

Áfangaskýrsla

29. apríl 2015

Rannsóknir á jökulhlaupum úr Skaftárkötlum með þráðlausum hita- og þrýstingsnema

Höf.: Þorsteinn Þorsteinsson og Tómas Jóhannesson

Viðtakandi: Rannsóknasjóður Vegagerðarinnar

Verknúmer: 4641-7-0001

Málsnúmer:

Tilgangur verkefnisins

Jökulhlaup í Skaftá hafa verið vöktuð um 60 ára skeið [1,2]. Þau eiga upptök í lónum undir Skaftárkötlum í vestanverðum Vatnajökli en þeir eru 50–150 m djúpar og 1–3 km breiðar lægðir í yfirborði jökulsins, sem er um 450 m þykkur á svæðinu umhverfis katlana. Sjá Mynd 1.

Verkefni þetta hefur beinst að vöktun Skaftárkatla og rannsóknum á eðli og hegðun hlaupa úr þeim. Sérstök áhersla var á Eystri-Skaftárketil á árinu 2014, því hlé milli hlaupa úr þeim katli var þá orðið hið lengsta frá upphafi samfelldrar vöktunar. Áhersla var á uppsetningu mælitækja, sem sent geta boð til byggða um leið og útrennsli hefst úr lóninu undir jöklinum og vatnsborð og ketilyfirborð taka að lækka.

Líta má á verkefnið sem framhald rannsókn- og mælingaverkefna sem verið hafa í gangi á vegum Veðurstofunnar og samstarfsaðila hennar á undanförunum áratug, með tilstyrk Vegagerðarinnar, Landsvirkjunar, RANNÍS og fleiri innlendra og erlendra stuðningsaðila [3,4] Fyrstu bræðsluboranir í Skaftárkötlum fóru fram 2006 og 2007 og síðan hafa ýmsar tilraunir verið gerðar til að koma fyrir vöktunarbúnaði í kötlunum. Vegagerðin styrkti einnig svipað verkefni í jarðhitakatli innan Kötluoðskjunnar árið 2013 [5].

Í verkefnum þessum hefur megináhersla verið á jökulhlaupavöktun en einnig hefur örverufræðingum verið boðið að taka sýni úr lónunum undir Vatnajökli, úr einu óvenjulegasta búsvæði örvera á landinu [6,7]. Lónin eru einnig einn af fáum stöðum á jörðinni, þar sem rannsaka má örverulíf á jarðhitasvæði undir jökulís.

Áfangaskýrsla



Mynd 1 – Flugsýn yfir Eystri Skaftárketil eftir hlaup úr lóninu undir katlinum í apríl 2006.

Þátttakendur

Fyrir hönd Veðurstofu Íslands: Vilhjálmur Kjartansson tæknimaður, stjórnandi bræðsluborunar, og jarðeðlis- og jöklafræðingarnir Bergur Einarsson, Tómas Jóhannesson og Þorsteinn Þorsteinsson. Benedikt Ófeigsson jarðeðlisfræðingur var einnig á meðal þátttakenda á vegum rannsóknaverkefnisins FUTUREVOLC.

Frá Utrechtháskóla (IMAU) í Hollandi: Michiel van der Broeke jöklafræðingur og Wim Boot tæknimaður.

Frá Jöklafræðingafélaginu: Magnús Þór Karlsson tæknifræðingur.

Frá Hjálparveit Skáta, Reykjavík: Hlynur Skagfjörð Pálsson, snjóbilstjóri.

Fyrir hönd MATÍS: Viggó Þór Marteinsson, örverufræðingur og Gísli Sighvatsson, tæknifræðingur.

Áfangaskýrsla

Borleiðangur í Eystri-Skaftárketil 16.-19. mars 2015

Á tímabilinu 15. febrúar – 15. mars var bræðslubor Veðurstofunnar og mælibúnaður til nota í verkefninu yfirfarinn og Vatnajökulsleiðangur skipulagður. Borleiðangurinn var farinn dagana 16.-19. mars. Borun gegnum 300 m íshelluna niður í lónið undir Eystri Skaftárkatli tókst vel (Mynd 2) og hitasnið var mælt gegnum 90 m djúpt lónið (Myndir 3 og 4). Hitasniðið sýndi áhugaverða lækkun á hita í lóninu frá 2007 þegar slíkt snið var fyrst mælt í sama lóni. Bendir það til þess að virkni jarðhitasvæðisins undir jöklinum hafi minnkað og gæti það verið skýring á hinu langa hléi frá síðasta jökulhlaupi úr eystri katlinum.

