hallarmúli were mapped at the scale of 1:20.000 [1]. The series of Hallarmúli are above the Hreðavatn unconformity, aged 7/6 Ma [e.g. 2]. Limited outcrops below the unconformity were also mapped. They are 15/13 Ma [e.g. 2 and 3] to 5 Ma [4]. Hallarmúli does not have a fracture pattern typical of rift fissure swarms alone, and tectonics is polyphase. WNW faults are prominent, as they were reactivated during the formation of Quaternary Snæfellsnes Volcanic Zone. Excluding the WNW set, faults and especially dykes strike northerly and ENE, then NNE, NNW and E-W. Faults have normal and strike-slip motions. Dykes are injected into both fault types, and rare reverse faults are associated with sills and dykes. Dykes are thicker below the unconformity and fault throw is higher. Generally they decrease above the unconformity in Hallarmúli with the exceptions of three major faults, i.e. the northerly Norðurá and the Mjóavatn Faults, and the WNW striking Glitstaðir graben. The Grábrók cones erupted during pre-historic times likely at the intersection of the Norðurá Fault and the southwest boundary of the Glitstaðir graben. The Norðurá Fault also acts as a regional structure in the present-day geothermal activity.

Adjacent to Hallarmúli, the Reykjadalur [3] and Hafnarfjall-Skarðsheiði [5] Tertiary central volcanoes also display a tectonics atypical of rift fissure swarms alone. To explain this tectonics, I suggest a conceptual model on the basis of available ages of tectonic elements and data from Hallarmúli (Fig. 1). Note that this preliminary model does not address all aspects of Tertiary plate boundaries for which additional data should be included. The simplified model suggests that:

An early rift, the Snæfellsnes Rift Zone (SRZ), was active from 15-13 to 5 Ma (Fig. 1a). Around 7/6 Ma, a new rift segment began to form farther east with Hallarmúli as the first sign of a central volcano (Fig. 1b). An E-W transform zone (the Borgarfjörður Transform Zone-BTZ), similar to the South Iceland Seismic Zone, may have connected the two rift segments. Five sets of Riedel shear fractures form within such a shear zone, of which the northerly set is the most dominant (Fig. 1c). Transform zone fractures formed along with the rift-parallel fissure swarms due to the co-existence of both types of plate boundaries in West Iceland.

Between 6 and 5 Ma, rifting and transform faulting became more active to the north at the latitude of Reykjadalur (Fig. 1d). Around 5 Ma the activity concentrated to the south at Hafnarfjall-Skarðsheiði, probably causing also a clockwise block rotation (Fig. 1e). From 4 Ma, similar jumps of rift segments and transform zone repeated south- and eastwards until the development of the Reykjanes-Langiökull Rift Zone (Fig. 1f). Anomalies in temperature gradients in Borgarfjörður may coincide with some of the underlying Tertiary plate boundaries structures.

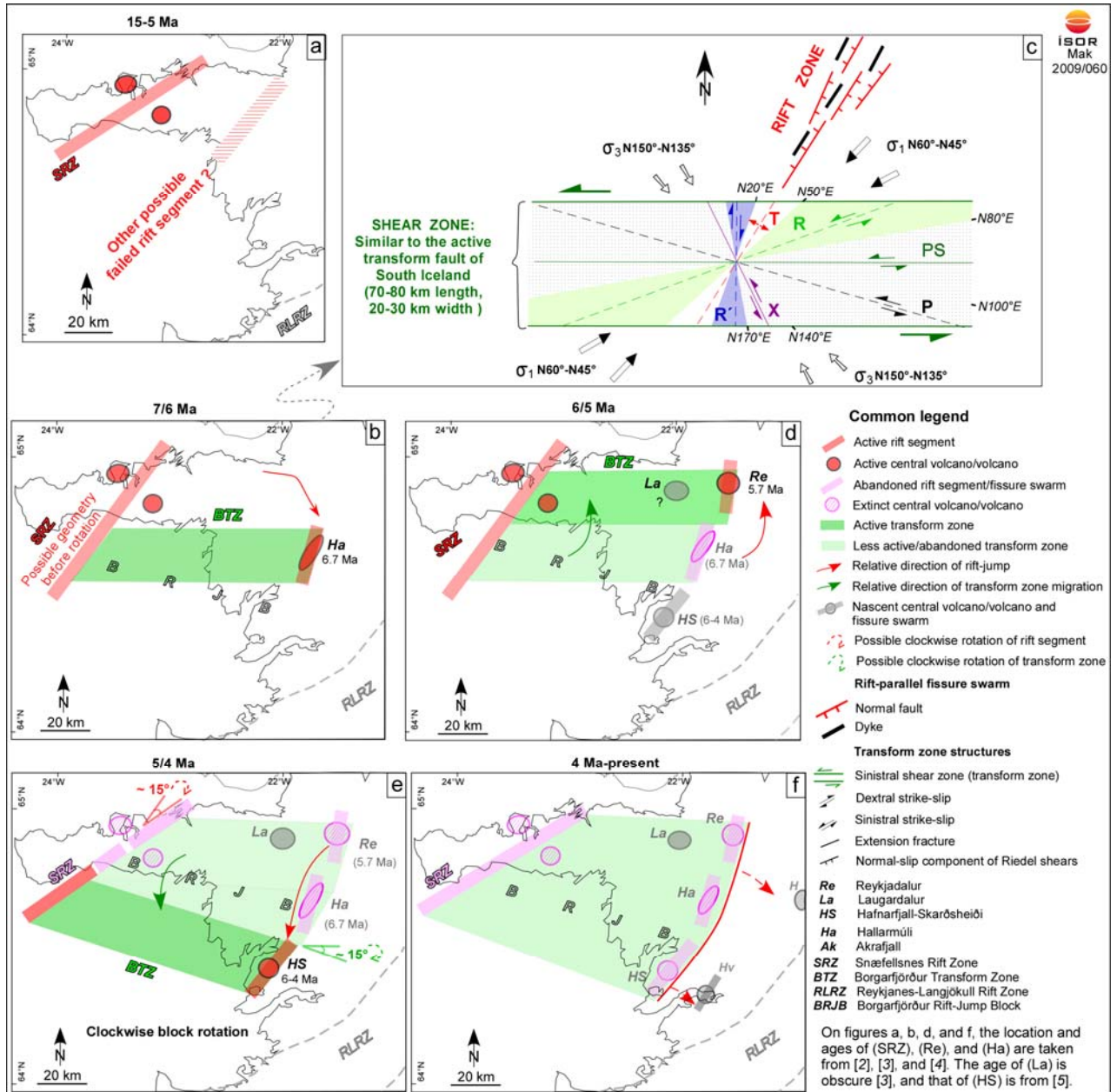


Figure 1. Conceptual model of rift-jumps and a migrating transform zone in West Iceland (a, b, d, e, f) after [1]. Ages are from authors as cited above, under the legend. Strike ranges of Riedel shears within an active transform zone (c) after [6].

- [1] Khodayar, M. 2009. *ÍSÖR-2009/060*, 23p., 1 map.
 [2] Jóhannesson, H. 1980. *Náttúrufræðingurinn*, 50, 13-31.
 [3] Jóhannesson, H. 1975. *Ph.D. thesis, University of Durham, United Kingdom*, 273 p.
 [4] Kristjánsson, L., and Jóhannesson, H. 1999. *Earth Plan. Sp.* 51, 261-276.
 [5] Franzson, H. 1978. *Ph.D. thesis, University of Edinburgh, Scotland*, 264 p.
 [6] Khodayar, M., and Franzson, H. 2007. *J. Struct. Geol.*, 29, 898-91.

Setlagadældir í íslenskum gosbeltum

Leifur A. Símonarson

Háskóli Íslands, Jarðvísindastofnun Háskólans, Öskju, Sturlugötu 7, 101 Reykjavík

Þrjár setlagadældir hafa myndast í íslensku gosbeltunum. Ein er á Tjörnesi og undir Skjálfanda í nyrðra gosbeltinu, önnur undir Mýrdal og út undir Vestmannaeyjar í eystra gosbeltinu og sú þriðja í gosbeltinu á Snæfellsnesi og nær hún frá Grundarfirði í austri til Skarðslækjar í vestri. Þykkar setlagasyrpur einkenna allar setlagadældirnar og allmikið er af lífveruleifum (steingervingum) í þeim og hafa þær gefið okkur þýðingarmiklar upplýsingar um dýra- og plöntulíf, loftslag og ástand sjávar síðustu 4,5 milljónir ára. Umfang setlagadældanna er ekki nákvæmlega þekkt allstaðar, en þykkt jarðlaga í þeim er allt að því 1100 m. Auk setlaga hafa hraunlög og móbergsmýndanir fyllt þær á mismörgum tíma. Ef til vill er þó dældin undir Suðurlandi ennþá að bæta í sig.

Tjörnesdældin hefur fyllst af setlögum sem hafa sest til í sjó, en einnig er í henni landrænt set, gjóskulög og hraunlög. Tjörneslögin mynda neðri helming þessara jarðlaga, en þau byrjuðu að hlaðast upp fyrir rúmlega 4,5 milljónum ára og líklega lauk þessari upphleðslu með Breiðavíkurlögum þegar hraunlög kennd við Máná þöktu þau fyrir um það bil 1,1 milljónum ára. Jarðlög í Tjörnesdældinni virðast því hafa myndast í lok tertíertímabils (á plíósentíma) og á ísöld (á pleistósentíma). Í setlögum frá ísöld ber allmikið á jökulrænu seti.

Í Suðurlandsdældinni er mikið af sjávarseti, móbergsmýndunum og hraunlögum. Sethnyðlingar (xenoliths) með sædýra- og plöntuleifum hafa fundist allvíða í Mýrdal sem og í Heimaey og Surtsey. Þeir hafa komið upp með gosefnum þegar þau brutu sér leið til yfirborðs. Í hnyðlingum í Skammadalaskömbum í Mýrdal hafa fundist leifar lindýrategunda sem benda eindregið til þess að aldur þeirra sé sambærilegur við aldur krókskeljalaga (*Serripes* Zone) á Tjörnesi. Þær gætu því verið allt að því 3,6 milljóna ára. Í meira en 1500 m djúpri holu sem boruð var í Heimaey komu í ljós a.m.k. 700 m þykk setlög, að mestu sjávarset, og í 551 m djúpri holu í Vík í Mýrdal eru a.m.k. 300 m þykk setlög. Bylgjubrotsmælingar á Suðurlandi benda og til þess að þar geti leynst önnur setsyrpa á ennþá meira dýpi. Setlagadældin undir Suðurlandi virðist dýpka í suðvesturátt út undir Vestmannaeyjar þar sem sethnyðlingar hafa fundist í yfirborðslögum, en flestir þeirra eru ungir og frá nútíma (hólósentíma). Setlagadæld þessi gæti því ennþá verið að fyllast.

Snæfellsnesdældin er yngst og grynnt þessara setlagadælda, en elstu lögin í henni eru varla mikið eldri en 1,2-1,3 milljóna ára. Yngstu setlögin vestast í dældinni virðast vera um 700.000 ára gömul. Það er því ljóst að fyllingin í þessari dæld hefur öll sest til á ísöld, enda má sjá ummerki jökuls hér og þar og jökulbergslög hafa víða fundist. Sædýraleifar neðst í setlögum í Búlandshöfða benda til þess að kaldsjávarfána hafi lifað við Vesturland þegar þessi hluti laganna var að hlaðast upp. Má þar nefna tegundir eins og jökultoddu (*Portlandia arctica*) og turnrósa (*Tachyrhynchus erosus*). Elstu lögin í setlagadældinni á Snæfellsnesi virðast vera af svipuðum aldri og yngstu lögin í Tjörnesdældinni.

