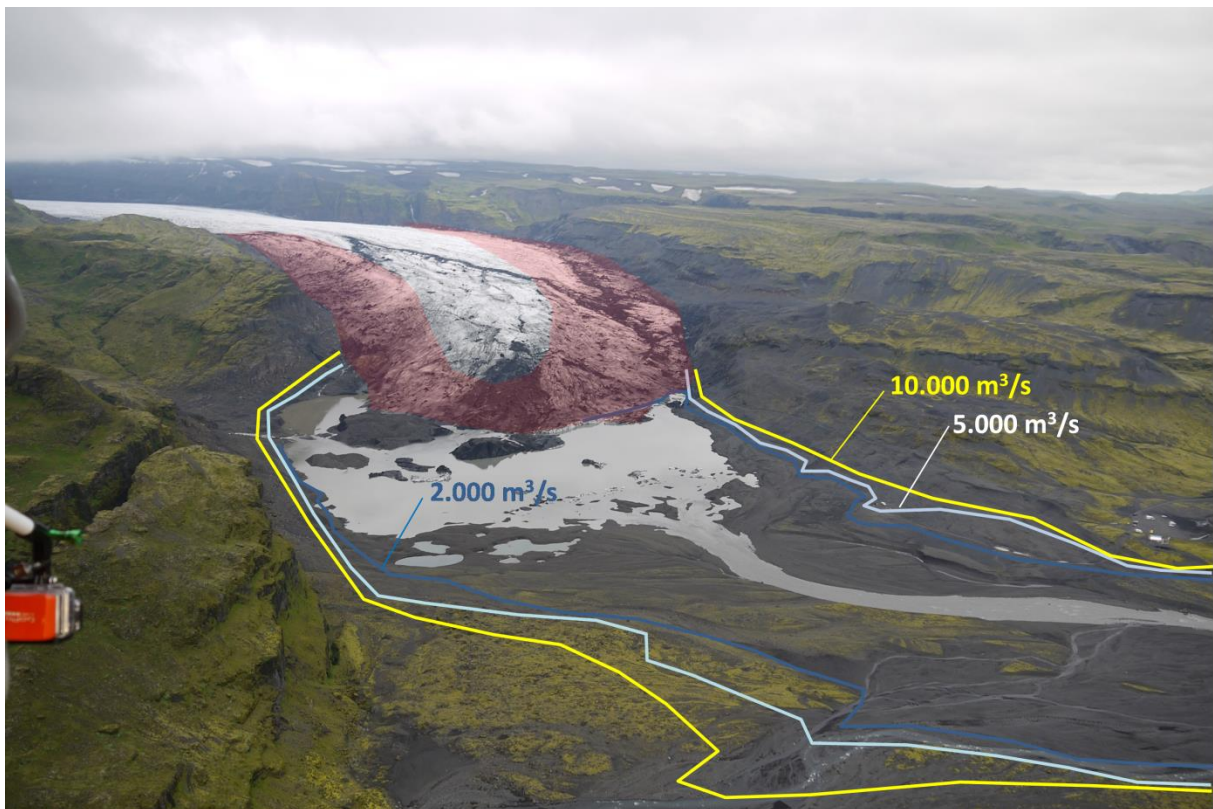


Sólheimajökull:

Hættumat vegna lítilla og meðalstórra jökulhlaupa

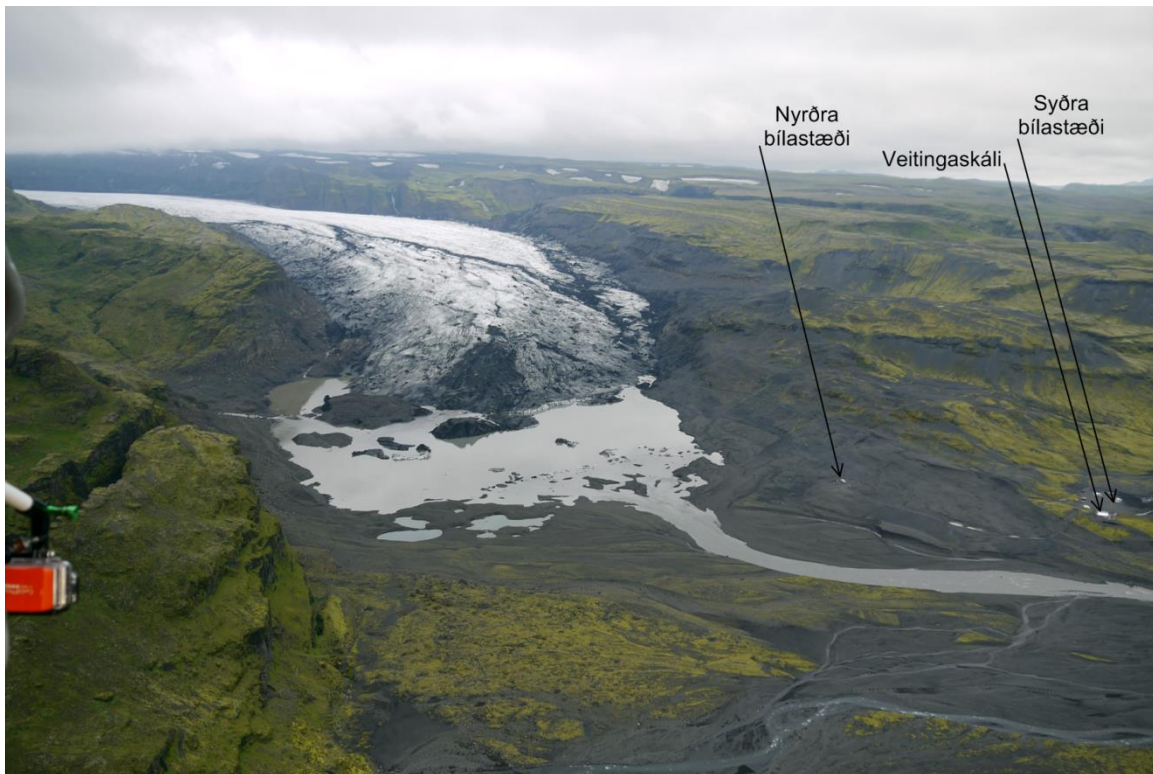
Magnús Tumi Guðmundsson, Þórdís Högnadóttir
Jarðvísindastofnun Háskólans

Björn Oddsson
Almannavarnadeild Ríkislögreglustjóra



Unnið fyrir Almannavarnanefnd Rangárvallasýslu og Vestur-Skaftafellssýslu

Jarðvísindastofnun Háskólans
Júní 2015
RH-02-2015



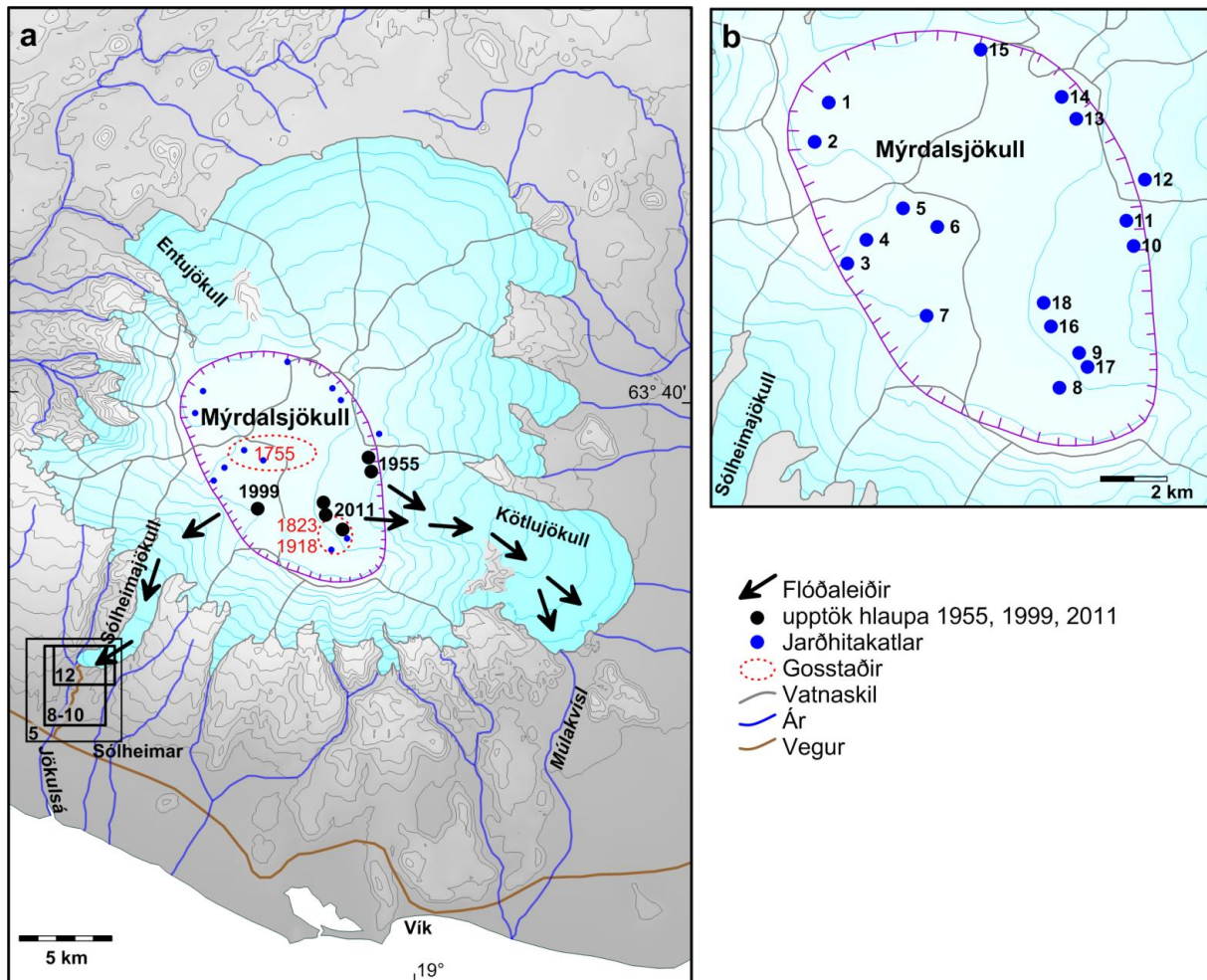
1. mynd. Sólheimajökull, flugmynd tekin 8. júlí 2014. Á myndinni sést veitingaskálinn, syðra bílastæðið og nyrðra stæðið (það sem nær liggur jöklinum). Ljósm. Björn Oddsson.