Að hefðbundinni hitamælingu lokinni var hita- og þrýstiskynjara, sem sendi gögn þráðlaust til yfirborðs, slakað gegnum borholuna niður í lónið og merki frá honum numin á yfirborði um leið og slakað var niður. Kom þá í ljós að merkið deyfðist vegna hins leiðandi jarðhitavökva, sem blandast í lónvatnið. Barst ekkert merki til yfirborðs þegar skynjarinn var kominn 30 m niður í lónið og var hann því tekinn upp aftur. Annar skynjari festist neðarlega í hellunni við fyrstu bortilraun og sendi hann merki til móttökustöðvar, sem skilin var eftir á yfirborði. Hann mun væntanlega bráðna niður úr hellunni á þessu ári eða því næsta en ekki er búist við að hann veiti gagnlegar upplýsingar um komandi hlaup.

Gerð var tilraun til þess að koma fyrir þráðlausum loftþrýstingsskynjurum á miðju ketilsins og við brún hans til þess að mæla sig hellunnar en ekki reyndist unnt að senda mæligögn með þessum hætti og hafa þessi tæki því verið tekin niður.

Að loknum hitamælingum og tilraunum með WiSE skynjara var slakað niður sýnataka og náðist vatnssýni (1 lítri) frá botni lónsins, til efnagreininga og örverurannsóknna. Rannsóknnum á sýninu er stýrt af Dr. Viggó Marteinsyni, örverufræðingi á MATÍS, í samvinnu við Próf. Eric Gaidos við Hawaii -háskóla.



Áfangaskýrsla



Mynd 2 - Frá boruninni í Eystri Skaftárkatli 17.-18. mars 2014

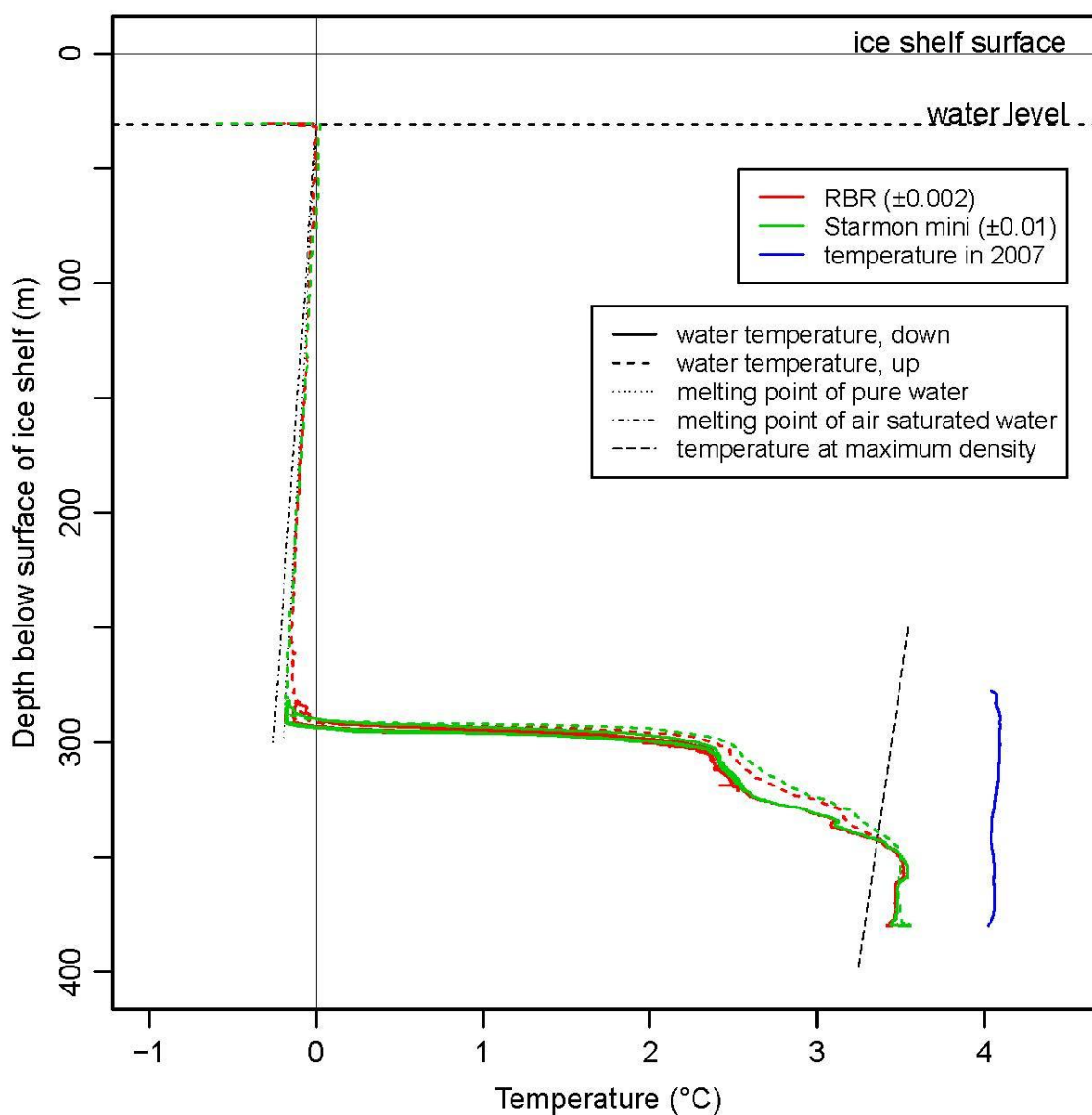
Leiðangrar í Skaftárkatla júní 2014-febrúar 2015

