



**Haustráðstefna
Jarðfræðafélags Íslands**

Haldin í samvinnu við Jöklarannsóknafélag Íslands

Hvað er að gerast í ríki Vatnajökuls?

**Heiðursgestir
Hrefna Kristmannsdóttir
og Jón Eiríksson**

Ágrip erinda

Haldin í Öskju,
Náttúrufræðahúsi Háskóla Íslands
22. nóvember 2014



**Haustráðstefna
Jarðfræðafélags Íslands**

Haldin í samvinnu við Jöklarannsóknafélag Íslands

Hvað er að gerast í ríki Vatnajökuls?

**Heiðursgestir
Hrefna Kristmannsdóttir
og Jón Eiríksson**

Ágrip erinda

Haldin í Öskju,
Náttúrufræðahúsi Háskóla Íslands
22. nóvember 2014

Umsjón:

Þorsteinn Sæmundsson, Sigurlaug María Hreinsdóttir og Lúðvík E. Gústafsson

Dagskrá Haustráðstefnu JFÍ, 22. nóvember 2014

08:30 – 09:00 Skráning

Fundarstjóri Esther Ruth Guðmundsdóttir

09:00 – 09:10 Setning

Sigurlaug María Hreinsdóttir

09:10 – 09:30 Jarðskjálftavirkni tengd umbrotunum í Bárðarbungu

Kristín Jónsdóttir

09:30 – 09:50 SAR satellite monitoring of the 2014 dyke intrusion and eruption within the Bárðarbunga volcanic system

Vincent Drouin

09:50 – 10:10 Interpretation of deformation captured by GPS and InSAR geodesy during the 2014 rifting event in the Bárðarbunga volcanic system

Freysteinn Sigmundsson

10:10 – 10:30 Holuhraun: lava flow morphologies and emplacement mechanisms

G.B.M. Pedersen

10:30 – 10:50 Kaffi

10:50 – 11:10 Breytingar á Morsárjökli eftir berghlaupið 2007

Þorsteinn Sæmundsson

11:10 – 11:30 Breytingar á suðaustanverðum Vatnajökli - í fortíð, nútíð og framtíð

Hrafnhildur Hannesdóttir

11:30 – 11:50 Öskjusig í Bárðarbungu

Magnús Tumi Guðmundsson

11:50 – 12:10 Þróun efnavöktunarkerfis í jökulám vegna jökulhlaupa og eldsumbrota undir jökli

Hrefna Kristmannsdóttir

12:10 – 12:40 Matur

Fundarstjóri Þorsteinn Sæmundsson

12:40 – 13:00 Hraunflæðilíkön

Esther Hlíðar Jensen

13:00 – 13:20 Petrology of the new fissure eruption north of Dyngjujökull

Enikő Bali

13:20 – 13:40 Hekla og eldgosið 1845: Gjósufallið og sundrun kvikunnar í upphafi gossins

Jónas Guðnason

13:40 – 14:00 Monitoring the emission rate of SO₂ from the 2014 Holuhraun (Bárðarbunga) eruption with DOAS

Gerður Stefánsdóttir

14:00 – 14:20 Vent Activity at the ongoing Nornahraun eruption, Bárðarbunga volcanic system

Robert Askew

Haustráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
22. nóvember 2014

- 14:20 – 14:40 Acid rain caused by Holuhraun eruption
Andri Stefánsson
- 14:40 – 15:00 The chemistry of surface waters and snow in vicinity of the Nornahraun eruption site, Iceland
Iwona M.Galeczka
- 15:00 – 15:20 Kaffi**
- 15:20 – 15:40 Gas and aerosol chemistry of the Holuhraun Plume
Nicole S. Keller
- 15:40 – 16:00 Öskjuhrun og eldgos utan öskju: Samantekt um atburði á síðustu öld
Páll Einarsson & Magnús Tumi Guðmundsson
- 16:00 – 16:20 Magma types and mantle sources of the Bárðarbunga volcanic system with implications for its magma plumbing system and lateral magma flow
Sæmundur Ari Halldórsson
- 16:20 – 16:40 Upprifjun um Grímsvatnajökul og Vatnajökulsveg
Hjörleifur Guttormsson
- 16:40 – 17:00 Berghlaup í Öskju 21. júlí 2014
Jón Kristinn Helgason
- 17:00 – 17:20 Exploring the third dimension of Nornahraun: Methods to quantify the thickness of the lava field and first results
Tobias Dürig
- 17:20 - Móttaka**

Efnisyfirlit

Dagskrá Haustráðstefnu JFÍ, 22. nóvember 2014	i
Efnisyfirlit	iii
Veggspjöld	v
Ávarp formanns Jarðfræðafélags Íslands	vii
Ágrip erinda	1
Acid rain caused by Holuhraun eruption	3
Andri Stefánsson ¹ , Nicole S. Keller ¹ , Sara Barsotti ² , Gerður Stefánsdóttir ² , Ríkey Kjartansdóttir ¹ , Iwona Galeczka ¹ , Eydis S. Eiríksdóttir ¹ , Árni Sigurðsson ² , Sibylle von Löwis ² and Sigurdur R. Gíslason ¹	
Berggrunnskort af Íslandi 1:600 000. Nýtt jarðfræðikort frá ÍSOR	4
Árni Hjartarson og Kristján Sæmundsson	
Petrology of the new fissure eruption north of Dyngjujökull	5
Enikő Bali, Guðmundur H. Guðfinnsson, Haraldur Gunnarsson, Sæmundur A. Halldórsson, Sigurður Jakobsson, Morten S. Riisshuus, Olgeir Sigmarsson, Gylfi Sigurðsson, Guðrún Sverrisdóttir and Þorvaldur Þórðarson	
Hraunflæðilíkön	7
Esther Hlíðar Jensen ¹ , Sara Barsotti ¹ , Simone Tarquini ² , Mattia de' Michieli Vitturi ² .	
Interpretation of deformation captured by GPS and InSAR geodesy during the 2014 rifting event in the Bárðarbunga volcanic system	9
Freysteinn Sigmundsson ¹ , Andy Hooper ² , Elías Rafn Heimisson ¹ , Þóra Árnadóttir ¹ , Michelle Parks ¹ , Stéphanie Dumont ¹ , Vincent Drouin ¹ , Karsten Spaans ² , Benedikt Ófeigsson ³ , Sigrún Hreinsdóttir ³ , Hildur María Friðriksdóttir ¹ , Páll Einarsson ¹ , Rikke Pedersen ¹	
Holuhraun: lava flow morphologies and emplacement mechanisms	10
G.B.M. Pedersen ¹ , C.R. Gallagher ² , H.I. Reynolds ² and the IES eruption team	
Monitoring the emission rate of SO ₂ from the 2014 Holuhraun (Bárðarbunga) eruption with DOAS	11
Gerður Stefánsdóttir ¹ , Melissa A. Pfeffer ¹ , Bo Galle ² , Baldur Bergson ¹ , Amy Donovan ³ , Sara Barsotti ¹ , Árni Snorrason ¹ , Vladimir Conde Jacobo ²	
Fyrstu viðbrögð við umbrotunum í Bárðarbungu með GPS landmælingum	12
Hildur María Friðriksdóttir ¹⁺² , Sigrún Hreinsdóttir ²⁺³ , Þóra Árnadóttir ² , Benedikt G. Ófeigsson ¹ , Freysteinn Sigmundsson ² , Elías Rafn Heimisson ² , Ásta Rut Hjartardóttir ² , Michelle Parks ² , Stéphanie Dumont ² , Gunnar B. Guðmundsson ¹ , Jón Söring ¹ , Þorsteinn Jónsson ² , Bergur H. Bergsson ¹ , Vincent J.P.B. Drouin ² , Pete Lafemina ⁴ , Sigurjón Jónsson ⁵ , Erik Sturkell ⁶ , Rick Bennet ⁷ , Halldór Geirsson ⁴ , Vilhjálmur Kjartansson ¹ , Pálmi Erlendsson ¹ , Halldór Ólafsson ² .	
Upprifjun um Grímsvatnajökul og Vatnajökulsveg	13
Hjörleifur Guttormsson	
Breytingar á suðaustanverðum Vatnajökli - í fortíð, nútíð og framtíð	15
Hrafnhildur Hannesdóttir, Helgi Björnsson, Guðfinna Aðalgeirsdóttir, Finnur Pálsson, Sverrir Guðmundsson, Tómas Jóhannesson, Snævarr Guðmundsson, Hálfán Ágústsson, Eyjólfur Magnússon, Philippe Crochet, Sven Þ. Sigurðsson	
Þróun efnavöktunarkerfis í jökulám vegna jökulhlaupa og eldsumbrota undir jökli ...	17
Hrefna Kristmannsdóttir	
The chemistry of surface waters and snow in vicinity of the Nornahraun eruption site, Iceland	19
Iwona M. Galeczka, Eydis S. Eiríksdóttir, Sigurdur R. Gíslason	
Berghlaupið í Öskju 21. júlí 2014	21
¹ Jón Kristinn Helgason, ² Þorsteinn Sæmundsson, ¹ Sveinn Brynjólfsson, ¹ Tómas Jóhannesson, ¹ Harpa Grímsdóttir, ¹ Kristín S. Vogfjörð, ² Ármann Höskuldsson, ² Ásta Rut Hjartardóttir og ² Freysteinn Sigmundsson	
Hekla og eldgosið 1845: Gjósufallið og sundrun kvikunnar í upphafi gossins	23

Haustráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
22. nóvember 2014

Jónas Guðnason¹, Þorvaldur Þórðarson¹ og Bruce Houghton²

Vinir Vatnajökuls – hollvinasamtök Vatnajökulspjóðgarðs	24
---	----

Kristbjörg Hjaltadóttir

Jarðskjálftavirkni tengd umbrotunum í Bárðarbungu	25
---	----

Kristín Jónsdóttir¹, Kristín Vogfjörð¹, Baldur Bergsson¹, Benedikt G. Ófeigsson¹, Bergur H. Bergsson¹, Bergþóra S. Þorbjarnardóttir¹, Bogi Brynjar Björnsson¹, Gunnar B. Guðmundsson¹, Hildur María Friðriksdóttir¹, Jón Sörling¹, Matthew Roberts¹, Martin Hensch¹, Pálmi Erlendsson¹, Sara Barsotti¹, Sighvatur K. Pálsson¹, Sigurlaug Gunnlaugsdóttir¹, Sigurlaug Hjaltadóttir¹, Sigbrúður Ármannsdóttir¹, Sigurjón Magnússon¹, Theódór F. Hervarsson¹, Tryggvi Hjörvar¹, Vala Hjörleifsdóttir², Vilhjálmur Kjartansson¹, Þorgils Ingvarsson¹, Þórunn Skaftadóttir¹

Breytt mynd af hitastigli.....	27
--------------------------------	----

Kristján Sæmundsson

Öskjusig í Bárðarbungu	28
------------------------------	----

Magnús Tumi Guðmundsson¹, Þórdís Högnadóttir¹, Eyjólfur Magnússon¹, Matthew Roberts², Benedikt G. Ófeigsson², Kristín Jónsdóttir², Alexander H. Jarosch², Finnur Pálsson², Hannah I. Reynolds¹, Vala Hjörleifsdóttir³, Tobias Dürig¹, Kristín Vogfjörð², Martin Hensch², Joaquin Belart¹

Gas and aerosol chemistry of the Holuhraun Plume	29
--	----

Nicole S. Keller¹, Andri Stefánsson¹, Robert A. Askew¹, Gerður Stefánsdóttir², Baldur Bergsson², Mike Burton³, Evgenia Ilyinskaya⁴, Sara Barsotti², Ríkey Kjartansdóttir¹ and Matylda Hermanska¹

Öskjuhrun og eldgos utan öskju: Samantekt um atburði á síðustu öld	30
--	----

Páll Einarsson og Magnús Tumi Guðmundsson

Vent Activity at the ongoing Nornahraun eruption, Bárðarbunga volcanic system....	32
---	----

Robert Askew¹, Thorvaldur Thordarson¹, Catherine Gallagher^{1,2} and the IES eruption team

Magma types and mantle sources of the Bárðarbunga volcanic system with implications for its magma plumbing system and lateral magma flow	33
--	----

Sæmundur Ari Halldórsson, Guðrún Sverrisdóttir og Gylfi Sigurðsson

Exploring the third dimension of Nornahraun: Methods to quantify the thickness of the lava field and first results	35
--	----

T. Dürig and IES Eruption Team

Breytingar á Morsárjökli eftir berghlaupið 2007	36
---	----

Þorsteinn Sæmundsson¹, Ingvar A. Sigurðsson², Doris Hermle³, Rudolf Sailer³, Halldór G. Pétursson⁴, G.B.M. Pedersen¹, Guðfinna Aðalgeirsdóttir¹, Snævarr Guðmundsson⁵, Finnur Pálsson¹, Esther Hlíðar Jensen⁶

SAR satellite monitoring of the 2014 dyke intrusion and eruption within the Bárðarbunga volcanic system.....	37
--	----

Vincent Drouin¹, Michelle Parks¹, Stéphanie Dumont¹, Freysteinn Sigmundsson¹, Benedikt Ófeigsson², Sigrún Hreinsdóttir³, Hildur María Friðriksdóttir¹, Eyjólfur Magnússon¹

Veggspjöld

Berggrunnskort af Íslandi 1:600 000. Nýtt jarðfræðikort frá ÍSOR

Árni Hjartarson

Fyrstu viðbrögð við umbrotunum í Bárðarbungu með GPS landmælingum

Hildur María Friðriksdóttir¹

Vinir Vatnajökuls – hollvinasamtök Vatnajökulspjóðgarðs

Kristbjörg Hjaltadóttir

Breytt mynd af hitastigli

Kristján Sæmundsson

Ávarp formanns Jarðfræðafélags Íslands

Haustráðstefna Jarðfræðafélags Íslands árið 2014 er tileinkuð umbrotunum í Vatnajökli og næsta nágreppi hans og er að þessu sinni haldin í samvinnu við Jökklarannsóknafélag Ísland. Mikið hefur gerst í ríki Vatnajökuls undanfarna mánuði og ekki sér fyrir endann á þeirri atburðarrás sem hófst um mitt sumar þegar stórt berghlaup féll úr suðausturbrún öskjunnar í Öskju. Upp úr miðjum ágúst hófst síðan umbrotahryna í Bárðarbungu og nágreppi hennar. Með tímanum færðist þessi skjálftavirkni undir Dyngjujökul og þaðan til norðurs í átt að Holuhrauni. Þar hófst lítið skammvinnt eldgos þann 29. ágúst og í kjölfar þess mun stærra gos 31. ágúst sem stendur enn. Margt hefur komið vísindamönnum á óvart varðandi þessa atburði og án efa verður mörgum spurningum svarað á þessari ráðstefnu.

Að auki verða tveir jarðvísindamenn heiðraðir á ráðstefnunni, að þessu sinni eru það prófessor Hrefna Kristmannsdóttir við Háskólann á Akureyri og Dr. Jón Eiríksson sérfræðingur við Jarðvísindadeild Háskóla Íslands, en þau hafa bæði náð þeim áfanga að verða sjötug í ár.

Prófessor Hrefna Kristmannsdóttir hefur um langt árabil unnið að rannsóknum á jarðhita og jarðefnafræði. Eftir að Hrefna lauk Cand. Real gráðu við Háskólann í Osló 1970 starfaði hún lengst af sem deildarstjóri jarðefnafræðideildar á Orkustofnun, auk þess að vera gistikennari við Háskólann í Bristol í Englandi og gistiprófessor við Háskólann í Akita í Japan. Frá árinu 2002 hefur hún starfað sem prófessor í jarðhitafræðum við Háskólann á Akureyri. Ritaskrá Hrefnu er gríðarmikil enda um dugmikinn vísindamann að ræða og ekki má gleyma að Hrefna gegndi starfi formanns Jarðfræðafélags Íslands 1984-1986.