Inngangur

Sólheimajökull (1. mynd) er orðinn vinsæll ferðamannastaður þar sem fjöldi fólks kemur daglega. Reglulegar gönguferðir með ferðamenn upp á jökulinn eru farnar, rútur stoppa þar og mikil umferð er af erlendum ferðamönnum á bílaleigubílum. Hægt hefur verið að aka nánast að jöklinum og bílastæði á aurum er mjög nærri sporðinum.

Sólheimajökull er einn skriðjökla Mýrdalsjökuls og á hann upptök sín í suðvesturhluta Kötluöskjunnar (Helgi Björnsson o.fl., 2000; Magnús T. Guðmundsson og Þórdís Högnadóttir, 2006). Innan Kötluöskjunnar verða eldgos á um 50 ára fresti að meðaltali, en tímalengd milli gosa er þó mjög breytileg. Um 250 ára goshlé varð í Kötlu í kjölfar Elgjárgossins 934-938. Eftir að því langa goshléi lauk um 1180, voru hlé milli gosa fram til 1918 á bilinu 13 til 95 ár (Guðrún Larsen, 2000; Jónas Elíasson o.fl., 2006). Hléið frá 1918 er því orðið það lengsta í yfir 800 ár, eða tæp 97 ár (vor 2015). Óljóst er hvenær næst dregur til tíðinda.

Kötluhlaup sem orðið hafa vegna eldgosa í Kötluöskjunni hafa á síðustu 7000 árum farið til þriggja átta: Til vesturs niður Entujökul, til suðurs niður Sólheimajökul, til austurs niður Kötlujökul og fram Mýrdalssand. Eftir Eldgjárgosið 934-938 hafa öll Kötluhlaup farið fram Mýrdalssand. Endurtekin stórhlaup vegna eldgosa í suðvesturhluta Kötluöskjunnar urðu kringum landnám á 8.-10. öld, fyrir Eldgjárgos. Í þeim hamförum varð Skógasandur til, en hann er að miklu leyti gjóska sem borist hefur fram í jökulhlaupunum. Mýrdalssandur er að grunni til myndaður á svipaðan hátt. Fremur lítið hlaup er talið hafa komið undan Sólheimajökli í gosinu 1860, en meginhlaupið fór fram Mýrdalssand (Guðrún Larsen, 2000).



2. mynd. (a) Mýrdalsjökull og Kötluaskjarn ásamt helstu vatnasviðum, gosstöðvum og leiðum hlaupanna 1955, 1999 og 2011 undir jökli (byggt á grein Helga Björnssonar o.fl., 2000). Rammarnir við Sólheimajökul vísa til korta á 5., 8.-10. og 12. mynd. (b) Sigkatlar og vatnasvið í Kötluöskjunni.

Auk stórhlaupa hafa komið minni snögg en óvænt hlaup undan Sólheimajökli. Síðast gerðist það í júlí 1999 (Oddur Sigurðsson o.fl., 2000). Ítarlegar rannsóknir hafa farið fram á því hlaupi, útbreiðslu þess og hegðun en hlaupið kom undan sigkatli 7 (2. mynd) efst á ísasvæði Sólheimajökuls (t.d. Oddur Sigurðsson o.fl., 2000; Kristín Vogfjörð, 2002; Magnús T. Guðmundsson o.fl., 2007; Russell o.fl., 2010). Enn hefur ekki verið skorið úr því með óyggjandi hætti hvort orsökina var lítilsháttar gos eða staðbundin aukning í jarðhita með tilheyrandi vatnssöfnun í mánuði eða ár fyrir hlaupið. Hliðstæðir atburðir urðu 1955 og 2011 á vatnasviði Kötlujökuls (2. mynd). Bæði þau hlaup tóku af brú yfir Múlakvísl. Þrátt fyrir eftirlit hefur ekki tekist að spá fyrir um þessi hlaup. Jarðskjálftaórói hefur þó gefið skammtímaviðvörðun. Vitað er að hliðstæð hlaup komu undan Sólheimajökli kringum aldamótin 1900 (Erlingur Ísleifsson, munnl. heimild).

Hingað til hefur ekki tekist að sjá hlaup af þessu tagi fyrir með því að greina skýr merki um vatnssöfnun undir sigkötum, sem t.d. kæmi fram sem hækkun á botni ketilsins. Ekki er hægt að treysta því að hægt verði að sjá slíkar breytingar áður en hlaup brýst fram. Til að það takist þarf mun tíðari mælingar á yfirborði jökulsins í og við sigkatla en nú eiga sér stað.

Hættumat

Vegna hættu á jökulhlaupum undan Sólheimajökli, skamms viðvörunartíma og vinsælda staðarins hjá ferðamönnum óskaði Almannavarnanefnd Rangárvallasýslu og Vestur-Skaftafellssýslu eftir því í maí 2014 að unnið yrði einfalt hættumat sem tæki til þeirra svæða sem ferðamenn helst heimsækja: Þetta eru neðri hluti Sólheimajökuls, svæðið fyrir framan sporðinn og vegurinn frá Þjóðvegi 1 inn að jökli.

Spurningar sem æskilegt væri að leita svara við eru m.a. þessar:

1. Hverjar eru stærðir og útbreiðsla smærri hlaupa sem koma niður Sólheimajökul? Mat af þessu tagi var gert 2005 fyrir stærri hlaupin (Vatnaskil, 2006) en það vantar fyrir smærri hlaup.
2. Hver er tíðni smærri hlaupa?
3. Hver yrðu áhrif minni og meðalstórra hlaupa nú? Átt er við hlaup af svipaðri stærð og kom sumarið 1999. Hvar myndu flóðmörkin liggja og eru vegir eða mannvirki ofan við brúna á Þjóðvegi 1 í hættu?
4. Hver er viðvörunartími vegna hlaupa af mismunandi stærðum og gerðum, m.a. af þeirri stærð sem komið hefur endutekið úr Kötluöskjunni (1955, 1999, 2011)?
5. Við hvaða breytingum má búast í stærð (þykkt og lengd) Sólheimajökuls á næstu árum. Má reikna með að hop hans haldi áfram á næstu árum og hvaða áhrif mun það hafa á hættu af hlaupum?
6. Hversu mikil hætta getur stafað af útstreymi H_2S og annarra gasa við hlaup og rennsli jarðhitavatns?

Að þessu sinni var ákveðið var að ráðast í lágmarksmat. Í því felst að gerð var fljótleg greining á hættu að teknu tilliti til eðlis ferðamennsku á svæðinu. Matið var unnið að mestu leyti í júní og júlí 2014 og voru niðurstöður kynntar á fundi með hagsmunaaðilum í Vík í Mýrdal 23. júlí. Það mat er lagt fram í þessari skýrslu. Tekið er á liðum 1.-5. í matinu en ákveðið að mat vegna H_2S hættu yrði að bíða þar til betri gögn lægju fyrir.