Nýjar athuganir á segulstefnum hraunlaga á Reykjanesi sem tilheyra Skálamælifellsfrávik jarðsegulsviðsins

Leó Kristjánsson¹ og Ágúst Guðmundsson²

¹Jarðvísindastofnun Háskólans, Öskju, Sturlugötu 7. ²Jarðfræðistofan ehf, Rauðagerði 31.

Við kortlagningu um 1974 fundust óvenjulegar segulstefnur í hraunum á nokkrum stöðum á Reykjaneseskaga austan Grindavíkur. Á árabílinu 1978-2001 voru borkjarnar teknir vítt og breitt á skaganum til segulmælinga í rannsóknastofu (Leó Kristjánsson, 2003). Þær leiddu í ljós að fjölmörg hraunlög í nokkrum lágum hryggjum og stökum stöpum höfðu mjög svipaðar segulstefnur, samsvarandi jarðsegulskauti (e. virtual pole) í Austur-Kyrrahafi um 10° sunnan miðbaugs. Þarna er meðal annars um að ræða Siglbergsháls, Hraunssels-Vatnsfell, Einihlíðar, Höfða og Skálamælifell, sem þetta jarðsegulsviðsfrávik (e. excursion) hefur verið kennt við. Reikna má með að öllum þessum hraunum hafi gosið á mjög stuttu tímabili (< fáeinir aldir) og sama má segja um ýmsar móbergsmýndanir í grennd þeirra. Jarðsegulsviðið var þá óvenju veikt. K-Ar aldursgreiningar birtar árið 1990 gáfu meðalaldur um 43 þúsund ár og hefur verið ályktað að frávikíð sé frá tíð hins skammlífa Laschamp-umsnúnings meginsegulsviðs jarðar en jarðlög tengd því er að finna í Frakklandi, Nýja Sjálandi og víðar.

Segulstefnumælingarnar 1978-2001 voru gerðar á aðeins 1-2 sýnum úr hverri opnu. Í tengslum við nýja tilraun bandaríksk aðila til Ar-Ar aldursgreininga á þessu jarðsegulsviðsfrávik hér hafa á árunum 2008-2009 verið framkvæmdar ítarlegar mælingar á um 200 sýnum úr opnum á sjö stöðum. Einnig birtust á síðasta ári niðurstöður úr mælingum þýssks leiðangurs á stefnu og styrk fornsegulsviðsins úr öðrum fráviksopnum, ásamt mælingum á sýnum úr Fagradalsfjalli, þar sem mörg hraun hafa aðra sérkennilega segulstefnu (Ferk og Leonhardt, 2009).

Einn tilgangur mælinganna 2008-2009 var að kanna hvort greina megi breytingar á jarðsegulsviðinu meðan yfir stóð upphleðsla þeirra lágu hryggja og stapa þar sem tvær eða fleiri opnur eru aðgengilegar í öruggri aldursröð. Segulmælingarnar eru nokkuð erfiðar vegna þess hve hin upphaflega segulmögnun hraunanna er oft dauf og óstöðug, svo og vegna truflandi áhrifa seigjusegulmögnunar og stundum eldinga. Staðbundnar segulsviðsóreglur (e. anomalies) þarna virðast aftur á móti hafa minni kerfisbundin áhrif á segulstefnurnar en búist var við. Niðurstöðurnar benda til þess að halli jarðsegulsviðsins hér hafi aukist meðan a.m.k. tvö af fjöllum voru að myndast. Af því má draga ályktun um að gosvirkni hafi þá verið að færast frá austri til vesturs.

Tilvist þessara jafnaldra jarðlaga getur veitt stuðning við öflun frekari þekkingar á ýmsum þáttum í síðkvarterjarðfræði Reykjaneseskagans, svo og á umhverfisskilyrðum á borð við sjávarstöðu og legu jökuls á svæðinu. Má til dæmis ætla að jökull á myndunartíma lágu stapanna hafi verið lágur, þunnur og náð takmarkað til strandar á norðanverðum Reykjanes-skaga. Samkvæmt aldursgreiningunum frá 1990 hefur það verið fyrir 40-50 þúsund árum.

Sem stendur er hinsvegar óvíst hvort ofan nefnd ný tilraun til Ar-Ar aldursgreininga á þessum gosmyndunum muni skila árangri.

Heimildir

Leó Kristjánsson, 2003. Paleomagnetic observations on Late Quaternary basalts around Reykjavík and on the Reykjanes peninsula, SW-Iceland. Jökull 52, 21-32.

Ferk, A. og R. Leonhardt, 2009. The Laschamp geomagnetic excursion recorded in Icelandic lavas. Phys. Earth Planet. Interiors 177, 19-30.

Orka sprengigosa og skipting hennar þætti: Grímsvatnagosið 2004

Magnús T. Guðmundsson¹, Bernd Zimanowski², Ralf Buettner², Piero Dellino³, Tanya Jude-Eton⁴, Þorvaldur Þórðarson⁴, Björn Oddsson¹, Þórdís Högnadóttir¹ og Guðrún Larsen¹

¹Jarðvísindastofnun Háskólans, Háskóla Íslands, Sturlugötu 7, 101 Reykjavík, ²Universität Würzburg, Würzburg, Þýskalandi, ³University of Bari, Bari, Ítalíu, ⁴University of Edinburgh, Edinborg, Skotlandi

Í sinni einföldustu mynd má lýsa eldgosum sem flutningi orku úr iðrum jarðar upp til yfirborðs. Svo almenn lýsing hefur takmarkað hagnýtt gildi og segir næsta lítið um hegðun eldgosa. En skilningur á því í hvað orka eldgosa fer gefur mikilvæga innsýn. Þó sprengigos séu mjög kröftug er svo til öll orka þeirra fölginn í varma gosefnanna. Sú orka dreifist og tapast á ýmsa vegu, en yfirleitt er reiknað með að plínísk sprengigos losi mest alla sína orku út í andrúmsloftið gegnum gosmökk. Í freatómagmatískum gosum tapast að auki orka til vatnsins sem umlykur gíginn, gegnum upphitun og suðu. Í gosum sem verða í jöklum fer oft stór hluti orkunnar í bræðslu íss. Hingað til hafa erfiðleikar við að mæla orkuþættina valdið því að fáum rannsóknaniðurstöðum hefur verið til að dreifa um þetta efni, ef frá er talið Gjálpargosið sem varð að langmestum hluta undir jökli. Undanfarin ár hefur farið fram nákvæm rannsókn til að meta orkuflæði í eldgosinu í Grímsvötnum í nóvember 2004. Það stóð dagana 1.-6. nóvember og gosefnin voru eingöngu basísk gjóska. Um helmingur gosefna sat eftir í 700 m löngum, 500 m breiðum og 150-200 m djúpum ískatli umhverfis gígana. Hinn hlutinn barst með gosmekki til norðurs og norðausturs og myndaði þar skýran gjóskugeira sem lá að mestu innan Vatnajökuls. Öskufalls varð þó vart á Norðausturlandi, og einhver óvera barst á haf út norður af landinu. Ýtarlegar mælingar á stærð gjóskugeirans, þykkt gjóskunnar í katlinum og eðlismassa hennar hafa gert það kleift að meta nokkuð nákvæmlega heildarmassa gosefna ($5,7 \cdot 10^{10}$ kg) og heildarorku þeirra ($7 \cdot 10^{16}$ J - óvissa í báðum tölum er 15%). Með mælingum á ísbráðnun í gosinu og eftir það, kornastærðargreiningu gosefnanna, skiptingu gjóskunnar í mismunandi gerðir korna og mælinga á tilraunastofu á varmarýmd og fleiri efniseiginleikum, hefur verið lagt mat á hvernig varmaorka gosefnanna dreifðist í: (a) orku sem fór í að bræða ís, (b) upphitun bræðsluvatns, (c) orku sem varð eftir sem hiti í gjóskubingnum í ískatlinum, (d) hreyfiorku gosefna í sprengigosinu, og (e) orku sem fór í að rífa sundur kvikuna og búa til gjóskukorn. Niðurstöðurnar sýna að rúmlega 30% fór í ísbráðnun, um 15% varð eftir sem varmaorka í gosefnum og bræðsluvatni eftir gosið, en hreyfiorka var hverfandi (<0,4%) þó svo mestur hluti gosefnanna hafi ruðst upp úr gígnum á hraða sem var um 100 m/s. Orka sem fór í að tvístra kvikunni nam 5-10% af heildinni. Eftir standa þá um 45% orkunnar sem fóru í að knýja gosmökkinn, þ.e. lyfta honum upp í 6-10 km hæð þá 33 tíma sem meginfasi gossins stóð. Þessar niðurstöður setja nýjar og þrengri skorður á orkuflutning í gosmökkum, a.m.k. hvað varðar þessa gerð eldgosa.

Nordsim mælingar á stöðugum samsætum í íslenskum gjóskulögum og nútímahraunum

Olgeir Sigmarsson^{1,2}

¹Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands, 101 Reykjavík. ²Laboratoire Magmas et Volcans, CNRS-Université Blaise Pascal, 63038, Clermont-Fd, France

Nordsim er skammstöfun á norrænu samstarfsverkefni um massagreiningar á þungum sem léttum samsætum og hlutföllum þeirra. Nordsim (skammstöfunin fyrir „NORDic Secondary Ion Mass spectrometry“) er massagreininir (Cameca IMS1280) sem byggir á jónun sýnis með árekstri við súrefnis- eða cesíumjónir sem skotið er úr svonefndri jónabyssu (ion-gun) á yfirborð sýnis sem í skal mæla snefilefnastyrk eða samsætuhlutföll. Stærsti kostur tækisins er að samsætuhlutföll má greina *in situ* t.d. í glerörðum eða steindum. Hingað til hefur tækið aðallega verið notað við U-Pb aldursgreiningar á gömlum zirkon-steindum úr baltíska skildinum og frá Grænlandi, en mælingum á styrk snefilefna og léttari samsætuhlutfalla, $^{10}\text{B}/^{11}\text{B}$, $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ sem og samsætum brennisteins, fer fjölgandi. Frá og með árinu 2010 eru Íslendingar fullgildir þátttakendur í þessu samstarfi og geta sótt um aðgang að þessum „jónaprób“ (ion probe) á sama grundvelli og aðrir Norðurlandabúar, en tækið er staðsett á Náttúrugripasafni Svíþjóðar í Stokkhólmi (sjá www.nrm.se).

Mælingar á $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ í ólivínsteindum með sambærilegum „jónaprób“ í eigu CNRS (Nancy, Frakklandi) sýna að þær eru flestar framandsteindir í ójafnvægi við basaltkvikurnar sem mynduðu stóru nútímahraunin á Suðurlandi. Kjarni steindanna hefur delta ^{18}O upp undir 5,2 ‰ sem er í jafnvægi við möttulbráð en rimi þeirra hefur allt 3 ‰ lægri gildi. Niðurstöður þessar benda til kvikuþróunar í opnu kerfi. Jafnframt kalla þær á endurskoðun mats á kvikuafgösum sem byggð er á styrkmælingum rokjarnra efna í glerinnlyksum ólivína. Fyrstu mælingar með Nordsim „jónapróbnum“ á bóronstyrk í íslenskum gjóskulögum staðfesta að bóron hegðar sér sem utangarðsefni í kvikuferlum. Mælingar við gasblöðrur og fjærri þeim gefa sömu niðurstöður og bóron virðist því ekki leita í gasfasann við eldgos. Styrkur bórons eykst hundraðfalt við ummyndun gjóskukorna og er allt að 125 ppm í palagóníti miðað við 1,3 ppm í fersku siderómelan gleri. Sýnt verður hvernig bóronstyrkur sem og samsætuhlutfall bórons tengist ummyndunarumhverfi gjóskunnar.

