

Hættumat vegna jökulhlaupa í Skaftá

Set í hlaupi haustið 2015



Hættumat vegna jökulhlaupa í Skaftá

Set í hlaupi haustið 2015

Esther Hlíðar Jensen¹, Davíð Egilson¹, Svava Björk Þorláksdóttir¹, Ingibjörg Jónsdóttir², Snorri Zóphóniasson¹, Matthías Á. Jónsson¹, Emmanuel Pagneux¹, Bogi B. Björnsson¹ og Matthew J. Roberts¹

¹ Veðurstofa Íslands

² Háskóli Íslands

Lykilsíða

Skýrsla nr. VÍ 2018-006	Dags. Júlí 2018	ISSN: 1670-8261	Opin <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð <input type="checkbox"/> Skilmálar:
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Hættumat vegna jökulhlaupa í Skaftá: Set í hlaupi haustið 2015		Upplag: 25 Fjöldi síðna: 72 Frankvæmdastjóri sviðs: Jórunn Harðardóttir	
Höfundar: Esther Hlíðar Jensen, Davíð Egilson, Svava Björk Þorlákisdóttir, Ingibjörg Jónsdóttir, Snorri Zóphóníasson, Matthías Á. Jónsson, Emmanuel Pagneux, Bogi B. Björnsson og Matthew J. Roberts		Verkefnisstjóri: Matthew J. Roberts Verknúmer: 3721-0-0006	
Gerð skýrslu/verkstig:		Málsnúmer: 2016-134	
Unnið fyrir: Ofanflóðasjóð			
Samvinnuaðilar:			
Útdráttur: Gerð er grein fyrir setflutningi Skaftár í hausthlaupi 2015 með greiningu á setútbreiðslu út frá gervituglamyndum og ljósmyndum. Svifauersframburður frá Sveinstindi reiknaðist 8,6–14,1 milljón tonn eða um 20–53% meira en í hlaupinu 1995. Rannsókn á vettvangi staðfestir að efnið sest til í hrauninu alla leiðina niður eftir farveginum. Útbreiðsla sets í hlaupinu 2015 er meiri en í fyrri hlaupum og ný svæði hafa farið undir sand. Framburður í næstu hlaupum getur orðið meiri en áður vegna greiðara aðgengis að lausu efni í farvegi Skaftár en einnig vegna stækkandi hlaupa. Hlaupvatnið nær einnig meiri útbreiðslu á yfirborði vegna setfyllingar í hrauninu frá fyrri hlaupum.			
Lykilorð: Skaftá, svifaur, svifauersframburður, setsöfnun, jökulhlaup, loftmyndir, landlíkan, Sveinstindur, Skaftárdalur, Eldhraun, Brestur, Skálaráll, Flögulón		Undirskrift framkvæmdastjóra sviðs: 	
		Undirskrift verkefnisstjóra: 	
		Yfirfarið af: Oddur Sigurðsson, Jórunn Harðardóttir, Sigurlaug Gunnlaugsdóttir	

Efnisyfirlit

Myndaskrá.....	6
Töfluskrá.....	7
Ágrip	8
Abstract.....	9
1 Inngangur	11
1.1 Viðfangsefnið og rannsóknarspurningar	11
2 Skaftá og fyrri rannsóknir	12
3 Gögn og aðferðir	17
3.1 Svifaurssýnataka	17
3.2 Greining gagna.....	19
3.3 Setútbreiðsla, skámyndir, TLS og ArcticDEM landlíkön.....	19
3.4 Setútbreiðsla út frá gervitunglamyndum.....	20
4 Framburður svifaurs og setsöfnun í hlaupinu 2015.....	21
4.1 Niðurstöður nálgana fyrir rennsli og styrk svifaurs	21
4.2 Framburður svifaurs í hlaupinu 2015 og samanburður við eldri hlaup.....	25
4.3 Útbreiðsla sets í hlaupinu 2015.....	30
4.4 Heildarútbreiðsla sets.....	36
4.5 Samanburður hlaupsins í október 2015 við önnur vatnsföll	37
5 Samantekt.....	43
6 Hugleiðingar	44
7 Þakkir	45
8 Heimildir	46
Viðauki I. Mældur svifaur í Skaftá frá árinu 2009.....	48
Viðauki II. Svifaurslyklar uppfærðir.....	54
Viðauki III. Brúun svifaursframburðar og áætlun rennslis	55
Viðauki IV. Könnun á útbreiðslu með greiningu gervitunglamynda.....	61
Viðauki V. Nokkrar lýsistærðir kornastærðarflokkaðra sýna úr hausthlaupi 2015.....	64
Viðauki VI. Útbreiðsla sets í hlaupi 2015.....	66
Viðauki VII. Sigtun setsýnis	70

Myndaskrá

Mynd 1. Miðgildi dagsmeðalrennslis Skaftár við Sveinstind.....	12
Mynd 2. Leið Skaftár frá Skaftárkötlum að mælistöðvum í megindráttum	13
Mynd 3. Hámarksdagsmeðalrennsli við Sveinstind á tímabilinu 1986–2016.....	15
Mynd 4. Greining á dagsmeðalrennsli mánaða við Sveinstind	15
Mynd 5. Svifaursframburður á ári fyrir Skaftárdal og Sveinstind.....	16
Mynd 6. Svifaursframburður sýna með þekktu rennsli frá öllum sýnatökustöðum í Skaftá... 16	
Mynd 7. Fjöldi svifaurskýna sem tekin voru í hlaupinu í október 2015	18
Mynd 8. Rennsli og styrkur svifaurs við Sveinstind í októberhlaupinu 2015	22
Mynd 9. Uppsafnaður aurburður við Sveinstind í októberhlaupinu 2015	22
Mynd 10. Rennsli og styrkur svifaurs við Ása Eldvatn í októberhlaupinu 2015	23
Mynd 11. Uppsafnaður framburður svifaurs við Ása-Eldvatn í októberhlaupinu 2015.....	23
Mynd 12. Ljósmyndir af vettvangi hlaupsins í nágrenni vatnshæðarmælisins við Ása	24
Mynd 13. Rennsli og styrkur svifaurs við Kirkjubæjarklaustur í októberhlaupinu 2015.....	24
Mynd 14. Uppsafnaður framburður svifaurs við Kirkjubæjarklaustur.....	25
Mynd 15. Reiknaður svifaursframburður sýna frá Sveinstindi í hlaupum	26
Mynd 16. Ferlar brúaðs svifaursframburðar í öllum mældum hlaupum við Sveinstind	26
Mynd 17. Uppsafnaður framburður svifaurs yfir mismunandi fjölda hlaupdaga.....	27
Mynd 18. Svifaursframburður á ári fyrir Sveinstind	28
Mynd 19. Mismunur milli sýnastökustaða á uppsöfnuðum svifaursframburði.....	28
Mynd 20. Kassagröf kornastærðardreifingar frá þrem sýnatökustöðum.....	29
Mynd 21. Áberandi munur á ummerkjum eftir setútbreiðslu og vatnsútbreiðslu.....	30
Mynd 22. Mismunur á hæð vatns og sets rétt neðan við Sveinstind eftir hlaupið 2015.....	31
Mynd 23. Ljósmyndir sem sýna farveg sem sprengdi sig í gegnum hraunið	32
Mynd 24. Ljósmyndir af gryfjum við Hólaskjól	33
Mynd 25. Skýringar fyrir kort á myndum 26, 27, 28, 29 og 30	34
Mynd 26. Útbreiðsla sets við Skælinga.....	35
Mynd 27. Útbreiðsla sets við Skælingaveg	35
Mynd 28. Set við veg neðan við Hólaskjól.	35
Mynd 29. Flóðslétta við Hólaskjól.....	35
Mynd 30. Útbreiðsla sets í Eldhrauni skv. Landsat 8 gervitunglamynd.....	36
Mynd 31. Landsat 8 gervitunglamyndir fyrir og eftir hlaup í október 2015.	37

Mynd 32. Gróðurskemmdir eftir Skaftárhlaup 2015.....	38
Mynd 33. Samanburður á stuðlum aurburðarlykla við aðra staði.....	40
Mynd 34. Stuðlar aurburðarlykla úr Skaftá.....	40
Mynd 35. Framburðarheimtur skv. Oliver Korup (2012)	41
Mynd 36. Ákefð heimtu mismunandi hlaupa samanborið við ákefð meðalársheimta.....	43
Mynd 37. Uppfærðir svifaurslyklar fyrir alla sýnatökustaði í Skaftá	54
Mynd 38. Rennlisferlar fyrir Sveinstind. Neðst er rautt svæði sem táknar grunnrennsli	56
Mynd 39. Rennlisferill mælds rennsli og vatnshæð við Ása-Eldvatn.....	56
Mynd 40. Rennsli og S2 sýni úr hlaupi við Kirkjubæjarklaustur.....	57
Mynd 41. Leiðni, rennsli, svifaursstyrkur og TDS úr sýnum	59
Mynd 42. Rennsli og svifaurstyrkur úr sýnum við Ása-Eldvatn.....	60
Mynd 43. Landsat 8 gervitunglamynd frá 16. september 2015	63
Mynd 44. Setútbreiðsla við Skælinga	66
Mynd 45. Setútbreiðsla við Skælingaveg	67
Mynd 46. Setútbreiðsla við Hólaskjól.....	68
Mynd 47. Setútbreiðsla við veg neðan við Hólaskjól.	69
Mynd 48. Niðurstöður sigtunar á sýni úr holu 3 við Hólaskjól.....	71

Töfluskrá

Tafla 1. Kornastærðarflokkar svifaurs.	18
Tafla 2. Listi yfir fánlegar LANDSAT-8 myndir á tímabilinu fyrir og eftir hlaupið.....	20
Tafla 3. Svifaursframburður í október Skaftárhlaupi 2015.....	29
Tafla 4. Mismunur á útbreiðslu vatns og sets á svæðinu rétt neðan við Sveinstind.....	31
Tafla 5. Meðalárs svifaursframburður, meðalsrennsli og aurburðarheimtur Skaftár	42
Tafla 6. Listi yfir Landsat 8 gervitunglamyndir.....	62
Tafla 7. Samanburður stærða í mm og í ϕ -gildum og heiti kornastærðarflokka	70

Ágrip

Í þessu riti er fjallað um setflutning í jökulhlaupinu haustið 2015. Það var stærsta hlaup í Skaftá frá upphafi mælinga. Tilgangur verksins er að meta áhrif setflutnings í Skaftárhlaupum á farveg árinna og setfyllingu í nærliggjandi hraunum. Verkinu var skipt í tvennt og er þessi skýrsla seinni hluti en fyrri hluti fjallar um setflutning Skaftár með sögulegu yfirliti. Viðfangsefni þessarar skýrslu er að leggja mat á: i) hvert er magn svifaurs sem mældist í hlaupinu 2015; ii) hvernig magni svifaurs í þessu hlaupi ber saman við eldri hlaup; iii) hvernig er útbreiðsla á seti í hlaupinu samanborið við eldri hlaup og iv) hvað er hægt að segja til um setmagn í næstu hlaupum.