Dr. Jón Eiríksson hefur lengi stundað rannsóknir á sviði setлагаfræði auk þess að rannsaka fornhafræði, gjóskulagatímabil, gosrænt set og loftslagsbreytingar. Jón lauk doktorsprófi frá Háskólanum í East Anglia á Englandi árið 1980 og starfaði svo um tíma hjá Orkustofnun en varð aðjúnt 1972 og svo síðar sérfræðingur, 1978, við Raunvísindadeild Háskóla Íslands. Frá árinu 2004 hefur Jón einnig verið ráðgefandi prófessor við East China Normal University í Shanghai í Kína. Líkt og með Hrefnu þá sést á ritlista Jóns að hann hefur verið ötull vísindamaður og á að baki glæstan feril en Jón var einnig meðstjórnandi í Jarðfræðafélagi Íslands 1978-1980.

Stjórn félagsins óskar þeim Hrefnu og Jóni til hamingju með þeirra glæsilegu ferla og vonar að íslenskt jarðvísindasamfélag fái að njóta krafta þeirra um ókomin ár, ritaskrár þeirra verða gerðar aðgengilegar á heimasíðu félagsins, jfi.is. Stjórnin vill ennfremur þakka öllum þeim sem flytja erindi á ráðstefnunni. Það er von okkar að þessi haustráðstefna stuðli að fjörlegri og gagnlegri umræðu um umbrotin í ríki Vatnajökuls og gefi okkur betri yfirsýn yfir þá viðburði sem þar eiga sér stað.

f.h. Jarðfræðafélags Íslands

Sigurlaug María Hreinsdóttir

Ágrip erinda

Acid rain caused by Holuhraun eruption

Andri Stefánsson¹, Nicole S. Keller¹, Sara Barsotti², Gerður Stefánsdóttir², Ríkey Kjartansdóttir¹, Iwona Galeczka¹, Eydís S. Eiríksdóttir¹, Árni Sigurðsson², Sibylle von Löwis² and Sigurdur R. Gíslason¹

¹ Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Sturlugata 7, 101 Reykjavík, Iceland

² Icelandic Meteorological Office, Bústaðavegi 7- 9, 108 Reykjavík, Iceland

The Holuhraun eruption that started at the end of August 2014 has resulted in large quantities of SO₂ being emitted to the atmosphere, in the range of ~35 to ~100 thousand tonnes of SO₂ per day. Sulfur dioxide in the atmosphere hydrates and oxidizes to form various compounds including sulfur trioxide (SO₃) and sulfuric acid (H₂SO₄) as well as sulfur aerosols. The formation of sulfuric acid in the atmosphere results in acid rain. Since 19th September 2014, rainwater samples have been collected and analyzed at weekly bases at 18 locations across all the Iceland. Unpolluted rainwater has a pH of ~5.6. The pH of rainwater in Iceland after the start of the Holuhraun eruption ranging from pH 2.51 to 7.38 with an average value of pH 5.77 (measured at room temperature). About 38% of the rain is defined as acid rain whereas 62% can be regarded as unpolluted rain. About 6% of the measured rainwater shows sever acid characteristics, i.e. pH below 4. The lowest pH value measured so far of 2.51 is also the lowest rainwater pH ever recorded in Iceland. To trace the source of sulfur in the rainwater a mixing model has been developed based on SO₄ and Cl concentrations and taking into account three major sources of solutes in rainwater, i.e. seawater spray, rock dust dissolution and volcanic gas from Holuhraun. The conclusions demonstrate that large parts of rainwater in Iceland after the start of the Holuhraun eruption can be explained by the contribution of seawater spray and rock dust dissolution. However, about 40% of the rainwater shows clear characteristics of volcanic gas input with SO₄/Cl ratios in rainwater approaching that measured in the volcanic plume in some cases.

Berggrunnskort af Íslandi 1:600 000. Nýtt jarðfræðikort frá ÍSOR

Árni Hjartarson og Kristján Sæmundsson

Íslenskar orkurannsóknir

Nýtt jarðfræðikort frá ÍSOR, Berggrunnskort af Íslandi 1:600 000, er komið út. Á kortinu er fylgt hinum nýju alþjóðlegu reglum um skiptingu jarðsöguskeiða sem samþykktar voru af Alþjóðajarðfræðisambandinu (IUGS) árið 2012. Kortið sýnir helstu drætti í jarðfræði landsins og á hvaða jarðsöguskeiðum hinir ýmsu hlutar berggrunnsins mynduðust. Eftirfarandi jarðsöguskeið eru sýnd:

<i>Skeið</i>	<i>Ár</i>	<i>Aths.</i>
Hólósen	0 - 11.700	
Efra pleistósen	11.700 - 780.000	Neðri mörk, segulskilin Brunhes/Matuyama
Neðra pleistósen	780.000 - 2.580.000	Neðri mörk, segulskilin Matuyama/Gauss
Plíósen	2.580.000 - 5.300.000	Neðri mörk, botn Þverár segulmundarinnar
Efra míósen	5.300.000 - 11.000.000	Neðri mörk, botn Anómalíu 5.
Neðra míósen	11.000.000 - 16.000.000	

Hraun og eldstöðvar draga fram gosbelti landsins. Hraunum er skipt í þrjá flokka: söguleg hraun, forsöguleg hraun frá hólósen og hraun frá síðjökultíma. Raunar vill svo til að eldgosið í Holuhrauni er yfirstandandi svo á kortinu er hraun í rennsli. Ýmsir jarðfræðilegir þættir eru sýndir s.s. virkar og kulnaðar megineldstöðvar, öskjurimar, setlög með gróðurleifum, helstu mislægi, gígar og gígaraðir sem og stór misgengi og sprungur. Helstu jarðhitastaðir ($> 25^{\circ}\text{C}$) eru merktir inn og þeir flokkaðir eftir hitastigi. Á bakhlið kortsins er saga Íslands rakin í máli og myndum, allt frá opnun Atlantshafsins.

Petrology of the new fissure eruption north of Dyngjújökull

Enikő Bali, Guðmundur H. Guðfinnsson, Haraldur Gunnarsson,
Sæmundur A. Halldórsson, Sigurður Jakobsson, Morten S. Riishuus,
Olgeir Sigmarsson, Gylfi Sigurðsson, Guðrún Sverrisdóttir and Þorvaldur
Þórðarson

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

The ongoing fissure eruption north of Dyngjújökull – the largest of its kind in Iceland since the 1783 Laki eruption - provides a rare opportunity to study in detail magmatic processes and magma plumbing system dynamics during a large-volume fissure eruption. Here, we provide an assessment of the petrography and composition of the erupted lava.

The lava was initially relatively phenocryst-poor, containing less than 1% phenocrysts by volume, but increasing to over 5% as the eruption has progressed. Plagioclase is always the dominant phenocryst phase but olivine and clinopyroxene, including an occasional diopside, are also seen. Crystallization is substantial in most samples, with plagioclase and augite invariably as the dominant groundmass minerals (Figure 1a) but olivine is also present in smaller amounts. The rock texture is mostly subophitic, usually with interstitial glass containing late-forming, dendritic Fe-Ti oxide (Figure 1b).

The eruption has been characterized by steady emission of SO₂. Sulfur is also present in the lava in the form of sulfide globules (Figure 1a). The globules are always Fe-rich but Cu and sometimes Ni are also abundant, whereas Co is a minor ingredient. Sulfide globules have not been found in glass inclusions, which suggests that sulfide saturation, manifested by the formation of immiscible sulfide melt, only occurs after the crystallization of the phenocrysts begins with concomitant increase in the sulfide content of the remaining melt.

The emerging magma can be classified as olivine tholeiite (MgO ~ 7 wt.%; TiO₂ ~ 1.8 wt.%; K₂O ~0.2), containing up to 5% normative olivine. This is the most common magma type formed within the Icelandic axial rift system and is most frequently produced by flood lava eruptions out in the fissure swarms of the volcanic systems. The isotope ratios of Sr and Pb are indistinguishable from basalts in the Bárðarbunga volcanic system, consistent with the lava belonging to the Bárðarbunga volcanic system.

Geobarometry based on the equilibrium between augite phenocrysts and coexisting melt is consistent with crystallization depths greater than 10 km, while depth estimates based on the pressure dependence of the composition of a melt in equilibrium with the ol-plag-cpx phase assemblage (Yang et al., 1996) indicate that the magma equilibrated at a depth between 6-9 km. The deepest earthquakes associated with the ongoing volcano-tectonic episode are within this depth range. Calculations with several different magma geothermometers suggest that the temperature of the magma as it rises to the surface is about 1170-1180°C.

The volatile contents of the groundmass glass, silicate melt inclusions and associated fluid inclusions trapped in various mineral phases were analyzed by FTIR and Raman spectroscopy. H₂O content varies from 0.2-0.5 wt% in silicate melt inclusions, whereas their CO₂ contents are between 0 and 900 ppm. Groundmass glasses contain 0.1 wt% H₂O and no detectable CO₂. The relationship between the H₂O and CO₂ contents of silicate melt inclusions, as well as the presence of free, high-density (0.642 g/cm³) CO₂ in the form of fluid inclusions, indicate that the basaltic melt has started to degas already at a depth of 9 km. Available volatile solubility models predict at least 1500 ppm juvenile CO₂ in the magma, assuming that fluid saturation occurs at this depth (estimated by VolatileCalc, Newman and Lowenstern, 2002).

The composition of the lava has been remarkably constant during the eruption (now >2 months). The major-element (Figure 1c) and trace-element (e.g., Ba, Zr) composition of the lava flow is uniform, within the analytical uncertainty (2σ) of the measurements (ICP-OES). Moreover, since the onset of the eruption, trace-element ratios (e.g., Zr/Y, V/Sc) (Figure 1d) have also been more or less uniform. Thus, analogous to the Laki eruption, the composition of the magma is surprisingly uniform considering the long duration of the eruption and the large volume of lava (currently $\sim 1 \text{ km}^3$).

In conclusion, our observations thus far on the petrography, petrology and geochemistry of the new lava are consistent with primitive olivine tholeiite magma attaining equilibrium in a reservoir at lower crustal levels (>10 km) followed by ascent to the surface. Insignificant changes in the chemistry of the lava are consistent with efficient homogenization of mantle-derived melts, presumably in a crustal magma reservoir.

References:

- Newman, S. and Lowernstern, J.B. (2002): VolatileCalc: a silicate melt–H₂O–CO₂ solution model written in Visual Basic for excel. Computers & Geosciences 28, 597–604.
- Yang, H. J., Kinzler R.J., and Grove T.L. (1996): Experiments and models of anhydrous, basaltic olivine-plagioclase-augite saturated melts from 0.001 to 10 kbar. Contrib. Mineral. Petrol. 124, 1–18.

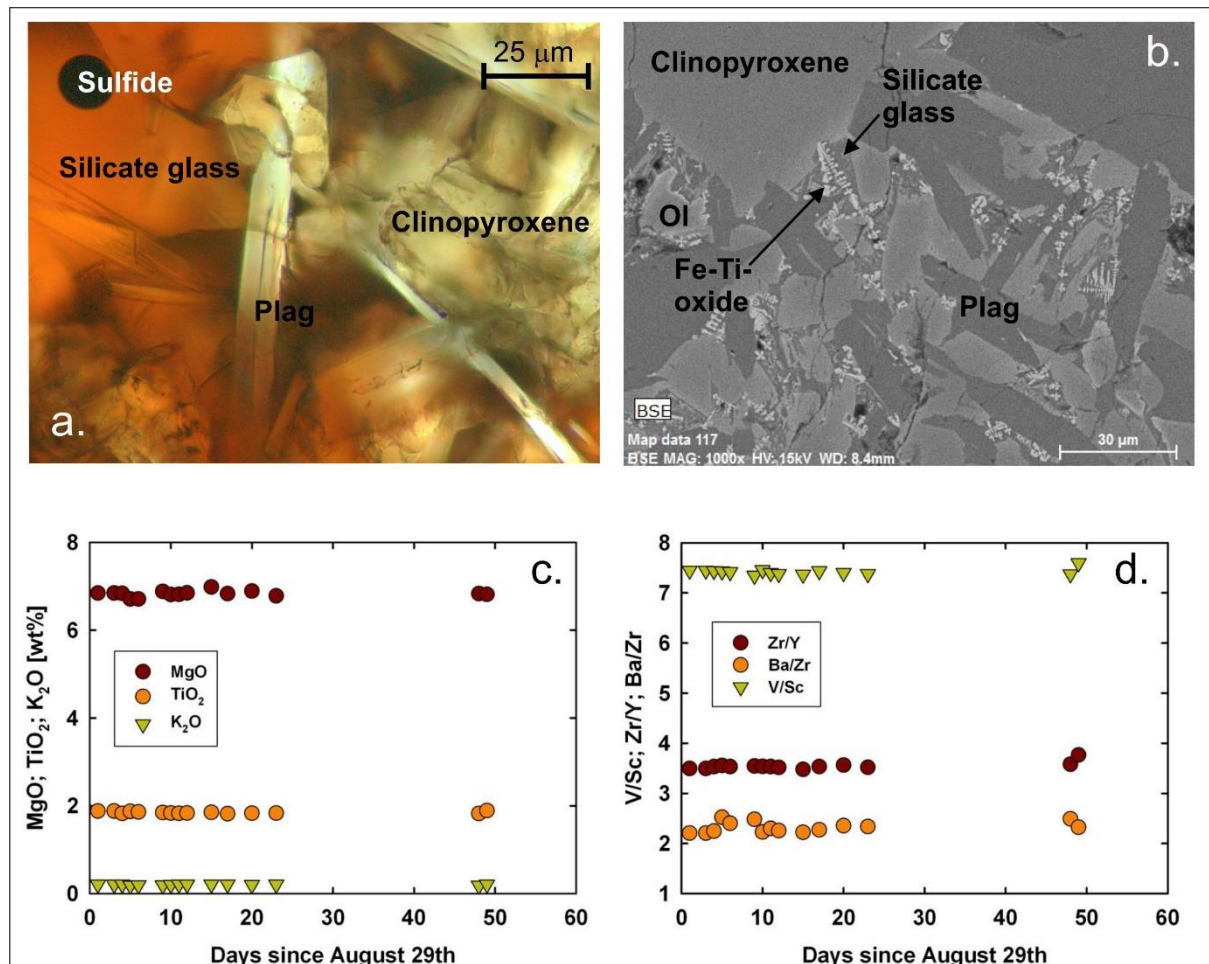


Figure 1. Photomicrograph (a) and backscatter electron image (b) of samples of the new lava showing rock textures. Temporal variations in major and minor elements (c) and trace element ratios (d). (Plag = plagioclase, Ol = olivine.)

Hraunflæðilíkön

Esther Hlíðar Jensen¹, Sara Barsotti¹, Simone Tarquini², Mattia de' Michieli Vitturi².

¹Veðurstofa Íslands, ²The Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Hraun eins og nú rennur á hálendinu norðan Vatnajökuls hefur ekki skapað mikla ógn við byggð. Það væri hins vegar alvarlegt mál ef viðlíka gos yrði í nágrenni við þéttbýli. Því er mikilvægt að búa yfir tækni til að átta sig á hættunni. Með hraunflæðilíkönum má bæta við mikilvægum upplýsingum sem nýtast t.d við gerð hættumats.