Aðferðir, umfang

Umfang verkefnisins miðast við hættu af hlaupvatni í atburðum af sömu stærðargráðu og kom 1999 (auk 1955 og 2011); þær takmörkuðu heimildir (Erlingur Ísleifsson, munnleg heimild) sem til eru um atburði sem urðu 1890-1910 benda til þess að þau hlaup hafi verið af líkri stærð og litlu hlaupin sem þekkt eru eftir 1955. Skilgreind er útbreiðsla hlaupa næst jaðri og möguleg áhrif þeirra á veginn inn að Sólheimajökli. Hætta vegna mögulegs gasútstreymis verður ekki sérstaklega metin hér. Hana þarf þó að taka með í reikninginn þegar gerðar verða viðbragðsáætlanir.

Gögn:

- Notað er nákvæmt kort sem unnið var með Lidarmælingu sumarið 2010. Hæðarnákvæmni þess er um 10-20 sentimetrar.
- Staða jökuljaðars við gerð hættumats var fengin með beinni mælingu með GPS í maí 2014.

- Hæð lands sem komið hefur undan jökli síðan Lidarkortið var búið til var mæld með GPS á sama tíma og jökuljaðarinn.
- Vegur inn að Sólheimajökli og lega bílastæða og göngustíga var mæld með GPS í byrjun júlí 2014.
- Gögn um hop Sólheimajökuls undanfarin ár er fengin úr skýrslum Jöklarannsóknafélagsins (Oddur Sigurðsson, 2013) og skoðun loftmynda.
- Snið sem sýnir botn Sólheimajökuls er fengið úr grein Mackintosh o.fl. (2000).
- Saga gosa í Kötlu og jökulhlaupa frá Sólheimajökli (Guðrún Larsen, 2000, Erlingur Ísleifsson, munnl. Heimild).

Útbreiðsla hlaupsins 1999 var kortlögð út frá ljósmyndum (Oddur Sigurðsson o.fl., 2000). Jaðar jökulsins lá þá um 700 metrum framar en sumarið 2014.

Útbreiðsla hlaupa af stærð 2.000, 5.000 og 10.000 m³/s var metin frá jökuljaðri niður að brú á þjóðvegi 1. Jafna Mannings er notuð í þversniðum af farveginum til að reikna vatnshæð í 10 þversniðum. Efstu átta þversniðin ná frá jökuljaðri út í um tveggja kílómetra fjarlægð frá jökli. Tvö neðstu sniðin eru í 3.1 og 3.3 km fjarlægð frá jaðri, þar sem vegurinn inn að jöklinum liggur lægst. Með þversniðunum er hægt að sjá hvernig líklegt er að hlaup af ofangreindri stærð dreifist og hvort þau ógni bílastæðum, vegum og öðrum mannvirkjum nærri jöklinum.

Jafna Manning var notuð til að reikna rennsli við mismunandi vatnshæðir í þversniðunum:

$$U = \frac{1}{n} P^{2/3} S^{1/2}$$

Hér er:

U: Rennslis hraði vatnsins (m/s)

P: Sniðfar (fyrir breiðan og grunnan farveg eins og á við um Jökulsá á Sólheimasandi er P jafnt vatnsdýpi)

S: Halli farvegar (gert er ráð fyrir stöðugu rennsli).

Hraði er reiknaður fyrir hvert 5-7 m bil í þversniði og síðan er rennslið fengið með því að heilda yfir þversniðið.

$n = 0.05$ er hrýfi farvegar. Gildið 0.05 er valið þar þar sem það er næst meðalmati á hlaupinu 1999 (Russell o.fl., 2010).

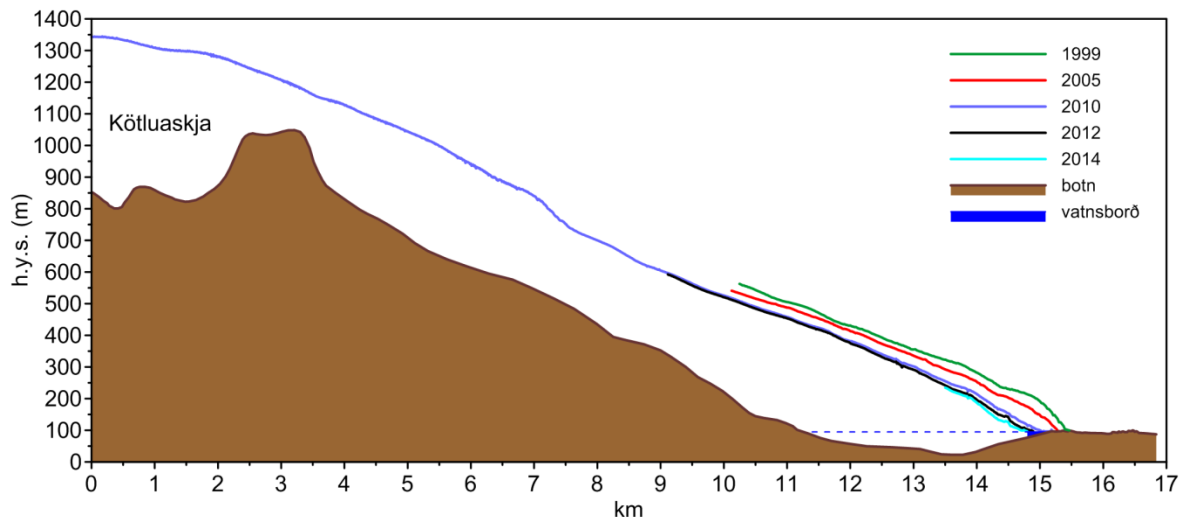
Lida landlíkan var notað til að teikna þversniðin og síðan var straumhraði fyrir hvert 5 m bil í þversniði reiknað með jöfnu Manning út frá halla þversniðs fyrir nokkur gildi á vatnshæð. Heildarrennsli fyrir hverja vatnshæð var síðan reiknað með því að leggja saman rennsli fyrir hvert 5 m bil í þversniðinu. Þetta er nokkuð ítarlegri aðferð en yfirleitt er notuð jöfnu Manning. En þar sem fyrir liggur mjög gott kort af farveginum niður að brú með 5 metra möskvastærð þótti við hæfi að nýta þessa háu upplausn til að reikna rennslið fyrir hverja vatnshæð.



3. mynd. Hlaupið úr Sólheimajökli 18. júlí 1999. Efri mynd t.v. hlaupið ofan þjóðveggar 1. Efri mynd t.h. jaðar Sólheimajökuls. Syðra bílastæðið er nú þar sem pollurinn sést austan megin hlaupfarvegarins. Neðri mynd t.v. hlaupfarvegurinn upp við jökul. Neðri mynd t.h. ós Jökulsár. Ljós: Magnús Tumi Guðmundsson.

Hlaupin 1999 og 2011

Hlaupið 18. júlí 1999 var snögg og það kom nokkuð óvænt (3. mynd). Atburðarás er m.a. lýst af Oddi Sigurðssyni o.fl. (2000). Í nokkra daga fyrir hlaupið hafði verið óvenjulegur litur á ánni en ekki tiltakanlegir vatnavextir. Órói sást á skjálftamælum í um 20 mín. kl. 17 þann 17. júlí. Öflugri órói varð kl. 22:18 og hélst hann með nokkurri hviðuvirkni næstu fimm tímana. Ekki eru vitni að atburðum upp við jökulinn þegar hlaupið braust fram aðfaranótt 18. júlí. Talið er að það hafi náð brúnni á þjóðvegi 1 um kl. 2, en þá fór raflínan í sundur. Upp úr kl. 3 var hlaupið byrjað að sjatna við brúna og síðan dró jafnt og þétt úr því. Hámarksrennsli við brúna er talið hafa verið um $1700 \text{ m}^3/\text{s}$. Russell o.fl. (2010) mældu upp flóðfarið og draga þá ályktun að hlaupið hafi verið mjög snögg, að hámarksrennsli þess upp við jökul hafi verið nærri $5.000 \text{ m}^3/\text{s}$ en að flóðtoppurinn hafi lækkað hratt með fjarlægð en rúmí 4 kílómetrar voru frá jaðri að brúnni. Farvegurinn er að auki breiður og vatnið gat dreift verulega úr sér. Heildarmagn hlaupvatns var 17-20 milljón m^3 . Upptökin voru í sigkatli nr. 7 (Magnús T. Guðmundsson o.fl., 2007), en hann liggur efst á ísasvæði Sólheimajökuls. Fjarlægðin frá katli að jökulrönd var 13 kílómetrar og fallhæð um 1200 metrar. Ef öflugi óróinn sem varð kl. 22:18 markar byrjun hlaupsins, hefur framrás þess niður jöklinn tekið 3-3.5 tíma. Framrásarhraði þess hefur þá verið um 1.0-1.2 m/s. Þetta er svipaður hraði og þegar hlaupið sem kom úr Grímsvötnum í kjölfar Gjálpargossins í nóvember 1996 var að brjóta sér leið niður Skeiðarárjökul (Tómas Jóhannesson, 2002).