Svifaurskýni hafa verið tekin á nokkrum mælistöðum í Skaftá undanfarna áratugi. Svifaurslyklar voru uppfærðir fyrir hvern mælistað og reiknaður meðalársframburður. Á árabílinu 1995–2015 hafa árlega farið um 5,5 milljón tonn af svifaursframburði um mælistaðinn við Sveinstind ef frá er talinn framburður svifaurs í hlaupum. Svifaurskýni voru tekin við mælistaðina Sveinstind, Ása Eldvatn og Kirkjubæjarklaustur á meðan hlaupinu stóð; þau gögn voru notuð með sírituðu rennsli til að reikna svifaursframburð í hlaupinu. Valdir staðir voru skoðaðir með tilliti til setútbreiðslu á vettvangi. Setútbreiðsla var einnig rannsökuð með greiningu loftmynda, gervitunglamynda og ljósmynda.

Nokkur óvissa er í heildarmagni svifaursframburðar í hlaupinu þar sem hlaupið var það stórt það hafði áhrif á sýnatöku og rennslismælistaðir skemmdust. Því var erfitt að afmarka rennsliferilinn og framburðarferilinn með fullri vissu. Þegar tekið er tillit til þessara þátta reiknast heildarmagn svifaursframburðar 8,6–14,1 milljón tonn sem fór um Sveinstindi í hlaupinu í október 2015. Þetta er um 20–53% meira en í hlaupinu 1995 sem var stærsta mældu hlaup fram að því. Hlaupið og setflutningur samfara því er því ótvírætt sá mesti sem hefur mælst. Kornastærðargreining gaf til kynna að um 80% af svifaurnum við Sveinstind var fínefni þ.e. kornastærð minni en 0,06 mm.

Mælingar á svifaurnum við Ása-Eldvatn og við Kirkjubæjarklaustur sýna að aðeins mælast um 3 milljónir tonna, samanlagt frá báðum stöðvum. Reiknaður svifaursframburður við Ása-Eldvatn er því aðeins um 19–30% af því magni sem mælist við Sveinstind. Þetta bendir til að stór hluti af efninu situr eftir í farveginum milli Sveinstinds og mælistöðvarinnar við Ása.

Segja má með nokkurri vissu að framburður í framtíðarhlaupum getur orðið meiri en áður þó ekki væri nema vegna greiðara aðgengis að lausu efni í farvegi Skaftár. Þetta ferli sást vel í mælingunum við Ása-Eldvatn í október 2015, þar sem framburðartoppurinn kom á undan rennslitoppnum vegna þess að hlaupið náði í laust efni frá eldri hlaupum ofan við mælistaðinn. Framtíðarjökulhlaup munu því geta rofið setið frá hlaupinu 2015 sem einnig getur valdið vandamálum með setflutning í miklum vindi. Hlaupvatn frá framtíðar hlaupum getur náð meiri útbreiðslu á yfirborði vegna setfyllingar í hrauninu frá fyrri hlaupum sem enn fremur hefur áhrif á grunnvatn.

Abstract

This report focuses on suspended sediment transport during the October 2015 outburst flood (jökulhlaup) on the Skaftá glacial river, southern Iceland. The jökulhlaup was the largest flood on Skaftá since at least the mid-1950s. The flood originated from the eastern Skaftá cauldron – a subglacial lake beneath Vatnajökull, formed due to localised geothermal activity. The following topics are addressed: (i) how much suspended sediment was transported during the jökulhlaup; (ii) how does the sediment volume of the 2015 jökulhlaup compare to previous events; and (iii) what was the extent of sediment deposition and iv) what are the implications for future jökulhlaup on Skaftá? Suspended sediment samples have been collected on several locations in Skaftá over the decades. Suspended sediment rating curves were updated and mean annual suspended sediment transport (SST) was calculated for each site. Mean annual SST at Sveinstindur in the period 1995–2015 is 5.5 million tonnes excluding the jökulhlaups.

During the flood, suspended sediment samples were taken at Sveinstindur, Ása-Eldvatn and Kirkjubæjarklaustur; these data were compared to discharge measurements for estimates of sediment-transport. Key deposition sites were inspected on the ground after the jökulhlaup, and approximations of sediment extent were derived from aerial photographs and satellite imagery. Downstream measurements of flood discharge were compromised by the size of the jökulhlaup, resulting in uncertainties in the overall volume of transported sediment.

Accounting for uncertainties, the total volume of suspended flood sediment is 8.6 to 14.1 million tonnes; this is 20 to 53% greater than a notable Skaftá flood in July 1995. Grain-size analysis showed that typically 80% of a sample was composed of fine-grained material, less than 0.06 mm in diameter. Combined sediment totals from Ása-Eldvatn and Kirkjubæjarklaustur yield only 3 million tonnes during the jökulhlaup. Sediment-flow at Ása-Eldvatn is between 19 and 30% of the upstream estimate at Sveinstindur, signifying that large volumes of fine sediment were deposited between Sveinstindur and the lowlands. In terms of aerial extent, sedimentation occurred on large areas of lava, with deposition apparent along the entire length of the flood-path.

For both sediment volume and extent, the 2015 jökulhlaup had the greatest impact of all observed Skaftá floods. Future jökulhlaup on Skaftá will be able to erode sediments from 2015, resulting in long-term issues such as sediment movement during windstorms and progressive infilling of lava-fields, with implications for groundwater flow.

1 Inngangur

Verkefnið er unnið undir áfanga II í áætluninni Gosvá, heildaráhættumat vegna eldgosa á Íslandi. Það er hluti af verkefninu um hættumat varðandi jökulhlaup í Skaftá. Tilgangur verkhlutans er að meta áhrif setflutnings í Skaftárhlaupum á farveg árinna og setfyllingu í nærliggjandi hraunum. Til að ná því markmiði var lagt upp með að:

- Reikna framburð svifaurs í hlaupinu 2015 og bera saman við eldri hlaup.
- Meta rúmmál aurs sem sest til milli mælistaða í farveginum með því að bera heildarframburð saman á milli staða.

Þegar til átti að taka reyndist sögulegi hlutinn svo viðamikill að ákveðið var að skipta viðfangsefninu í tvo þætti og gera grein fyrir þeim í mismunandi skýrslum: *Mat á setflutningi með sögulegu yfirliti* annars vegar og *Setflutningur í hlaupi haustið 2015* hins vegar.

Hér verður fjallað um setflutning í Skaftárhlaupinu 2015 sem er stærsta jökulhlaup sem mælst hefur í farvegi Skaftár. Skýrslan greinist í sjö kafla. Í inngangskafli er lýsing á verkefninu og rannsóknarspurningar settar fram. Í kafla tvö er aðstæðum við Skaftá lýst og greint frá eldri rannsóknnum. Kafli þrjú lýsir aðferðafræðinni sem er beitt í skýrslunni og gögnum sem notuð eru. Hin eiginlega greining gagna er sett fram í kafla fjögur. Þar er annars vegar greint frá heildarframburði í hlaupinu og útbreiðslu sets. Niðurstöðurnar eru dregnar saman í kafla fimm og framtíðar vangaveltur eru í kafla sex. Að lokum þakkarorð í kafla sjö.

1.1 Viðfangsefnið og rannsóknarspurningar

Viðfangsefnið hér er að skoða setflutning í Skaftárhlaupinu haustið 2015. Svifaursýni voru tekin á meðan hlaupinu stóð við Sveinstind, við Ása-Eldvatn og við Kirkjubæjarklaustur. Rannsóknir á þessum sýnum leiddu í ljós hvernig framburður svifaurs breytist með tíma í hlaupinu.

Útbreiðsla sets var einnig skoðuð á loftmyndum og gervitunglamyndum og staðir sem sjónum var helst beint að voru svæðið uppi við Skaftárjökul og þá helst:

- Svæðið í kringum Kamba og Sveinstind.
- Svæðið kringum Hólaskjól og upp eftir farveginum að Skælingum.
- Eldhraun sunnan við Ása

Eftirfarandi spurningar fela í sér meginviðfangsefni skýrslunnar:

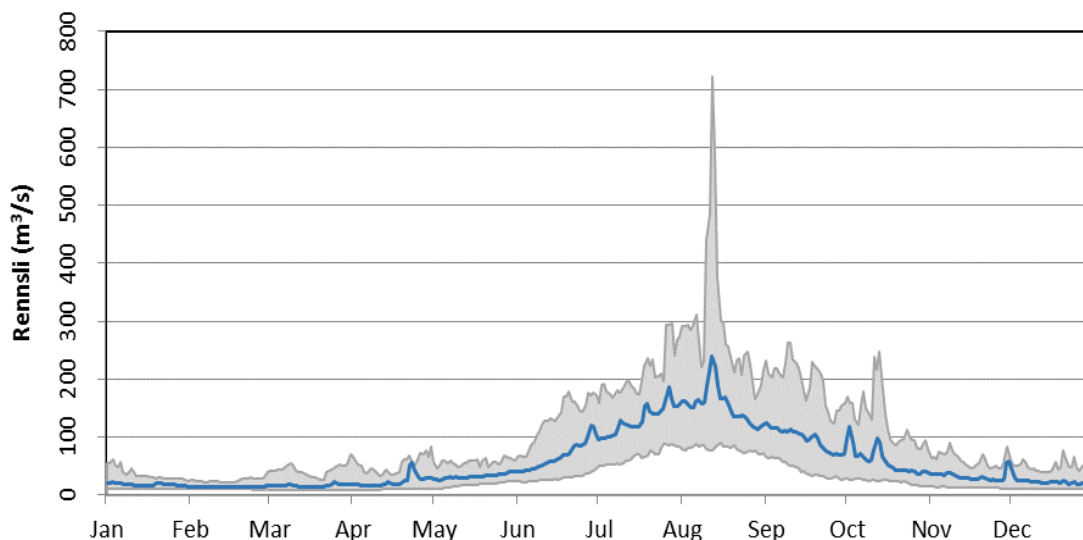
- Hvert er magn svifaurs sem mældist í hlaupinu?
- Hvernig ber magni svifaurs í þessu hlaupi saman við eldri hlaup?
- Hvernig er útbreiðsla á seti í þessu hlaupi samanborið við eldri hlaup?
- Hvað er hægt að segja til um setmagn í næstu hlaupum?