Hraunflæði er mjög flókið fyrirbæri. Samsetning kvikunnar hefur áhrif á seigju hennar og þar með hversu hratt hún flæðir. Einnig ber að hafa í huga að kvika hagar sér ekki eins og flæðandi vatn því þar sem hún storknar hefur hún breytt landslaginu mjög mikið. Þar af leiðir að farvegur sem hraun leitar í verður ekki til staðar næst þegar gýs, jafnvel ekki þegar næsta spýja kemur. Til að líkja eftir flæði hrauns á sem bestan hátt þyrfti því að vera til staðar hæðarlíkan sem breytist um leið og hraunið flæðir um það. Hæðarlíkan af yfirborði landsins áður en hraunið tók að renna er hins vegar grunnforsenda þess að hægt sé að beita hraunflæðilíkani. Ekki er nauðsynlegt að upplausn slíkra gagna sé mjög mikil ($\pm 1-5$ m) en þau þurfa að lýsa því yfirborði sem hraunið er að renna yfir og því er aldur gagnanna mikilvægur.

Hraunflæðilíkön eru ýmist löggeng eða líkindalíkön. Fyrri gerðin krefst þess að ákveðnir eðliseiginleikar kvikunnar séu þekktir ásamt magni straums úr gosopinu. Seinni gerðin er einfaldari og þarf aðeins staðsetningu gosops en skilar eingöngu hámarksútbreiðslu en ekki þykkt eða þróun hraunbreiðunnar í tíma (t.d. Favalli et al. 2011; Tarquini and Favalli 2011, 2013).

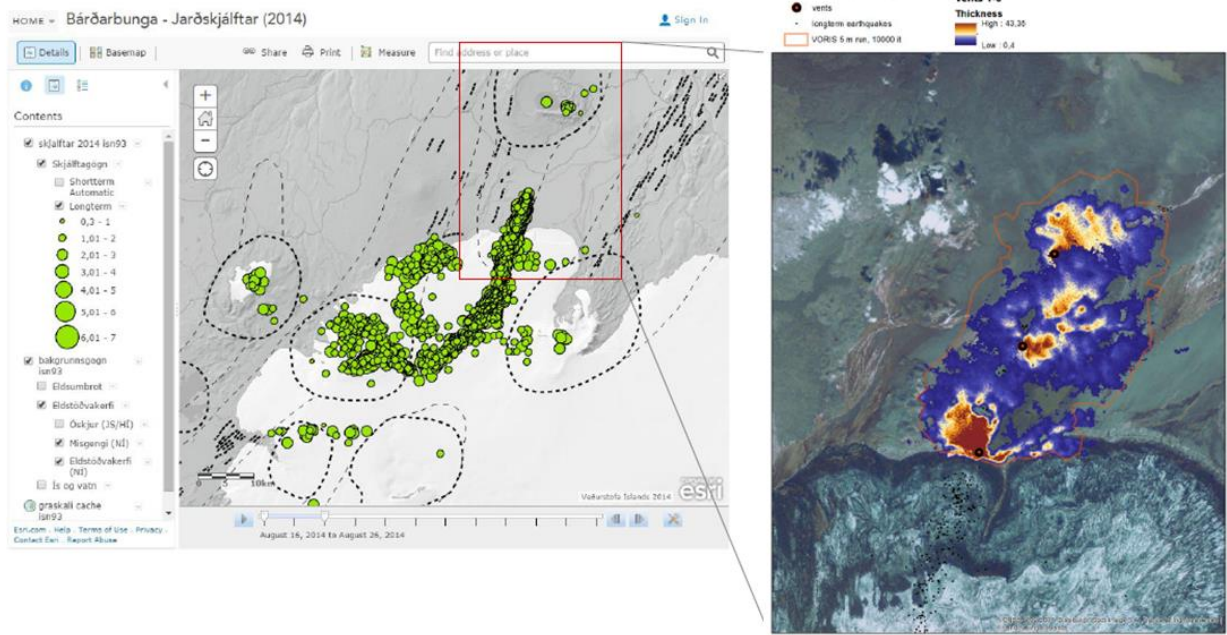
Á Veðurstofu Íslands hafa tvö hraunflæðilíkön verið til skoðunar síðustu misserin. Við háskólann í Barcelona kemur líkindalíkan, kallað VORIS, sem reiknar hraunflæði (Felpeto et al. 2001). Líkanið vinnur á hæðarlíkani og notar uppgefna hæðarleiðréttingu til að líkja eftir þykkt hraunsins. Þykktin getur haft áhrif á hvert hraunið flæðir. Annað sem forritið þarf að fá uppgefið er hámarkslengd hrauns, ef hún er mjög löng er gert ráð fyrir að enginn skortur sé á gosefni. Forritið gerir ráð fyrir að hraunið haldi áfram að renna á meðan sú myndeining í landlíkaninu sem verið er að reikna hverju sinni er hærri en einhver af 8 næstu myndeiningum; sem sagt, að hraunið renni svo lengi sem straumurinn hefur einhverja dæld að leita í.

F-L líkanið er samið af þeim Simone Tarquini og Mattia de' Michieli Vitturi, INGV (Pisa) á Ítalíu. Þetta líkan telst vera líkindalíkan en getur tekið til greina rennslisstefnu, svæði sem fer undir hraun og magn gosefna á ákveðnum tíma. Það er því mitt á milli löggengra- og líkindalíkana. Líkanið reiknar ítrekaðar myndanir nýrra snepla sem mynda eins konar keðju. Sneplarnir líta út eins og sporöskjulaga hlutur eða böggjar af hrauni. Þegar lengd “keðjunar” er orðin eitthvað fyrirfram ákveðið er hægt að frysta hana og þannig mynda nýtt yfirborð. Þessi reikniðferð gerir hrauninu kleift að renna yfir mjög lítinn, eða jafnvel engan halla ákveðna vegalend.

Gerður var samanburður á líkönunum tveimur á hugsanlega útbreiðslu hrauns norðan Dyngjujökuls áður en gosin hófust í haust (Mynd 1). Niðurstaðan varð sú að F-L líkanið nær betur að herma eftir hraunrennslinu. Það hefur því verið notað til að líkja eftir rennsli Nornahrauns.

Haustráðstefna Jarðfræðafélags Íslands

22. nóvember 2014



Mynd 1. Jarðskjálftar frá 16. Ágúst til 28. ágúst (vinstri mynd) voru notaðir til að staðsetja hugsanleg gosop (rauðir punktar hægri mynd) og síðan voru bæði líkönin keyrð miðað við gos frá þeim. Rauða útlínan á hægri myndinni sýnir niðurstöðu VORIS líkansins en skyggða svæðið (blátt út í rautt) er niðurstaða F-L líkansins.

Heimildir

- Favalli, M., Tarquini, S., Fornaciai, A., 2011. DOWNFLOW code and Lidar technology for lava flow analysis and hazard assessment at Mount Etna. *Annals of Geophysics* 54, 552 – 566, <http://dx.doi.org/10.4401/ag-5339>
- Felpeto, A., Martí, J., Ortiz, R., 2001. Automatic GIS-based system for volcanic hazard assessment. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 166 (2007) 106–116. ELSEVIER. DOI: 10.1016/j.jvolgeores.2007.07.008
- Tarquini, S., Favalli, M., 2011. Mapping and DOWNFLOW simulation of recent lava flow fields at Mount Etna. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 204, 27–39, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2011.05.001>
- Tarquini, S., Favalli, M., 2013. Uncertainties in lava flow hazard maps derived from numerical simulations: The case study of Mount Etna. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* (2013), doi:10.1016/j.jvolgeores.2013.04.017

Interpretation of deformation captured by GPS and InSAR geodesy during the 2014 rifting event in the Bárðarbunga volcanic system

Freysteinn Sigmundsson¹, Andy Hooper², Elías Rafn Heimisson¹, Þóra Árnadóttir¹, Michelle Parks¹, Stéphanie Dumont¹, Vincent Drouin¹, Karsten Spaans², Benedikt Ófeigsson³, Sigrún Hreinsdóttir³, Hildur María Friðriksdóttir¹, Páll Einarsson¹, Rikke Pedersen¹

¹Nordic Volcanological Center, Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Iceland,

²University of Leeds, ³Icelandic Meteorological Office, Iceland, ⁴GNS Science, New-Zealand

Geodetic observations of crustal deformation associated with the 2014 events in the Bárðarbunga volcanic system and eruptive activity in the Holuhraun area provide a unique data set, that complements well seismic constraints on subsurface magma movements. The geodetic data can be fitted to models reproducing the observed deformation, both that measured by Global Positioning System (GPS) geodesy and interferometric analysis of synthetic aperture radar images (InSAR).

A key observation of the GPS and InSAR data are horizontal contraction, deflation and subsidence centered on the Bárðarbunga caldera, throughout the time period from the beginning of unrest on 16 August 2014 until time of writing (middle of November). This is caused by major pressure drop at depth, with a best fitting location under the Bárðarbunga caldera. Pressure drop has not been inferred at any other location under the Bárðarbunga volcanic system, nor in the Holuhraun area. However, the vertical extent of the pressure drops remains somewhat uncertain, depending on model assumptions.

The other key observation of the data set are GPS-displacements and InSAR changes in range from ground to satellite that fit to a model of lateral growth of a dyke away from Bárðarbunga caldera towards the Holuhraun eruptive site, beginning on 16 August 2014. The dyke growth was slowed down by the effusive fissure eruptive activity near the end of the dyke.

The dyke can be modelled as a series of rectangular patches with opening and slip on each patch estimated from the geodetic data. A Markov-chain Monte Carlo approach has been used to estimate the multivariate probability distribution for all model parameters. The results suggest that most of the magma injected into the dyke is shallower than the seismicity. While magma may extend to depths greater than 9 km near the centre of the ice cap, towards the edge of the ice cap where constraints from InSAR and GPS are much better, significant opening is all shallower than 5 km (depth below sea level). The total volume intruded into the dyke by 28 August is inferred to be 0.48-0.51 km³.

Holuhraun: lava flow morphologies and emplacement mechanisms

G.B.M. Pedersen¹, C.R. Gallagher², H.I. Reynolds² and the IES eruption team

¹Nordic Volcanological Center, University of Iceland, ²Institute of Earth Sciences, University of Iceland

The Holuhraun eruption has produced an impressively diverse flow field throughout its two month duration. This presentation focuses mainly on field observations which document: 1) the individual types of lava flow morphologies, and 2) their emplacement mechanisms. This data is recorded through photographs, videos and infrared images (FLIR).

Monitoring the emission rate of SO₂ from the 2014 Holuhraun (Bárðarbunga) eruption with DOAS

Gerður Stefánsdóttir¹, Melissa A. Pfeffer¹, Bo Galle², Baldur Bergson¹, Amy Donovan³, Sara Barsotti¹, Árni Snorrason¹, Vladimir Conde Jacobo²

¹Icelandic Meteorological Office, Reykjavik, Iceland, ²Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, ³University of Cambridge, Dept. Of Geography, Cambridge, UK

The ongoing fissure eruption at Holuhraun is distinguished by lava fountaining from a main central vent. High concentrations of SO₂ (and other volcanic gases) are being released, both from the vents and from the cooling lava. The gas-rich, ash-poor eruption cloud remains beneath 5 km, implying an abundant injection of gases into the boundary layer and, consequently, significant ground-level pollution across Iceland. The Icelandic Meteorological Office with the support of Chalmers University of Technology and the European project Futurevolc installed two scanning Differential Optical Absorption Spectrometers (DOAS) less than 15 km from the fissure. These instruments stream data in almost real-time to IMO. The first instrument was fully operational 1 September and the second on 4 September. There is currently only one scanning DOAS operating. The second instrument has not operated since 16 September; it is trapped by the lava and needs to be recovered if possible. Traverses of the eruption cloud with a mobile DOAS mounted on a car have been made along the ring road down wind from the eruption. The emission rate of SO₂ is higher in the more accurate traverses than from the scanning DOAS. More traverses are planned so that we can constrain this uncertainty better and scale the scanning DOAS measurements appropriately. The preliminary SO₂ emission rates for the eruption are 200-900 kg/s. The measurements of the SO₂ emission rate are important for quantifying the potential impact on human health and the environment, initializing gas dispersal models for providing reliable forecasts and warnings, and for estimating the emission rate of other gases released by the eruption for which the concentration relative to SO₂ is measured by other instruments. The average emission rate measured over the course of the eruption is currently used to initialize IMO's gas dispersion simulations; we will use daily variations in the emissions when the measurements from the scanning DOAS are more robust.

Fyrstu viðbrögð við umbrotunum í Bárðarbungu með GPS landmælingum

Hildur María Friðriksdóttir¹⁺², Sigrún Hreinsdóttir²⁺³, Þóra Árnadóttir², Benedikt G. Ófeigsson¹, Freysteinn Sigmundsson², Elías Rafn Heimisson², Ásta Rut Hjartardóttir², Michelle Parks², Stéphanie Dumont², Gunnar B. Guðmundsson¹, Jón Söring¹, Þorsteinn Jónsson², Bergur H. Bergsson¹, Vincent J.P.B. Drouin², Pete Lafemina⁴, Sigurjón Jónsson⁵, Erik Sturkell⁶, Rick Bennet⁷, Halldór Geirsson⁴, Vilhjálmur Kjartansson¹, Pálmi Erlendsson¹, Halldór Ólafsson².

¹Veðurstofa Íslands, ²Norræna eldfjallasetrið, Jarðvísindastofnun Háskólans, ³GNS Science, Nýja Sjálandi, ⁴Pennsylvania State University, USA, ⁵KAUST, Saudi Arabíu, ⁶Háskólinn í Gautaborg, ⁷University of Arizona, USA

Þann 16. ágúst 2014 hófst skjálftahrina undir austurhluta Bárðarbungu. Skjálftavirknin færðist eftir gangainnskoti út frá öskjunni, fyrst til suðausturs, síðan til norðausturs og að lokum í NNA stefnu þar sem framrás skjálftanna stöðvaðist norðan við Dyngjujökul, um 10 km sunnan við Öskju. Lítið sprungugos hófst norðan við Dyngjujökul þann 29. ágúst og stóð yfir í aðeins 2 klukkustundir. Tveimur dögum síðar, þann 31. ágúst, varð gos á annarri, nálægri sprungu sem er enn í gangi í dag.

Í aðdraganda eldgossins mældust miklar færslur með GPS landmælingum sem samræmdust vel framrás skjálftahrinnar og sýndu hvernig kvika streymdi undan Bárðarbungu og myndaði gangainnskot. GPS færslurnar, sem mældust bæði á samfelldum stöðvum og á stöðvum sem voru settar upp tímabundið, gáfu mikilvægar upplýsingar um þróun innskotsins og reyndist mjög gagnlegt að fylgjast með færslum í nær-rauntíma til að túlka atburðarrásina. Gögn sem gáfu færslur á samfelldum GPS mælistöðvum höfðu áður aðeins fengist á 24 klukkustunda fresti en vegna umbrotanna var unnið úr gögnum á átta tíma fresti þannig að nýir færslupunktur birtust oftar í nær-rauntíma.

Við upphaf skjálftahrinnar voru einungis fjórar samfelldar stöðvar innan 30 km fjarlægðar frá öskju Bárðarbungu. Aðeins ein samfelld GPS stöð á Dyngjuhálsi, DYNC, var nógu heppilega staðsett til að geta vaktað vel framrás gangsins. Augljóst var að setja þurfti upp fleiri samfelldar stöðvar í nágrenni við ganginn og á Bárðarbungusvæðinu svo hægt væri að skorða betur þær rúmmálsbreytingar sem áttu sér stað í jarðskorpunni. Breytileg stefna og hröð framrás gangsins ásamt sigi í Bárðarbungu olli því að sífellt varð þörf á að bæta við fleiri stöðvum en nýjar samfelldar GPS mælistöðvar á Bárðarbungu- og Öskjusvæðinu eru nú orðnar níu. Þar að auki var GPS mælistöð sett upp í öskju Bárðarbungu svo hægt væri að fylgjast með öskjusiginu í rauntíma.