Fault map of the Hjallar-Heiðmörk part of the Krísuvík fissure swarm, SW-Iceland

Páll Einarsson, Ásta Rut Hjartardóttir, Benedikt G. Ófeigsson, Þorbjörg Ágústsdóttir, Þórhildur Björnsdóttir, Gísli Örn Bragason, Ásgeir Einarsson and students of Current Crustal Movements in the Faculty of Earth Sciences, University of Iceland 2009

Institute of Earth Sciences, University of Iceland

Field projects of students in the course Current Crustal Movements at the University of Iceland last year was conducted within the fissure swarm of the Krísuvík volcanic system in SW-Iceland. An almost complete map of the Hjallar-Heiðmörk part of the swarm is presented here. The Krísuvík volcanic system is a part of the Reykjanes Peninsula oblique rift, a branch of the mid-Atlantic plate boundary. The fissure swarms of individual volcanic systems have a NE-trend, oblique to the plate boundary, trending 70° . The plate boundary is highly oblique with respect to the spreading direction, which is 104° in this region. The fissure swarms therefore fade out towards the NE as they extend into the North-America Plate. The main objectives of the research are to obtain a homogeneous data set on the fracture pattern at the end of a fissure swarm and to reconstruct the history of faulting in the Holocene. The research area is mostly covered by interglacial lava formations but Holocene lavas have covered parts of it. In the last year the Krísuvík volcanic system has received increasing attention because of potential harnessing of geothermal power there and the occurrence of an inflation event of unknown origin.

Faults and fractures were mapped from aerial photographs in the lab, but subsequently verified in the field by taking a GPS-instrument along them around them. Fault throws were determined by taking profiles transverse to the normal faults, as well as along them on both the footwall and hanging wall. The area was systematically searched for evidence of Holocene fracturing. Most of the fractures strike parallel to the fissure swarm itself, i.e. NE. Individual fracture may deviate from this, and parts of the swarm have a wavy appearance. Fractures are not evenly distributed. Two subswarms may be identified, one bounded on its west side by the large Hjallar faults, the other is discernible in the hills between Hvaleyrvatn and Vífilsstaðavatn.

What's up below Eyjafjallajökull volcano? – relations between seismicity and deformation

Rikke Pedersen¹, Freysteinn Sigmundsson¹ and Pall Einarsson²

¹Nordic Volcanological Center, Jarðvísindastofnun, Háskóla Íslands, Sturlugötu 7, 101 Reykjavík.

²Jarðvísindastofnun, Háskóla Íslands, Sturlugötu 7, 101 Reykjavík

In Icelandic volcano monitoring, the currently two most applied surveying tools are observations of seismicity and surface deformation. Magma migration within the Earth's crust is frequently associated with seismic activity, often occurring as distinct earthquake swarms. Understanding the exact nature and significance of these swarms is important when evaluating volcanic crisis situations. There seem, however, to be no general correlation between the amount of seismic energy release, and the rate and volume of magma on the move, which may complicate an immediate risk evaluation.

It has previously been shown that stressing rate appears as the controlling factor on the occurrence of seismicity during intrusion. However, we emphasize that this is only true under specific circumstances. Other factors influence the evolution and resulting seismic energy release of a magmatically induced seismic swarm, and each intrusion scenario needs to be evaluated separately.

Based on three case studies from Iceland, where seismic swarm activities have been confirmed through deformation measurements to be related to magmatic movements, we have evaluated potential controlling factors on earthquake swarm activity. The relationship between the volume change and the associated cumulative seismic energy release varies by several orders of magnitude. We suggest that, in a general approach, the most important factor governing the level of seismic energy release is the background stress state, whereas the stressing rate only plays a dominant role when either a) stress in the intruded area is close to the yield strength before intrusion or b) when the intrusion is extraordinarily voluminous or rapid.

The current seismic activity at Eyjafjallajökull appears to be more vigorous than the previous episodes in the 1990s. The cumulative seismic moment release for the current activity (at the time of writing) exceeds the cumulative seismic moment for the swarms in the 1990s by more than an order of magnitude. However, the observed deformation is still comparable to the previous events, suggesting a comparable volume increase. The current level of seismic activity may therefore be related to the increase in background stress state caused by the intrusions of the 1990s, resulting in elevated seismic energy release for an otherwise comparable magmatic episode.

The observations here reported stress the importance of a multi-instrumental approach to volcano monitoring, as observations of only a single parameter (such as seismicity) may lead to misconceptions in relation to the appropriate alert level for a given volcano. Interpretations should rather be based on a variety of geophysical observations, and preferably also include geochemical data, for reliable interpretations to be made.

Áhrif hlýnandi veðurfars á kolefnishringrás jarðvegs á Íslandi

Rannveig Anna Guicharnaud¹, Graeme Paton² og Ólafur Arnalds¹

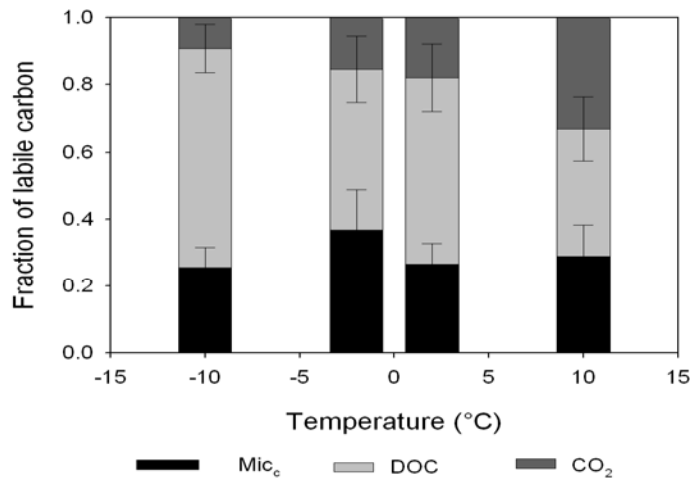
¹Lanbúnaðarháskóli Íslands, Keldnaholti, 112 Reykjavík og ²Háskólinn við Aberdeen, 23 St. Machar Drive, Skotlandi.

Jarðvegur arktíska heimsskautasvæðisins inniheldur allt að 11% af öllu kolefni sem bundið er í jarðvegi á heimsvísu (Schimel og Mikan, 2005) en jarðvegur hinna norrænu breiddargráða allt að 60% af jarðvegskolefnisforða heimsins (Hobbie et al, 2002). Landsvæði norrænna slóða verða fyrir hvað mestum áhrifum loftslagsbreytinga og má þar helst nefna hlýnandi veðurfar, aukna úrkomu, minni snjóþekju og aukin frost og þýðu ferli (IPCC, 2007). Hlýnandi veðurfar getur leitt til þess að örveruvirkni jarðvegsins eykst og þar með niðurbrot kolefnis á formi koltvísýrings (CO₂) og uppleysts lífræns kolefnis (DOC) en talað er að um losun kolefnis úr sífrera jarðvegi geti aukist árlega um 43% (Elberling, 2003).

Jarðvegur á Íslandi hefur mikinn kolefnisforða vegna eldfjallaeiginleika sinna en veðrunarsteindir á borð við allófan (allophane) og ferrihydrit (ferrihydrite) auka verulega bindigetu hans. Einnig hefur veðurfar þar afgerandi áhrif. Á kaldari svæðum er örveruvirkni jarðvegsins lág og hamlar þar með niðurbroti lífrænna efna og eykur uppsöfnun þeirra í jarðvegi. Hlýnandi veðurfar getur því breytt jarðvegi úr því að vera kolefnissvelgur (carbon sink) yfir í að vera kolefnisuppspretta (carbon source).

Við athugun á áhrifum breytilegs hitastigs á örveruvirkni og kolefnislosun í íslenskum jarðvegi kom eftirfarandi í ljós:

1. Örveruvirkni, og þar með niðurbrot kolefnis, jókst í íslenskum jarðvegi við aukið hitastig (mynd 1).
2. Virkni jarðvegs mældist bæði fyrir ofan og neðan frostmark (við -10°C, -2°C, +2°C og +10°C) (mynd 1).
3. Niðurbrot kolefnis var fyrst og fremst háð framboði af uppleystu lífrænu kolefni sem jafnframt var háð hitastigi (mynd 1).
4. Niðurbrot á kolefni var ekki eingöngu háð hitastigi heldur einnig jarðefnafræðilegum þáttum. Í samanburði við jarðveg frá Skotlandi, var heildarkolefni bundið lífmassa jarðvegs mun hærri í íslenskum jarðvegi en virknin jafnframt meiri í skoskum jarðvegi. Var þetta fyrst og fremst háð móðurefni íslenska jarðvegsins en tilvist myndlausra veðrunarsteinda (allófans og ferrihydrits) og Al-húmus knippa (Al humus complexes) auka uppsöfnun kolefnis en á móti minnkar aðgengi örvera að lífrænu efni. Við það verður virknin minni og niðurbrotið hægara en almennt gerist.



Mynd 1. Hlutfall auðbrjótanlegs kolefnis í jarðvegi við 4 mismunandi hitastig eftir tveggja vikna hitastigsmeðferð við -10°C, -2°C, +2°C og +10°C. Hver súla er meðaltal ±1SE (n=3) (Guicharnaud et al., 2010).

Heimildir:

- Elberling, B.O., 2003. Seasonal trends of soil CO₂ dynamics in a soil subject to freezing. *Journal of Hydrology* 276, 159-175.
- Guicharnaud, R., Arnalds, O., Paton, G.I., 2010. Short term changes to microbial processes in Icelandic soils to increasing temperatures. *Biogeosciences* 7, 671-682.
- Hobbie, S.E., Schimel, J.P., Trumbore, S.E. and Randerson, J.R., 2000. Controls over carbon storage and turnover in high-latitude soils. *Global Change Biology* 6, 196-210.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007. *Climate change. Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Schimel, J.P., Mikan, C., 2005. Changing microbial substrate use in arctic tundra soils through a freeze-thaw cycle. *Soil Biology & Biochemistry* 37, 1411-1418.

The Neogene redbed horizons in Iceland – a high-resolution paleoclimate monitor driven by weathering processes

Morten S. Riishuus¹ and Dennis K. Bird²

¹Nordic Volcanological Centre, Institute of Earth Sciences, Askja, University of Iceland, Sturlugata 7, 101 Reykjavik, ²Department of Geological and Environmental Sciences, Stanford University, Stanford, California 94305, USA

Chemical weathering of lava, tephra and eolian dust of basaltic composition produces clays and iron oxide/hydroxide minerals preserved in reddened layers referred to as redbeds, boles or paleosols. We propose that the extent of weathering of Neogene redbeds in Iceland and the isotopic composition of structurally bound water in associated weathering clay preserve records of high-latitude paleoclimatic and hydrologic conditions. In support we present whole-rock geochemistry and smectite D/H compositions of redbed horizons from Iceland for comparative analysis with global paleoclimate trends and aberrations recorded in $\delta^{18}\text{O}$ compositions of deep-sea foraminifera, as well as local independent proxy data. Smectite δD values of 80 tephras in Iceland (~ 15 -2 Ma) display a general decrease in δD compositions from -110 to -105 ‰ at ~ 15 -13 Ma to -115 to -118 ‰ at ~ 3 -2 Ma correlate with the global cooling trend from the Mid-Miocene Climatic Optimum (17-15 Ma) to present day. Furthermore, estimated δD values of meteoric water in Iceland using a smectite-water fractionation factor, with the assumption of mean annual temperatures, give -50 ‰ (~ 3 -2 Ma, 2°C) and -42 ‰ (~ 15 -13 Ma, 10°C). These values are increasingly enriched in deuterium relative to present day meteoric water in Iceland (≤ -50 ‰), in agreement with global cooling since Mid-Miocene. Similarly, the extent of weathering expressed by the CIA-K index increases from ~ 40 at ~ 3 -2 Ma to ~ 80 at ~ 15 Ma suggesting enhanced chemical weathering rates during the warmer climate conditions. We suggest that the inverse correlations of the smectite δD maxima of tephras from Iceland with $\delta^{18}\text{O}$ minima of deep-sea foraminifera (=temperature maxima), and vice versa, indicate that weathered tephras monitor changes in meteoric water compositions, and as such changes in temperature. The inverse correlation of the terrestrial and oceanic paleoclimate proxies arise due to increasing δD of meteoric water with increasing temperature of the distillation process between ocean, atmosphere and continental meteoric water.