2 Skaftá og fyrri rannsóknir

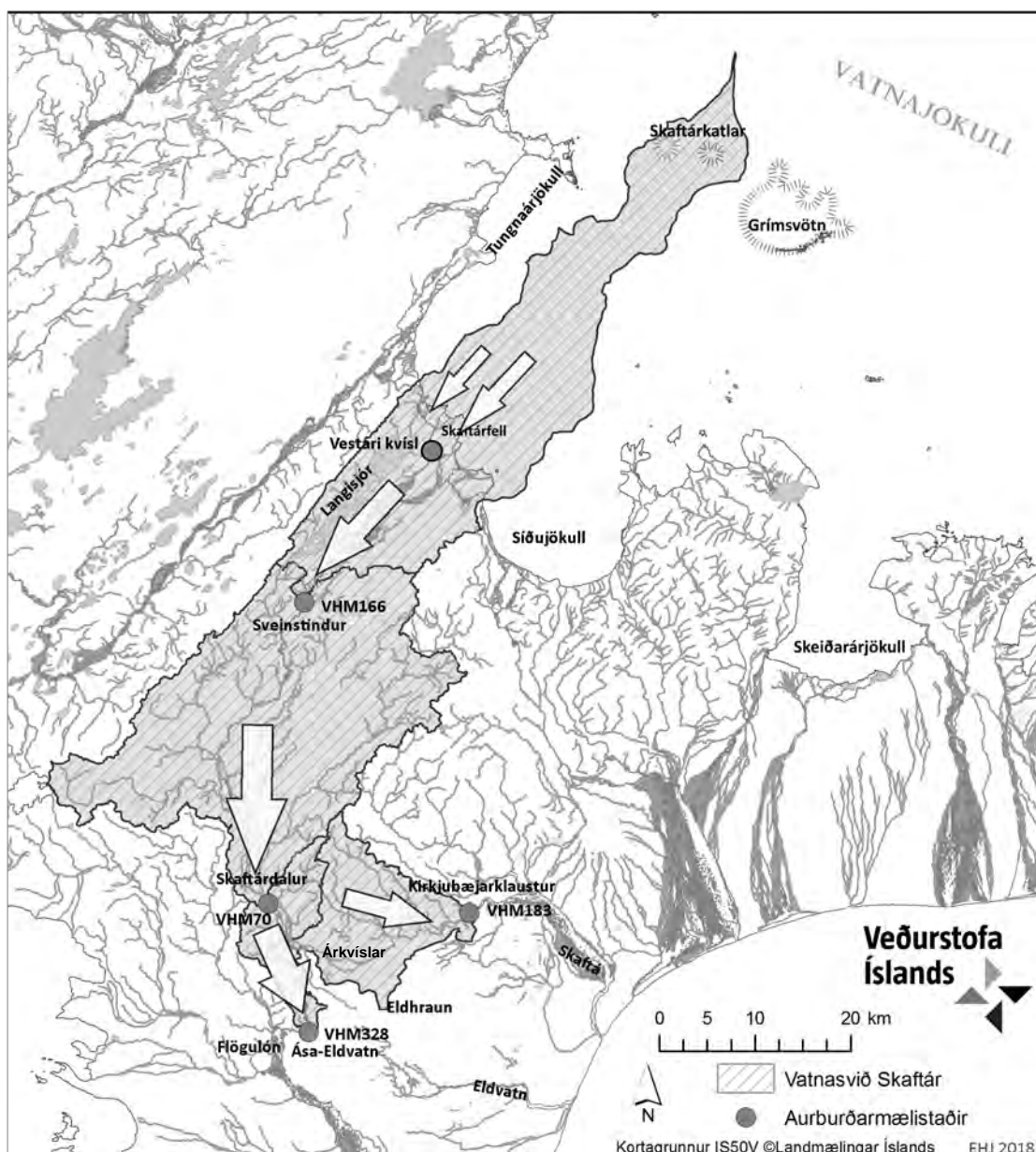
Yfirlit yfir fyrri rannsóknir og lýsing á svæðinu má finna í skýrslunni um *Mat á setflutningi með sögulegu yfirliti* (Esther Hlíðar Jensen o.fl. 2018). Hér verður því aðeins stiklað á stóru í lýsingu á svæðinu og fyrri rannsóknum.

Skaftá er lindaskotin jökulá eins og sést vel á mynd 1 sem sýnir miðgildi meðaldagsrennslis Skaftár við Sveinstind ásamt 95% og 5% hlutfallsmörkum (sjá nánar um greiningu í Hilmar B. Hröðmarsson og Tinna Þórarinsdóttir, 2018). Gögnin eru frá upphafi mælinga í ágúst 1986 til ársins 2017. Háa grunnrennslis markast af lindapættinum og jökulþátturinn kemur undan Skaftárjökli. Á myndinni má sjá áberandi topp í meðalrennslis í kringum miðjan ágúst. Þetta er eðlilegt þar sem þá er leysing í jöklinum. Leysingaflóð eru yfirleitt ekki með rennslis hærra en 300 m³/s og athyglisvert er að hæsta dagsmeðalrennslis hlaupa virðist falla á sama stað þar sem stóri grái toppurinn (sem sýnir 5% hlutfallsmörk) er einnig um miðjan ágúst. Á þessum árstíma er mest leysing á jöklinum og meira innrennslis í katlana. Mestar líkur virðast vera á hlaupi þegar innrennslis í katlana er ákaft og katlarnir fyllast hratt (Bergur Einarsson persónulegar upplýsingar, júní 2018). Annar minni toppur á gráa svæðinu er síðan sjáanlegur í október og er hann líklega einnig tengdur hlaupum.

Stærð vatnasviðs Skaftár við Sveinstind er 679 km². Undanfarinn áratug hefur jökulþátturinn vaxið úr um 25 m³/s í 45 m³/s að meðaltali (Auður Atladóttir o.fl., 2013). Skaftá rennur í tveimur farvegum niður fyrir Útfall Langasjávar (vestari- og austari kvísl) og þaðan á breiðum aurum niður undir Sveinstind. Þar sameinast áin og rennur í einum farvegi niður að Lambaskarðshólum. Þaðan rennur hún í kvíslum á hrauni niður fyrir Skaftárdal. Þar skiptist hún í tvær megin ár, Eldvatn við Ása að vestan og Skaftá að austan.



Mynd 1. Miðgildi dagsmeðalrennslis Skaftár við Sveinstind (blá lína) ásamt 95% og 5% hlutfallsmörkum (grátt svæði). Röðin nær yfir tímabilið 1986–2016.



Mynd 2. Leið Skaftár frá Skaftárkötlum að mælistöðvum í megindráttum. Stærð örvanna lýsir á myndrænan hátt mismunandi rennsli.

Eldvatn sameinast síðan Tungufljóti og rennur til sjávar sem Kúðafljót. Þriðja kvíslin, Árkvíslar, rennur út á Eldhraun og hverfur þar (Mynd 2). Rennslismælistaðir sem jafnframt eru sýnatökustaðir eru einnig merkir á mynd 2 sem gráir punktar. Þetta eru Vestari kvísl, Sveinstindur (vhm 166), Skaftárdalur (vhm 70), Ása-Eldvatn (vhm 328) og Kirkjubæjarklaustur (vhm 183). Hér eftir þegar rætt er um Ása-Eldvatn á það við um sýnatökustaðinn sem hefur það nafn í gagnasafni Veðurstofu Íslands. Áin og staðurinn þar sem mælirinn og sýnatakafer fram heitir eftir sem áður Eldvatn við Ása.

Flóð í Skaftá eru af tvenns konar uppruna. Annars vegar er um að ræða leysingarflóð sem stafa af úrkomu og hita og hins vegar sjálf jökulhlaupin, eins og sést á mynd 3. Gildin á myndinni eru hámark dagsmeðaltals hvers dags með og án hlaupa. Myndin dregur vel fram að orsakavaldar flóðanna hafa mjög mismunandi endurkomutíma. Leysingarflóð með 100 ára endurkomutíma er um eða innan við 400 m³/s en jökulhlaup með 50 ára endurkomutíma með kringum 1700 m³/s. Benda má á mikinn breytileika í endurkomutíma hlaupa úr Skaftárkatli eystri. Þá vekur sérstaka athygli hve hámark dagsmeðaltalsins í flóðinu í október 2015 er frábrugðið öðrum hlaupum.

Mynd 4 sýnir dagsmeðalrennsli mánaða við Sveinstind ásamt hlaupandi meðaltali þar sem hlaupum er sleppt. Hlaupandi meðaltal sýnir lágt dagsmeðalrennsli á „köldu árunum“ á níunda áratugnum en eftir 1995 hefur rennsli farið vaxandi. Árið 2010 sker sig úr varðandi ársrennsli en úrkoma var meiri en í meðalári og síðan bættist við aukin bráðnun jökla vegna gosösku frá Eyjafjallajökli (Snorri Zóphóníasson, 2010).

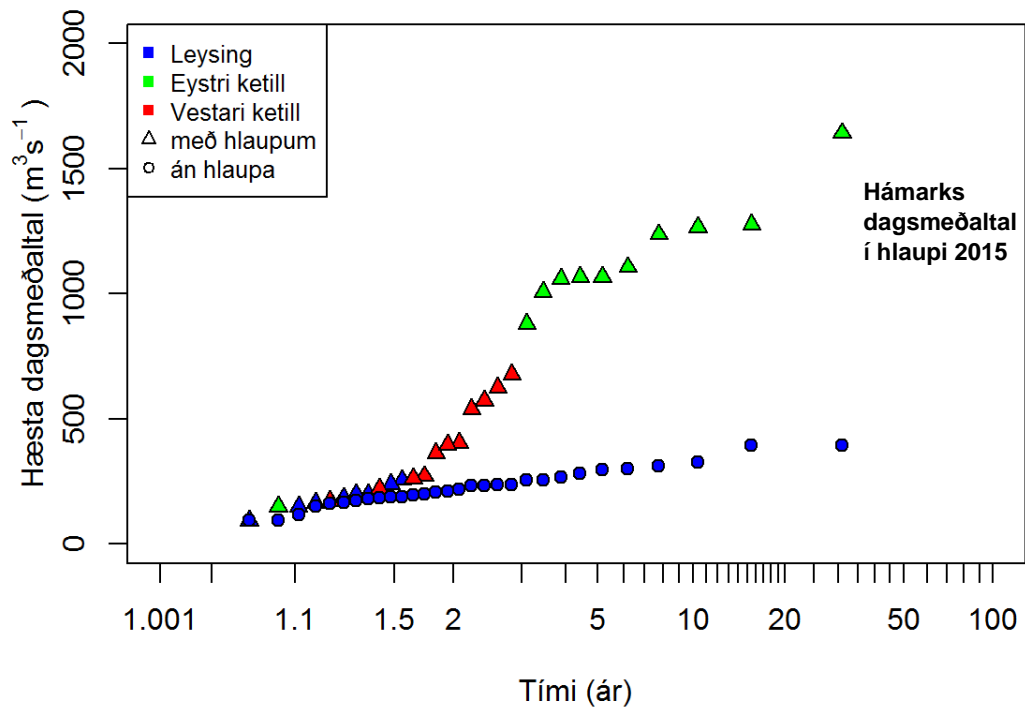
Meðalrennsli Skaftár við Sveinstind (vhm 166 á mynd 2) var um 40 m³/s í kringum 1990 en hefur farið vaxandi síðustu ár og var meðalrennsli vatnsárið 2015–2016 67 m³/s. Vatnasvið Skaftár í Skaftárdal (vhm 70 á mynd 2) er 1409 km². Kvísl eða kvíslar hafa flakkað á milli Hverfisfljóts og Skaftár á undanförunum áratugum og breytt þannig vatnasviði og meðalrennsli megin árinna. Vatnsárið á undan hlaupinu (2014–2015) var meðalrennsli í Skaftárdal 114 m³/s en stöðin skemmdist í hlaupinu og hefur ekki verið lagfærð.

Mikið yfirborðs- og leysingarvatn bætist við á mælistaðnum í Skaftárdal en þar lekur líka út úr farveginum og er gífurlegt magn af vatni á ferð neðanjarðar sem kemur fram í mælingum á grunnvatni (Snorri Zóphóníasson, 2015; Einar Örn Hreinsson & Freysteinn Sigurðsson, 2004; Ríkey Hlín Sævarsdóttir, 2002a; 2002b; Snorri P. Snorrason & Freysteinn Sigurðsson, 2002).