Áform eru um að bæta við fleiri stöðvum til að þétta mælinetið á umbrotasvæðinu svo betur sé hægt að meta rúmmálsbreytingar í jarðskorpunni því atburðunum er ekki lokið. Enn er eldgos í Holuhrauni og merki um sig halda áfram að berast frá Bárðarbungu.

Upprifjun um Grímsvatnajökul og Vatnajökulsveg

Hjörleifur Guttormsson

Í fyrri hluta erindisins er fjallað um staðsetningu Grímsvatna og tengsl eldsumbrota þar við heitið á Vatnajökli, þá fyrst og fremst nafnið Grímsvatnajökull sem kemur fram í rituðum heimildum á 17. öld. Af mörgum frásögnum verður ráðið að fólk búsett sunnan og norðan jökulsins gerði sér grein fyrir samhengi eldsumbrota í Grímsvötnum og vatnsflóða suður um Skeiðarársand og í Jökulsá á Fjöllum, oft með miklum búsifjum við Öxarfjörð. Einnig að staðsetning Grímsvatna norður af Skeiðarárjökli og suður af Dyngjujökli var þekkt og umtöluð á 17. og 18. öld. Gera má og ráð fyrir að vermenn af norðanverðu landinu sem á miðöldum ferðuðust yfir Vatnajökul til sjóróðra sunnan hans hafi þekkt til Grímsvatnalægðarinnar. Minnst er á Fjalla-Eyvind (f. 1714–d. fyrir 1780) sem um árabíl hélt til á öræfunum norðan Vatnajökuls (Hvannalindir, Herðubreiðarlindir) og vissi gerla hvar leita skyldi Grímsvatna. Með vísan til þessa kemur á óvart að Sveinn Pálsson (1762–1840) og Þorvaldur Thoroddsen (1855–1921) áttuðu sig ekki til hlítar á staðsetningu Grímsvatna í jöklinum.

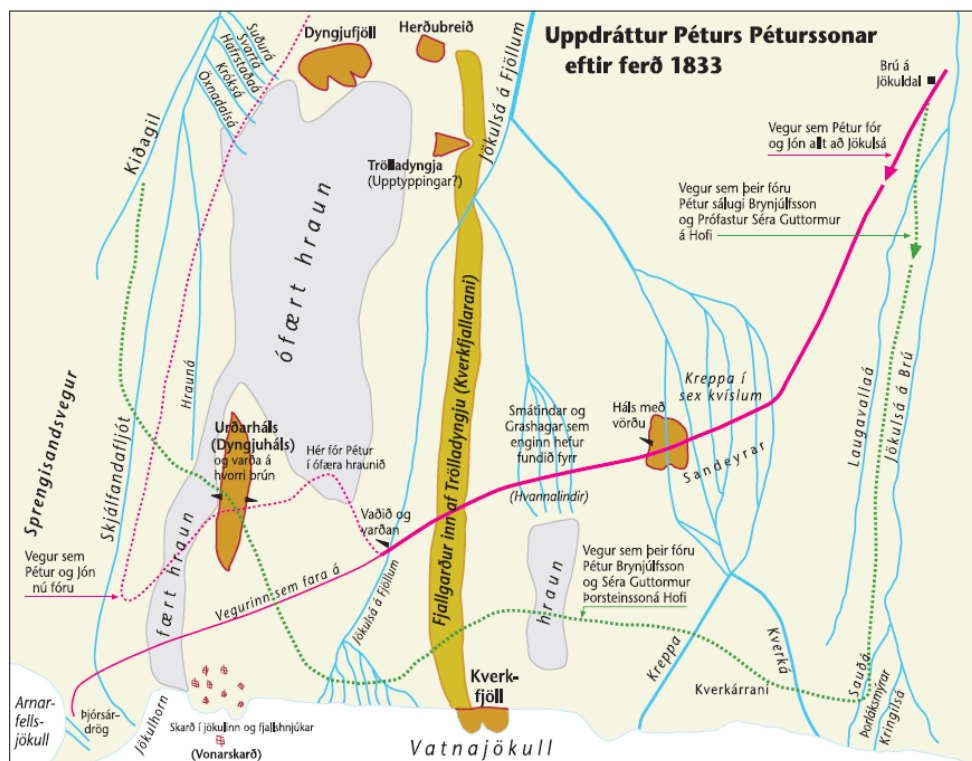
Vitneskja um jarðhita í Grímsvötnum virðist hafa lifað meðal manna á 19. öld, sbr. ummæli Sigurðar Gunnarssonar (1812–1878): „Vatnajökull, þessi mikli jökulfjallaklasi, hafði gosið eldi samfleytt 9 til 11 ár á undan umbrotunum í fyrra [1875] norðan við hann. – Hver veit um þær eldgosastöðvar? Hver hefir skoðað Grímsvötn og hver þá, sem þar vella alla tíð?“ Sami Sigurður tengdi nafnið Klofajökull við Klofann (Kverkina) í Kverkfjöllum, sem blasir við af alfaraleið milli Norður- og Austurlands. Eggert Ólafsson (1726–1758) hafði áður talið nafnið Klofajökull tilkomið af jökulkróknum milli stóru skriðjöklanna (Brúarjökuls og Dyngjujökuls) þar sem stórárnar sem norður falla eigi upptök sín. Sveinn Pálsson varð síðar fyrstur til að nefna Vatnajökul í rituðu máli ásamt Klofajökulsheitinu og skýrir það með þeim óteljandi elfum sem eigi upptök sín í honum.

Í seinni hluta erindisins er rifjuð upp leit manna á 18. og 19. öld að stystu ferðaleið milli Austurlands og Suðurlands fram með Vatnajökli norðanverðum yfir á Sprengisandsveg. Í því sambandi er nefnd sagan um þeysireið Árna Oddssonar (1592–1665) árið 1618 milli landshluta. Undir lok 18. aldar lögðu stjórnvöld fram fjárhæð til leitar að leið meðfram Vatnajökli að norðan. Varð það til þess að á árunum 1794–1797 fóru tveir Fljótisdælingar, Pétur Brynjólfsson (1772–1798) og Guttormur Þorsteinsson (1774–1848), frá Brú á Jökuldal vestur með Vatnajökli að Skjálfafljóti og norður í Kiðagil. Frá Pétri fékk Sveinn Pálsson glögga lýsingu á staðháttum.

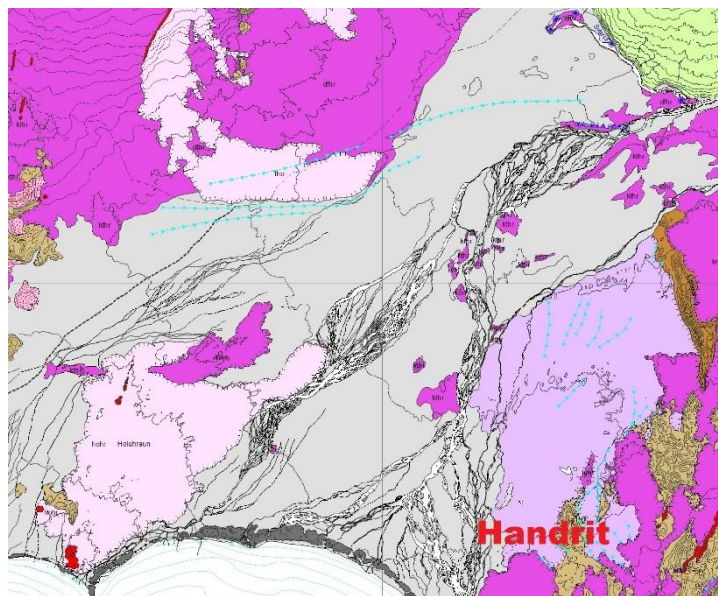
Eftir stofnun Fjallavegafélagsins 1831 var gerð gangskör að því að ryðja og varða nokkrar alfaraleiðir á hálendinu og með tilstyrk þess fóru síðsumars 1833 tveir Jökuldælingar, Pétur Pétursson á Hákonarstöðum og Jón Ingimundarson í Klausturseli, í leit að Vatnajökulsvegi. Gaf Pétur sýslumanni glögga lýsingu á ferðinni og fylgdi með uppdráttur (sjá mynd 1). Sýnir hann í aðalatriðum ferðaleið þeirra og má af honum ráða að þeir fóru vestur yfir Dyngjuháls, sem þeir nefndu Urðarháls, og því alllangt norðan við Flæður. „Ófært hraun“ sem þeir brutust yfir er því annað en það sem nú kallast Holuhraun. Forverar þeirra (Pétur Brynjólfsson og Guttormur) fóru mun sunnar, þ.e. meðfram jökuljaðri, án þess að geta um hraun á Flæðum, sem þá virðist ekki til staðar.

Sex árum síðar, 1839, komu um Vatnajökulsveg úr gagnstæðri átt Björn Gunnlaugsson (1788–1866) mælingameistari og fyrrnefndur Sigurður Gunnarsson, þá nýstúdent úr Bessastaðaskóla. Fóru þeir um Vonarskarð fyrstir manna á síðari öldum og nutu blíðviðris alla leiðina, riðu m.a. yfir Flæður og lýsti Sigurður síðar í ritgerð hrauninu þar (Huluhrauni), sem ekki reyndist sérstakur farartálmi (mynd 2). Ári seinna, í júlí 1840, var Sigurður fylgdarmaður danska náttúrufræðingsins Schythe um sömu slóðir. Þeir hrepptu eindæma hart veður norðan

jökuls og eftir þá ferð dvínuðu vonir manna um Vatnajökulsveg sem vænlega ferðaleið milli landshluta. Fjórir áratugir liðu þar til svonefndir „landaleitarmenn“ úr Mývatnssveit hættu sér suður undir Vatnajökul, komu að Gæsavötnum og fundu m.a. bæjarrústir í Hvannalindum. Fáeinum árum síðar, 1884, var Þorvaldur Thoroddsen í rannsóknarferð við Dyngjujökul og átti kaldsama nótt við Holuhraun, sem hann gaf þá þetta nafn sem nú er á hvers manns vörum.



Mynd 1. Uppdráttur Péturs Péturssonar úr ferðinni 1833. Endurgerð teikning GÓI. Svigaskýringar HG.



Mynd 2. Flæður með Holuhrauni (hohr, 24,2 km²) fyrir núverandi eldsumbrot. Jarðfræðikort ISOR. Handrit, Ingibjörg Kalldal. Skammstöfunin kthr vísar á Krepputunguhraun.

Breytingar á suðaustanverðum Vatnajökli - í fortíð, nútíð og framtíð

Hrafnhildur Hannesdóttir, Helgi Björnsson, Guðfinna Aðalgeirsdóttir, Finnur Pálsson, Sverrir Guðmundsson, Tómas Jóhannesson, Snævarr Guðmundsson, Hálfðán Ágústsson, Eyjólfur Magnússon, Philippe Crochet, Sven Þ. Sigurðsson

¹Jarðvísindastofnun Háskólans, ²Veðurstofa Íslands, ³Verkfræði- og Náttúruvísindasvið Háskóla Íslands

Gögn um jöklabreytingar á Íslandi eru mikilvægar vísbendingar um hnattrænar loftslagsbreytingar. Skriðjökklar í Austur-Skaftafellssýslu eru á einu hlýjasta og úrkomumesta svæði landsins, bregðast hratt við breytingum í afkomu og velta í búskap er með því mesta sem gerist á jörðinni. Stafræn kort af yfirborði og botni jöklanna, afkomumælingar og veðurgögn veita einstakt tækifæri til rannsókna á viðbrögðum jökla við loftslagsbreytingum. Hvergi hefur sambúð manns og jökuls verið eins nán og saga jöklabreytinga á fyrri öldum á þessu svæði er vel skráð. Skrif ferðalanga og fræðimanna sem lögðu leið sína um sveitirnar á 17., 18. og 19. öld, ásamt sýslu- og sóknalýsingum, veita innsýn í þær breytingar sem urðu á seinni hluta Litlu Ísaldar, er jökla tóku að ganga fram niður á láglendi. Samkvæmt samtímaheimildum lágu allflestir jökla fram á fremstu öldum á árunum 1880–1890 og tóku að hörfa upp frá því. Vel varðveittar jökulmenjar (þ.m.t. jaðarurðir, grettistöð, roflínur og strandlínur fyrrum jökulstíflaðra lóna) er vitna um mestu útbreiðslu þeirra á Litlu Ísöld, hafa verið kortlagðar. Yfirborð skriðjöklanna í hámarksstöðu hefur verið endurgert samkvæmt hæð þessara ummerkja, sögulegum ljósmyndum, kortum frá 1904 ásamt upplýsingum úr skrifuðum heimildum. Háupplausnar LiDAR (leysigeisla) hæðarlíkan af yfirborði jöklanna og næsta nágrenni þeirra hefur notast sem grunnur fyrir endurgerðina. Jafnvægislína á Litlu Ísöld hefur verið áætluð um 300 m lægri en nú á dögum út frá hæð efstu jaðarurða. Stafræn hæðarlíkon eru gerð út frá kortum, loftmyndum, GPS-sniðmælingum og fjarkönnunargögnum, svo sem LiDAR mælingunum. Út frá þeim eru flatarmáls- og rúmmálsbreytingar áætlaðar, ásamt meðalafkomu jöklanna á mismunandi tímabilum frá ~1890 til 2010. Flatarmál jöklanna hefur minnkað um 164 km², yfirborð þeirra lækkað um 150–270 m nálægt sporði og rýrnun allra samsvarar 60±8 km³ af ís, en það jafngildir ~0,15±0,02 mm hækkun í heimshöfunum. Botn jöklanna hefur áður verið kortlagður með íssjarmælingum og því er hægt að meta hlutfallslegt rúmmálsþap jöklanna, en þeir hafa rýrnað um 15–50% síðan ~1890. Á árunum 2002–2010 var afkoman neikvæðust eða -1,34±0,12 m að vatnsgildi á ári, sem er með því mesta sem þekkist í heiminum í byrjun 21. aldar. Ólík viðbrögð jöklanna við svipuðum breytingum í afkomu er háð mismunandi flatarmálsdreifingu þeirra með hæð, botnlögun, og tilvist sporðalóna sem auka leysingu. Lagt er mat á reynslulögmál sem metur rúmmál út frá flatarmáli jökla með þeirri tímaröð flatarmáls- og rúmmálsbreytinga frá lokum Litlu Ísaldar sem búin var til. Samanburðurinn gefur til kynna að ísrúmmál geti verið vanmetið um allt að 50% ef notaðir eru hefðbundnir stuðlar reynslulögmálsins. Saga þekktra jöklabreytinga er einnig notuð til þess að stilla af afkomu- og ísflæðilíkon sem lýsa viðbrögðum þriggja skriðjökla Breiðubungu við breytingum í veðurfari. Dreifð úrkoma er í fyrsta skipti notuð til þess að reikna afkomu fyrir íslenskra jökla, en strjalar stíkur á safnsvæði þessara jökla hafa ekki lýst breytileika vetrarafkomunar nægilega vel, sem upphaflegt afkomulíkan var stillt af með. Til að herma rúmmál jöklanna við hámark Litlu Ísaldar þurfti að lækka hita um 1°C og úrkomu um 20% miðað við viðmiðunartímabilið 1980–

2000. Framtíðarspár um loftslagsbreytingar gera sumar hverjar ráð fyrir að hitastig muni hækka um 3°C fyrir lok 21. aldar. Ef líkanið er keyrt með þeirri hitastigsbreytingu myndi það leiða til þess að jöklarnir hyrfu nánast alveg, eða tapa 80–90% af rúmmáli sínu.