Íslensk náttúra og ábyrgð jarðfræðinga

Sigmundur Einarsson

Náttúrufræðistofnun Íslands, Hlemmi 3, 105 Reykjavík

Á ráðstefnu Vísindafélags Íslendinga um íslenskar jarðfræðirannsóknir fyrir liðlega tveimur áratugum sagði Þorleifur Einarsson m.a.: „Í öllum náttúru- og umhverfismálum er hlutur jarðfræðinga mikilvægur hvort sem er við undirbúning eða framkvæmdir við mannvirki svo og við eftirlit eða lausn vandamála.“ En að hve miklu leyti skyldu jarðfræðingar koma að framkvæmdum? Ætli þeir séu vel að sér í umhverfismálum? Stór hluti íslenskra jarðfræðinga vinnur við ráðgjafarstörf sem tengjast framkvæmdum af ýmsu tagi. Löngu er tímabært að velta fyrir sér hvort og þá hvaða ábyrgð jarðfræðingar bera gagnvart íslenskri náttúru. Horfa þarf til gildandi laga og reglugerða og einnig til siðfræðilegra þátta.

Í öllum samfélögum gildir að þegnarnir lifi og starfi samkvæmt gildandi lögum og reglum. Lög sem við eiga í þessu samhengi eru t.d. skipulags- og byggingalög og lög um náttúruvernd. Í öðru markmiðsákvæði skipulags- og byggingalaga er lögð hin alþjóðlega siðfræðilega lína: *að stuðla að skynsamlegri og hagkvæmri nýtingu lands og landgæða, tryggja varðveislu náttúru og menningarverðmæta og koma í veg fyrir umhverfisspjöll og ofnýtingu, með sjálfbæra þróun að leiðarljósi.*

Umhverfiskaflinn í siðareglum Jarðfræðafélags Íslands er á svipuðum nótum:

4 VIÐHORF TIL UMHVERFISINS

4.1 Félagi gerir sér grein fyrir mikilvægi þess að aðferðir hans við að leysa tiltekin verkefni valdi sem minnstum skaða á umhverfinu.

4.2 Félagi er skylt að vanda vinnubrögð sín og slá ekki af faglegum kröfum, einkum þegar slík vinnubrögð geta teft í tvísýnu efnislegum eða félagslegum gæðum eða valdið umhverfisspjöllum.

4.3 Félagi skal kynna sér og fara eftir lögum um umhverfisvernd og reglugerðir og staðla er varða verndun umhverfisins.

En lög og reglur ná ekki yfir alla hluti. Hvað tekur þá við? Þegar allt um þrýtur mun gilda almennt það sem kallast heilbrigð skynsemi.

Ef litið er til ýmissa framkvæmda hér á landi á síðustu árum má glögg sjá að þar hefur verið skautað frjáltslega fram hjá ýmsu af því sem hér hefur verið nefnt. Dæmin eru fjölmörg en hér verða aðeins nefnd fáein og þá fyrst og fremst til að skýra og auðvelda greiningu vandans.

Reykjanesvirkjun: Skafið var ofan af hrauninu framan við stöðvarhúsið sem annars hefði staðið líkt og geimskip á Tunglinu.

Borun á barmi Vítis: Borholur og gufuleiðslur á fjölsóttum ferðamannastað í og við gosmyndanir frá Mývatnseldum.

Hellisheiðarvirkjun: Ótrúlegt fyrirhyggjuleysi hefur viðgengist við lagningu vega og gufuleiðsla á virkjunarsvæðinu.

Þjóðvegur gegnum Snæfellsnesþjóðgarð: Kröfur til vegagerðar innan þjóðgarðsins hafa gengið út yfir markmið með verndun svæðisins.

Suðurstrandarvegur: Nýr vegur í Herðisarvíkurfriðlandi er af óskiljanlegum ástæðum lagður samsíða eldri vegi. Stór efnisnáma er í hraunkarga í Rjúpnabrekkum í Reykjanesfólkvangi.

Allar þessar framkvæmdir eru á svæðum sem njóta einhvers konar verndar samkvæmt náttúruverndarlögum. Ástæða er til að athuga hvernig þær hafa komist fram hjá lögum og reglum með þeim alvarlegu göllum sem á þeim eru. Hér er ekki verið að amast við ofangreindum framkvæmdunum sem slíkum en það verður að teljast með ólíkindum hve illa hefur verið að verki staðið. Náttúrunni hefur verið sýnd nánast takmarkalaus óvirðing. En hver er ábyrgð jarðfræðinga? Skyldu slíkir hafa einhverja aðkomu að framkvæmdum af þessu tagi? Það er engan veginn ljóst? Getum við þá skellt skuldinni á verkfræðinga? Eða skipulagsfræðinga? Eða jafnvel sveitarstjórnarmenn? Líklega er svarið að einhverju leyti já. En á það að vera þannig? Er þá hægt að segja það jarðfræðingum til hróss að þeir hafi ekki komið að málum? Varla! Þeir hefðu átt að bjarga málum.

Starfsheitið jarðfræðingur er ekki lögverndað og aðkoma jarðfræðinga að skipulags- eða náttúruverndarmálum er hvergi skilgreind. Auk þess er alls óvíst að jarðfræðingar séu almennt vel að sér í gildandi lögum og reglum eða yfirleitt hlynntir náttúruvernd. Höfundur er kunnugt um fjölmörg tilfelli þar sem störf sem best væru komin í höndum jarðfræðinga hafa verið unnin af öðrum stéttum. Á t.d. að eftirláta landslagsarkitektum, með sérnám í skróðgarðyrkju, vinnu við frágang á stórum gjallnámum þar sem miðað er að því að þær falli sem best að þeim gígum sem eftir standa? Er viðunandi að arkitektar veiti umsagnir um verndargildi ísaldarminja? Eða fornleifafræðingar um verndargildi sjávarhjala? Er ekki nauðsynlegt að jarðfræðingar komi að eftirliti með framkvæmdum þar sem viðkvæmar jarðminjar eru í hættu?

Niðurlag: Kanna þarf kosti þess og galla að starfsheitið jarðfræðingur verði lögverndað. Lagt er til að Jarðfræðafélag Íslands hafi forgöngu um það mál. Jafnframt þarf með einhverjum ráðum að tryggja aðkomu jarðfræðimenntaðs fólks að framkvæmdum sem raskað geta merkum jarðminjum. Ástæða er til að kanna hvort ástæða sé til að setja upp námskeið fyrir starfandi jarðfræðinga með áherslu á lög og reglugerðir sem og siðareglur sem snúa að starfinu.

Jarðhnik á Tjörnesi

Sigríður Magnúsdóttir¹ og Bryndís Brandsdóttir²

¹Jarðvísindadeild Háskóla Íslands, ²Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands

Jarðhnik innan Tjörnesbrotabeltisins einkennist af sniðgengishreyfingum sem tengjast gliðnunarhreyfingum Norðurrekbelteisins og Eyjafjarðaráls. Hnitun sprungusveims Þeistareykja og Húsavíkur-Flateyjarkerfisins eftir loftmyndum, gervihnattamyndum og hafsbotskortum úr fjölgeislaþælingum gefa fyrstu heildstæðu myndina af vesturjaðri Norðurrekbelteisins í sjó og á landi. Samhliða voru heimildir um jarðskjálfta og sprunguhreyfingar á svæðinu kannaðar.

Umbrotahrina gekk yfir Húsavíkur-Flateyjarkerfið og sprungusveim Þeistareykja á seinni hluta 19. aldar. Jarðskjálftar ollu tjóni á Húsavík aðfaranótt gamlársdags 1867, 17.-18. apríl 1872 og 2. nóvember 1884. Skjálftunum 1867 fylgdu eldsumbrot á Mánareyjabrekum, norður af Tjörnesi um áramótin 1867-1868. Stærsti skjálftinn 1867 hefur verið metinn 5-6 stig og tveir stærstu skjálftarnir 1872 6.5 stig (Páll Halldórsson 2005). Jörð sprakk í fjörunni á Húsavík 1867 en 1872 opnaðist sprunga frá Húsavíkurfjalli og ofan allan Laugardal. Alls urðu 104 húsnaðislausir í skjálftunum 1872, eða um 80% íbúa bæjarins.

Jarðskjálftahrinan veturinn 1884-1885 virðist hafa hafist í byrjun nóvember 1884 með skjálftum í Húsavíkur-Flateyjarkerfinu, nálægt Húsavík. Skjálftarnir voru ekki eins öflugir og 1867 og 1872 en þó skemmdist nýbyggt verslunarhús á Húsavík og nokkrir kotbæir. Smáskjálftavirkni hélst fram á nýárið. Í janúar 1885 hófst áköf skjálftahrina með upptök í vestanverðu Kelduhverfi. Stærsti skjálftinn þann 25. janúar 1885, talinn um 6.3 stig (PH, 2005), olli talsverðum sprungumyndunum og tjóni í vestanverðu Kelduhverfi. Gjár og sig mynduðust á svæðinu frá Fjöllum austur að Víkingavatni og Grásíðu. Mikið sig varð á söndunum norðvestan Víkingavatns og reyndist botn þess 80 cm lægri en yfirborð Víkingavatns við athuganir jarðbótarmanna kringum 1935. Jarðhiti við Lónin óx í kjölfarið. Nýlegar sprungur við Bæjarfjall á Þeistareykjum og við Sæluhúsamúla (Gestur Gíslason og fl., 1984; Andrés I. Guðmundsson, 2009) hafa líklega myndast í þessum umbrotum.

Tektónísk atburðarás þessara umbrota er sambærileg gliðnunarumbrotunum austar í sveitinni í tengslum við kvikuhlaupin frá Kröflu í desember 1975 og janúar 1978. Á sama hátt og fyrsta gliðnunarhrina Kröfluumbrotanna hrinti af stað Kópaskersskjálftanum gætu gliðnunarhrinur og kvikuhlaup frá megineldstöð Þeistareykja hafa hrint af stað sniðgengishreyfingum á Húsavíkur-Flateyjarkerfinu í nóvember 1884 sem og skjálftanum með upptök við Víkingavatn þann 25. janúar 1885. Gliðnunarhrinur í Þeistareykjakerfinu eru líklegar til að hafa áhrif til vesturs eftir Húsavíkur-Flateyjar kerfinu. Í skjálftunum 1872 hrökk misgengjakerfið um Húsavík til vesturs, yfir Skjálfandaflóa að Flatey. Ætla verður að tektónísk tengsl séu á milli jarðskjálftahrinanna í Húsavíkur-Flateyjarkerfinu 1867, 1872 og 1884, eldsumbrotanna á Tjörnesgrunni 1867-1868 sem og gliðnunarhreyfinganna í Kelduhverfi 1885. Gliðnun við vesturjaðar rekbelteisins er líklegasti orsakavaldurinn.

Gestur Gíslason, Gunnar V. Johnsen, Halldór Ármannsson, Helgi Torfason og Knútur Árnason (1984).

Þeistareykir -Yfirborðsrannsóknir á háhitasvæðinu. Orkustofnun, OS-84089/JHD-16.

Páll Halldórsson (2005). Jarðskjálftavirkni á Norðurlandi. Greinargerð 05021. Veðurstofa Íslands.