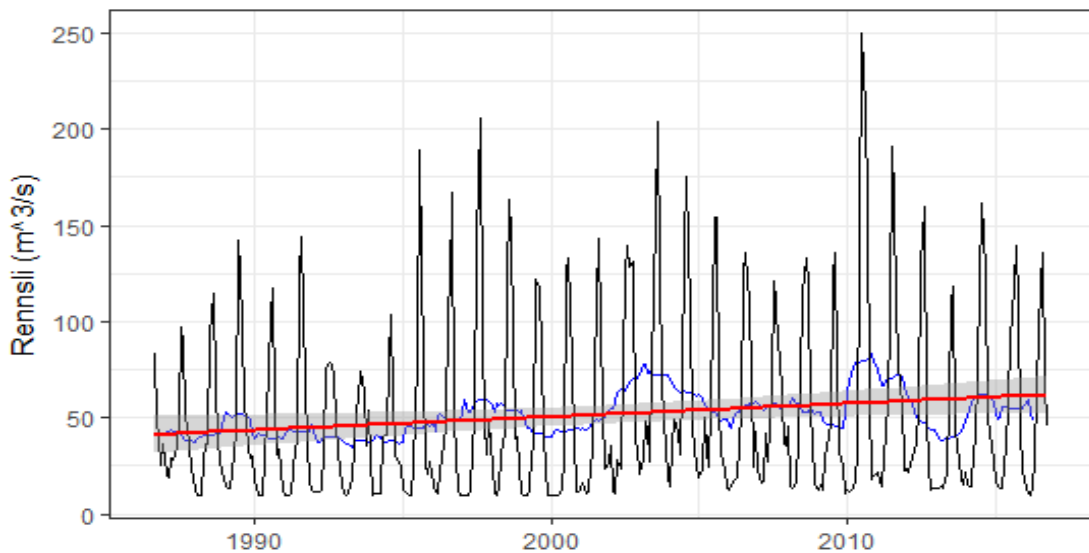
Í Skaftárhlaupum berst fram gríðarlegt magn af aur sem upprunninn er að hluta til undan jökli. Einnig rjúfa hlaupin sandana framan við jökul á leið sinni eftir farveginum. Halli og lögun landsins hefur mest áhrif á það hvort framburðurinn nær að setjast til eða vatnsflaumurinn nái að rjúfa undirlagið. Áhrifin af hlaupunum eru m.a. marktæk breyting á landi. Á tímabilinu 1955–2010 komu hlaupin nánast árlega (Snorri Zóphóníasson, 2002) en hlaupið 2015 kom hins vegar eftir fimm ára hlé.

Mynd 5 sýnir reiknaðan framburð fyrir árabilið 1986–2016 miðað við dagsmeðalrennsli án hlaupa. Gögnin byggja á aurburðarlykli sem gildir fyrir tímabilið 2001–2008 og er sá lykill byggður á svifaurssýnum sem tekin voru við Sveinstind á því tímabili. Samanlagt vatnsmagn í hlaupum frá báðum kötlum er einnig merkt á grafið sem gráir hringir og sýnir jafnframt fjölda hlaupára. Útreiknaður framburður fyrir Skaftá við Sveinstind hefur aukist að meðaltali frá árabilinu 1987–1995 úr 3,0 milljónum tonna í 5,5 milljónir tonna að meðaltali yfir tímabilið 1996–2016 (Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2018). Útreikningarnir eru gerðir með þeim fyrirvara að samband rennslis og aurstyrks hafi ekki breyst á tímabilinu 1986–2016. Oft þarf að áætla vetrarrennsli vegna ístruflana og brúun á rennsli í eyðum þegar hlaupdagar eru klipptir út úr rennslisröðinni gefur stundum hærra rennsli en hefur verið í raun.

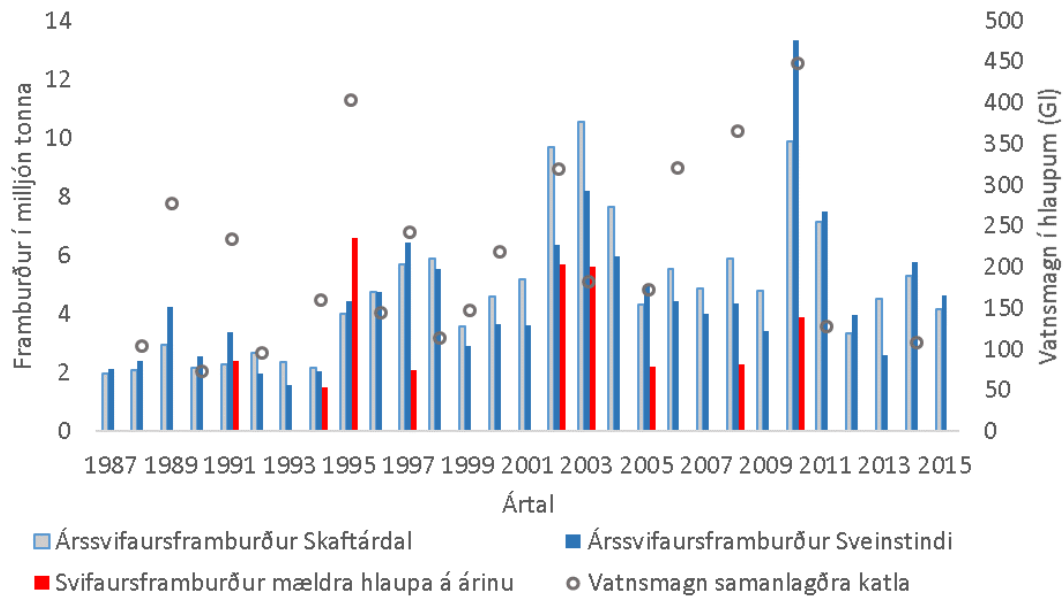
Tekin voru saman öll sýni sem safnað hefur verið úr Skaftá og hafa þekkt rennsli (Svanur Pálsson & Guðmundur H. Vigfússon, 1996; Snorri Zóphóníasson & Svanur Pálsson, 1996; Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2011) (Mynd 6).



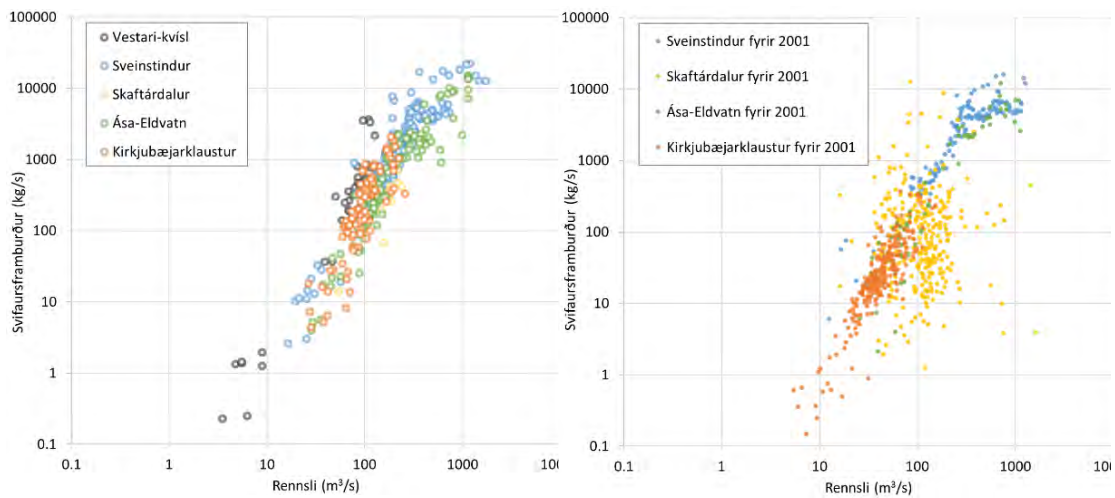
Mynd 3. Hámarksdagsmeðalrennsli við Sveinstind á tímabilinu 1986–2016, með hlaupum (þríhyrningar) og án hlaupa (hringir). Táknin eru lituð eftir því hver orsök hámarks dagsmeðalrennslisins var, þ.e. úrkoma og leysing, hlaup úr eystri eða vestari katli.



Mynd 4. Greining á dagsmeðalrennsli mánaða við Sveinstind. Svarta línan sýnir árs-tíðarsveiflu, sú bláa sýnir hlaupandi meðaltal og rauða lína er leitni meðaltalsins með óvissubili (gráskyggða svæðið).



Mynd 5. Svifaursframburður á ári fyrir Skaftárdal og Sveinstind ásamt svifaursframburði í hlaupum þar sem sýnataka hefur farið fram (án 2015 hlaupa).



Mynd 6. Svifaursframburður sýna með þekktu rennsli frá öllum sýnatökustöðum í Skaftá.

Sýni eftir árið 2001 eru táknuð með stórum hring (mynd 6 t.v.) en eldri sýni eru táknuð með punkti í samsvarandi lit (mynd 6 t.h.). Sjá má að framburður er meiri í sýnum frá Sveinstindi en einnig að nokkur munur er á sýnum frá Ása–Eldvatni annars vegar og Kirkjubæjarklaustri hins vegar. Færri nýleg sýni eru frá Skaftárdal en þau hafa einnig minni framburð en sýnin frá Ása-Eldvatni en tímamismunur gæti skýrt það að hluta.

3 Gögn og aðferðir

Hér á eftir fer lýsing á þeim gögnum sem notuð voru og þeim aðferðum sem beitt var. Fyrst ber að nefna svifaursýni úr hlaupinu um haustið 2015 þar sem sýni voru tekin uppi við Sveinstind en einnig á brúnni á Eldvatni við Ása og við Kirkjubæjarklaustur. Nánari samantekt á sýnum sem tekin voru á árunum 2009 til 2015 á mælistöðunum við Skaftárdal, Ása-Eldvatn og Kirkjubæjarklaustur er að finna í Viðauka I en einu sýnin við Sveinstind frá þessu tímabili eru úr hausthlaupinu 2015. Uppfærðir svifaurslyklar fyrir þessa staði má finna í Viðauka II. Ekki var hægt að uppfæra aurburðarlykil fyrir Sveinstind því þar hafa aðeins verið tekin hlaupsýni eftir árið 2008. Rennslisgögn voru fengin með mælingum en einnig út frá rennslislíkönum (Matthías Á. Jónsson o.fl., 2018). Önnur gögn sem koma við sögu eru skámyndir sem teknar voru úr flugvélum í hlaupinu 2015, mælingar á útlínnum sets, ljósmyndir úr vettvangsferðum sem farnar voru sumarið 2016, ljósmyndir af jarðvegssniðum úr holum við Hólaskjól og kornastærðargreining sets úr holu á sama stað. ArticDEM og TLS landlíkön og að lokum Landsat 8 gervitunglamyndir frá því fyrir og eftir hlaupið.