Þróun efnavöktunarkerfis í jökulám vegna jökulhlaupa og eldsumbrota undir jökli

Hrefna Kristmannsdóttir

Prófessor emeritus - hkristmannsdottir@gmail.com

Ljóst hefur verið, um áratuga skeið, að a.m.k. tveimur vikum fyrir Skeiðarárhlaup fer að leka hlaupvatn undan jöklinum (Guðmundur Sigvaldason, 1965, Helgi Björnsson og Hrefna Kristmannsdóttir, 1983). Rannsóknir sem gerðar voru á Skeiðará o.fl. á m. 1982-1983 bentu til að efnavöktun jökuláa gæti gefið ótvíræðan fyrirvara um umbrot undir jökli. Nokkrar tilraunir voru gerðar til að koma af stað slíkri vöktun. Árin 1990-1991 var vikulega mæld rafleiðni í Skeiðará og til viðmiðunar í Skaftafellsá. Sú vöktun datt upp fyrir vegna skorts á fjármagni. Á þeim árum taldi Vegagerðin hringveginum ekki stafa veruleg hætta af jökulhlaupum úr Grímsvötnum þar sem hlaupin höfðu minnkað verulega miðað við það sem áður var og var hún því ekki tilbúin til að kosta miklar rannsóknir. Rannsóknir á hamfarahlaupinu 1996 sýndu að efnarannsóknir á jökulám höfðu verulegt gildi fyrir almannavarnir og nýttust til aðauðvelda spár um gos og hlaup (Sigurður Reynir Gíslason o.fl. 1997). Við úrvinnslu rannsókna á því hlaupi kom í ljós að um eins dags fyrirvari hefði fengist fyrir hamfarahlaupið ef bakgrunnsgögn hefðu verið til. Við umbrotin 1996 kom vel í ljós að bakgrunnsspekkingu vantaði um efnasamsetningu jökuláa frá Vatnajökli. Í kjölfar hamfarahlaupsins jókst því áhugi á að koma á vöktun og aukið fjármagn fékkst til rannsókna á þessu sviði.

Við rannsókn á sýnum úr Jökulsá á Fjöllum sem tekin voru fljótlega eftir að gosið í Gjalp hófst 1996 komu fram ótvíræð merki um að vatn frá eldstöðvunum hafði runnið í nokkra daga til norðurs frá vatnaskilum í jöklinum (Kristmannsdóttir, o.fl., 1999). Þessi túlkun krafðist mælinga á mörgum þáttum og athugun á rennsli Jökulsár og annarra fljóta norðanlands á þessum tíma. Jafnframt þurfti að safna bakgrunnsgögnum eftir á til saman-burðar. Hefðu verið til betri bakgrunnsgögn hefði sést strax að allt að 30 % árvatsinsins var leki frá eldstöðvunum.

Miklar árstíðabundnar sveiflur eru í efnastyrk jökuláa. Þessar sveiflur eru þó mjög misjafnar milli svæða og fer það eftir rennslisleið, aurburðarmagni ásamt fleiru hvaða áhrif koma skýrast fram á hverjum stað. Vensl rennslis og efnasamsetningar eru líka mjög mismunandi eftir ám (Kristmannsdóttir, o.fl., 1999, Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2006). Með nákvæmum mælingum á efnastyrk við mismunandi rennsli má greina með meiri nákvæmni þær breytingar sem verða vegna áhrifa eldvirkni eða aukinnar jarðhitavirkni á jökulár.

Helstu breytingar sem búast má við eru hækkun efnastyrks og þar með rafleiðni, lækkun sýrustigs (pH), aukning í basavirkni og heildarstyrk karbónats. Jafnframt er líklegt að breyting verði á stöðugum samsætum vetnis og súrefnis vegna bræðslu á jökulís. Einnig má búast við auknu magni brennisteinssambanda og breytingu á brennisteinssamsætum. Aukning á súlfíði getur bæði bent til aukinnar jarðhitavirkni og til eldvirkni. Líklegt er að við eldsumbrot verði verulega meiri aukning á súlfíði en við flóð vegna jarðhitavirkni. Jafnframt er líklegt að við eldsumbrot sjáist önnur form brennisteinssambanda, eins og thíosúlfat og súlfat. Í vatni í Jökulsá á Fjöllum við Upptyppinga mældist jafnframt kvikasilfur í marktæku magni strax eftir Gjalpargosið, en síðari bakgrunnsmælingar sýndu að í engu tilfelli hefur mælst kvikasilfur í marktækum styrk í árvatni við eðlilegar aðstæður (Kristmannsdóttir et al., 1999). Jafnvel í þeim ám þar sem áhrif jarðhitavirkni koma fram mælist ekki kvikasilfur.

Við efnavöktun vegna umbrota í jökli liggur nokkuð beint við að mæla rafleiðni vatnsins sem mælikvarða á heildarefnastyrk þar sem slík mæling er einföld í uppsetningu og framkvæmd. Nauðsynlegt er þó að hafa góð bakgrunnsgögn um árstíðabundnar sveiflur í ánni sem vakta á og tengja þarf þá vöktun rennslisvöktun árinna. Þegar litið er til annarra mögulegra

efnaþátta til að vakta eldsumbrot og aukna jarðhitavirkni kemur í ljós að flestir eru erfiðir í sígreiningu og erfitt að ákvarða markgildi. Þau efni sem einkum virðast koma til greina eru kvikasilfur og súlfíð, en þau hafa þó reynst erfið í símælingu.

Á árunum 1997-2001 unnu Orkustofnun ásamt Raunvísindastofnun Háskóla Íslands og Vegagerðinni sameiginlega að því markmiði að koma á sjálfvirku efnavöktunarkerfi vegna jökulhlaupa og flóða frá eldsumbrotum í Vatnajökli og Mýrdalsjökli (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl. 2006). Tæknisjóður Rannsóknarráðs og Viðlagatrygging styrktu verkefnið og einnig fékkst sérfrjárveiting frá ríkisstjórninni á síðari hluta verkefnisins til að koma upp nokkrum aukastöðvum.

Fyrsti áfangi verkefnisins var að afla bakgrunnsgagna um árstíðasveiflur í efnastyrk í þeim tíu ám sem verkefnið tók til. Styrkur efna og breytingar á honum reyndust mjög mismunandi í þessum ám og fengust góð gögn til að byggja á vöktun í framtíðinni. Valin voru vaktgildi fyrir rafleiðni við mismunandi rennsli í ánum og bent á aðra mögulega vaktþætti. Viðvörunargildi voru mjög breytileg eftir ám, allt frá 70 og upp í 320 $\mu\text{S}/\text{cm}$ v. 25 °C.

Í síðari áfanga verkefnisins voru settir upp nokkrir leiðnimælar í tilraunarekstri samhliða eldri vatnshæðarmælum. Jafnframt hófust tilraunir með hönnun og uppsetningu vöktunarkerfisins og þróun hugbúnaðar tengdum honum (Sverrir Elefsen o.fl., 2000). Til hafði staðið að setja fyrst upp stöðvar í Jökulsá á Fjöllum og Skaftá en vegna umbrotanna í Vatnajökli riðlaðist sú áætlun og í kjölfar goss í Grímsvötnum í desember 1998 var sett upp stöð í Skeiðará með sérstökum stuðningi frá Vegagerðinni. Sumarið 1999 voru svo reistar stöðvar í Skaftá við Sveinstind og í Jökulsá á Fjöllum við Grímsstaði og síðan hefur þessi uppbygging haldið áfram. Mikilvægur hluti verkefnisins fólst í gerð sjálfvirkis gagnasöfnunar- og gagnaskoðunarkerfis ásamt vefsíðugerð, sem tryggir almennan aðgang að gögnunum. Með því móti er tryggt að nýjustu gögn liggja fyrir á hverjum tíma. Að jafnaði var hringt einu sinni á sólarhring í hverja stöð en einnig var hægt að gefa skipun um upphringingu yfir vefinn. Nú eru hins vegar margir mælar sitengdir.

Jafnframt voru skoðaðir nemar til sjálfvirkra mælingar viðvörunargilda fyrir kvika-silfur og súlfíð og gerðar tilraunir með að safna gassýnum úr vatninu til sjálfvirkra mælingar. Ekki reyndist kostur á að koma slíkum vöktunarmælingum upp og reka þær sjálfvirkt að því sinni, en skilgreind voru viðvörunargildi í nokkrum tilvikum.

Viðvörunarkerfið sem byggist á mælingum á rafleiðni og vatnshæð í jökulám hefur verið aukið og bætt frá þessum tíma og hefur fyrir löngu sannað gildi sitt. Miðað við atburði síðustu mánaða virðist kominn tími til að setja upp kerfi til sjálfvirkra mælinga á fleiri þáttum.

Tilvitnanir

- Guðmundur Sigvaldason, (1965). The Grímsvötn geothermal area. Chemical analyzis of jökulhlaup water. Jökull 15, 125-128.
- Helgi Björnsson og Hrefna Kristmannsdóttir, 1984. The Grímsvötn geothermal area, Vatnajökull, Iceland. Jökull, 34, 25-48.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Sverrir Óskar Elefsen, Steinunn Hauksdóttir, Árný Sveinbjörnsdóttir, Hreinn Haraldsson, 2006. Þróun efnavöktunarkerfis til varnar mannvirkjum í jökli. Orkustofnun Vatnamælingar, OS-2006/014. Unnið fyrir Rannís, Vegagerðina, Vatnamælingar Orkustofnunar og Viðlagatryggingar Íslands. 54 s.
- Kristmannsdóttir, H., Björnsson, A., Pálsson, S. and Sveinbjörnsdóttir, Á. E. (1999) The impact of the 1996 subglacial volcanic eruption in Vatnajökull on the river Jökulsá á Fjöllum, North Iceland. J. Volcanol., Geotherm. Res. 93, 359-372.
- Sigurður Reynir Gíslason, Hrefna Kristmannsdóttir, Steinunn Hauksdóttir, og Ingvi Gunnarsson (1997). Rannsóknir á efnasamsetningu árvatns á Skeiðarársandi eftir gosið í Vatnajökli 1996. Í: Vatnajökull, gos og hlaup 1996, Hreinn Haraldsson ritstj., bls. 139-171, Vegagerðin, Reykjavík.
- Sverrir Óskar Elefsen, Sigvaldi Árnason, Gunnar Sigurðsson, Árni Snorrason, Hrefna Kristmannsdóttir, Sigurður Reynir Gíslason og Hreinn Haraldsson (2000). Efnavöktunarkerfi til varnar mannvirkjum við eldsumbrot í jökli II. Kerfislýsing. Febrúarráðstefna 2000. Ágrip erinda og veggspjalda. Jarðfræðafélag Íslands bls. 24-25.

The chemistry of surface waters and snow in vicinity of the Nornahraun eruption site, Iceland

Iwona M. Galeczka, Eydis S. Eiríksdóttir, Sigurdur R. Gislason

Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Sturlugata 7, 101 Reykjavík, Iceland
(img3@hi.is)

On August 16, 2014 increased seismicity started underneath Vatnajökull glacier in vicinity of Bárðarbunga central volcano. Two weeks later effusive eruption started in Holuhraun lava field, several kilometres north of glacier margin releasing at least 35,000 tonnes of SO₂ daily into the atmosphere (IMO, 2014). Monitoring of rivers and precipitation chemical composition in vicinity of eruption site is of wide interest due to several reasons. First, glacial floods with the discharge of tens of thousands m³/s are one of the largest natural hazards related to subglacial volcanic eruptions in Iceland. Geochemical monitoring can detect changes in river water chemical composition and supplement geophysical observations resulting in better understanding of the mechanisms triggering glacial floods and therefore improve our capability of predicting upcoming events. Second, surface water and precipitation chemical composition can be affected by its interaction with heat, volcanic products, gases, and surrounding rocks. When volcanic gases such as SO₂, HF and HCl, condense and dissolve in rain and surface waters, they produce strong acids lowering pH, increasing dissolution of tephra during water–rock interaction and even causing exsolution of dissolved CO₂. This process will lead to intensified release of toxic metals and halogens harmful to biota such as aluminium and fluorine, respectively. Currently, in vicinity of Nornahraun eruption site, polluted snow has been accumulated and its melting during the spring time may negatively affect vegetation, surface waters chemistry and life stock in rivers. Laboratory and field experiments indicate that 50–80% of pollutants in snow are released with the first 30% of the meltwater and that the very first fraction of meltwater may contain more than five times the average snowpack concentration (Johannessen and Hendriksen, 1978; Gislason 1990). Furthermore, the Nornahraun lava has flown into the river Jökulsá á Fjöllum since beginning of September resulting in direct magma–water interactions.

Results of river monitoring which included spot sampling at Upptyppingar and Grímsstaðir monitoring stations, as well as continuous osmotic sampling at Grímsstaðir indicate that chemical composition of the Jökulsá á Fjöllum has already been affected significantly by the eruption at Holuhraun. Even though river water conductivity measurements carried out by Icelandic Meteorological Office did not show substantial changes during the Bárðarbunga unrest, sulphate concentration increased, whereas dissolved carbon concentration decreased, revealing lava–gas–water–air interaction. Water samples collected at lava front show strong increase in multiple sulfur components such as SO₄²⁻ and SO₃²⁻. In addition other water constituents such as F, Si, Ca, Mg, and Mn increased considerably during the initial lava–gas–water interaction.

Melted snow samples collected at the eruption had pH of 3.3–4.8 with strong dependence of SO₄, F and Cl concentrations on the pH indicating that the volcanic products caused the acidity of the snow. In addition concentrations of metals such as Al were at least 20 times higher than measured in Jökulsá á Fjöllum indicating possible pollution potential of surface waters by the spring melt.

Haustráðstefna Jarðfræðafélags Íslands
22. nóvember 2014

References:

IMO, 2014. Icelandic Meteorological Office. www.vedur.is (14.11.2014).

Gislason, S.R., 1990. The chemistry of precipitation on the Vatnajökull glacier and chemical fractionation caused by partial melting of snow. *Jökull*, 40: 97-117.

Johannessen, M. and Henriksen, A., 1978. Chemistry of snow meltwater: changes in concentration during melting. *Water Resources Research*, 14: 615-619.

Berghlaupið í Öskju 21. júlí 2014

¹Jón Kristinn Helgason, ²Þorsteinn Sæmundsson, ¹Sveinn Brynjólfsson,
¹Tómas Jóhannesson, ¹Harpa Grímsdóttir, ¹Kristín S. Vogfjörð, ²Ármann
Höskuldsson, ²Ásta Rut Hjartardóttir og ²Freysteinn Sigmundsson

¹Veðurstofa Íslands, Bústaðarvegur 7-9, 150 Reykjavík, ²Jarðvísindadeild Háskóla
Íslands, Askja, Sturlugata 7, 101 Reykjavík

Að kvöldi 21. júlí 2014 féll stórt berghlaup úr Suðurbotnum í Öskju niður í Öskjuvatn. Hlaupið, sem er eitt stærsta berghlaup á sögulegum tíma á Íslandi, huldi að mestu Suðurbotnahraun og lagðist upp að Kvíslahrauni, en eldstöðvar Suðurbotnahrauns eru þó fyrir utan berghlaupið. Hlaupið kom af stað flóðbylgju í vatninu sem skolaðist upp á bakkana í kringum vatnið og náði allt að 20-30 m hæð og jafnvel hærri á stöku stað. Bylgjan gekk lengst um 400 m inn á flatlendið suðaustan við Víti. Svo heppilega vildi til að hlaupið varð síðla kvölds og enginn var nærri vatninu.

Berghlaupið kom fram á jarðskjálftamælum Veðurstofunnar sem grunnur skjálftaórói og sýna gögnin að hlaupið fór af stað um kl. 23:24. Hreyfikrafturinn í skriðunni og hristingurinn sem hún olli, mynduðu jarðskjálftabylgjur sem breiddust út eftir yfirborði jarðar og ferðuðust yfir mest allt Ísland á rúmlega einni mínútu. Bylgjurnar sáust á stórum hluta jarðskjálftamæla-kerfis Veðurstofunnar.