4. mynd. Þversnið af Sólheimajökli, byggt á Mackintosh o.fl. (2000) og Helga Björnssyni o.fl. (2000).

Hlaupið sem kom í Múlakvísl og tók af brúna á Þjóðvegi 1 aðfaranótt 9. júlí 2011 hegðaði sér í meginatriðum með svipuðum hætti. Órói var greinanlegur á mælum upp úr kl. 19 þann 8. júlí en óx verulega kl. 22:20. Kl. 01:40 þann 9. júlí er leiðni við brúna á Þjóðvegi 1 orðin mjög há. Hlaupvatnið fór sem flóðbylgja niður farveg Múlakvíslar og náði að Léréftshöfði um kl. 4 þegar vatnsborð árinna óx skyndilega um 5 metra. Hlaupið náði að brúnni á Þjóðveginum kl. 4:58. Fallhæðin er svipuð og í Sólheimajökli, um 1200 metrar, fjarlægð farvegar undir jökli um 15 km, frá jökulrönd að Léréftshöfði um 5 km og þaðan 7 km niður að brú. Hafi hlaupvatnið lagt af stað frá kötlunum (númer 16, 9 og 10) kl. 22:20 var hraði þess undir jökli 0.8-1.1 m/s (15.000 m á 4-5 klst.).

Ef hlaupin 1999 og 2011 eru dæmigerð fyrir þessa tegund hlaupa, kann að vera að órói veiti 3-4 tíma viðvörðun. Sá tími sem til stefnu er ef rýma þarf svæðið við Sólheimajökul er því varla meiri en 2-3 tímar, að því gefnu að viðvörðunarkerfi virki eins og þau t.d. gerðu í júlí 2011.

Mat á aðstæðum miðað við núverandi stöðu jökuls

Sólheimajökull hefur hopað u.þ.b. 50 metra á ári frá 1995, en þar á undan var 25 ára tímabil með framgangi. Á sama hátt og við marga aðra skriðjökla hefur Sólheimajökull á löngum tíma grafið djúpa dæld í bergið og er bergbotninn víða mörgum tugum metra undir hæð landsins fyrir framan jökulinn. Við hop jökulsins tók lón að myndast fyrir framan jökulinn fyrir nokkrum árum. Fer lónið nú ört stækkandi samfara hopi jökulsins. Gera má ráð fyrir að með stærra lóni geti það haft jöfnunaráhrif á snögg jökulhlaup. Við það yrði flóðtoppur lægri en við núverandi aðstæður, en ekki er gerð tilraun hér til að meta þessi áhrif frekar.

Samhliða hopinu hefur jökullinn þynnst og lækkað verulega. Mælingar á hæð jökulsins hafa verið gerðar öðru hvoru samhliða flugmælingum á dýpt sigkatla í Kötlusöskjunni. (Magnús T. Guðmundsson o.fl., 2007; sjá einnig vefsíðu Jarðvísindastofnunar Háskólans, http://jardvis.hi.is/katla_eftirlit). Mælingarnar sýna að jökullinn hefur þynnst um 100 m þar sem sporðurinn er nú, og í 5 km fjarlægð frá sporði er lækkunin 50 m (4. mynd). Þessi mikla þynning jökulsins hefur haft veruleg áhrif á leiðir

mögulegra jökulhlaupa, a.m.k. smærri og meðalstórra hlaupa. Til að mynda er nú útilokað að slíkt hlaup geti farið austan við Jökulhaus; þar er nú allhá brekka sem beina myndi hlaupvatni niður með Jökulhaus að vestan, í þann farveg sem áin fellur nú eftir.

Ef veðurfar helst áfram svipað og verið hefur frá 1995, má reikna með að Sólheimajökull haldi áfram að hopa með líkum hætti og verið hefur. Lónið sem myndast hefur á síðustu 4-5 árum ætti ef eitthvað er að herða á hopinu, en það er reynslan annarstaðar að vegna kelfingar aukist bráðnun við það að jöklar endi í jökullónum þar sem ís getur farið á flot. Lónið ætti að verða 50-100 m djúpt og allt að fjögurra kílómetra langt þegar jökullinn hefur hörfað það mikið að hann fari upp úr lóninu að norðan. Sú þróun gæti tekið áratugi.

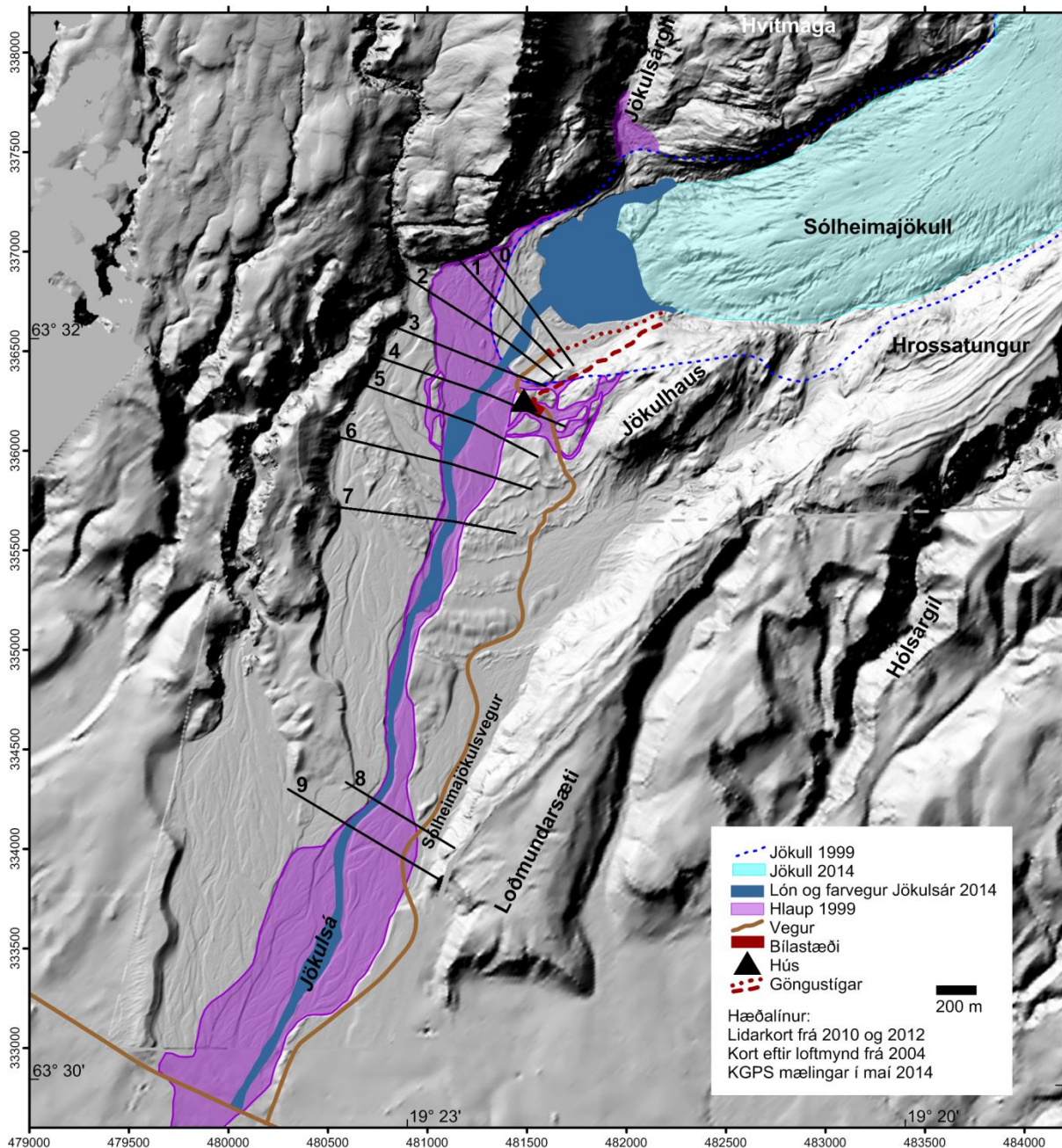
Sumarið 2014 voru aðstæður við jökulinn með þeim hætti að vegur liggur frá Þjóðvegi 1 inn undir jökul. Tvö bílastæði eru inn við jökulinn: Nyrðra stæði, þar sem vegurinn endar, liggur á aurunum skammt frá lóninu við jökuljaðarinn. Vegarlóðinn endar á nyrðra stæðinu. Syðra stæðið er um 300 metrum sunnar. Það liggur sunnan (ofan) við jökulgarða frá fyrri framrás jökulsins og er nokkrum metrum hærra í landinu. Við syðra stæðið er veitingaskáli og liggur hann uppi á jökulöldunni, og stendur 11-12 metrum hærra en farvegur Jökulsár. Eitt af markmiðum hættumatsins er að kanna hversu berskjölduð bílastæðin og veitingaskálinn eru í litlum og meðalstórum hlaupum.