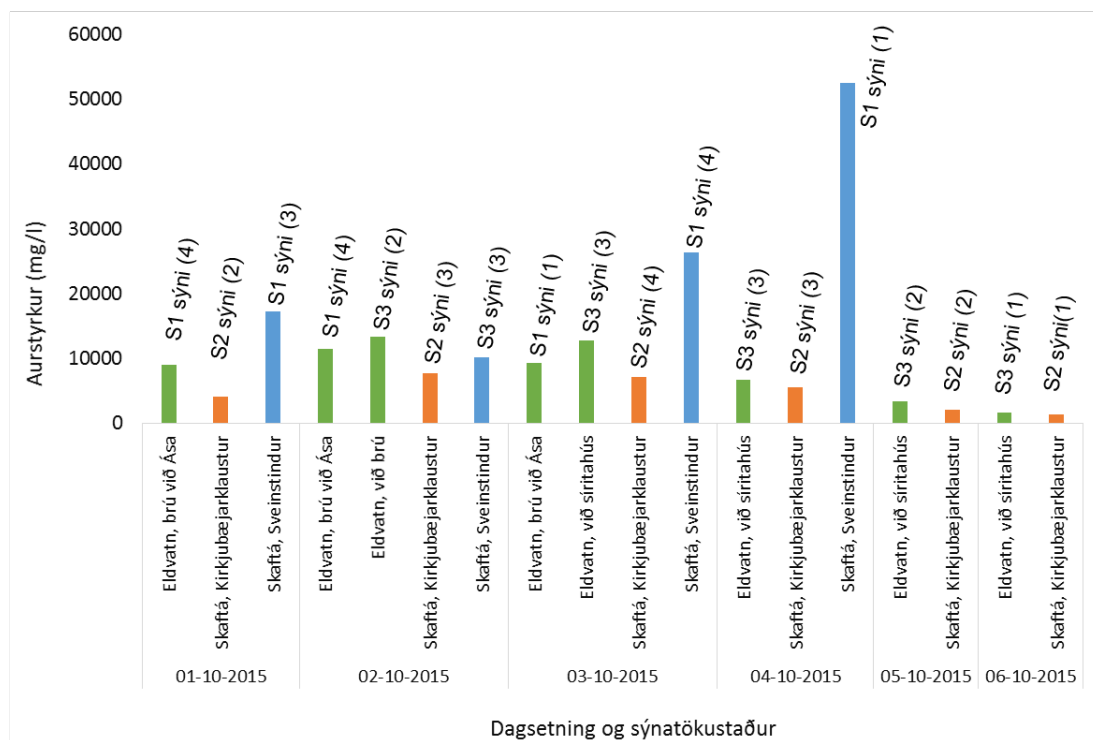
3.1 Svifaursýnataka

Svifaursýnin eru gæðaflokkuð eftir því hvernig þau eru tekin. S1-sýni eru best enda tekin með S49 sýnataka á þremur eða fleiri stöðum yfir þversnið árinna. Sýnatakanum er slakað niður í vatnið frá minnst þremur mismunandi stöðum og er sýnið tekið úr öllum vatnsbolnum á leiðinni upp og niður. S2-sýni eru næstbest, tekin á einum eða tveimur stöðum á þversniði með sama sýnataka og áður. Sýni sem tekin eru með handsýnataka (DH-48), svokölluð S3-sýni, eru lélegust. Slík sýni eru tekin frá bakka og því ekki úr öllum vatnsbolnum. Þau er yfirleitt ekki notuð við gerð svifaurslykla þar sem þau vanmeta yfirleitt hlut grófs aurs í vatnsbolnum (Svanur Pálsson & Guðmundur H. Vigfússon, 2000). Svifaursýni voru kornastærðargreind á aurburðarstofu VÍ, en auk kornastærðar var mældur heildarstyrkur svifaurs og styrkur uppleystra efna (TDS). Eins og í fyrri svifaursýnum var fíngerðasti hluti sýnanna (<0,063 mm) kornastærðargreindur með setvogarmælingu en grófara efni með sigtun. Kornastærðarlínuritum sýnanna var skipt upp í fimm flokka til að einfalda úrvinnslu gagnanna og eru þeir sýndir í töflu 4.

Sýnataka í hlaupinu var erfið vegna mikils straums einkum uppi við Sveinstind en einnig vegna rofs í kringum sýnatökustaðinn í farvegi Eldvatns við Ása. Á öðrum degi hlaupsins brotnaði úr undirstöðum á brúnni yfir Eldvatn við Ása og því var ekki hægt að halda áfram að taka S1 sýni af brúnni. Því voru tekin handsýni (S3) frá bakka. Uppi á hálendinu við Sveinstind voru tekin S1 sýni alla dagana nema í kringum hámark hlaupsins en þá var rennsli einfaldlega of mikið fyrir sýnatakann. Því voru tekin bakkasýni (S3 sýni) sem öll innihéldu talsvert lægri styrk en sýnin á undan og eftir (Mynd 7).

Tafla 1. Kornastærðarflokkar svifaurs.

Kornastærðarflokkur	Kornastærð (mm)
Sandur	>0,2
Grófmór	0,2–0,06
Fínmór	0,06–0,02
Méla	0,02–0,002
Leir	<0,002



Mynd 7. Fjöldi svifaursýna sem tekin voru í hlaupinu í október 2015. Súlnar sýna meðalstyrk þeirra sýna sem tekin voru á hverjum stað tiltekinn dag. Grænar súlur fyrir Ása-Eldvatn, appelsínugular fyrir Kirkjubæjarklaustur og bláar fyrir Sveinstind. Gerð sýna var einnig mismunandi sem og fjöldi og eru þær upplýsingar skrifaðar við hverja súlu.

3.2 Greining gagna

Sýnataka og greining sýnanna fylgir fyrirfram ákveðnum verkferlum (Svanur Pálsson & Guðmundur H. Vigfússon, 2000).

Heildarframburður svifaurs reiknast sem margfeldi rennslis og aurstyrks á hverjum tíma skv. líkingunni:

$$q_s = k \times Q^n \quad (1)$$

Þar sem Q táknar rennsli og k er hlutfallsstuðull en n veldisstuðull. Þess vegna er mikilvægt að þekkja bæði rennsli og aurstyrk á þeim mælistöðum sem verið er að meta. Þessari líkingu var beitt til að reikna ársframburð svifaurs til samanburðar við hlaupin og eru uppfærðir lykjar í Viðauka II. Hins vegar gildir þessi líking ekki í hlaupum og því var notuð brúunaraðferð til að reikna magn svifaurs í hlaupum. Ástæðan er sú að í hlaupum grefur áin út efni meðan flóðið er vaxandi en hefur „ofgnótt efnis“ þegar hlaupið sjatnar. Samband rennslis og aurburðar er því lægra við vaxandi hlaup en þegar dregur úr því. Þá er styrkur svifaurs á hverjum tíma margfaldaður með samtíma rennsli. Nánari lýsing á brúun svifaursstyrks er í kafla 4 og Viðauka III.

Aðstæður í Skaftá í hlaupinu voru fremur erfiðar. Efsta mælistöðin uppi við Sveinstind vanáætla rennsli vegna þess hve mikið vatn rennur framhjá mælinum (nánari umfjöllun um framhjárennsli er í skýrslunni *Kvörðun straumfræðilíkans* (Matthías Á. Jónsson o.fl., 2018). Mælistöðin í Skaftárdal sópaðist burtu kringum miðnætti aðfaranótt 2. október 2015, nokkrum klukkustundum áður en áætluðu hámarki var náð. Þversnið mælistaðarins við Ása-Eldvatn rofnaði þannig að farvegurinn víkkaði neðan við brúna. Það orsakaði brot á rennslisferlinum (sjá nánar á mynd 39 í Viðauka III). Vegna augljósra galla í rennslismælingunum var því að hluta til notast við líkanreiknað rennsli fyrir sýni frá Sveinstindi og frá Ása-Eldvatni. Nánari umfjöllun um líkanreikninga á rennsli í hlaupinu má sjá í skýrslunni *Kvörðun straumfræðilíkans* (Matthías Á. Jónsson o.fl., 2018). Í ljósi þessa þurfti að gera nokkrar nálganir til að afla nauðsynlegra gagna, niðurstöður þeirra eru í kafla 4.1. Greint er frá aðferðafræðinni í Viðauka III.

3.3 Setútbreiðsla, skámyndir, TLS og ArcticDEM landlíkön

Í verkefninu var stuðst við ArcticDEM landlíkan (Polar Geospatial Center, 2016). Líkanið nær til alls Norðurheimsskautssvæðisins í 2x2 m upplausn, unnið upp úr WorldView gervitungla-myndum. Einnig var notað líkan gert með leysimælingu á þrífæti (e. terrestrial laser scanning, skammstafað TLS) en nánari umfjöllun um TLS líkanið má finna í Emmanuel Pagneux o.fl. (2018).

Skámyndir voru teknar úr flugvélum á meðan á hlaupinu stóð og voru myndirnar notaðar til greiningar á útbreiðslu flóðsins sjá nánar í skýrslu um umfang hlaupsins (Emmanuel Pagneux o.fl., 2018). Útbreiðsla sets var kortlögð á sama hátt og flóðaútbreiðsla með því að klasagreina birtutölu myndeyninga. Greining sets var oft ekki möguleg af skámyndum og þá var útbreiðsla flóðsins reiknuð út með samanburði á endurgerðum hæðarfleti, sem byggður er á mældum sjáanlegum setmörkum í landinu og landhæðum úr yfirborðslíkani (sbr. Emmanuel Pagneux & Árni Snorrason, 2012). Í útreikningunum er setútbreiðsla annað hvort mæld á vettvangi eða áætluð á flóðamyndunum, samkvæmt ArcticDEM landlíkani.

Landgræðsla ríkisins veitti aðgang að gögnum úr kortlagningu sem fram fór á seti í Eldhrauni árið 2016 (Gústav M. Ásbjörnsson & Elín Fjóla Þórarinsdóttir, 2016).

3.4 Setútbreiðsla út frá gervitunglamyndum

LANDSAT-8 gervitungl NASA hefur fjölrofsskanna (OLI – Operational Land Imager) með níu böndum frá bláu ljósi yfir í stuttbylgju innrauða geislun. Það hefur einnig hitaskanna (TIRS – Thermal Infrared Sensor) með tveimur hita-innrauðum böndum. Þar sem áhrif Skaftárhlaupsins haustið 2015 tengdist í mörgum tilfellum breytingu á gróðurfari, þótti henta vel að skoða nærinrauða samsetningu, reikna síðan út gróðurvísi ($((NIR-R)/(NIR+R))$) og vatnavísi (NDWI: $((G-NIR)/(G+NIR))$) og loks útbúa breytingamynd, þ.e. fyrir hlaup – eftir hlaup. Mismunamyndirnar voru loks þræpaðar til að kalla sérstaklega fram flóðasvæðin.