Enginn sjónarvottur varð að hlaupinu, en björgunarsveitarmenn hjá Hálendisvakt Landsbjargar sáu hvítan mökk yfir Öskju kl. 23:27. Mökkurinn var gufubólstrar sem stigu upp við það að hlaupið afhjúpaði jarðhita sem áður var grunnt undir yfirborði jarðar á upptakasvæðinu. Einnig kann ryk, sem þyrllaðist upp við berghlaupið, að hafa komið við sögu.

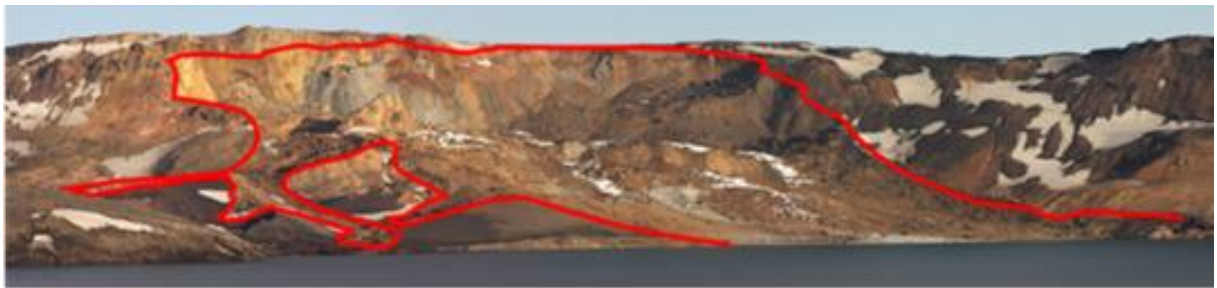
Upptök berghlaupsins eru á um 900 m breiðu svæði í 350 m hæð yfir yfirborði Öskjuvatns. Líklegt er talið að um svokallaða „snörunarhreyfingu“ sé að ræða en það þýðir að skriðflötur berghlaupsins er íhvolfur. Rúmmál skriðunnar er gróflega metið 20-50 milljón m³ en það mat kann að breytast þegar frekari mælingar hafa verið gerðar. Ef skriðflötur berghlaupsins nær undir botn vatnsins þá kann heildarrúmmál efnis sem hreyfðist að vera mun meira.

Yfirborð Öskjuvatns hækkaði um u.þ.b. 1 m við berghlaupið. Vart varð við uppstreymisbólstra í Víti eftir hlaupið og er talið líklegast að það sé vegna innstreymis vatns neðanjarðar eftir hækkunina í Öskjuvatni.

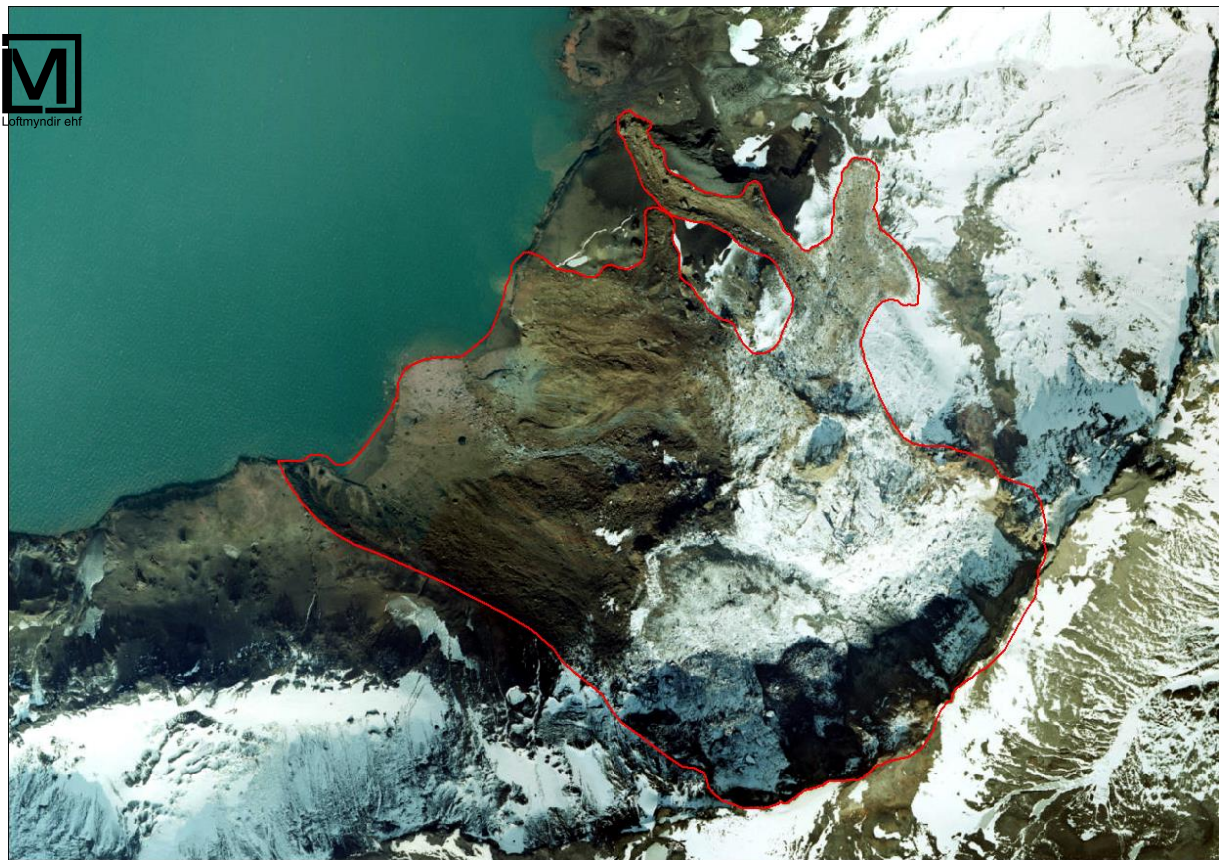
Eldri ljósmyndir af berghlaupssvæðinu gefa til kynna að hreyfing og gliðnun hafi verið byrjuð löngu áður en hlaupið féll. Hæg hreyfing virðist hafa verið í berginu sem hugsanlega hefur hert á sér sumarið 2014, en mikill snjór var í fjöllum og tiltölulega hlýtt veður áður en hlaupið féll. Leysingar gætu því hafa hert á skriðinu. Jarðskjálftagögn benda til þess að snögg hreyfing hafi átt sér stað um 40 mínútum fyrir hlaupið en kl. 23:24 hefur brotmörkum verið náð og bergið hlaupið fram.



Mynd1. Ljósmynd af berghlaupssvæðinu tekin 4 klst fyrir hlaup. Útlína hlaupsins er teiknuð á myndina. Ljósmynd: Ármann Höskuldsson, 21.7.2014. Teikning: Jón Kristinn Helgason.



Mynd 2.Ljósmynd tekin þremur dögum eftir hlaupið. Útlína hlaupsins er teiknuð á myndina. Ljósmynd og teikning: Jón Kristinn Helgason, 24.7.2014.



Mynd 3. Loftmynd af Suðurbotnum frá 2014 og útlína berghlaupsins.

Hekla og eldgosið 1845: Gjóskufallið og sundrun kvikunnar í upphafi gossins

Jónas Guðnason¹, Þorvaldur Þórðarson¹ og Bruce Houghton²

¹Háskóli Íslands, Jarðvísindadeild, ²Hawaii Háskóli, Jarðvísindadeild

Gosið í Heklu árið 1845 byrjaði 2 september níu að morgni og stóð gosið til 13 eða 16 ágúst 1846 (Oddur Erlendsson, 1846; Sigurður Þórarinnsson, 1968). Ritaðar heimildir lýsa jarðskjálftum við upphaf gossins, skugga sem gosmökkurinn varpaði yfir Landsveit, flóðum í Rangá og gjóskufalli á fjallabaki og á Síðu. Mesta gjóskufallið stóð í 1 klst frá tíu til ellefu og var svo að fullu yfirstaðið um þrjú eftir hádegi.

Upphafsfasi Heklu gosa er að jafnaði kraftmikill (t.d. Guðrún Larsen o.fl. 1992; Sigurður Þórarinnsson, 1968). Fyrstu klukkustundina í gosinu 1845 var framleiðnin um $10^4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ og gosmökkurinn myndaði gjóskulag sem þakti landið aust-suðaustur af Heklu. Að lokum þakti gjóskan frá gosinu 1845 um 10.000 km^2 innan við 1 mm jafnþykktarlínuna. Heildarrúmmál gosefna í þessum fyrsta fasa gossins umreiknuð í fast berg er um 0.04 km^3 . Eðlisþyngd gjóskunnar er 560-690 kg m^{-3} og holrýmishlutfall hennar er með miðgildi um 74 – 79%. Þegar niðurstöður úr kornastærðar greiningum og breitingar á holrýmishlutfalli gjóskunnar var skoðað í sniði við rætur Heklu sést samræmi frá upphafi til loka á fyrsta fasa gossins. Niðurstöðurnar benda til þess að kraftur gossins hafi verið mestur í upphafi og svo dvínað er leið á. Til að staðfesta þetta verður gerð athugun á stærðardreifingu blaðra í gjóskunni, en það er mikilvægt töl sem getur sagt til um breytingar í ákefð og sundrunaferlum kvikunnar grunnt í gosrásinni.

Heimildir

Guðrún Larsen, Elsa G. Vilmundardóttir og Barði Þorkelsson, 1992. Heklugosið 1991: Gjóskufallið og gjóskulagið frá fyrsta degi gossins. Náttúrufræðingurinn 61, 159-176.

Oddur Erlendsson, Dagskrá um Heklugosið 1845-6 og afleiðingar þess., 1986. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar, Reykjavík.

Sigurður Þórarinnsson, 1968. Heklueldar. Rangæingafélagið, Reykjavík.

Vinir Vatnajökuls – hollvinasamtök Vatnajökulspjóðgarðs

Kristbjörg Hjaltadóttir

Veggspjöld sem kynna aðdraganda stofnunar Vina Vatnajökuls og starfsemi samtakanna til þessa. Samtökin eru almannaheillasamtök, stofnuð árið 2009. Þau eru frjáls félagasamtök sem njóta ekki styrkja frá ríki, sveitarfélögum eða öðrum opinberum aðilum og starfa án hagnaðar-markmiða.

Fjórða grein laga Vina Vatnajökuls fjallar um hlutverk og markmið Vinanna þar má sjá eftirfarandi:

1. Afla fjár til að styðja við rannsóknir, kynningar- og fræðslustarf um Vatnajökulspjóðgarð með það að markmiði að auka þekkingu almennings og stuðla að því að sem flestir geti notið náttúru Vatnajökulspjóðgarðs.
2. Stuðla að uppbyggingu Vatnajökulspjóðgarðs í samráði við stjórn þjóðgarðsins og með samstarfi við hagsmunaaðila, innlenda og erlenda.
3. Efla fræðslu og rannsóknir í Vatnajökulspjóðgarði og næsta umhverfi hans.
4. Styrkja verkefni sem stuðla að samspili Vatnajökulspjóðgarðs og samfélagsins.
5. Beita áhrifum sínum til að efla samkennd um mikilvægi Vatnajökulspjóðgarðs fyrir nærliggjandi byggðir og alla landsmenn.
6. Efla skilning umheimsins á mikilvægi Vatnajökulspjóðgarðs og einstakri náttúru hans á heimsvísu.

Jarðskjálftavirkni tengd umbrotunum í Bárðarbungu

Kristín Jónsdóttir¹, Kristín Vogfjörð¹, Baldur Bergsson¹, Benedikt G. Ófeigsson¹, Bergur H. Bergsson¹, Bergþóra S. Þorbjarnardóttir¹, Bogi Brynjar Björnsson¹, Gunnar B. Guðmundsson¹, Hildur María Friðriksdóttir¹, Jón Söring¹, Matthew Roberts¹, Martin Hensch¹, Pálmi Erlendsson¹, Sara Barsotti¹, Sighvatur K. Pálsson¹, Sigurlaug Gunnlaugsdóttir¹, Sigurlaug Hjaltadóttir¹, Sigprúður Ármannsdóttir¹, Sigurjón Magnússon¹, Theódór F. Hervarsson¹, Tryggvi Hjörvar¹, Vala Hjörleifsdóttir², Vilhjálmur Kjartansson¹, Þorgils Ingvarsson¹, Þórunn Skaftadóttir¹

¹Veðurstofa Íslands, ²Instituto de Geofísica, UNAM, Mexikó

Aðfaranótt 16. ágúst hófst öflug jarðskjálftahrina í Bárðarbungu. Frá upphafi var ljóst að virknin var óvenju öflug og sama morgun var kallað til fundar Vísindamannaráð Almannavarna. Vöktunin var eflað í kjölfarið og sólarhringseftirliti var komið á laggirnar á Veðurstofu Íslands. Helsta hlutverk jarðværefrtirlitsins er að fylgjast með jarðskorpuhreyfingum, sér í lagi að yfirfara jarðskjálfta og hafði Jarðværefrtirlitshópurinn orðið var við aukna virkni í Bárðarbungu síðan í aprílmánuði á sama ári.

Jarðskjálftavirknin færðist austur fyrir Bárðarbunguöskjuna og tók loks stefnuna undir Dyngjujökul. Jarðskjálftaefrtirlitið staðsetti jarðskjálfta í gríð og ergð allan sólarhringinn og alþjóð fylgdist með hvernig jörðin gliðnaði og nýr 40 km langur gangur líklega fylltur kviku myndaðist á tæpur tveimur vikum. Veðurstofan tefldi fram upplýsingum á vefinn, m.a. nýjum kortum sem voru og eru enn uppfærð á 5 mínútna fresti.

Gliðnunaratburðurinn í Bárðarbungu er sá fyrsti sem við fylgjumst með síðan SIL jarðskjálftakerfið var sett upp. Jarðskjálftastaðsetningar sýndu okkur ýmislegt markvert. Meginþorri skjálftanna lendar á töluverðu dýpi, eða 6-10 dýpi og jarðskjálftavirknin fylgdi ávalt framrás gangsins og var kröftugust fremst í ganginum. Ennfremur sýnir skjálftavirknin það greinilega að þessi nýi gangur opnaðist ekki með jöfnum hraða, heldur stöðvaðist framganga hans í nokkra daga áður en hann tók kipp aftur til norðurs undir Dyngjujökul en í kjölfarið færðist skjálftavirknin í Bárðarbungu mjög í aukana. Skjálftar af stærð um og yfir 5 urðu nánast daglega í Bárðarbunguöskjunni og hefur þessi virkni haldist mjög mikil vel á þriðja mánuð. Hún er tengd sigi í Bárðarbunguöskjunni, en hugsanlega hófst sigið fyrir alvöru á svipuðum tíma og stóru skjálftarnir hófust. Mælingar á siginu hófust seinna eða þann 12. september. Gögn frá síritandi GPS tæki (sameiginlegt verkefni Jarðvísindastofnunar, Landhelgisgæslunnar og Veðurstofunnar) sem er staðsett nálægt sigmiðju öskjunnar eru aðgengileg (og hafa verið aðgengileg frá upphafi) fyrir almenning á vef Veðurstofunnar.

Jarðskjálftaórói mældist þann 23. ágúst. Jarðskjálftaórói er öflugur titringur, við afmörkuð tíðnibönd, sem sést í tengslum við eldgos undir jökli. Ólíkt jarðskjálftum getur verið afar erfitt að staðsetja slíkan titring sem hefur ógreinilegt upphaf og endi. Óróinn stóð yfir í nokkrar klukkustundir. Fleiri óróapúlsar mældust við mánaðarmót en það var ekki fyrr en í byrjun september sem komu í ljós sigdældir í Vatnajökli sem taldir eru merki um smágos undir jöklinum, ekki ósvipuð fyrsta gosinu í Holuhrauni sem var kraftlítið og stóð einungis yfir í nokkra klukkutíma morguninn 29. ágúst.