An inflation event in the Krísuvík geothermal area

Sigrún Hreinsdóttir¹, Þóra Árnadóttir¹, Martin Hensch¹, Björn Lund²,
Freysteinn Sigmundsson¹, Halldór Geirsson³, Judicael Decriem¹, Marie
Keiding⁴ and Rick Bennett⁵

¹Jarðvísindastofnun Háskólans, ²Uppsala Universitet, ³Penn State University, ⁴GFZ German Research Centre for Geosciences, ⁵University of Arizona

The Krísuvík geothermal area is a high-temperature geothermal field in the Krísuvík volcanic system. It is located on the central part of the Reykjanes Peninsula where geodetic measurements confirm oblique spreading of the North American and the Eurasian plates. Rapid increase in seismic activity accompanied with inflation of the Krísuvík region was detected in early 2009. The activity suggests pressure increase related to either magma source at shallow depth and/or a natural pressure increase in the geothermal system.

The Krísuvík region is seismically very active with earthquakes occurring down to about 9 km depth and covering relatively large area (~10 x 10 km) (Keiding et al., 2009). The area experiences both frequent earthquake swarms and mainshock-aftershock sequences. The largest mainshocks rupture N-S, right lateral strike slip faults, similar to the style of faulting observed in the South Iceland Seismic Zone (SISZ). Continuous GPS (CGPS) measurements started in Krísuvík in February 2007 when the station KRIV was installed. A velocity anomaly has been observed at the station since late 2008/early 2009. The station first experienced increased southward motion and uplift accompanied by increase in seismic activity in the region. The early 2009 seismic data showed variability in b-values with anomalously high b-values (>1.6) below 6.6 km depth but little change in stress directions. In June 2009 several ML>3.5 earthquakes occurred.

InSAR data from ENVISAT images show area of motion toward the satellite (primarily uplift) in the period 2006-2009 southwest of Lake Kleifarvatn. Campaign GPS measurements from 2006-2009 also show deformation consistent with uplift of the region southwest of Kleifarvatn. Preliminary analysis of InSAR and campaign GPS data indicate uplift of up to 6 cm in the area, with the center of inflation located southwest of Lake Kleifarvatn and north of the CGPS station KRIV. Since fall of 2009 the seismic activity has decreased and the GPS station has moved back north and subsided to pre 2009 level.

References:

Keiding, M., B. Lund, and T. Árnadóttir (2009), Earthquakes, stress, and strain along an obliquely divergent plate boundary: Reykjanes Peninsula southwest Iceland, *J. Geophys. Res.*, 114, doi:10.1029/2008JB006253.

Jarðskjálftavirkni og landbreytingar samfara kvikuhreyfingunum undir Eyjafjallajökli 2009-2010

Sigurlaug Hjaltadóttir¹, Sigrún Hreinsdóttir², Matthew J. Roberts¹, Gunnar B. Guðmundsson¹, Amandine Auriac², Freysteinn Sigmundsson², Steinunn Jakobsdóttir¹ og jarðvárhópurinn á Veðurstofu Íslands¹.

¹ Veðurstofu Íslands. ² Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands, Öskju, Sturlugötu 7

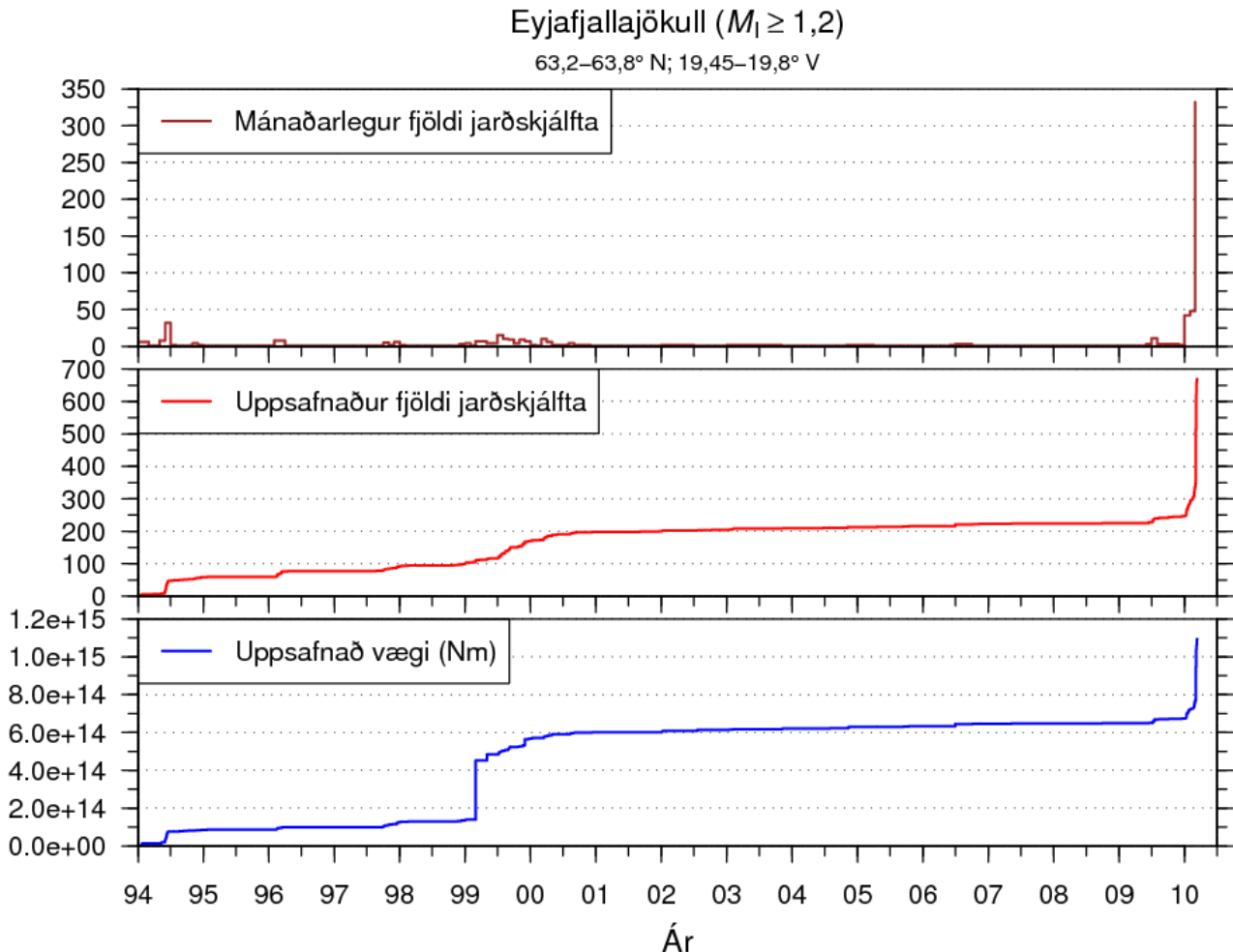
Eyjafjallajökull er megineldstöð syðst í eystra gosbeltinu. Fjallið er með áberandi hrygglögun í stefnu austur-vestur og er efsti hluti þess hulinn jökli. Sprungukerfi fjallsins er bæði myndað af geislasprungum sem ganga út frá megingíg eða öskju á hátindi fjallsins sem og lengri austur-vestur sprungum sem í austri tengjast sprungukerfi Kötlu. Aðeins er vitað um þrjú gos í Eyjafjallajökli síðan land byggðist, hið síðasta, og það eina sem er vel þekkt, varð 1821-23. Gosvirkni er því miklu mun minni í Eyjafjallajökli en nágranna hans Kötlu. Veðurstofa Íslands rekur net 56 jarðskjálftamæla á landinu og þar af eru þrír þeirra staðsettir innan við 20 km frá hátindi fjallsins svo kerfið nemur vel smáskjálftavirkni þar í nær rauntíma. Eldfjallið er þar að auki vaktað með samfelldum GPS mælingum og er hluti þeirra mæla rekinn í samstarfi við Jarðvísindastofnun Háskólans.

Snemma í júní sumarið 2009 fór að bera á aukinni jarðskjálftavirkni undir Eyjafjallajökli og frá júní fram til ágústloka mældust um 200 skjálftar undir jöklinum. Í kjölfar þessarar hrinu fylgdi fjögurra mánaða rólegt tímabil en í lok árs 2009 tók virknin sig upp á ný og fram að miðjum mars 2010 hafa mælst þar þúsundir skjálfta. Samfara jarðskjálftavirkninni hefur samfellda GPS mælistöðin á Þorvaldseyri undir Eyjafjöllum færst aðallega til suðurs, bæði síðastliðið sumar (milli 15. maí og til 25. ágúst 2009) og upp úr áramótum. Atburðarásin frá janúar fram í mars 2010 hefur þó verið hröð og hefur færslan á Þorvaldseyri verið mun hraðari og skjálftahrinan ákafari. Dagana 4.-6. mars tók skjálftavirknin enn meiri kipp og mældust þá tíðari smáskjálftar en áður hefur orðið vart við í eldstöðinni (mynd 1), eða u.þ.b. skjálfti á hverri mínútu. Svipaðar en styttri hviður mældust einnig næstu tvær vikurnar. Hin aukna skjálftavirkni og breytingar á færslum GPS stöðva á Þorvaldseyri, sem og víðar í kringum fjallið, hafa verið túlkaðar sem kvikuvirkni og útþensla í eldfjallinu, en svipaðar innskota-hrinur og landris mældust einnig á árunum 1994 og 1999-2000.

Upphaf yfirstandandi innskotavirkni í Eyjafjallajökli má líklega rekja til nokkurra skjálfta sem urðu á miklu dýpi um mánaðamótin mars/apríl árið 2009. Skjálftarnir áttu allir upptök sín á 22-25 km dýpi, sem er nærri mótum möttuls og skorpu (22 km) samkvæmt hraðalíkaninu sem notað hefur verið við endurstaðsetningu skjálftanna. Hrína djúpra skjálfta mældist einnig á svipuðu dýpi árið 1996 og vís-bendingar eru um að nokkrir djúpir skjálftar hafi mælst árið 1992.

Þeir skjálftar í Eyjafjallajökli sem búið er að yfirfara hafa jafnframt verið endurstaðsettir með afstæðri staðsetningar aðferð, sem einnig er kölluð upptakagreining. Með aðferðinni fást innbyrðis staðsetningar skjálftanna með mun meiri nákvæmni en með venjubundnum staðsetningum. Þessar niðurstöður sýna að flestir skjálftanna mynda þyrpingu á 9-11 km dýpi norðaustur af toppgígnum, líkt og virknin á árunum 1994 og 1999-2000 gerði, en inn á milli koma tímabil þar sem skjálftavirknin hefur færst til og jafnframt grynnað. Slíka færslu í virkni má sjá upp úr byrjun júlímánaðar og fram í ágúst 2009, en þá voru skjálftar staðsettir undir suðurhlíðum Eyjafjalla á 5-8 km dýpi og einnig upp undir yfirborð. Á þessu tímabili hefur kvikan í rásinni líklega ruðst upp undir suðurhlíðarnar og myndað þar innskot. Þó

bendir fjöldi skjálfta og hreyfingar GPS stöðva til þess innskot þessa tímabils hafi verið mun minna en þau sem mynduðust á svipuðum slóðum árin 1994 og 1999. Eftir að virknin tók sig upp á ný, í lok desember 2009, hefur skjálftavirknin átt sér stað í stærstu þyrpingunni á 9-11 km dýpi, en einnig myndað grynri þyrpingu á 1-4 km dýpi og færst að hluta til suðausturs og svo til austurs út frá aðalþyrpingunni, sem bendir til þess að innskot séu að myndast austar undir hlíðum fjallsins en síðastliðið sumar. Aukinn færsluhraði á Þorvaldseyri, svo og GPS mælingar á Skógaheiði og við Steinholt, styðja einnig þá tilgátu að kvika hafi verið að ryðja sér leið austur og upp undir hlíðar Eyjafjalla. Þá má einnig sjá samband milli skjálftavirkninnar og landbreytinga á þann hátt að u.þ.b. tveimur sólarhringum áður en skjálftavirkni eykst hefur færsluhraði á GPS stöðinni á Þorvaldseyri aukist. Hraðar færslur hafa mælast á GPS stöðinni í Steinholti síðan 5. mars í kjölfar aukinnar skjálftavirkni. Mis- hraðar færslur á GPS stöðvum í kringum fjallið benda til þess að innskotið þróist óreglulega með tíma og staðsetning virkasta hluta innskotsins, þar sem kvika sest fyrir, breytist nokkuð með tíma. Kviku- virknin er enn í fullum gangi en enn sem komið er nemur heildarfærsla á Þorvaldseyri 7-8 cm, sem er um helmingur þeirrar heildarfærslu sem mældist í síðustu innskotahrinu, árið 1999 og fram til ársins 2000 en uppsafnað vægi skjálfta er þó orðið meira en í fyrri hrinum (mynd 1).