Gengið var út frá því að gróðurvísirinn sýndi þau svæði sem voru alveg þakin seti eftir flóðið en voru vel gróin fyrir flóðið. Vatnavísirinn sýndi þau svæði sem voru þakin vatni eftir flóð (eða á meðan á flóðinu stóð) en ekki fyrir flóð. Með því að skoða muninn á myndum byggðum á gróðurvísi annars vegar og vatnavísi hins vegar, má því greina þau svæði þar sem vatn stóð ekki lengi og lítið set settist til, a.m.k. ekki nóg til að skemma gróður. Báðar greiningar eru vel fallnar til að greina annars vegar þau gróðursvæði sem verða fyrir skaða, og hins vegar umfang flóðsins. Það síðarnefnda er þó háð því að myndin „eftir“ sé tekin á meðan á flóðinu stóð eða mjög stuttu eftir það.

Með þessu má á fljótleган hátt kortleggja breytingasvæði, en fara verður vel yfir hvað það er sem veldur breytingunum á myndinni. Útlínur voru síðan dregnar á völdum svæðum, eftir niðurstöðum greiningarinnar.

LANDSAT-8 myndir fást einu sinni til tvisvar í viku af öllu landinu (fer eftir skörun mynda) en eru háðar skýjahulu. Jafnvel þegar skýjahula er hlutfallslega lítil á mynd getur hún truflað mikið: Fyrst og fremst skýin sjálf en einnig skuggar sem skýin valda. Þó oft sé hægt að komast í kring um truflanir skugga, t.d. með því að vinna með birtugildi mynda, geta ský verið mjög til trafala við sjálfvirkar greiningar.

Tafla 2 sýnir lista yfir fáanlegar LANDSAT-8 myndir á tímabilinu og stuttar athugasemdir um hvort þær nýttust í verkefnið. Dagsetningar eru skráðar sem ÁÁÁÁMMDD. Alskýjaðar myndir eru ekki taldar upp. Nánar er sagt frá greiningu gervitunglamynda í Viðauka IV.

Tafla 2. Listi yfir fáanlegar LANDSAT-8 myndir á tímabilinu fyrir og eftir hlaupið.

Dagsetning	Stutt lýsing á skýjafari	Nýting
20140821	Vatnasvið Skaftár nánast skýlaust	Góð „fyrir“ mynd
20150916	Skýjahula lítil en móða yfir landinu	Pokkaleg „fyrir“ mynd af hluta
20150925	Skýjahula lítil í efri farvegi en mikil vestast	Góð „fyrir“ mynd í efra farvegi
20151009	Skýjahula mikil á jökli en minni neðar í farvegi	Góð „eftir“ mynd af hluta
20151119	Ský yfir kötlum, annars bjart. Snjór efst, fok neðst	Mjög góð „eftir“ mynd
20160522	Skýjahula nokkur	Pokkaleg „eftir“ mynd, að vori
20160926	Skýjahula mjög lítil	Góð „eftir“ mynd, að hausti
20171016	Skýjahula mjög lítil	Mjög góð „löngu-efrir“ mynd

4 Framburður svifaurs og setsöfnun í hlaupinu 2015

Framburður svifaurs í hlaupinu var reiknaður út frá mældu rennsli og styrk sýna sem tekin voru á mismunandi stöðum. Til samanburðar við önnur hlaup er heildarframburður svifaurs í hlaupinu reiknaður út frá sýnum frá Sveinstindi. Setsöfnun í hlaupinu var kortlögð út frá skámyndum sem teknar voru í hlaupinu og voru aðeins skoðaðir stakir staðir. Heildarútbreiðsla sets í hlaupinu var að lokum skoðuð út frá gervitunglamyndum.

4.1 Niðurstöður nálgana fyrir rennsli og styrk svifaurs

Nálganir fyrir rennsli og svifaursstyrk við Sveinstind má sjá á mynd 8. Eins og fram kom í kafla 3 voru ekki tekin S1 sýni á meðan rennsli í hlaupinu náði hámarki. Því er ekki hægt að vita með vissu hversu hár svifaursstyrkur var í hámarki hlaupsins. Ef hins vegar er miðað við eldri hlaup (t.d. Jórunn Harðardóttir & Svava Björk Þorlákssdóttir, 2003; Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2011) má sjá að tveir toppar í svifaursstyrk eru í mörgum hlaupanna. Sýni frá neðri sýnatökustöðunum, þ.e. Ása-Eldvatni og Kirkjubæjarklaustri innihalda aurstyrk sem sýnir tvo toppa í þessu hlaupi og því má gera ráð fyrir að svo hafi einnig verið uppi við Sveinstind. Fyrri toppur aurstyrks við Sveinstind var þess vegna áætlaður og notaður til þessu sami styrkur og mældist í seinni toppinum eða um 52000 mg/l. Mælingar á leiðni styðja ekki ákvörðun um fyrri toppinn (sjá mynd 40 í Viðauka III) en lág leiðni í fyrri toppi er einnig þekkt úr eldri hlaupum með tvo þekktu toppa (Jórunn Harðardóttir & Svava Björk Þorlákssdóttir, 2002).

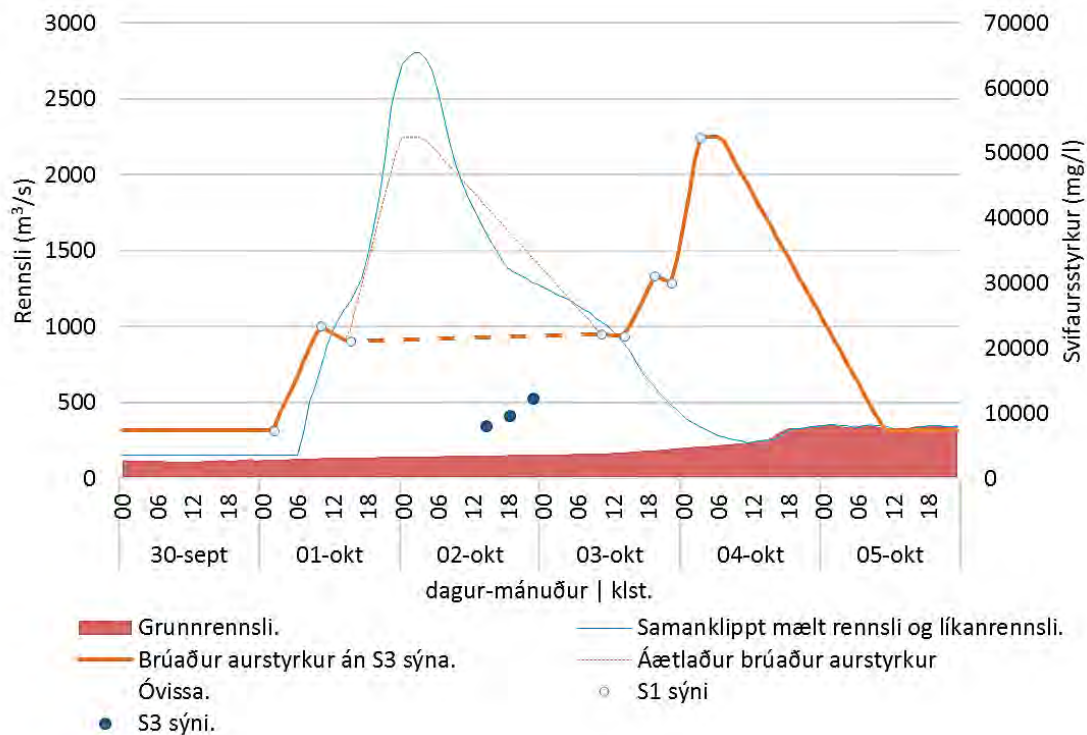
Uppsafnaðan framburður svifaurs við Sveinstind má sjá á mynd 9. Þar er gert ráð fyrir að hlaupið hafi staðið til kl. 12:00 þann 5. október. Tvær línur eru dregnar á grafið. Sú heildregna sýnir svifaursframburð miðað við mæld sýni. Strikalína sýnir framburð svifaurs miðað við áætlaðan styrk í rennslistoppinum. Reiknað er með að þær afmarki hámarks (strikalína) og lágmarks (heildregin lína) svifaursframburð í hlaupinu við Sveinstind.

Rennsli og svifaursstyrkur í Eldvatni við Ása var einnig áætlaður (mynd 10 og nánari umfjöllun í Viðauka III). Notast var við S3 sýni fyrir stóran hluta svifaursferilsins því önnur sýni voru ekki fyrir hendi en líkur eru á að S3 vanmeti styrk svifaurs. Sjá má að fyrri toppur svifaursstyrks kom á undan rennslistoppinum. Skýringa á þessu má leita í því að mikið laust efni frá eldri hlaupum liggur í farveginum ofan við mælinn. Hlaupið í október 2015 var stærra en fyrri hlaup og kom með meiri ákafa og því nær það að rjúfa svæði sem fyrri hlaup settu af sér efni í farveginum.

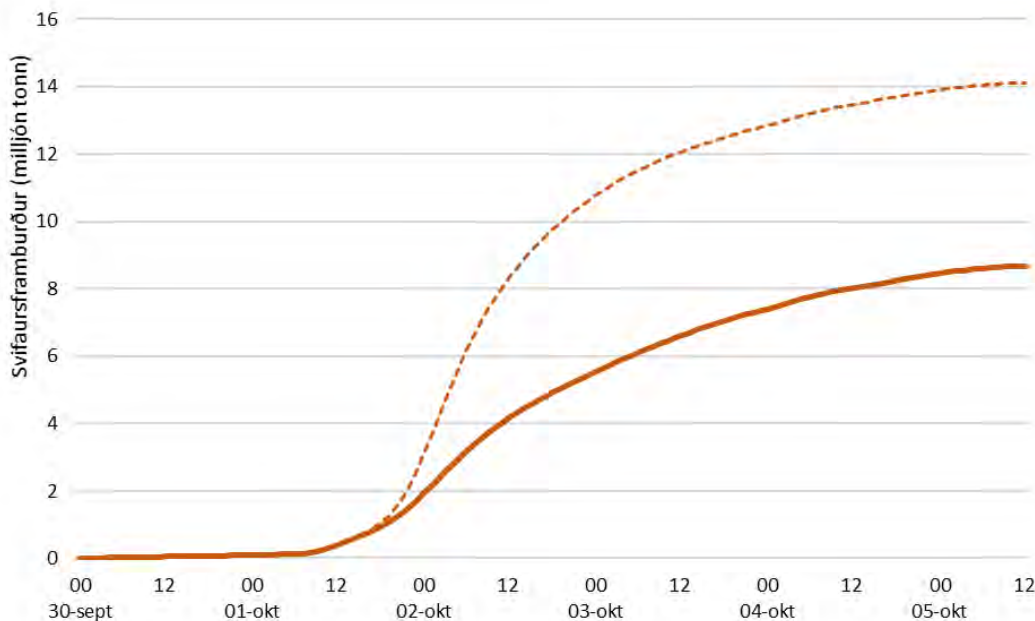
Uppsafnaðan svifaursframburður við Ása-Eldvatn má sjá á mynd 11. Þar er gert ráð fyrir að hlaupið hafi staðið til kl. 20:00 þann 6. október 2015. Mynd 12 sýnir aðstæður á vettvangi við vatnshæðarmælinn í Eldvatni við Ása.

Mælingar á rennsli og svifaursstyrk gengu vel við Kirkjubæjarklaustur. Þar eru greinilegir tveir toppar í styrkferlinum, sá fyrri á undan rennslistoppinum eins og við Ása, sjá mynd 13. Hins vegar eru tveir úrkomutoppar greinilegir sem koma ofan í hlaupferilinn undir lok hlaupsins og eru þeir báðir hærri en hlauptoppurinn. Úrkomutopparnir virðast hins vegar ekki hafa teljandi áhrif á aurstyrkinn nema hugsanlega sem þynning.