Gos hófst í Holuhrauni fyrir alvöru þann 31. ágúst. Eins og með önnur basísk hraungos þar sem kvikan flæðir átakalaust uppúr jörðinni án sprengivirkni, mælist nánast enginn jarðskjálftaórói vegna eldgossins í Holuhrauni. Framrás jarðskjálftavirkinnar stöðvaðist

nokkurn veginn við gosstöðvarnar og markar hún að gangurinn hafi hætt að lengjast á þessum slóðum um mánaðarmót ágúst-september.

Jarðskjálftavirknin síðan að eldgos í Holuhrauni hófst, markast af mikilli virkni í Bárðarbunguöskjunni og jarðskjálftum af stærð allt að 5.7. Ennfremur mælist smáskjálftavirkni nálægt gosstöðvum og innundir Dyngjujökul.

Umbrotin í Bárðarbungu hófust með öflugri jarðskjálftahrinu sem enginn varð var, en sáust greinilega á jarðskjálftamælum Veðurstofunnar. Atburðirnir hafa kennt okkur að margþætt öflugt eftirlit, sér í lagi samtúlkun mælinga sem berast í rauntíma á jarðskorpuhreyfingum, spila lykilhlutverk í vöktun eldstöðva á Íslandi.

Breytt mynd af hitastigli

Kristján Sæmundsson

Íslenskar orkurannsóknir ÍSOR, Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Fyrirliggjandi kort af varmastreymi og hitastigli nærri yfirborði á Íslandi sýna hæstu gildin á Vesturlandi milli Kollafjarðar og Borgarfjarðar og vestan til í Árnessýslu. Skýringin hefur verið talin nálægð við rekkbeltið og lækkanði gildi út frá því með hækkandi aldri og kólnun berggrunnins. Byggt var á fáum borholum, sumum helst til nærri jarðhitasvæðum. Eftir að tekin var upp jarðhitaleit utan þekktra jarðhitasvæða sem byggðist á hitamælingum í nokkurra tuga metra djúpum borholum breyttist þessi mynd. Nú er á að byggja yfir 100 borholum á Hvalfjarðarsvæðinu einu. Þar hefur komið í ljós að svæðislægi stigullinn rétt losar $80^{\circ}\text{C}/\text{km}$ en upp úr standa toppar með hærri gildum. Þau eru jafnvel þrefalt til fjórfalt hærri en svæðislægi stigullinn og gefa til kynna hræringu í undirliggjandi jarðhitakerfi. Þessi háí stigull í toppunum nær oftast niður á 200-300 m dýpi en þar fyrir neðan snarlækkar stigullinn og nálgast núll þegar komið er inn í hræringarkerfið sjálft. Kort og hitastiguls-prófílar, sem ná utan frá Akranesi inn fyrir Stíflisdal og frá Saurbæ inn í Botnsdal, sýna þetta glögglega. Á hitastigulsprófilunum koma hitafrávik fram með furðu jöfnu, 4-5 km, millibili. Þau eru misjafnlega skörp en alls staðar þar sem stefnir í slíkt er næsta víst að jarðhitakerfi er undir eða nærri í sprungustefnu. Samhverf lögun hitafrávikanna bendir til tengsla við næstum lóðréttar sprungur. Í nokkrum tilvikum hefur mátt ráða í stefnu og jafnvel lengd hitafrávikanna. Stefnan er í tveimur tilfellum $\text{N}15^{\circ}\text{A}$ (Hvalfjörður) og í öðrum tveimur $\text{N}40^{\circ}\text{A}$ (Skorradalur, Möðruvellir). Hitafrávikin eru öll utan laugasvæða. Í Hvalfjarðargöngum var hins vegar skorin jarðhitasprunga og berggangur með um 60°C heitu vatni.

Berggangar í jarðskorpunni geta náð miklu lengra en gígaraðir gefa til kynna. Líklegt er að sprungulektin á þessu umrædda svæði tengist berggöngum sem leitað hafa í sprungustefnu út frá eldstöðvakerfum á Reykjanesskaga, en ekki náð til yfirborðs. Sé það rétt hefði mátt búast við sprungum með $60\text{--}70^{\circ}$ halla ofan við koll ganganna og tveimur hitafrávikum ef þær væru lekar. Svo er þó almennt ekki. Í einu tilfelli, á Möðruvöllum í Kjós, gat svo verið en reyndist ekki. Þar komu fram tveir hitatoppar og 500 m á milli. Þar stefnir innra fráviknið á Sandfell á Reynivallahálsi, ungt móbergshrúgald. Gangasveimar frá Reykjanesskaga stefna inn í nokkurra milljóna ára gamalt berg. Þannig hagar einnig til víðar í gosbeltum landsins: á Snæfellsnesi, í Húnavatnssýslu frá Langjökli, í Skagafirði frá Hofsjökli, frá Þeistareykjum til SSV og NV, frá Dyngjufjöllum norður í Núpasveit og Melrakkaslétu.

Öskjusig í Bárðarbungu

Magnús Tumi Guðmundsson¹, Þórdís Högnadóttir¹, Eyjólfur Magnússon¹, Matthew Roberts², Benedikt G. Ófeigsson², Kristín Jónsdóttir², Alexander H. Jarosch², Finnur Pálsson², Hannah I. Reynolds¹, Vala Hjörleifsdóttir³, Tobias Dürig¹, Kristín Vogfjörð², Martin Hensch², Joaquin Belart¹

¹Jarðvísindastofnun Háskólans, ²Veðurstofa Íslands, ³Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

Nokkrum dögum eftir að umbrotin í norðanverðum Vatnajökli hófust í ágúst færðist skjálftavirknin í Bárðarbungu mjög í aukana. Skjálftar af stærð um og yfir M5 urðu nánast daglega og hefur skjálftavirknin haldist mjög mikil vel á þriðja mánuð. Gos hófst í Holuhrauni fyrir alvöru þann 31. ágúst og í lok ágúst og byrjun september komu í ljós sigkatlar í Vatnajökli sem taldir eru merki um smágos undir jöklinum, ekki ósvipuð litla gosinu í Holuhrauni sem stóð í nokkra klukkutíma morguninn 29. ágúst. Vegna tengingar gangsins við Bárðarbungu þótti skynsamlegt að kanna hvort þar hefðu orðið mælanlegar breytingar. Því var við fyrsta tækifæri flogið á flugvél Ísavia, TF-FMS, og gerðar radarhæðarmælingar yfir bunguna. Niðurstaðan var óvænt: Askja Bárðarbungu hafði þann 5. september, þegar fyrst var mælt, sigið um 16 metra. Því var ljóst að öskjusig var hafið í Bárðarbungu. Hefur askjan sigið jafnt og þétt síðan. Samhliða siginu hefur jarðhiti í jöðrum öskjunnar aukist og lýsir sú aukning sér með stækkun og dýpkun sigkatla í jöklinum. Veðurstofa Íslands, Jarðvísindastofnun Háskólans, Landhelgisgæslan og Almannavarnadeild Ríkislögreglustjóra tóku höndum saman og komu fyrir síritandi GPS mæli í miðju öskjunnar. Einnig hefur rúmmál sigskálarinnar reglulega verið mælt með TF-FMS auk tveggja mælinga með gervitunglinu Pleiades. Sigskálin var orðin rúmlega 1 km³ í byrjun nóvember. Samhliða hefur gosið látlaust á Flæðunum sunnan Öskju og stærsta hraun sem myndast hefur á landinu í yfir 200 ár orðið til.

Askjan í Bárðarbungu var íssjarmæld árið 1985 (Helgi Björnsson, 1988). Hún er með stærstu öskjum á Íslandi en flatarmálið innan innri brúna hennar er um 65 km². Þykkt íssins er 700-800 m meðan hæð bergbrúnanna yfir botninn er víða 500-600 m. Sigið sem myndast hefur er í lögun eins og skökk skál. Sigið er ekki samhverft; það er mest norðan og austan til en minna að sunnan og vestan. Þá nær sig út fyrir brúnir öskjunnar, en barmar hennar hafa víða sigið um 4-5 metra frá því í byrjun september. Ísflæðilíkan bendir til að jökullinn fylgi botninum og að sigið á yfirborði endurspegli sig botnsins, allavega enn sem komið er. Ekkert bendir til þess að ís sé að bráðna við botninn nema undir þremur afmörkuðum sigkötlum við vestur og suðausturjaðarinn.

Sig öskjunnar í Bárðarbungu verður að teljast með markverðustu atburðum í jarðfræði Íslands á seinni áratugum. Síðast myndaðist askja hér á landi eftir gosin sem urðu í Öskju 1875 og engin víska er um hvenær aðrar öskjur hér á landi hafa orðið til. Öskjusigið nú getur því varpað nýju ljósi á samspil gliðnunar, sprungusveima, eldgosa og því hvernig öskjur myndast í gosbeltum Íslands.

Heimildir

Helgi Björnsson. 1988. Hydrology of ice caps in volcanic regions. Soc. Sci. Isl., rit 40. 129 bls.

Gas and aerosol chemistry of the Holuhraun Plume

Nicole S. Keller¹, Andri Stefánsson¹, Robert A. Askew¹, Gerður Stefánsdóttir², Baldur Bergsson², Mike Burton³, Evgenia Ilyinskaya⁴, Sara Barsotti², Ríkey Kjartansdóttir¹ and Matylda Hermanska¹

¹Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Reykjavík, Iceland, ²Icelandic Meteorological Office, Reykjavík, Iceland, ³Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Sezione di Pisa, Pisa, Italy, ⁴British Geological Survey, Edinburgh, United Kingdom

The Holuhraun fissure eruption that started on the 29th of August 2014 has already produced approx. 1km³ of lava. Degassing of the erupting magma has given rise to a plume consisting of volcanic gases, steam, aerosols and fine particles. The major volcanic gases emitted at the eruptive vent are H₂O, CO₂, SO₂, HCl, and HF. As the plume travels away from the eruption site, its chemical composition changes. In particular, some of the SO₂ is expected to oxidise and form sulfate aerosols, thus changing the ratios of SO₂ to the other gasses. The goals of the study reported here are as follows: 1. to assess the plume chemistry at the eruption site, 2. to assess the plume chemistry in populated areas around Iceland, and 3. to study the formation of sulfate aerosols in the plume. Sampling and analytical methods included open-path Fourier Transform Infrared Spectroscopy for major gas ratios and filter pack sampling for aerosols, SO₂ and HCl.

At the eruption site, we determined the molar ratio of SO₂ to HCl to be 35-50 whereas further from the vent, in particular along the coast in populated areas, the ratio of SO₂ to HCl decreases to less than 2. In some cases, a significant proportion of sulfur was found to be present as sulfate aerosols, both close to the eruption site and in populated areas (up to 30% of total sulfur). No simple relationship exists between the plume travel length and its aerosol content, indicating that aerosols may have several origins (produced at the vent vs converted on the way away from the vent) and undergo various processes (falling out vs. traveling with the plume).

Öskjuhrun og eldgos utan öskju: Samantekt um atburði á síðustu öld

Páll Einarsson og Magnús Tumi Guðmundsson

Jarðvísindastofnun Háskólans

Atburðir líkir þeim sem nú eiga sér stað í Bárðarbungu og Holuhrauni, þ.e. öskjuhrun samtímis öflugu eldgosi í nokkurri fjarlægð frá öskjunni, hafa orðið nokkrum sinnum í heiminum á síðustu öld. Dæmi má finna frá Hawaii (1924), Reunion (2007), Galapagos (1968), Japan (2000), Alaska (1912) og Kamtsjatka (1975).

Atburðir á eldfjallaeyjunni *Miyake-jima suður af Japan* hófust um 26. júní 2000 með skjálftahrinu sem breiddist út frá miðri eyjunni til vesturs. Smágos urðu á hafsbotni vestan eyjarinnar en skjálftarnir færðust alls um 70 km næsta mánuðinn, þeir stærstu voru meira en 6 stig að stærð. Í byrjun júlí byrjaði hrún í öskju eldfjallsins. Í ágúst var rúmmál hrunsins orðið 0,6 km³. Hruninu fylgdi freató-magmatísk gosvirkni við öskjuna, en megnið af efninu sem fór undan öskjunni er talið hafa farið í kvikugang til vesturs frá eldstöðinni á fyrsta mánuði umbrotanna. Eyjan er gerð úr basalti.

Öskjuhrun varð í eldfjallinu *Katmai í Alaska* í kjölfarið á eða samtímis sprengigosinu mikla í Novarupta 1912, sem er talið stærsta eldgos á Jörðinni á tuttugustu öldinni þegar 13 km³ af súrri kviku komu upp á nokkrum dögum. Mikið öskuflóð fylgdi gosinu og myndaði Valley of Ten Thousand Smokes. Askjan sem myndaðist er að rúmmáli 5-5,5 km³. Hún er 2,8 x 4,5 km í þvermál og í 11 km fjarlægð frá gosstaðnum. Ekki virðist hafa verið nein gosvirkni í eða alveg við öskjuna. Lítill hraungúll myndaðist í Novarupta-gígnum eftir gosið.

Gosið í *Tolbachik á Kamtsjatka* 1975-6 er gjarnan talið annað mesta hraungos á Jörðinni síðan Skaftáreldar brunnu. Rúmmál basalhraunsins sem upp kom er metið 2 km³. Gosið kom upp á sprungusveim eldstöðvarinnar eftir talsverða skjálftahrinu. Fjærstu eldvörpin voru í um 30 km fjarlægð frá miðju eldstöðvarinnar en umtalsverð gos urðu einnig nær henni. Gosvirkni stóð í 18 mánuði. Askja að þvermáli um 1,5 km myndaðist innan meginöskju fjallsins. Dýpi hennar var 400 m og rúmmál metið 0,35 km³. Ekki fylgdi gosvirkni í öskjunni.

Árið 1968 varð meiriháttar öskjuhrun í öskju *Fernandina* eldfjallsins á Galapagoseyjum. Hruninu fylgdi hrina stórra skjálfta sem stóð í a.m.k. 9 daga. Dýpi öskjunnar jókst um meira en 300 m, mest í henni norðanverðri. Rúmmál sigsins var 1-2 km³ en ekkert gos fannst í næsta nágrenni öskjunnar sem samsvarar því rúmmáli. Vísbendingar eru um gos á hafsbotni meira en 15 km frá miðju öskjunnar.

Eldfjallið *Piton de la Fournaise á Reunion*-eyju gýs að meðaltali einu sinni á ári. Gosin eru oftast fremur lítil hraungos. Stærsta gosið á seinni árum varð 2006-7 niðri við sjávarmál á austurströnd eyjarinnar. Í goslok varð öskjuhrun í toppöskju fjallsins, 10 km frá gosstöðvunum. Botn öskjunnar seig um meira en 300 m á u.þ.b. einum sólarhring. Þvermál hennar er 1,1 km. Rúmmálið á siginu er 0,1 km³ og samsvarar nokkuð vel rúmmáli hraunsins sem upp kom í gosinu. Minniháttar hraungos urðu síðar innan öskjunnar.

Atburðir í *Kilauea-eldfjallinu á Hawaii* árið 1924 eru ekki alveg með sama sniði og þeir sem á undan eru taldir, því ekki er þekkt eldgos fjarri smáöskjunni sem myndaðist þegar Halemaumau gígurinn hrundi. Halemaumau er hrungígur innan meginöskju Kilauea. Atburðirnir hófust með því að hrauntjörn í gígnum hvarf og eftir var meira en 100 m djúpur gígur. Þessu fylgdi skjálftahrina sem ferðaðist niður eftir eystri sprungusveim eldfjallsins næstu tvo mánuði með sprungugliðnun og landsigi í allt að 50 km fjarlægð. Þegar um hægðist á sprungusveimnum tók Halemaumau að hrynja. Gígbotninn seig meira en 400 m til viðbótar

fyrri sigi og gígurinn víkkaði, varð meira en 1 km í þvermál, en fyrir atburðina var hann um 0,5 km. Hruninu fylgdu sprengigos í gígnum.