Mynd 1. Skjálftavirkni í Eyjafjallajökli frá árinu 1994 til 10. mars 2010, en innskotahrinan stendur enn yfir.

Leysnihraði kristallaðs basalts við mismunandi pH og hitastig

Snorri Guðbrandsson¹, Domenik Wolff-Boenisch¹, Sigurður R. Gíslason¹
og Eric H. Oelkers²

¹Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands, Öskju, Sturlugötu 7, 101 Reykjavík, ²Geochimie et Biochimie Experimentale - LMTG/Universite Paul Sabatier, 14 rue Edouard Belin, 31400 Toulouse, Frakklandi

Losun koldíoxíðs úr andrúmslofti er orðið eitt að mikilvægustu umhverfismálum samtímans. Því er mikilvægt að finna varanlega lausn þar sem lítil hætta er á að koldíoxíðið skili sér aftur út í andrúmsloftið í náninni framtíð. Niðurdæling CO₂ í basalt jarðlög er vænleg leið til þess að geyma mikið magn CO₂, bæði vegna mikils holrýmis í berginu, og sökum þess hve leysnihraði basalts er hár samanborið við kísilríkara berg.

Carb-Fix verkefnið er samstarfsverkefni Háskóla Íslands, Orkuveitu Reykjavíkur, CNRS í Toulouse í Frakklandi og Columbia Háskóla í Nýju Jórvík. Þar er stefnt að því að dæla niður CO₂ ríku vatni í basísk jarðlög á Hellisheiði þar sem ætlunin er að leysa jónirnar Fe, Mg og Ca út úr basaltinu til að fella út karbónöt og því binda koldíoxíðið varanlega. Leysnihraði kristallaðs basalts hefur ekki verið ákvarðaður sem fall af hita og sýrustigi ólíkt basaltgleri. Leysnihraðinn var ákvarðaður með hvarfhólki úr Ti, með gegnumstreymi af lausnum með pH 2-11 og hita frá 5°C til 75°C. Kristallaða basaltinu var safnað úr gangi í Stapafelli á Reykjanesi vegna samanburðarhæfni þeirra við fyrri tilraunir um leysnihraða basaltglers (Oelkers og Gíslason 2001; Gíslason og Oelkers 2003).

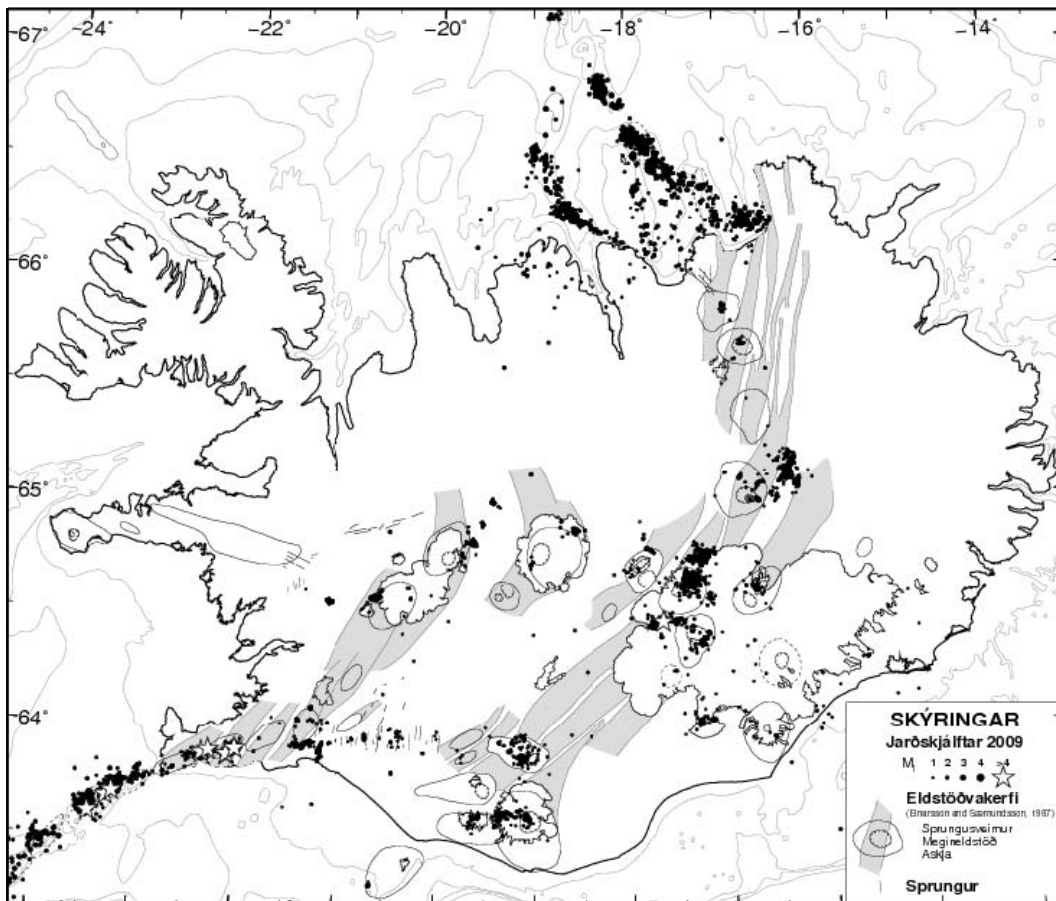
Samanburður á milli leysnihraða á basísku gleri og kristölluðu bergi með sambærilega efnasamsetningu og kornastærð (45-125 µm) sýnir stöðugt lægra gildi fyrir kristallaða efnið við lágt sem og hátt pH. Þegar borinn er saman hlutfallslegur styrkur tvígildra katjóna í lausn á móti hlutfallslegum styrk þeirra í berginu kemur í ljós að við lágt pH er leysni Mg og Fe úr berginu há en við hátt pH er styrkur Ca og Al mikill. Því má leiða að því líkum að ef kristallað berg leysist upp við niðurdælingu CO₂ á Hellisheiði, þar sem áætlað pH lausnar er um 3,5, verður styrkur Mg og Fe mikill og þau efni geta því fallið út sem karbónöt.

Jarðskjálftavirkni á Íslandi 2009

Steinunn S. Jakobsdóttir, Gunnar B. Guðmundsson, Matthew J. Roberts, Sigurlaug Hjaltadóttir, Bergþóra S. Þorbjarnardóttir og jarðvárhópurinn á Veðurstofu Íslands

Veðurstofu Íslands, Bústaðavegi 9, IS-150 Reykjavík

Í lok árs 2009 voru 56 stöðvar í SIL mælaneti Veðurstofu Íslands. Ein stöð bættist við á árinu, á Mývatnsöræfum austan Mývatns, og stöðin á Grjóthálsi, austan Gjástykkis, var færð til. Á árinu mældust um 19.000 jarðskjálftar. Íslandskortið sýnir upptök skjálfta stærri en M_l 1. Mesta skjálftaröðin á árinu var við vestanvert Fagradalsfjall á Reykjanesskaga og stærsti skjálftinn sem mældist, 4,7 stig, var meginskjálftinn í þeirri röð.



Mynd 1. Upptök skjálfta á árinu 2009, sem eru stærri en M_l 1 og hafa mælst á a.m.k. fjórum stöðvum (svartir punktar). Eldstöðvakerfi og sprungur (Páll Einarsson og Kristján Sæmundsson, 1987) eru einnig sýnd. Upptök jarðskjálfta stærri en fjögur stig eru merkt með hvítum stjörnum.

Mesta skjálftavirknin á Reykjaneshrygg var um mánaðamótin október/nóvember, en þá mældust nokkur hundruð skjálftar við Geirfuglasker og Geirfugladrang, um 30 kílómetra frá landi. Stærstu skjálftarnir voru yfir fjögur stig. Óvenju mikil smáskjálftavirkni var á Reykjanesskaga alveg frá áramótum og fram á haust. Fyrstu daga ársins voru hundruð skjálfta staðsettir við Krýsuvík. Næstu mánuði mældust smærri skjálftahrinur á Kleifarvatnssvæðinu og við Fagradalsfjall og GPS-mælir við Krýsuvík tók að sýna færslu til suðurs. Þann 29. maí hófst svo kröftug skjálftaröð við vestanvert Fagradalsfjall. Forskjálftar mældust nokkrum klukkustundum á undan meginskjálftanum sem var 4,7 að stærð. Þúsundir eftirskjálfta mældust dagana á eftir, flestir smáir. Önnur mikil skjálftaröð hófst svo við Krýsuvík 19. júní með tvo skjálfta yfir fjóra að stærð. Þegar virknin fór að minnka þar hófst skjálftaröð austar, nær Kleifarvatni, með meginskjálfta 4,0 stig þann 25. júní. Um mánaðamótin júlí/ágúst mældust síðan nokkur hundruð smáskjálftar í hrinu austur af Keili. Stærstu skjálftarnir í þessum röðum fundust víða. Um svipað leyti hætti færslan til suðurs við Krýsuvík, en hún var þá orðin um 10-15 millímetrar. Á seinasta ársfjórðungi 2009 mældist aftur færsla við Krýsuvík, en nú til norðurs um u.þ.b. 10 millímetra. Fleiri smærri hrinur urðu á Reykjanesskaga alveg fram í september.

Eftirskjálftavirkni var áfram á Krosssprungu sem myndaðist í M 6,3 skjálftanum 29. maí 2008. Langmesta virknin var í Flóanum á suðurhluta sprungunnar. Frá september til nóvember mældust við Húsmúla í Henglinum um 200 skjálftar sem urðu vegna niðurdælingar vatns í borholu á svæðinu. Í vestara gosbeltinu má helst nefna skjálftahrinur við Geitlandsjökul í janúar og suðvestur af Hveravöllum um mánaðamótin febrúar/mars. Upp af Borgarfjarðardölum mældust hátt í hundrað smáskjálftar í hrinu í apríl.

Um sumarið 2009 voru um tvö hundruð skjálftar staðsettir undir Eyjafjallajökli, en mánuðina á undan höfðu mælst stakir smáskjálftar. Líklegt er að um kvikuinnskot hafi verið að ræða ekki ósvipað og gerðist 1994 og 1999-2000. Eftir nokkurra mánaða hlé, eða í lok árs, hófst innskotavirkni á ný.

Stærsti skjálftinn undir Vatnajökli var á Lokahrygg 1. mars, 4,4 stig, en 7-8 ár eru síðan svo stór skjálfti hefur mælst þar. Skjálftavirkni var mikil og viðvarandi undir norðvestur Vatnajökli, en engar eiginlegar skjálftaraðir áttu sér stað. Ísskjálftar mældust af og til í Skeiðarárjökli vegna vatnsveðurs og í júlí samfara litlu Skeiðarárhlaupi.