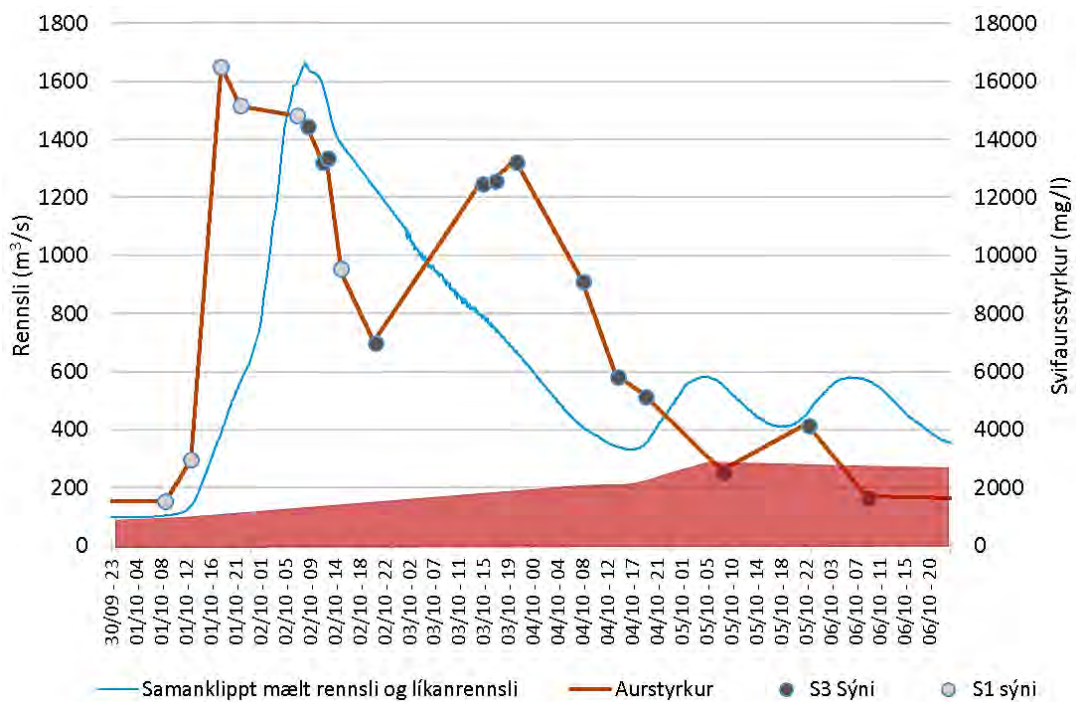
Uppsafnaðan svifaursframburður við Kirkjubæjarklaustur má sjá á mynd 14. Þar er gert ráð fyrir að hlaupið hafi staðið til kl. 12:00 þann 6. október 2015 u.þ.b. þegar síðasta svifaurskýnið var tekið.



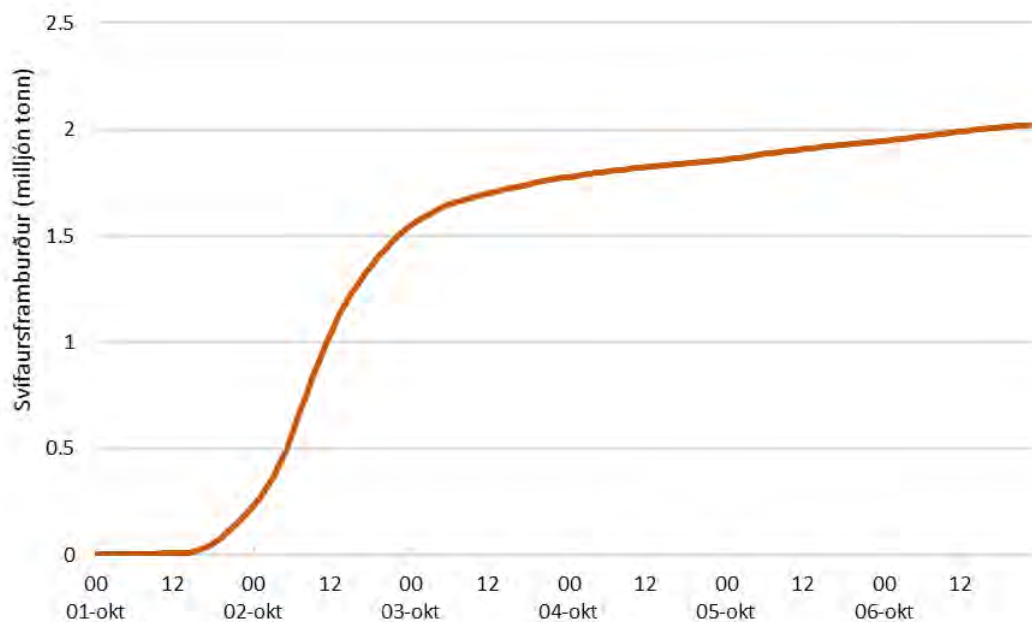
Mynd 8. Rennsli og styrkur svifaurs við Sveinstind í októberhlaupinu 2015. Bláa línan sýnir rennsli og sú appelsínugula brúaðan svifaursstyrk. Strikalínan sýnir óvissu vegna vöntunar á sýnum og punktlína sýnir brúaðan aurstyrk miðað við áætlaðan styrktopp. Rauða svæðið sýnir grunnrennsli. Ljósir punktar eru S1 sýni og dökkir S3 sýni.



Mynd 9. Uppsafnaður aurburður við Sveinstind í októberhlaupinu 2015. Heildregin lína sýnir framburð miðað við mæld sýni. Strikalína sýnir framburð miðað við áætlaðan styrk í rennslistoppi.



Mynd 10. Rennsli og styrkur svifaus við Ása Eldvatn í októberhlaupinu 2015. Bláa línan sýnir rennsli og sú brúna brúaðan svifausstyrk. Rauða svæðið sýnir grunnrennsli. Ljósir punktar eru S1 sýni og dökkir S3 sýni.



Mynd 11. Uppsafnaður framburður svifaus við Ása-Eldvatn í októberhlaupinu 2015.



2. október 2015 kl. 7:52 brúin við Ása.



2. október 2015 kl. 10:03 kláfmastur umflotið.

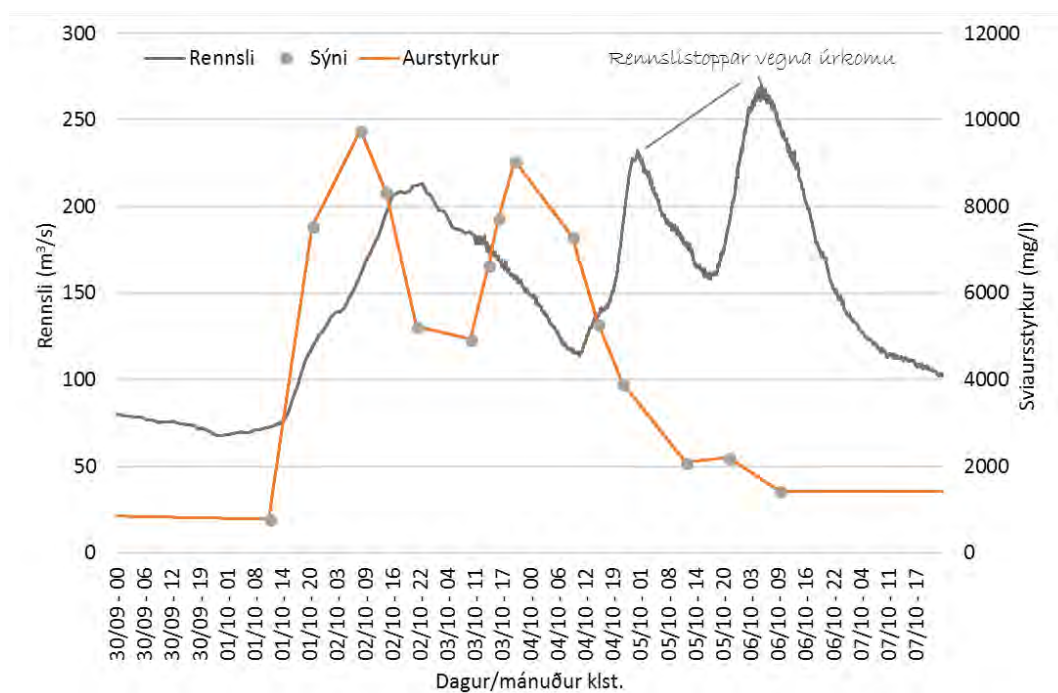


Leiðnimæling 3. október kl. 8:36 ekki sést að rofið hafði undan stólpanum.

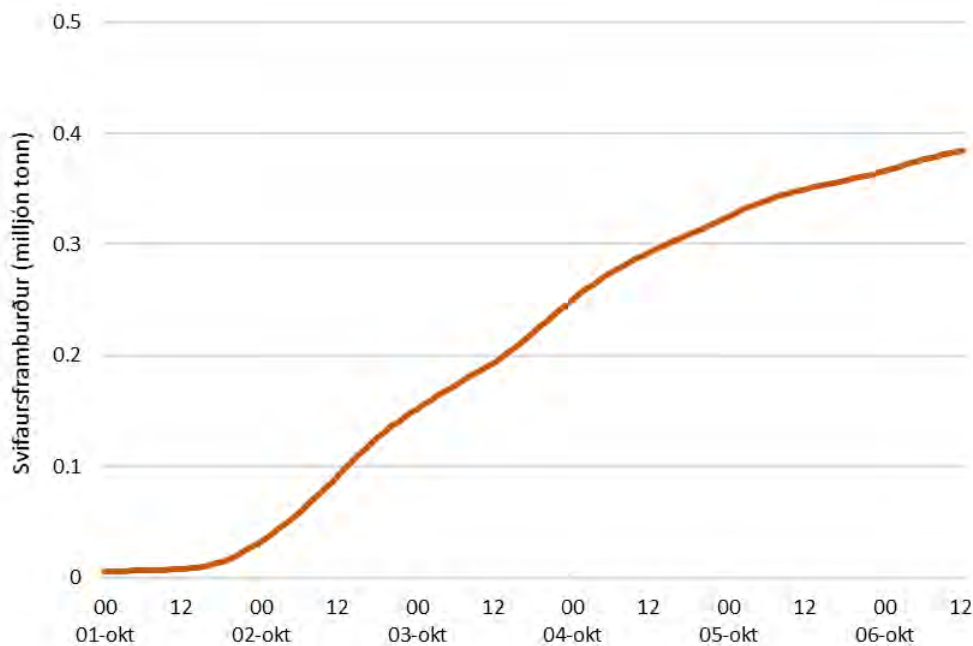


3. október kl. 15:34 rofið undan brúarstólpanum.

Mynd 12. Ljósmyndir af vettvangi hlaupsins í nágrenni vatnshæðarmælisins við Ása (vhm 328).