Útbreiðsla hlaupsins 1999 og samanburður við aðstæður nú

Á 5. mynd er útbreiðsla hlaupsins 1999 sýnd ásamt lóni, jökuljaðri eins og hann er nú ásamt vegum og bílastæðum. Megin hlaupvatnið kom undan sporðinum vestanverðum en dálítt hluti vatnsins kom niður hlíð Jökulhauss (sjá 5. mynd). Staðurinn þar sem nyrðra bílastæðið er nú, á aurunum austan lónsins, var á þessum tíma undir jökli. Vatnið sem féll niður hlíð Jökulhauss fór yfir tjörnina þar sem syðra bílastæðið er nú, og fyllti hana. Þetta gæti ekki gerst í dag, þar sem jökullinn hefur hörfað úr hlíðum Jökulhauss.

Útbreiðsla 2.000, 5.000 og 10.000 m³/s hlaupa

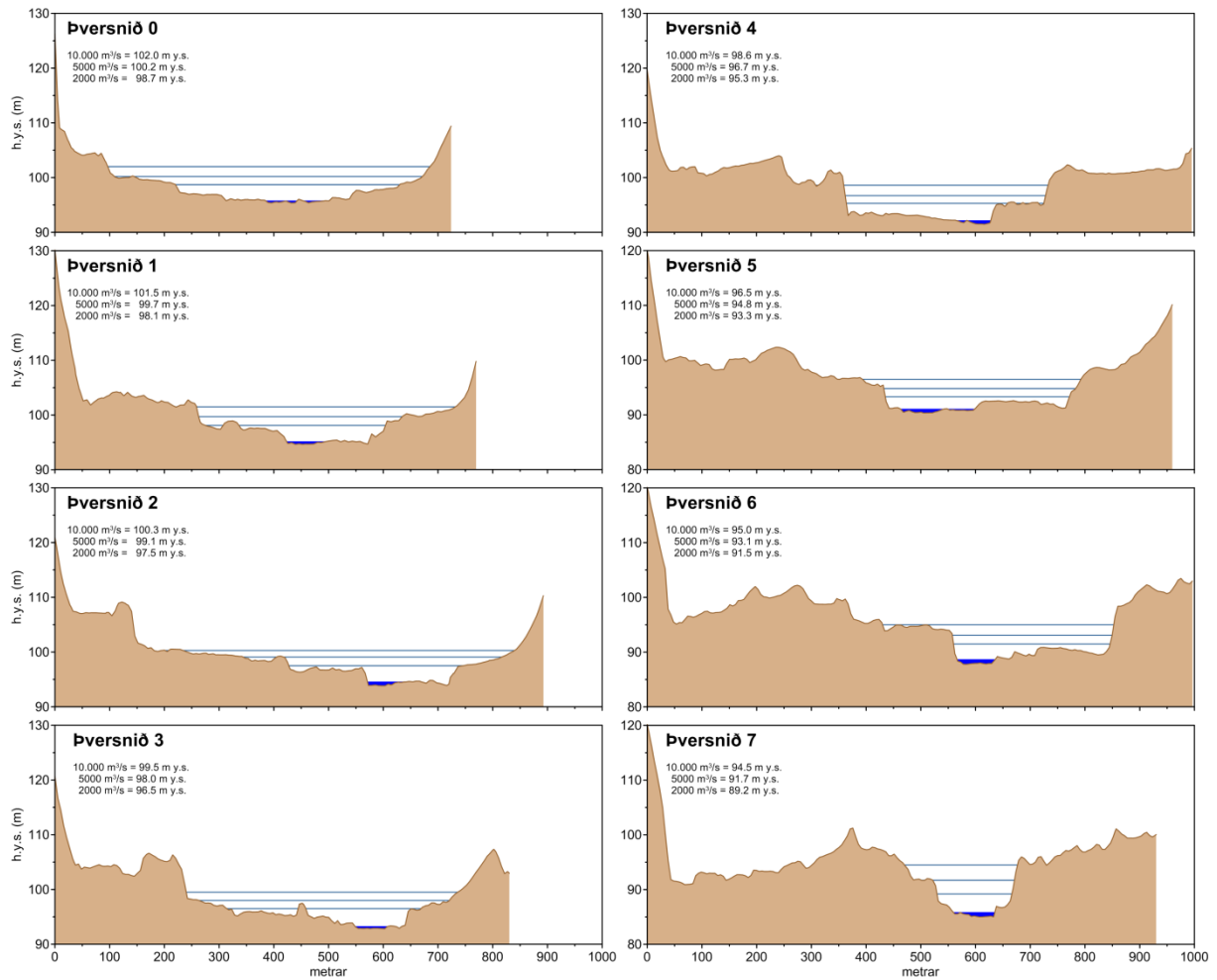
Þversnið yfir farveginn með flóðhæðum (2.000, 5.000 og 10.000 m³/s) eru sýnd á 6. og 7. mynd. Lega sniðanna er á 5. mynd. Á 8.-10. mynd er sýnd útbreiðsla þessara þriggja hlaupa næst jöklinum við núverandi aðstæður. Við lægsta rennslið (2.000 m³/s) rynni vatn ekki upp á nyrðra bílastæðið og það virðist sem vegurinn þangað slyppi líka. Vert er að hafa í huga að upp við jökulinn væri hlaup af þessari stærð verulega minna en það sem varð 1999. 5.000 m³/s hlaupið (8. mynd) myndi samkæmt reikningunum ná upp á nyrðra stæðið og fara yfir veginn milli hans og syðra stæðisins (hlaupið 1999 var nálægt þessari stærð upp við jökul en dofnaði svo verulega þegar neðar dró – sjá Russell o.fl., 2010). Í tilfelli 10.000 m³/s hlaupsins færi nyrðra stæðið og vegurinn að því á kaf, en eins og fyrir hin tilfellin tvö, væri húsið og syðra stæðið utan flóðahættu. Á 11. mynd sést hvernig flóðin ná ekki að syðra stæði og veitingaskála en leggjast að hluta yfir nyrðra stæðið og veginn að því.



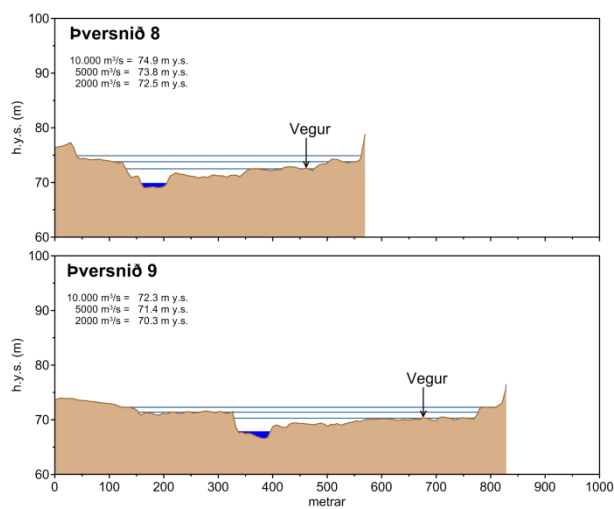
5. mynd. Farvegur Jökulsár á Sólheimasandi og útbreiðsla hlaupsins 1999. Lega þversniða 0 til 9.