Hátt í þrjú þúsund jarðskjálftar mældust á svæðinu við Öskju og Herðubreið. Stærstu skjálftarnir voru um 3,5 að stærð með upptök í norðanverðum Herðubreiðartöglum, en þar mældust nokkrar hrinur. Um 700 skjálftar mældust austan Herðubreiðartagla, norður af Upptyppingum, á svæði sem kennt hefur verið við Hlaupfell. Jarðskjálftavirkni hófst á þessu svæði eftir að virknin hætti við Upptyppinga og Álftadalsdyngju og hefur verið viðvarandi síðan.

Í Tjörnesbrotabeltinu er alla jafna talsverð skjálftavirkni. Engar miklar skjálftahrinur áttu sér þó stað á árinu, en virknin var viðvarandi og mældust þar alls um 3700 skjálftar. Mestu hrinurnar voru við Flatey á Skjálfanda í apríl og norður af Tjörnesi í september.

Yfirlit snjóflóðavaktar Veðurstofu Íslands veturinn 2008 – 2009

Sveinn Brynjólfsson¹ og Rúnar Óli Karlsson²

¹Veðurstofa Íslands, Bústaðavegi 7, Reykjavík. ² Snjóflóðasetur Veðurstofu Íslands, Suðurgötu 12, Ísafirði

Veðurstofa Íslands sinnir daglegu eftirliti með snjóflóðum og snjóalögum í námunda við þéttbýlisstaði, þar sem snjóflóðahætta er yfirvofandi. Veðurstofan gefur einnig út viðvaranir um snjóflóðahættu og tekur þátt í ákvörðunum um rýmingu húsa í samvinnu við heimamenn.

Veturinn 2008 – 2009 var fremur snjóþungur eins og m.a. má sjá á fjölda opnunardaga skíðasvæða. Í ofanflóðagagnasafn Veðurstofunnar eru skráðar 324 færslur frá þessum vetri á tímabilinu 4. okt. – 20. maí. Snjóflóðin eru töluvert fleiri vegna þess að stundum eru mörg flóð skráð í sömu færslunni. Flest flóðin féllu í marsmánuði en í byrjun mars var töluverður snjór víða um land. Ekkert manntjón varð í þessum flóðum en nokkrum sinnum skall hurð nærri hælum. Í einu flóðanna slasaðist vélsleðamaður lítilliga. Snjóflóð ollu þó nokkru tjóni sem fólst aðallega í lokun vega og skemmdum á girðingum en ekkert tjón varð á byggingum sem orð er á gerandi. Til rýminga vegna snjóflóðahættu þurfti að grípa sjö sinnum á norðanverðum Vestfjörðum og Norðurlandi og nokkrum sinnum voru gefnar út viðvaranir til ferðafólks.



Mynd 1. Um 450 m breitt snjóflóð féll 14. mars 2009 sunnan við bæinn Veisusel í Fnjóskadal. Flóðið var víða um 1 m á þykkt, það braut girðingu og lokaði veginum á þremur stöðum.

Grunnvatnsstaða við Háslón

Victor Kr. Helgason

Landsvirkjun Power, Rannsóknir. Háaleitisbraut 68, 103 Reykjavík

Háslón er meginuppistöðulón Kárahnjúkavirkjunar og er það tengt virkjuninni með rúmlega 7 m breiðum, 40 km löngum aðrennslisgöngum. Lóninu er haldið uppi af þremur stíflum og er aðalstíflan, Kárahnjúkastífla, 198 m há grjótstífla með steyptri þéttikápu við syðri hluta Hafrahvammagljúfra. Grunnvatnsmælingar úr borholum og aðrar athuganir við lónið eru notaðar til að sýna legu grunnvatnsborðs fyrir virkjun og breytingar á stöðu þess við tilkomu lónsins.

Jökulsá á Dal hefur grafið allt að 200 m djúp gljúfur við Kárahnjúka en á stíflustæðinu við suðurenda gljúfursins var það um 50 m djúpt. Þar rann áin í blöðrufylltu lítt leku þóleiit basalti með þunnum millilögum. Þar ofan á er um 50 m þykk þétt ólivín þóleiit dyngja og efst eru mjög lekar móbergsmýndanir (Ágúst Guðmundsson o.fl. 1999).

Nokkur misgengi fundust við rannsóknaboranir, gröft og byggingu stíflnanna þriggja. Misgengin stefna yfirleitt SV-NA og er hægt að rekja þau frá Sauðárdal í suðri norður að Kárahnjúk og virðast sum þeirra enda í gljúfrinu norðan við aðalstífluna. Misgengissprungurnar eru allt frá því að vera nokkurra sentimetra breiðar upp í að vera um metri á breidd. Þær eru yfirleitt fylltar bergmulningi (Kristján Sæmundsson og Haukur Jóhannesson 2005). Bergið undir Kárahnjúkastíflu var þétt með grautunartjaldi allt niður á um 100 m dýpi undir stíflutánni til að sporna við leka undir stífluna.

Grunnvatn hefur verið mælt skipulega við Kárahnjúka síðan 1998 þannig að nokkuð góð mynd er til af grunnvatnsástandi svæðisins. Fyrir virkjun árinna var grunnvatn í ásunum á Hálsi og við Sauðafell nokkrum metrum undir yfirborði. Það tengdist ánni niðri við bakka hennar en fjær henni, á flatlendum beggja vegna, sýndi fjöldi lítilla vatna stöðu grunnvatns við yfirborð. Við Sauðárdal var grunnvatn á um 10 m dýpi. Á austurbakkanum, nær Kárahnjúk, óx dýpi niður á grunnvatn þar sem dýpt árfarvegarins eykst, landslag breytist og grunnvatnið rennur auðveldar til árinna vegna fleiri brota. Austan Sandfells var grunnvatn á um 20-30 m dýpi og í Kárahnjúknum sjálfum var grunnvatn mælt uppi í hliðum hnjúksins á um 60 m dýpi. Vestan árinna á sunnanverðum Skógarhálsi var grunnvatn á um 80-100 m dýpi. Þetta mikla dýpi niður á grunnvatn skýrist af misgengjunum sem liggja samsíða gljúfrinu og ná fram í gljúfrið norðar. Grunnvatnið rennur fram í gljúfrið um misgengin. Í Sauðárdal var grunnvatn innan 2 m dýpis í malarfyllu og í Desjarárdal var grunnvatn á 5-10 m dýpi í dalbotninum.

Um leið og byrjað var að fylla í Háslón tók grunnvatn að rísa á vesturbakka þess. Þar sem grunnvatn hafði verið hærra en lónhæðin gætti engra áhrifa fyrr en lónið náði hæð grunnvatnsins. Fylling lónsins hófst í lok september 2006 og lónið náði yfirfallshæð í október 2007, um ári seinna. Lægsta vatnsborð lónsins er yfirleitt um lok maí og það fyllist í september eða október. Enginn teljanlegur leki hefur komið fram í stíflunni og virðist heildarleki um hana og nánasta umhverfi vera um 270 l/s, sem er mjög lítið. Leki hefur verið mældur á nokkrum stöðum norðan lónsins og hafa litlar breytingar komið fram nema í lind í Hallarfjalli þar sem rennsli hefur aukist úr um 3 l/s í um 5 l/s.

Líkan af grunnvatnsstöðu við Háslón fyrir og eftir fyllingu lónsins var búið til með því að leggja til grundvallarupplýsingar um grunnvatnshæð úr 22 borholum, lónhæðargögn, upplýsingar um lindir og hæð gljúfurbotnsins norðan Kárahnjúkastíflu. Að auki var nokkrum stýripunktum bætt við þar sem þekking var til staðar um stöðu grunnvatnsins. Líkanið sýnir jafnhæðarlinur grunnvatns.

Lónið lyftir grunnvatninu næst sér. Sunnan til á athugunarsvæðinu var grunnvatn við yfirborð þannig að breyting þar er ekki mikil. Um miðbik svæðisins í Sauðárdal og ofan við Lindur var grunnvatn við yfirborð á grónum svæðum en í móbergsmyndunum hefur grunnvatn ekki hækkað vegna mikillar lektar móbergsins. Í Sauðárdal norðan Sauðárdalsstíflu hefur grunnvatn hækkað um 1 m og rennur jafnvel upp úr sumum borholum norðarlega í dalnum þegar hátt er í lóninu. Í Desjarárdal hefur grunnvatn hækkað um 10 m næst stíflunni og um 5 m neðar í dalnum.

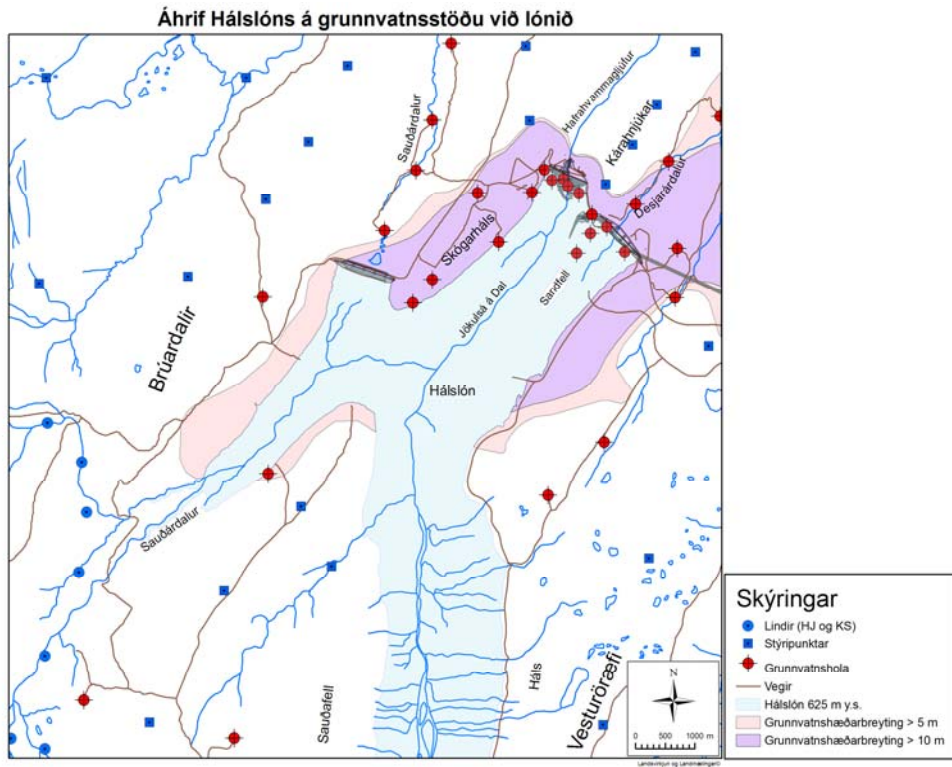
Mesta breytingin á grunnvatnshæð hefur orðið við vesturbakka lónsins sunnan aðalstíflunnar. Fyrir fyllingu lónsins var grunnvatn þarna á miklu dýpi og hækkaði lítið í norðaustur í átt að Sauðárdal. Misgengin í Skógarhálsi og Glámshvömmum sáu grunnvatninu fyrir leið út í gljúfrið og virðist þessi misgengislekt hafa verið á um 1 km breiðu beltí samsíða farvegi Jöklu. Tilkoma lónsins og hækkun vatnsborðs árinna úr um 450 m y.s. í lónhæðina 625 m y.s. lyftir grunnvatnsborði næst lóninu um rúma 100 m en innar á hálsinum hækkar grunnvatn um innan við 20 m og hækkun um 1 m í Sauðárdal er líklega til komin vegna leka undir Sauðárdalsstíflu. Lekt móbergsins á Skógarhálsi er mikil en lektin um misgengin aftur til gljúfursins er meiri svo vatnið velur þá leið frekar. Áhrif lónsins á grunnvatnshæð á Skógarhálsi ná um 1,5 km út frá lóninu. Í leku Kárahnjúkamóberginu á grunnvatn greiða leið norður að gljúfrinu en einnig yfir í Desjarárdal. Beggja vegna Desjarárstíflu hefur grunnvatnsborð hækkað og vatn kemur upp á yfirborð á um 1-2 km svæði neðan stíflunnar.