Þó statistík eigi ef til vill ekki við hér, er þó rétt að benda á að með undantekningunni í Katmai eru allri atburðirnir tengdir basalteldstöðvum. Þrír af sex atburðunum urðu á heitum reitum, og aðeins í tveimur tilfellum varð umtalsverð eldvirkni í viðkomandi öskju í tengslum við hrunið. Hrunið virðist í flestum tilfellum hafa verið svörun við undangengnum atburðum, gangainnskoti eða gosvirkni, stundum í talsverðri fjarlægð frá öskjunni.

Vent Activity at the ongoing Nornahraun eruption, Bárðarbunga volcanic system

Robert Askew¹, Thorvaldur Thordarson¹, Catherine Gallagher^{1,2} and the IES eruption team

¹School of Earth Science, Askja, The University of Iceland, Sturlugötu 7, 101 Reykjavík,

²Department of Earth Sciences, Durham University, Science Labs, Durham, DH1 3LE

The ongoing eruption at Nornahraun is very well documented by near continuous observations of the activity by the Institute of Earth Sciences field team at the eruption site. The team has monitored the eruption from the very opening of the fissure, when the vents produced lava fountains reaching up to 150 m into the atmosphere, to its current state of moderately vigorous boiling of the lava in the vents producing bursting bubbles up to 50 m in diameter. The current volume of erupted magma is around 1 km³. The vent activity has progressed from an almost complete curtain of fire fountains to a series of discrete fountaining vents to amalgamation of the Baugur and Heimasæta vents, which now are filled with a boiling lava pond. We will present a brief overview of the nature of the vent activity from September 30th to the present day.

Magma types and mantle sources of the Bárðarbunga volcanic system with implications for its magma plumbing system and lateral magma flow

Sæmundur Ari Halldórsson, Guðrún Sverrisdóttir og Gylfi Sigurðsson

Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Askja, Sturlugata 7, 101 Reykjavík, Nordic Volcanological Center, Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Iceland

The ongoing fissure eruption north of Dyngjufjökull and the recent subsidence of the Bárðarbunga caldera represent an unsurpassed prospect to unravel magmatic plumbing systems of Icelandic volcanoes. This event, in particular the earthquake swarm preceding the eruption, has highlighted the need for careful studies of the possible role played by a shallow magma chamber beneath the Bárðarbunga volcano in feeding the lava eruption about 40 km north of the volcano.

Extending from the Torfajökull in the south to Dyngjufjöll Ytri in the north, and intersecting the largely ice-covered Bárðarbunga volcano, the Bárðarbunga volcanic system (BVS) represents one of the largest volcanic systems in Iceland (approx. ~190 km long). As a result, the extensive length of the BVS promotes sampling of widespread sections of the mantle underlying the eastern rift zone. However, despite having fundamental implications for understanding the magma plumbing system of the BVS, the degree of source heterogeneity in the BVS still remains poorly known.

Radiogenic isotopes provide the most powerful tracer available for establishing genetic relationships in magmatic systems. This is tied to the fact that the estimated time scales of rift zone magmatic processes are much too short to produce measurable differences in radiogenic isotope ratios during recent magmatism. As a result, essentially all isotopic heterogeneity observed in Iceland is mantle-derived.

Here, we present major and selected trace element analyses (ICP-OES) of several Holocene lava flows from the Dyngjuháls area ($n=29$), and from rocks representing the basement, flanks and nunataks of the ice-free part of the Bárðarbunga volcano ($n=14$). We also present new high-precision Pb isotopes analyses, acquired using a Tl-spike to correct for mass fractionation during run, on selected samples from these two regions. We compare these results to a recent geochemical dataset from the Veiðivötn fissure swarm (Halldórsson et al., 2008; Manning & Thirlwall, 2014; Peate et al. 2010), allowing us to study the geochemical characteristics of the BVS as a whole. The application of Pb isotopes, acquired by Tl-spike and/or DS-spike techniques only, provides a fine-scale resolution tool to fingerprint source regions of Icelandic magmas, as Pb isotopes have been shown to vary significantly and systematically in the Icelandic mantle (e.g., Peate et al. 2010).

A number of lavas from the Veiðivötn fissure system, in addition to three samples from the Bárðarbunga, have been affected by the accumulation of plagioclase macrophenocrysts, most of which are too primitive to have been in equilibrium with the host melt (e.g., Halldórsson et al., 2008). This is evident in the bulk composition of many of these lavas, but less so in the Dyngjuháls lavas. Collectively, all samples unaffected by plagioclase accumulation from these three parts of the BVS form a coherent liquid line of decent, with MgO contents between ~6-9 (wt%). This includes the basement rocks of Bárðarbunga, in addition to 87 Holocene tephra layers (Óladóttir et al., 2011), which have been associated with the BVS. There are only two notable exceptions to this trend, namely, two nunataks from the slopes of Bárðarbunga (by Rjúpnabrekkujökull) that have MgO contents of ~4.9 wt%.

From the major element chemistry of the BVS, it is thus evident that fairly primitive magmas have been generated in this system throughout the Holocene, at least. In accordance with this, we note that evolved basaltic compositions, often associated with large and mature caldera system in Iceland, such as Krafla and Askja, appear absent, but cannot be entirely excluded given the limited number of samples available from the base and flanks of the partially ice-covered Bárðarbunga volcano. Significantly, no highly evolved rocks (dacite, rhyolite) have been associated with the BVS. It is therefore unlikely that a long-lived and a relatively shallow (<5 km) magma chamber has been present beneath Bárðarbunga throughout the Holocene and possibly longer.

Thus, the overall petrological characteristics of Bárðarbunga have much more in common with basaltic shield volcanoes of oceanic islands, such as Kilauea. Indeed, lavas from the ongoing Pu‘u‘O‘o eruption show striking similarities with Bárðarbunga magmas (e.g., Marske et al. 2008). Bárðarbunga may, therefore, possibly represent Iceland’s best example of a basaltic shield volcano, rather than a classical central volcano. In this respect, we point out that basaltic shield volcanoes frequently display summit calderas (i.e., pit craters), which have been shown to react to changes in the magmatic plumbing systems of the volcanoes.

In Pb-Pb isotope plots, the three sections of the BVS form distinct trends. Notably, Holocene lavas from the Veiðivötn fissure swarm lie on two parallel trends, with $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ratios >18.40. In contrast, lavas and subglacial glasses from the Dyngjuháls region, in addition to the new fissure lava north of Dyngjujökull, form a single trend with $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ always < 18.39. Significantly, our only sample analyzed so far from Bárðarbunga falls right in between the three trends making up the fissures swarms of the BVS. Therefore, mantle components of the BVS appear to be geographically separated in a clear-cut manner, calling into question models invoking lateral magma flow from a centralized magma chamber beneath Bárðarbunga feeding melts to the fissure swarms of the volcanic system.

Further evidence for the presence of different mantle components in the mantle underlying the BVS are obtainable by considering He isotopes. The systematics of available He isotope determinations in subglacially erupted basalts from the BVS (Macpherson et al., 2005; Furi et al., 2010) are strikingly similar to those of Pb isotopes, and reveal at least two mantle end-members within the BVS; 1) a DMM-type mantle in the Dyngjuháls region, 2) a primitive high-He mantle in the Bárðarbunga volcano. The location of a high-He mantle beneath Bárðarbunga corresponds thus remarkably well to the inferred position of the seismically imaged Icelandic mantle plume.

Based on the available dataset obtained thus far, we conclude that:

At least two mantle components are contributing to melts in the BVS.

Significantly, these mantle components are geographically separated and thus sampled independently.

Given the notable lack of evolved caldera basalts, as well as other evolved rocks, in the BVS, it is highly unlikely that magmas from a shallow (<5 km) and centralized magma chamber beneath Bárðarbunga have been transported in the crust over significant distances.

Rather, individual segments of the BVS appear to be associated with different magma reservoirs, most likely located at mid- to lower crustal levels (>10 km).

References:

- Furi et al., (2010) *GCA*, 74, 3307-3332; Halldórsson et al., (2008) *CG*, 255, 305-316; Macpherson et al., (2005) *EPSL*, 233, 411-427; Manning & Thirlwall, (2014) *CMP*, 167:959; Marske et al., (2008) *J.Pet.*, 49, 7,1297-1318; Óladóttir et al., (2011) *BV*, 73, 1187-1208; Peate et al., (2010) *J.Pet.*, 51 (7), 1447-1475.

Exploring the third dimension of Nornahraun: Methods to quantify the thickness of the lava field and first results

T. Dürig and IES Eruption Team

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

Knowing the thickness of a lava field is essential for calculating the erupted volume and obtaining effusion rates. Yet, so far studies about lava flow thicknesses and their temporal evolution have been scarce. The ongoing Nornahraun eruption gives us a unique chance to shed light into this third dimension of lava flow development.

Therefore, a variety of measurement methods are applied, based on both field and aerial observations: As a new technique the extent of the lava is tracked parallel to the lava margin by two cars in a tandem configuration, equipped with video cameras and GPS loggers. By analyzing the resulting videos it is possible to obtain a geo-referenced marginal thickness profile of the lava front. Periodical theodolite measurements from fixed observation points are a complementary method that reveals also the heights of inner parts of the lava. These measurements are supplemented by aircraft monitoring techniques which comprise analyses of aerial photos and of maps generated with airborne synthetic-aperture radar (SAR). Additionally, lava thickness profiles are obtained by low-level flights with a specially equipped aircraft.

This presentation gives insights into the applied methods and an overview of first results which allow us to draw conclusions regarding the fundamental mechanisms of lava flow emplacement.

Breytingar á Morsárjökli eftir berghlaupið 2007

Þorsteinn Sæmundsson¹, Ingvar A. Sigurðsson², Doris Hermle³, Rudolf Sailer³, Halldór G. Pétursson⁴, G.B.M. Pedersen¹, Guðfinna Aðalgeirs-dóttir¹, Snævarr Guðmundsson⁵, Finnur Pálsson¹, Esther Hlíðar Jensen⁶

¹Jarðvísindadeild Háskóla Íslands, Askja, Sturlugata 7, 101 Reykjavík, ²Náttúrustofa Suðurlands, Strandvegi 50, Vestmannaeyjar, ³Institute of Geography, University of Innsbruck Innrain 52, 6020 Innsbruck, Austria, ⁴Náttúrufræðistofnun Íslands, Borgum við Norðurslóð, Akureyri, ⁵Náttúrustofa Suðausturlands, Litlubrú 2, 780 Höfn í Hornafirði, ⁶Veðurstofa Íslands, Bústaðavegur 7-9, 150 Reykjavík

Þann 20. mars árið 2007 féll bergflóð á ofanverðan Morsárjökul í Öræfum í Austur-Skaftafellssýslu. Bergflóðið er talið vera eitt af stærri skriðuföllum sem fallið hafa hér á landi á síðastliðnum árum og áratugum. Talið er að það hafi fallið í tveimur hlutum, megin hlutinn féll þann 20. mars en viðbótarhrun varð þann 17. apríl 2007. Bergflóðið féll við efri brún jökulsins að austanverðu og urðin eftir hrunið hylur þar allt að 1/5 hluta af yfirborði jökulsins eða um 647.000 m². Urðin er að meðaltali 1500 m löng og um 480 m breið. Brotsár bergflóðsins í fjallinu ofan við jökulinn er um 330 m hátt. Nær það frá um 620 m upp í um 950 m hæð yfir sjó og er breidd þess að meðaltali um 480 m. Heildarmagn þess efnis sem hrundi niður er áætlað um 4–4,5 milljónir m³ eða um 10–12 milljónir tonna.

Miklar breytingar hafa orðið á bergflóðsurðinni og jöklinum eftir að bergflóðið féll. Grófkornótt bergflóðsurðin hefur sigið mikið saman og stórgrýti molnað niður. Jökulísinn undir bergflóðsurðinni er einangraður frá lofthita og geislun og bráðnar því mun hægar en ísinn umhverfis. Af þeim orsökum hefur orðið eftir þykkur ísbunki undir urðinni. Þykkt hans við frambrún urðarinnar fjórum mánuðum eftir að berghlaupið féll var um 6 m, en árið 2012 var þykkt hans hins vegar um 50 m. Síðastliðin 2 ár hefur þykkt ísbunkans haldist stöðug í um 50 m. Ekki var að sjá að berghlasururðin hafi haft mikil áhrif á framskið jökulsins, en töluverð afmyndun hefur þó orðið á jöklinum hin síðari ár. Miklar breytingar hafa orðið á frambrún jökulsins og hefur hörfun hans verið hröð undanfarin ár. Jökullónið fyrir framan jökulinn hefur stækkað mikið og lítur út fyrir að stór dauðissvæði séu að myndast fyrir framan jökulinn.

SAR satellite monitoring of the 2014 dyke intrusion and eruption within the Bárðarbunga volcanic system

Vincent Drouin¹, Michelle Parks¹, Stéphanie Dumont¹, Freysteinn Sigmundsson¹, Benedikt Ófeigsson², Sigrún Hreinsdóttir³, Hildur María Friðriksdóttir¹, Eyjólfur Magnússon¹

¹ Nordic Volcanological Center, Institute of Earth Sciences, University of Iceland, Iceland,

² Icelandic Meteorological Office, Iceland, ³ GNS Science, New-Zealand

The recent unrest and activity within the Bárðarbunga volcanic system, Iceland was initially identified by the onset of an intense earthquake swarm on the 16th August 2014. Over the following weeks interferograms formed using X-band satellite images from COSMO-SkyMed (CSK) and TerraSAR-X (TSX) satellites were analysed in near real-time and used to map ground displacements associated with the initial dyke emplacement and propagation (NE of Bárðarbunga), responsible for the sudden unrest. On the 29th August 2014, a small fissure opened up just a few kilometers to the north of the Vatnajökull ice cap, at Holuhraun. The eruption lasted only a few hours, but was followed on 31st August by the onset of a fissure eruption, characterised by lava fountaining and the extrusion of extensive lava flows.

We demonstrate how Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) analysis, in conjunction with earthquake seismicity and GPS measurements, has been instrumental in the continued monitoring of Bárðarbunga volcanic system since the onset of unrest. As part of the Center on Earth Observation Satellites (CEOS) Icelandic Supersite Initiative, starting in July 2014 both ascending and descending CSK images were acquired every 16 days over Bárðarbunga volcano and also over Askja volcano, extending south to the tip of the Vatnajökull ice cap. TSX images were also being acquired in the vicinity of Askja volcano and the northern edge of the Vatnajökull glacier. As the unrest/eruption progressed, CSK SAR images were acquired more frequently in the vicinity of both the eruption site at Holuhraun and Bárðarbunga volcano. In some cases scenes were acquired with repeat intervals of just 24 hours, enabling the formation of one day interferograms which maintained coherence on the surface of the ice cap and exhibited phenomenal deformation at the site of the sub-glacial Bárðarbunga caldera.

InSAR analysis has systematically been used throughout the eruption to track the emplacement of the lava flows, estimate their surface area and monitor co-eruptive displacement in the vicinity of both the dyke and the eruption site, along with major co-eruptive subsidence occurring beneath the Bárðarbunga caldera – the latter is believed to have commenced shortly after the onset of the unrest and is associated with magma withdrawal beneath the central volcano, feeding the dyke and the ongoing eruption.

The vast amount of new SAR data, provided through the Icelandic SUPERSITE, has driven a strategy of rapid SAR processing and analysis of ground deformation during the 2014 Bárðarbunga unrest and eruption. This has significantly facilitated an improved understanding of the sub-surface plumbing beneath one of Iceland's most active volcanoes.