Rennsli hlaupvatns ofan á jökli

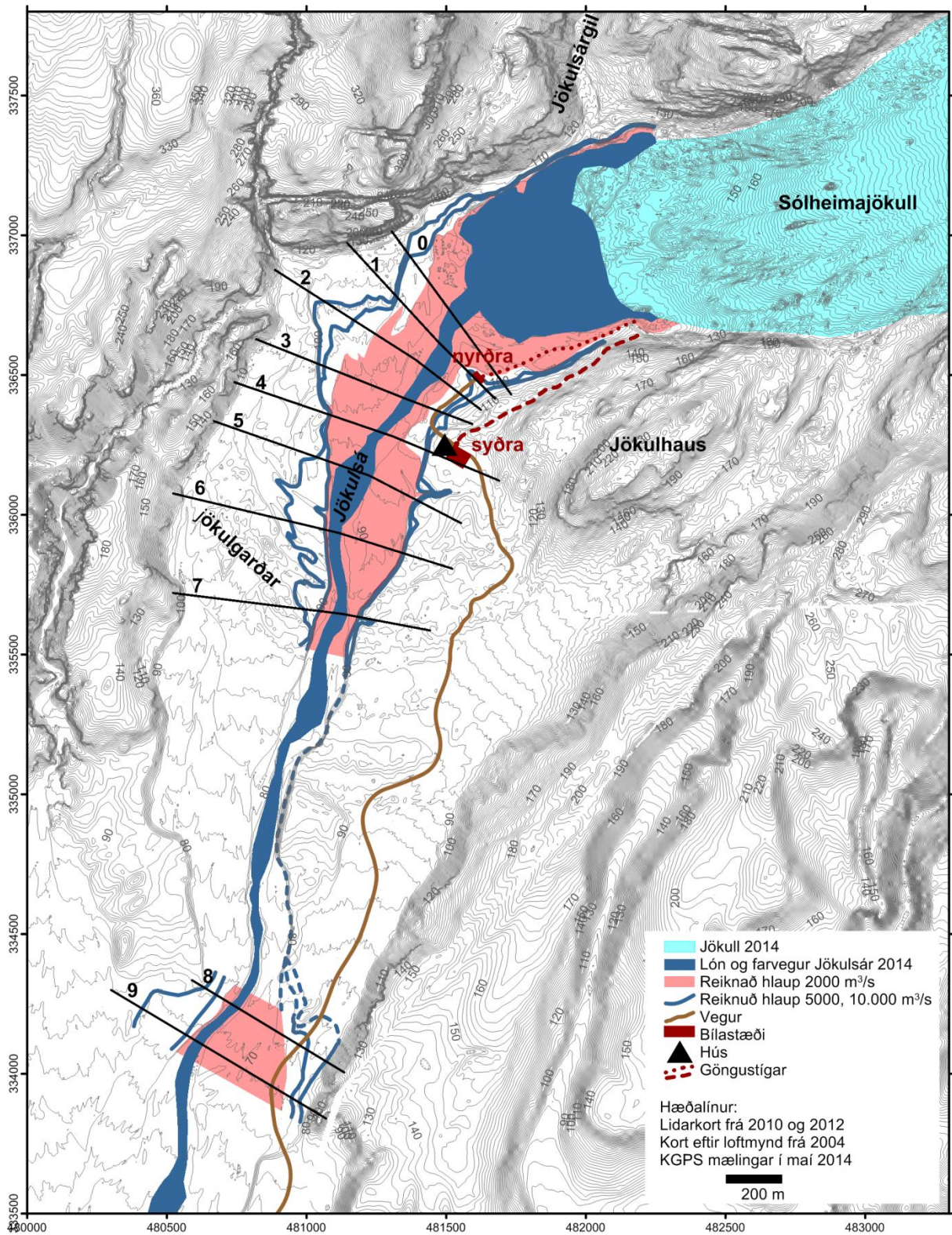
Gera verður ráð fyrir að hlaup niður Sólheimajökul muni renna að hluta á yfirborði jökulsins, eins og hlaupin 1999 (í Sólheimajökli) og 1955 (í Kötlujökli) gerðu. Slíkt hlaupvatn myndi renna í dældirnar sem liggja beggja vegna jökulsins, að austan eða vestan. Af þessu leiðir að jökullinn sjálfur væri fjarri því að vera öruggur fyrir ferðamenn ef til hlaups kæmi. Sennilegt er þó að ekki rynni vatn eftir miðjum jöklinum heldur rynni það fram með jöðrunum beggja vegna (12. mynd).



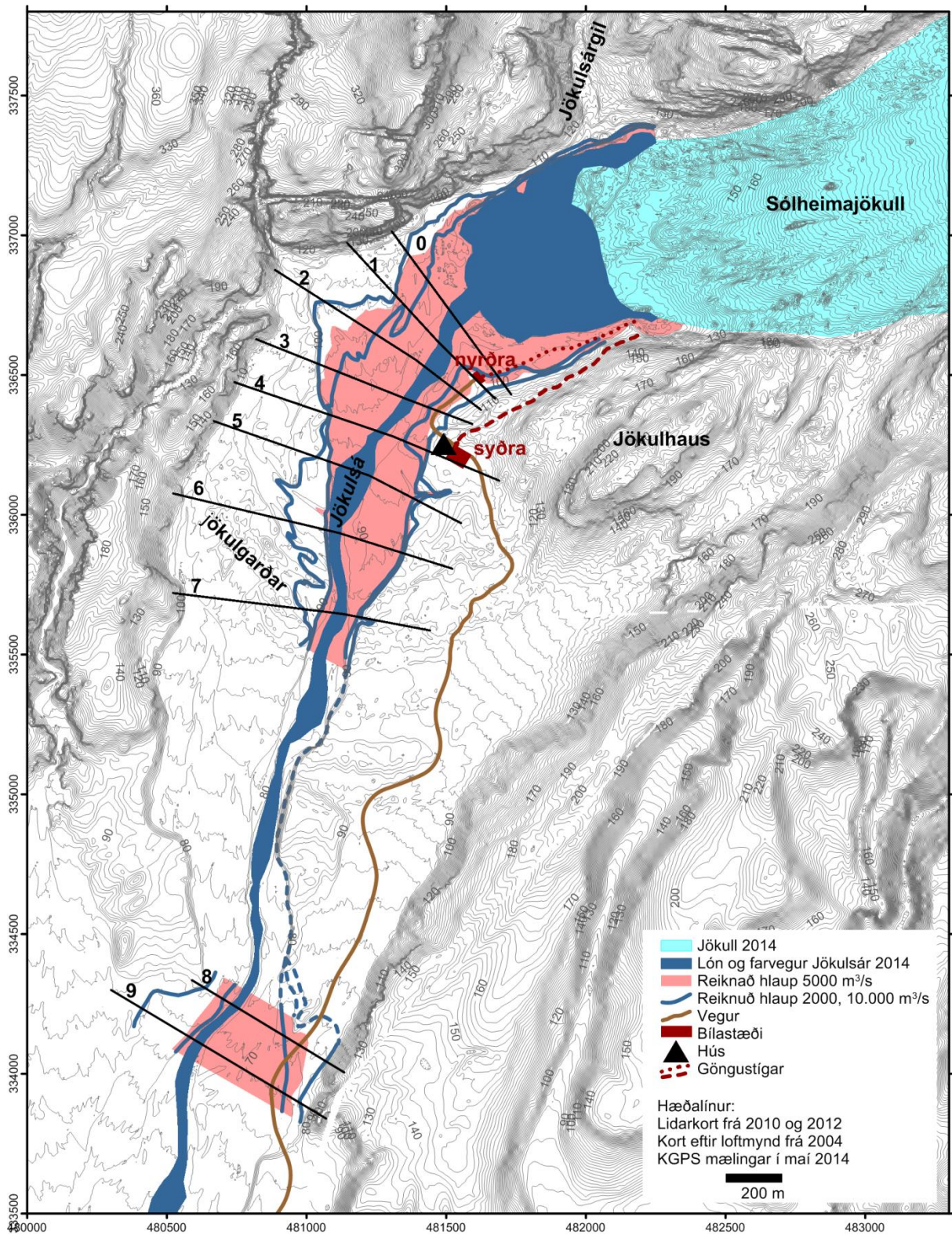
6. mynd. Þversnið 0 til 7 og vatnshæð í 2.000, 5.000 og 10.000 m³/s hlaupum. Horft er upp eftir farvegi og vestur því til vinstri og austur til hægri.