Með líkaninu er hægt að greina flatarmál áhrifasvæðis lónsins. Svæði utan lónsins þar sem grunnvatn hefur hækkað um meira en fimm metra er 15 km² (sjá mynd).

Ágúst Guðmundsson og fl., 1999. Geology of the Fljótsdalur – Jökuldalur area, East Iceland. Information level early 1999. Jarðfræðistofan ÁGVST ehf, JFS-2-1999.

Kristján Sæmundsson og Haukur Jóhannesson 2005. Inspection of faults at Kárahnjúkar carried out in July and August 2005. Landsvirkjun, LV-2005/071, 32 bls.

Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
26. mars 2010



Aurflóðin við Lindargötu á Sauðárkróki 15. apríl 2007

Þorsteinn Sæmundsson¹ & Halldór G. Pétursson²

¹Náttúrustofa Norðurlands vestra, Aðalgata 2, 550 Sauðárkrúkur. steini@nnv.is ²Náttúrufræðistofnun Íslands, Akureyrarsetur, Borgum við Norðurslóð, 602 Akureyri hgp@ni.is

Upp úr klukkan 9 sunnudagsmorguninn 15. apríl árið 2007 féllu þrjú aurflóð úr brún Nafanna ofan við Lindargötu á Sauðárkróki. Flóðin urðu í kjölfar vatnsflóðs sem varð þegar aðrennslisstokkur Gönguskarðsárvirkjunar gaf sig. Um 2000 m³ af vatni flæddu úr gati á stokknum um 180 m frá frambrún Nafanna. Vatnsflaumurinn steiptist niður hlíðina ofan við Lindargötu, í fjórum meginfarvegum á um 120 m breiðu svæði milli Kristjánsklaufar í suðri og Gránuklaufar í norðri.

Á þeim stöðum þar sem vatnsflaumurinn náði að rjúfa gróðurþekjuna í frambrún Nafanna átti vatnið auðvelt með að grafa sig ofan í auðrjúfanleg setlög. Áætlað er að um 2300 m³ af mól, sandi og jarðvegi hafi rofist á þremur stöðum úr hlíðinni. Vatn og aur féll að húsum og á sumum stöðum inn í þau. Vatns- og aurflóðið olli umtalsverðu tjóni á innanstokksmunum, görðum og gatna- og holræsakerfi bæjarins. Aurinn flæddi yfir Lindargötu, umhverfis húsið Villa Nova sem stendur við norðurenda Aðalgötu, norður fyrir rafstöðvarhúsið, Aðalgötu 25, yfir Strandveginn og þaðan til sjávar.

Til þessa hefur lítil hættu verið talin á stórum skriðuföllum úr Nöfunum á Sauðárkróki, enda er lítið um heimildir um skriðuföll úr þeim á umliðum árum. Helst er talið að smærri skriður geti fallið úr þeim eða aur borist með leysingarvatni úr Klaufunum.

Nafirnar, hjallarnir fyrir ofan Sauðárkrók, eru fornir sjávarhjallar myndaðir í lok síðustu ísaldar, fyrir um 10.000 árum síðan. Á þeim tíma stóð sjávarborð allt að 40-50 m hærra en það gerir í dag og markar yfirborð hjallanna efstu sjávarstöðu í lok ísaldarinnar. Hjallarnir eru forn óshólmamyndun sem hlóðst upp úr framburði forvera Gönguskarðsárinnar, en á þeim tíma flæddi beljandi jökulfljót frá skriðjökli sem teygði sig niður í Gönguskörð frá jöklum sem þöktu fjalllendið milli Skagafjarðar og Húnavatnssýslu.

Frambrún hjallanna er um 40-50 m há og er halli hennar víða 30-40°. Yfirborð hennar er sambland af jarðvegi og seti úr sand- og malarlögum, sem liggja efst í hjöllumunum, og hrúnið hefur niður yfir fint siltríkt set sem er neðst í þeim. Fjölmargir farvegir, sem nefnast Klaufirnar, hafa grafist í frambrún hjallanna en líklegt má telja að þeir hafi að mestu grafist fljótlega eftir að sjávarborð tók að lækka í lok ísaldar. Tvær ár hafa grafið sér farvegi niður í hjallana. Sú syðri nefnist Sauða og rennur um Sauðárgil en sú nyrðri nefnist Gönguskarðsá.



Mynd. Stærsti farvegurinn sem myndaðist í flóðinu var fyrri ofan rafstöðvarhús Gönguskarsárvirkjunar (ljósm. Þorsteinn Sæmundsson 2007).

Eftir flóðin var hafin hreinsun í bænum og kom í ljós að töluverðar skemmdir höfðu orðið bæði á húsum, innbúi, götum og holræsakerfi. Fallpípa Gönguskarsárvirkjunar stóð tæpt enda hafði grafið undan stöplum hennar og djúpir farvegir höfðu skorist niður í frambrún Nafanna. Ákvörðun var tekin um að loka virkjuninni, fjarlægja fallpípuna og fylla upp í farvegina. Til að halda jarðveginum á sínum stað var gripið til aðferðar sem byggir á því að reka niður jarðvegsnagla (soil nails) niður í undirliggjandi siltlög og styðja þannig við ofan á liggjandi laus jarðlög. Á þeim tíma sem liðin eru frá því að farvegirnir voru fylltir upp hefur ekki orðið vart við neina hreyfingu á jarðveginum.

Water and ice: How to account for the effects of water on glacier flow?

Þróstur Þorsteinsson^{1*}, Sven Sigurðsson², Sverrir Guðmundsson¹,
Eyjólfur Magnússon¹, Helgi Björnsson¹, Guðfinna Aðalgeirsdóttir³ and
Finnur Pálsson¹

¹Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Sturlugata 7, 101 Reykjavík, Iceland (*ThrostrTh@gmail.com), ²Faculty of Computer Science, University of Iceland, ³Danish Climate Centre, Danish Meteorological Institute

The effect of water at the base of glaciers on sliding velocity is still not well understood. Including those effects in models of glacier flow is therefore one of the major challenges of modeling.

Here we present the status of different parts of a modeling effort aimed at constraining various parts of the problem, with the goal of accounting for the effects of water on glacier dynamics. The amount of meltwater available is modeled with a Degree Day model and energy balance models.

We test two approaches, one assumes the water goes straight to the bed below, and the other where the meltwater is routed from the accumulation area towards the ablation zone.

At the base we explore several options: a) using water pressure equal to the overburden pressure to determine the distribution of water, and then relate that to a sliding parameter, b) a water sheet with Darcy flow governing the pressure field. We also need to account for the formation of tunnels at the bed-ice interface.

A sliding law is then related to the water-field and again there are several options. Our approach is to model the distribution of water at the base, and based on that and the observations we have (GPS surveyed surface velocities, satellite derived velocity fields and DEM's of surface and bedrock topography), formulate a semi-empirical relation for a sliding parameter.

An example of the effects of sliding on the evolution of surface elevation is shown in Figure 1. The first example (Fig. 1a) shows the evolution when there is no water at the base, and therefore no sliding. The surface elevation evolution (Fig. 1b) when there is a water sheet at the base (Fig. 1c), shows the effect of sliding on the evolution of the ice sheet.

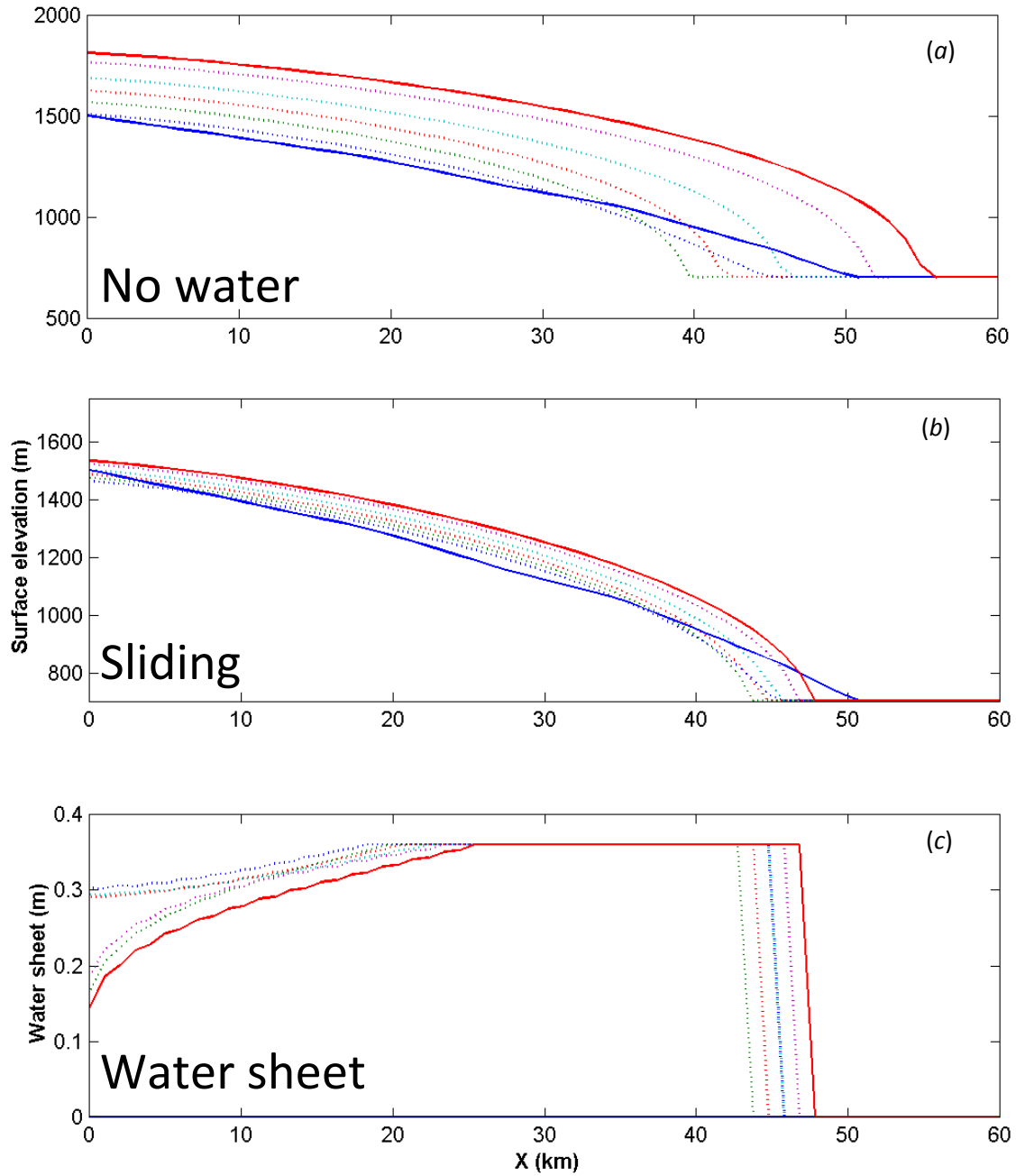


Figure 1. Evolution of surface elevation (initial elevation blue, final elevation red) when there is no water at the base (a), and when there is a water sheet at the base (b). The thickness of the water sheet is shown in (c). Flotation in this case is reached at $X \sim 25$ km.