Þegar ljóst var orðið að ekki yrðu þau not af þráðlausa búnaðinum frá Utrechtháskóla, sem vonast hafði verið eftir, var lögð áhersla á að koma upp í Eystri-Skaftárkatli GPS tækjum, sem skráð hafa hreyfingar íshellunnar (m.a. lækkun í komandi hlaupi). Er þar bæði um að ræða ódýr tæki, sem skrá gögn í minni (og vitjanir því nauðsynlegar til að sækja gögn) og einnig tæki, sem senda gögn beint til Veðurstofu Íslands um radíólink og GSM-símasamband og geta því gefið fyrstu viðvörðun um hlaup.

Vorferð Jökларannsóknafélagsins 30. maí – 6. júní: Hugað var að sólarrafhlöðum og rafgeymum og radíósamskiptum milli GPS-tækja á íshellunni og masturs með GSM síma á brún ketilsins. Í ferð annarra erinda sem starfsmenn Veðurstofunnar fóru um vesturjökulinn nokkru áður var mælt snið með GPS-tæki frá brún inn að miðju ketilsins. Gervihnattasamskiptabúnaður frá IMAU var tekinn niður.

Vitjanir 3. – 4. júlí, 15. – 17. júlí: Gert var við bilanir í rafgeymum og öðrum búnaði sem leggja GPS-tækjum til afl og komið fyrir endurbættum búnaði til radíósamskipta.