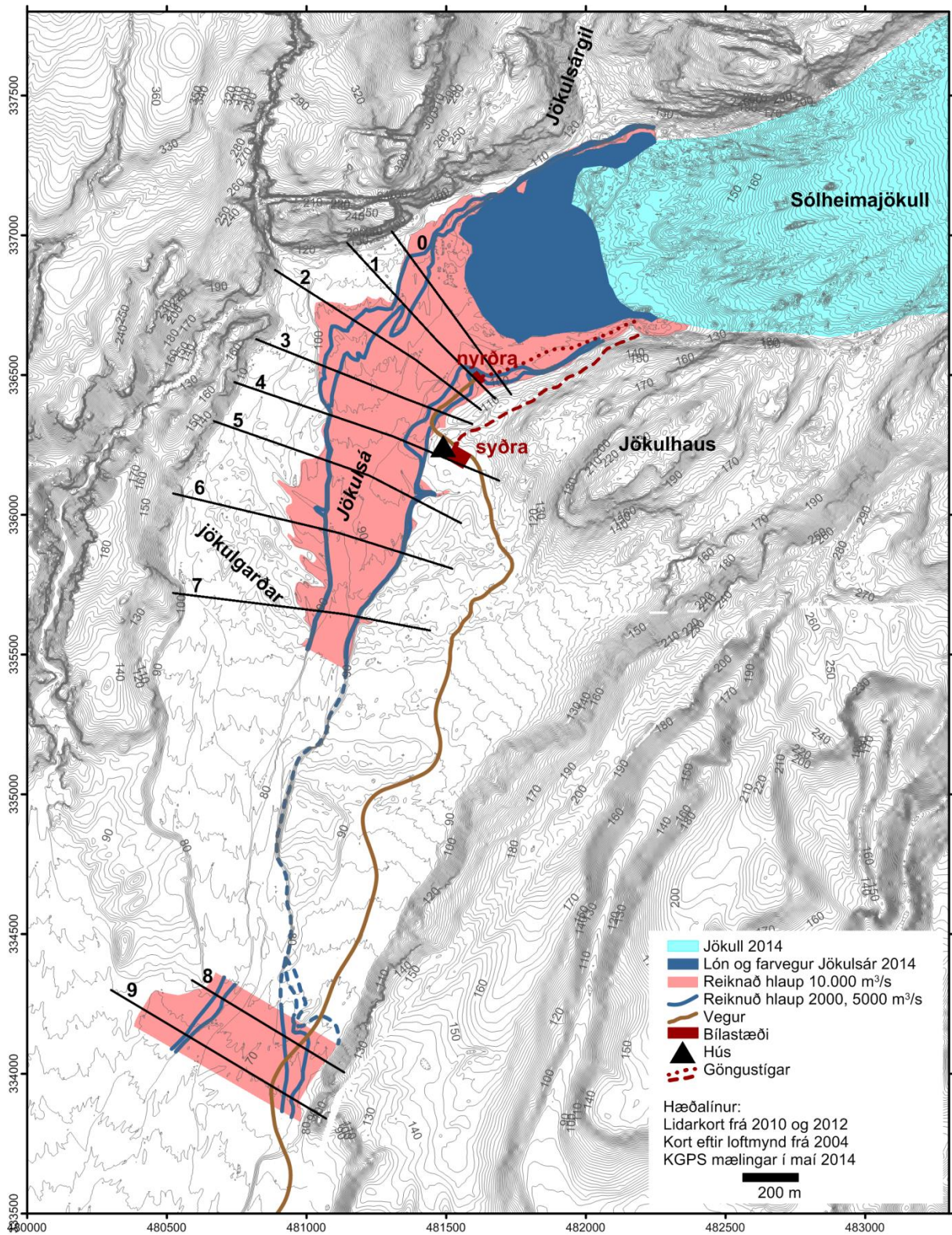
7. mynd. Þversnið 8 og 9, andspænis Loðmundarsæti og vatnshæð í 2.000, 5.000 og 10.000 m³/s hlaupum.



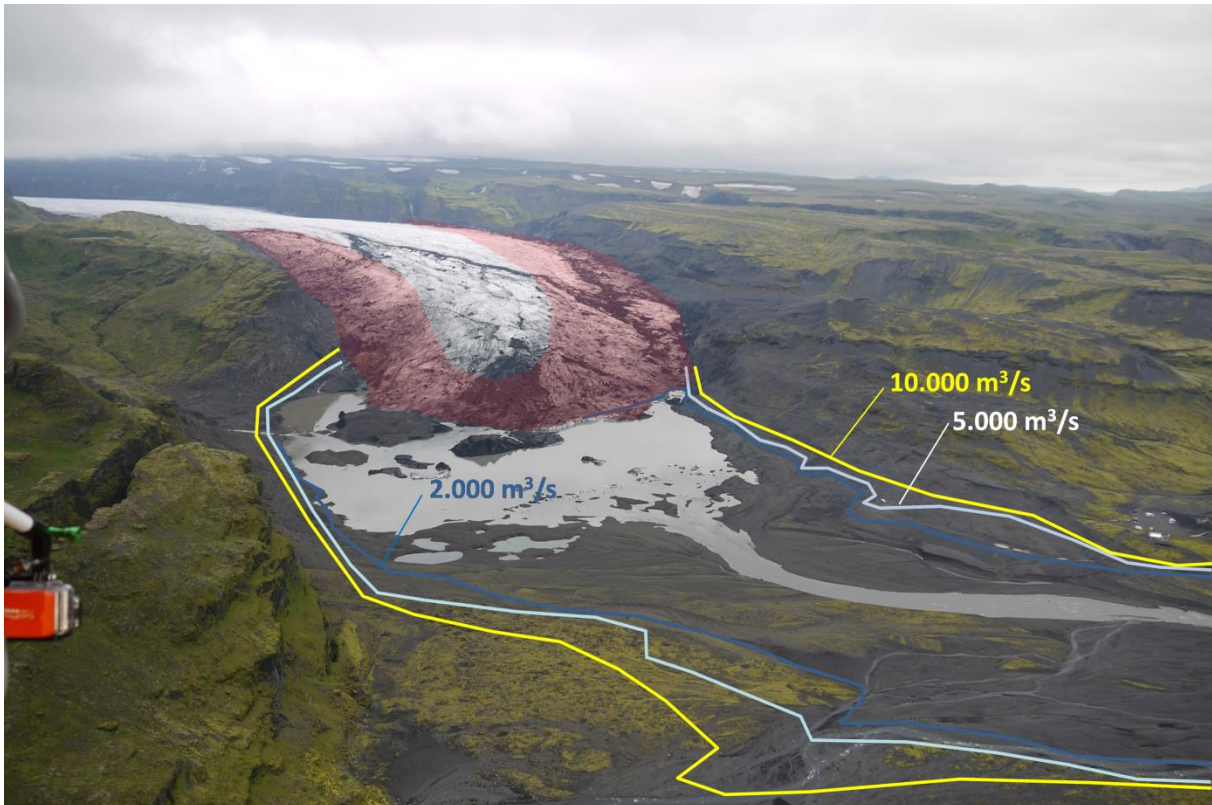
8. mynd. Útbreiðsla 2.000 m³/s hlaups næst jökli.



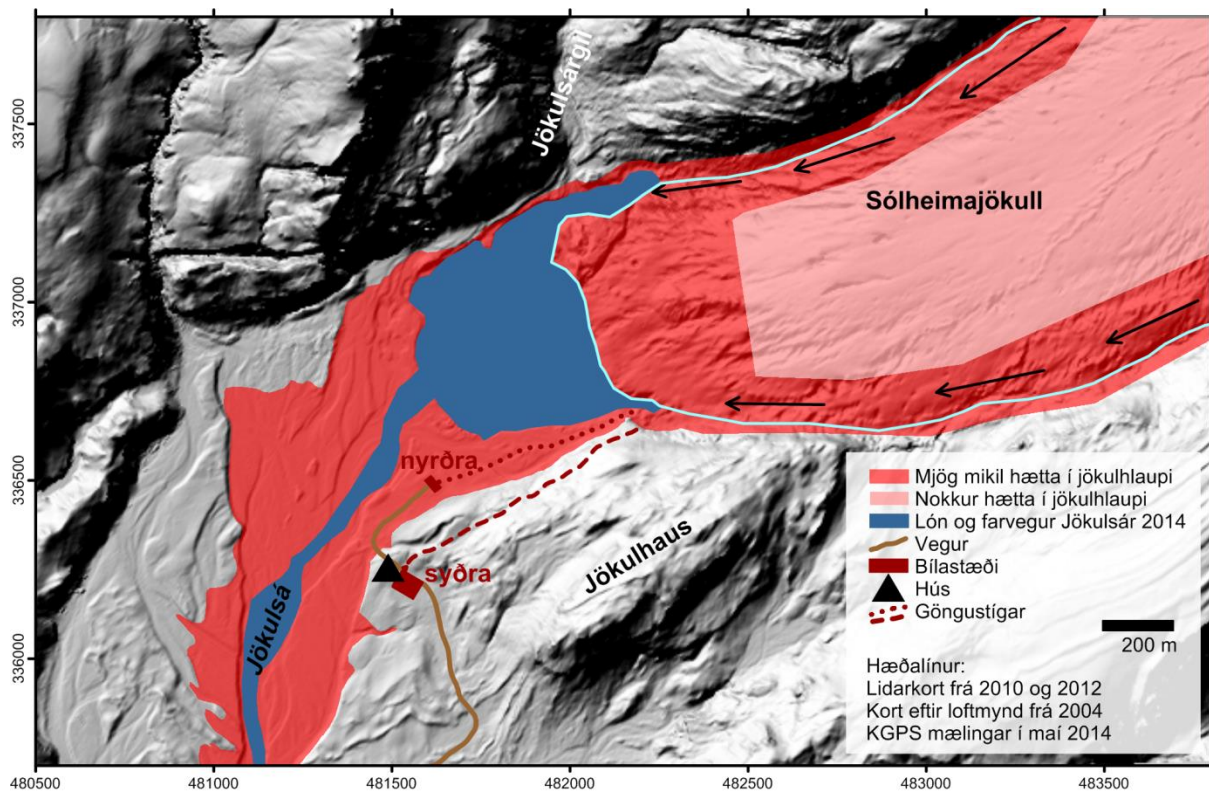
9. mynd. Útbreiðsla 5.000 m³/s hlaups næst jökli.