Áfangaskýrsla

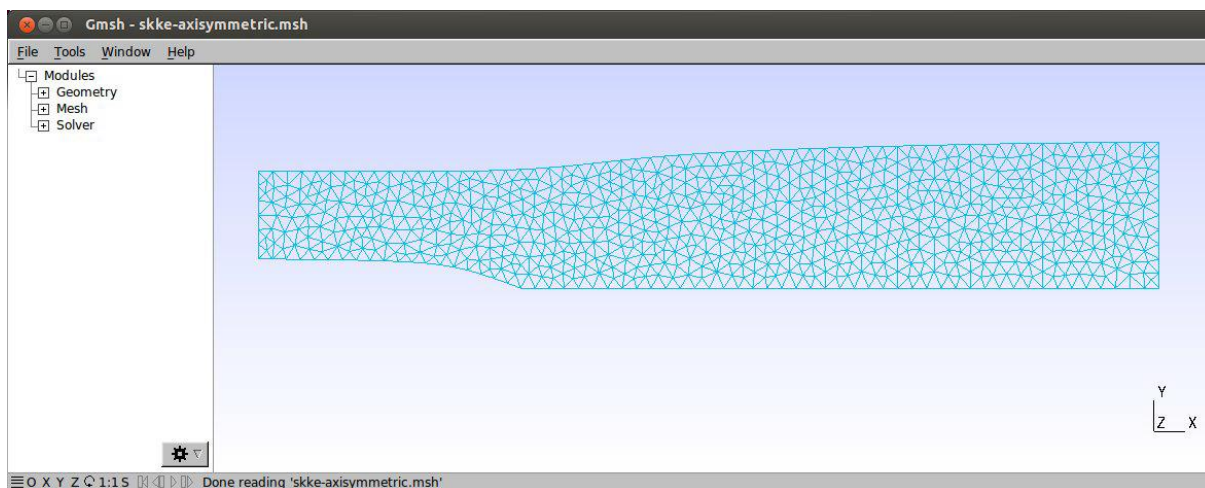


Mynd 4 – Lóðrétt hitasnið í borholunni (0-290 m) og í lóninu undir Eystri Skaftárkatli (290-380 m), mælt 18.3. 2014. Mælt var með tveimur hitanemum (RBR og Starmon mini) og eru sýnd gögn sem safnað var er slakað var niður og híft upp. Í borholunni sést bræðslumarkslækkun með auknum þrýstingi en strax og komið er niður úr íshellunni hækkar hitinn í um 2.3°C. Hæstur er hitinn um 3.5°C á um 360 m dýpi neðan yfirborðs og við botn er hann um 3.4°C. Bláa línan sýnir lónhitann sem mældur var 2007 og er hann talsvert hærri en mældist 2014. Svarta brotalínan sýnir hitann þar sem vatn nær mestu eðlisþyngd (4°C við 1 loftþyngd en talsvert lægri við þrýstinginn í lóninu). Hiti í efri hluta lónsins 2014 er lægri en hiti eðlisþyngdarhámarksins. Það þýðir, að hitun neðan frá leiðir til aukinnar eðlisþyngdar og vatn stígur því ekki uppávið. Þar með minnkar varmaflutningur neðanfrá að neðra borði íshellunnar og bráðnun við neðra borð hennar minnkar að sama skap.

Áfangaskýrsla

Líkanreikningar af íshellu Eystri-Skaftárketils

Unnið hefur verið að uppsetningu Elmer/Ice bútalíkans (finite-element-líkan) til þess að lýsa hreyfingu jökulíss yfir lónið og aflögun íshellunnar í Eystri-Skaftárkatli við endurtekið ris hennar og hnig í samvinnu við finnsku reiknimiðstöðina CSC í Helsinki (3). Á árinu 2014 var, í samvinnu við Thomas Zwinger við CSC í Espoo í Finnlandi, forrituð sérstök Elmer eining sem lýsir vatnsþrýstingi í lóninu undir jöklinum og samspili þrýstings og breytingar á rúmmáli vatn sem lónið geymir. Líkanið er langt komið (Mynd 5) og er stefnt að því að birta niðurstöður líkanreikninganna á ráðstefnu Alþjóðasambands jöklafræðinga (IGS), sem haldin verður hér á landi í júní 2015.



Mynd 5 - Reikninet bútalíkans af íshellunni í Eystri-Skaftárkatli. Líkanið gerir ráð fyrir sívalningssamhverfri hreyfingu inn að miðju ketilsins.

Kostnaðaryfirlit

Í upprunalegri kostnaðaráætlun var gert ráð fyrir kostnaði upp á 1840 þ.kr. við leysimælingar á Skaftárkötllum haustið 2013 og úrvinnslu þeirra sem fjármagnaðar yrðu af austurrískum samstarfsaðilum. Mælingarnar fóru fram en ekki varð af þátttöku austurrísku samstarfsaðilanna og var kostnaður við þessar mælingar færður undir verkefnið leysimælingar á íslenskum jöklum sem Veðurstofan stendur að. Kemur þessi kostnaður því ekki fram í Töflum 1 og 2.

Borun og uppsetning tækja í mars 2014 tók nokkru styttri tíma en ráð var fyrir gert og var kostnaður við hana því undir áætlun. Kostnaður við Skaftárkatlaverkefnið er engu að síður um tveimur milljónum kr. hærrí en gert var ráð fyrir í upprunalegri kostnaðaráætlun. Ástæðan er sú að ekki hljóp úr katlinum sumarið 2014 og hefur því þurft að sinna mælitækjum oftar en upprunalega var gert ráð fyrir. Kostnaður við þrjár slíkar ferðir til að koma fyrir búnaði til rafmagnsframleiðslu og koma á fjarskiptasambandi við GPS-tæki í katlinum er talinn fram í

Áfangaskýrsla

uppgjörinu í Töflu 2. Kostnaður við nokkrar ferðir til þess að sinna mælitækjum í Skaftárkatli samtímis viðhaldi annarra mælitækja á Vatnajökli var greiddur af rannsóknarverkefninu *FutureVolc* og er hann ekki meðtalinn í uppgjörinu. Kostnaður við úrvinnslu og túlkun gagna utan mæliferða er sömuleiðis ekki meðtalinn hér, fremur en í umsóknum til styrktaraðila, en hann er umtalsverður. Kostnaður við örverurannsóknir á vatnssýni, sem náðist úr eystri katlinum er borinn af MATÍS og samstarfsstofnunum og snertir því þetta verkefni ekki beint.

Tafla 1. Styrkir og framlög þátttakenda til Skaftárkatlaverkefnisins fyrir árið 2014.

Styrkveitandi	Framlag (þ. kr.)
Rannsóknasjóður Vegagerðarinnar	2000
Orkurannsóknasjóður Landsvirkjunar	2500
Tækjasjóður Rannís	795
IMAU (mælitæki + mat á tæknaaðstoð)	1846
FutureVolc	650
Framlag VÍ	6501
Samtals	14292

Tafla 2. Kostnaður við Skaftárkatlaverkefnið á árinu 2014.

Kostnaðarliður	Kostnaður (þ. kr.)
WiSe skynjari, skráningartæki, samskiptabúnaður	1325
Búnaður fyrir bræðslubor (vinda o.fl.)	213
Bifreiðar, vélsleðar o.þ.h.	2759
Bræðslubor	484
Eldsneyti, frostlögur, aðkeypt efni	1162
Flutningur með snjóbil, aðkeyptur akstur	1432
Tæknileg aðstoð IMAU (metið)	1183
Laun og dagpeningar 4 starfsm. í borleiðangri o.fl.	2805
Laun og dagpeningar við uppsetningu GPS tækja	526
Laun og dagp. við uppsetningu fjarskiptabúnaðar	1753
GPS tæki, sett upp innan ketils og yfir farvegi	300
GPRS mótaled, rafgeymar, sólarrafhlöður	350
Samtals	14 292

Áfangaskýrsla

Tilvitnanir

1. Auður Atladóttir (ritstj.). Handbók um Skaftárhlaup. Veðurstofa Íslands. Greinargerð AA/2013-01. 40 bls.
2. Bergur Einarsson (2009). Jökulhlaups in Skaftá: A study of a jökulhlaup from the Western Skaftá cauldron in the Vatnajökull ice cap, Iceland. MS Thesis, University of Iceland. 90 pp.
3. Thorsteinsson, Th., S. Elefsen, E. Gaidos, B. Lanoil, T. Jóhannesson, V. Kjartansson, V. Marteinnsson, A. Stefánsson and Thröstur Thorsteinsson (2008). A hot water drill with built-in sterilization: Design, testing and performance. *Jökull* 57, 71-82.
4. Jóhannesson, T., Th. Thorsteinsson, A. Stefánsson, E. Gaidos and B. Einarsson (2007). Circulation and thermodynamics in a subglacial geothermal lake under the Western Skaftá cauldron of the Vatnajökull ice cap, Iceland. *Geophysical Research Letters* (34, L19502, doi:10.1029/2007GL030686, 2007.
5. Þorsteinn Þorsteinsson, Tómas Jóhannesson, Bergur Einarsson og Vilhjálmur Kjartansson (2013). Potað í Kötlun. Bræðsluborun í sigketil innan Kötlunöskjunnar. Veggspjald á Rannsóknaráðstefnu Vegagerðarinnar, nóvember 2013.
6. Gaidos, E.J., V. Marteinnsson, Th. Thorsteinsson, T. Jóhannesson, Á.R. Rúnarsson, A. Stefánsson, B. Glazer, B. Lanoil, M. Skidmore, S. Han, M. Miller, A. Rusch & W. Foo (2008). An oligarchic microbial assemblage in the anoxic bottom waters of a volcanic subglacial lake. *The ISME Journal* 3, 486-497 (18 December 2008), doi:10.1038/ismej.2008.124
7. Marteinnsson, V.M., Á. Rúnarsson, A. Stefánsson, Th. Thorsteinsson, T. Jóhannesson, S. Magnússon, E. Reynisson, B. Einarsson, N. Wade, E. Gaidos (2013). A pervasive microbial community in waters under the Vatnajökull ice cap, Iceland. *ISME Journal*. 7, 427-437.