10. mynd. Útreiðsla 10.000 m³/s hlaups næst jökli.



11. mynd. Svæðið næst jökli og áætluð flóðmörk 2.000, 5.000 og 10.000 m³/s hlaups (ljósm. Björn Oddsson).



12. mynd. Hættusvæði í litlu eða meðalstóru jökulhlaupi við Sólheimajökul (hámarksrennsli 10.000 m³/s og minna).

Útbreiðsla hlaups við veg nærri Loðmundarsæti

Um 1,5 km norðan Þjóðveg 1 fer vegurinn inn að Sólheimajökli niður af háum bökkum og liggur eftir gömlum jökuláraurum inn að ystu jökulgörðum um 2 km sunnan við jökulsporðinn. Í þversniðum 8 og 9 (7. mynd) má sjá að við minnsta hlaupið ($2.000 \text{ m}^3/\text{s}$) nær vatnsborð upp að veginum. Í stærri hlaupum færir hann hinsvegar á kaf. Því verður að gera ráð fyrir að vegurinn inn að jöklinum lokist í litlum og meðalstórum hlaupum.

Samandregnar niðurstöður og ábendingar

Breytingar á síðustu árum:

- Verulegar breytingar hafa orðið við Sólheimajökul á síðustu 15 árum. Jökullinn hefur hopað um 0,5 km og lón er tekið að myndast. Það mun að öllum líkindum verða allt að 4 km að lengd ef þróunin sem verið hefur heldur áfram næstu ár og áratugi.
- Viðvörðunartíminn, frá því órói vegna hlaups greinist á skjálftamælum þar til hlaup brýst undan jökli gæti verið 2-3 klukkustundir.
- Farvegur hlaupa yrði í meginatriðum sá sami nú og 1999. Líkur á að vatn renni fram af Jökulhaus eru þó engar við núverandi aðstæður. Einnig eru hverfandi líkur á að vatn fari fram skarðið austan Jökulhaus enda hefur jökullinn ofan skarðsins lækkað um tugi metra á síðustu árum.

Útbreiðsla og líkleg hegðun hlaupa:

- Verulegar líkur eru á að hlaupvatn komi að hluta upp úr jöklinum innan við jaðar og renni fram eftir honum eins og gerðist 1999. Því getur jökullinn sjálfur ekki talist öruggur ef til hlaups kemur. Sama á við um dældina upp með jöklinum að austanverðu.
- Í hlaupi eins og kom 1999 (rennsli upp við jökul um $5.000 \text{ m}^3/\text{s}$) myndi vatn ná upp að og sennilega inn á nyrðra bílastæðið. Vatn færir yfir veginn að stæðinu.
- Í heldur stærra hlaupi myndi vatn örugglega fara yfir nyrðra bílastæðið.
- Syðra bílastæðið og húsin við það eru ekki í hættu vegna hlaupa af þeim stærðum sem reiknuð hafa verið.
- Hlaup af þeim stærðum sem skoðuð hafa verið myndu fara yfir veginn inn að Sólheimajökli á svæði sem liggur um 1 km norðan Þjóðveg 1. Því má reikna með að ófært yrði á bílum að og frá jöklinum meðan á hlaupi stendur.

Viðbúnaður og fyrirbyggjandi aðgerðir:

- Í ljósi þess að hlaup getur ruðst fram með tiltölulega stuttum fyrirfara hlýtur það að vera skilyrði öruggrar ferðamennsku á svæðinu að ferðaþjónustuaðilar séu meðvitaðir um hættuna og hafi gert sér viðbragðsáætlanir sem grípa má til ef horfur eru á hlaupi.
- Viðbragðsáætlun ferðaþjónustuaðila sem flytja fólk inn á jökulinn verður að taka með í reikninginn að hlaup getur að hluta runnið á yfirborði jökulsins.
- Nyrðra bílastæðið við Sólheimajökul getur alls ekki talist öruggur staður til að geyma bíla eða sem áningar- eða samkomustaður ferðamanna og eðlilegast er að loka því alfarið ásamt veginum að því.
- Syðra bílastæðið og húsið með veitingasölunni eru ekki í hættu vegna hlaupa af þeirri stærð sem könnuð hefur verið. Sama á við um göngustíg í hlíð Jökulhauss.

Heimildir:

- Guðrún Larsen. 2000. Holocene eruptions within the Katla volcanic system, south Iceland: Characteristics and environmental impact. *Jökull* 49: 1-28.
- Helgi Björnsson, Finnur Pálsson, Magnús T. Guðmundsson. 2000. Surface and bedrock topography of Mýrdalsjökull ice cap, Iceland: The Katla caldera, eruption sites and routes of Jökulhlaups. *Jökull*, 49, 29-46.
- Jónas Elíasson, , Sigurður Lárus Hólm, Snorri Páll Kjara, Magnús T. Guðmundsson, og Guðrún Larsen. 2006. Large hazardous floods as transitory waves. *Environmental Modelling and Software*, 22, no. 10, 1392-1399.
- Kristín Vogfjörð. 2002. Var eldgos orsök jarðskjálftaóróans í Sólheimajökulshlaupinu, 17. Júlí 1999? *Vorráðstefna Jaðrfræðafélag Íslands, ágripahefti*, 30.
- Mackintosh, A.N., A.J. Dugmore, F.M. Jacobsen. 2000. Ice-thickness measurements of Sólheimajökull, southern Iceland and their relevance to its recent behaviour. *Jökull*, 48, 9.-16.
- Magnús T. Guðmundsson, Þórdís Högnadóttir, Arnór B. Kristinsson, Snæbjörn Guðbjörnsson. 2007. Geothermal activity in the subglacial Katla caldera, Iceland, 1999-2005, studied with radar altimetry. *Annals of Glaciology*, 45, 66-72.
- Magnús T. Guðmundsson og Guðrún Larsen. 2013. Jökulhlaup Í: Sólnes, J., F. Sigmundsson and B. Bessason (ritstj.): Náttúruvá. Eldgos og Jarðskjálftar, Viðlagatrygging Íslands and Háskólaútgáfan. 156-170.
- Magnús T. Guðmundsson, og Þórdís Högnadóttir. 2006. Ísbráðnun og upptakarennisli jökulhlaupa vegna eldgosa í Kötluöskju og austanverðum Mýrdalsjökli. Jarðvísindastofnun Háskólans, RH-02-2006. 33 bls.
- Oddur Sigurðsson, Snorri Zóphóníasson og Erlingur Ísleifsson. 2000. Jökulhlaup úr Sólheimajökli 18. júlí 1999. *Jökull*, 49, 75-80.
- Russell, A.J., F.S. Tweed, M.J. Roberts, F.D. Harris, M.T. Gudmundsson, Ó. Knudsen, P.M. Marren. 2010. An unusual jökulhlaup resulting from subglacial volcanism, Sólheimajökull, Iceland. *Quaternary Science Reviews*, 29, 1363-1381.
- Tómas Jóhannesson, 2002. Propagation of a subglacial flood wave during the initiation of a jökulhlaup. *Hydrological Sciences*, 47, 417-434.
- Vatnaskil, Verkfræðistofa. 2006. Sólheimajökull Vatnaskil 05012006. Minnisblað. 16 bls.