Mynd 13. Rennsli og styrkur svifaurs við Kirkjubæjarklaustur í októberhlaupinu 2015. Gráa línan sýnir rennsli og sú brúna brúaðan svifurstyrk. Gráir punktar eru S2 sýni.



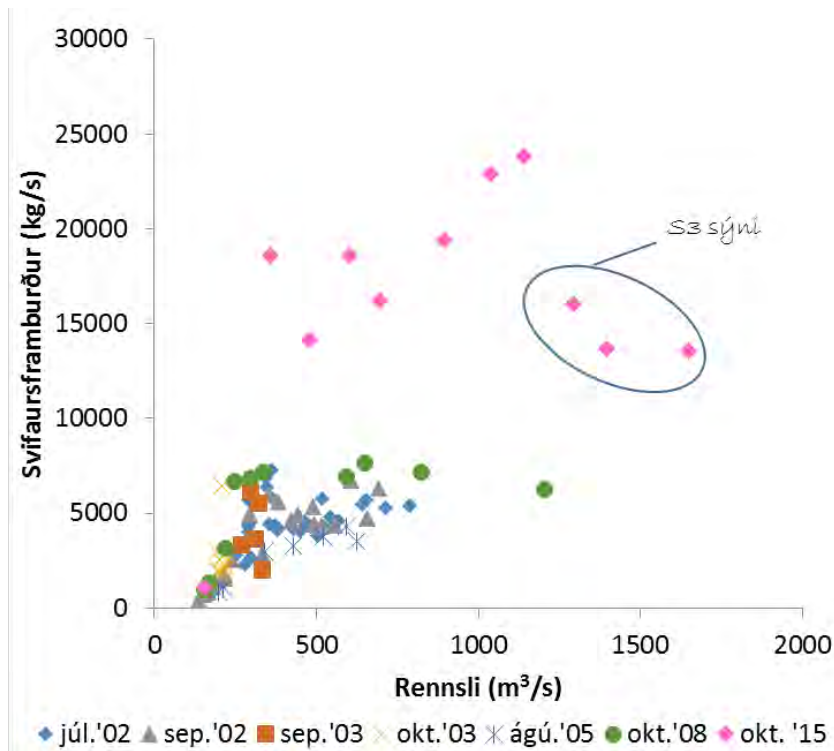
Mynd 14. Uppsafnaður framburður svifaurs við Kirkjubæjarklaustur í októberhlaupinu 2015.

4.2 Framburður svifaurs í hlaupinu 2015 og samanburður við eldri hlaup

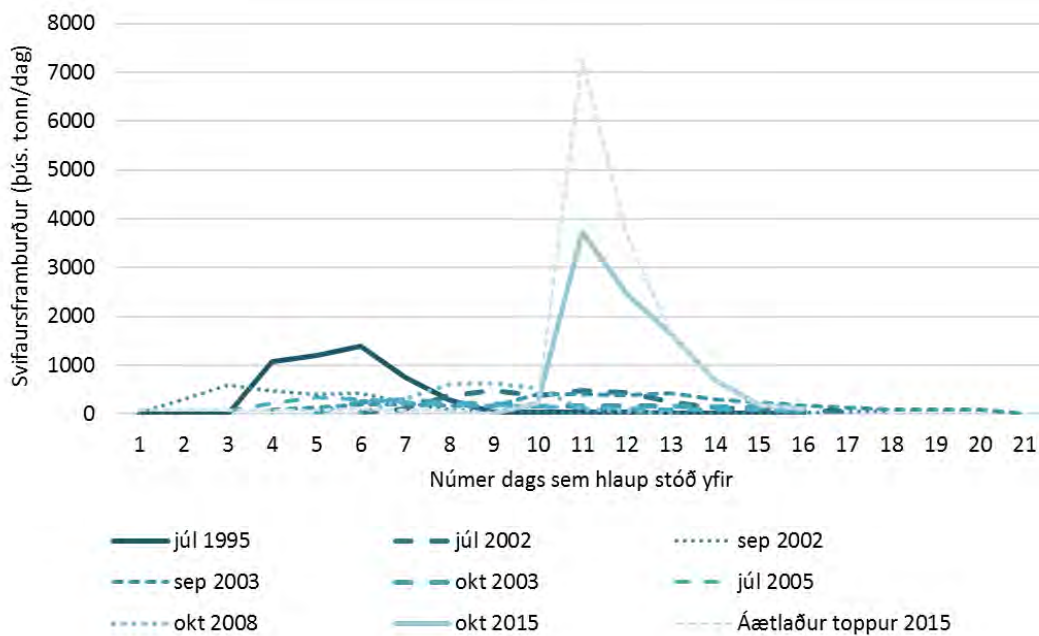
Sýni sem tekin hafa verið í hlaupum við Sveinstind frá árinu 2002 til ársins 2015 sýna glögglega hvað hlaupið í október 2015 sker sig úr varðandi framburð og að svifaursframburður á rennisliseiningu er mun meiri en í fyrri hlaupum á öldinni (mynd 15 og mynd 16).

Útreikningar á framburði í fyrri hlaupum (Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2011) hafa verið gerðir með því að nota meðalrennsli og meðalstyrk hvers dags í hlaupinu vegna þess að nákvæmari gögn voru ekki fyrir hendi. Því voru þær aðferðir notaðar hér einnig til samanburðar á myndum 16 og 17. Það veldur því að örlítill munur er á samanlögðum svifaursframburði í hlaupinu haustið 2015 eins og hann birtist á myndum 16 og 17 eða eins og hann er reiknaður með því að leggja saman hverja mínútu og notað er í endanlegu niðurstöðum um svifaursframburð í hlaupinu haustið 2015 í þessari skýrslu. Í gegnum tíðina hafa hins vegar mismunandi aðferðir verið notaðar til að reikna framburð í hlaupum og er þetta gert til að halda eins miklu samræmi við eldri atburði og hægt er (Mynd 18).

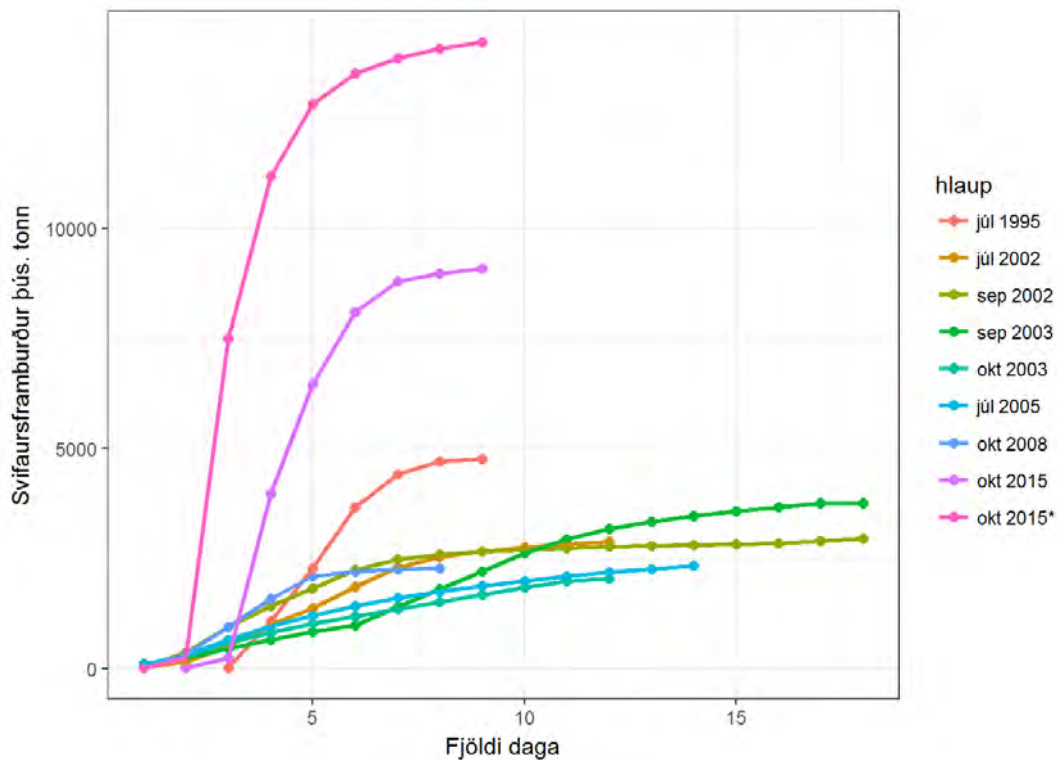
Hlaupin í Skaftá standa yfir í mislangan tíma og stóru hlaupin eru yfirleitt skarpari, þ.e. þau vaxa tiltölulega hratt en þau standa yfir í skemmri tíma en þau minni (mynd 16 og mynd 17).



Mynd 15. Reiknaður svifausframburður sýna frá Sveinstindi í hlaupum á árunum 2002 til 2015.



Mynd 16. Ferlar brúaðs svifausframburðar í öllum mældum hlaupum við Sveinstind frá árinu 2002 til 2015 ásamt brúuðum ferli stóra júlí hlaupsins árið 1995 (elstu ferlarnir eru dökkbláir og lýsast eftir aldri).

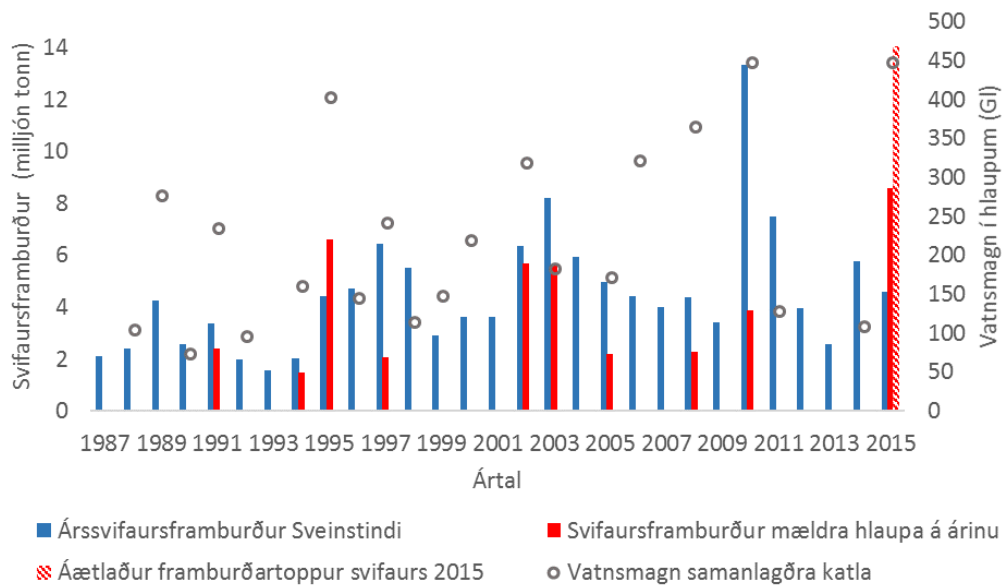


Mynd 17. Uppsafnaður framburður svifaurs yfir mismunandi fjölda hlaupdaga.*Bleika línan sýnir hæsta uppsafnaða framburð miðað við áætlaðan svifaurstopp í októberhlaupinu 2015.

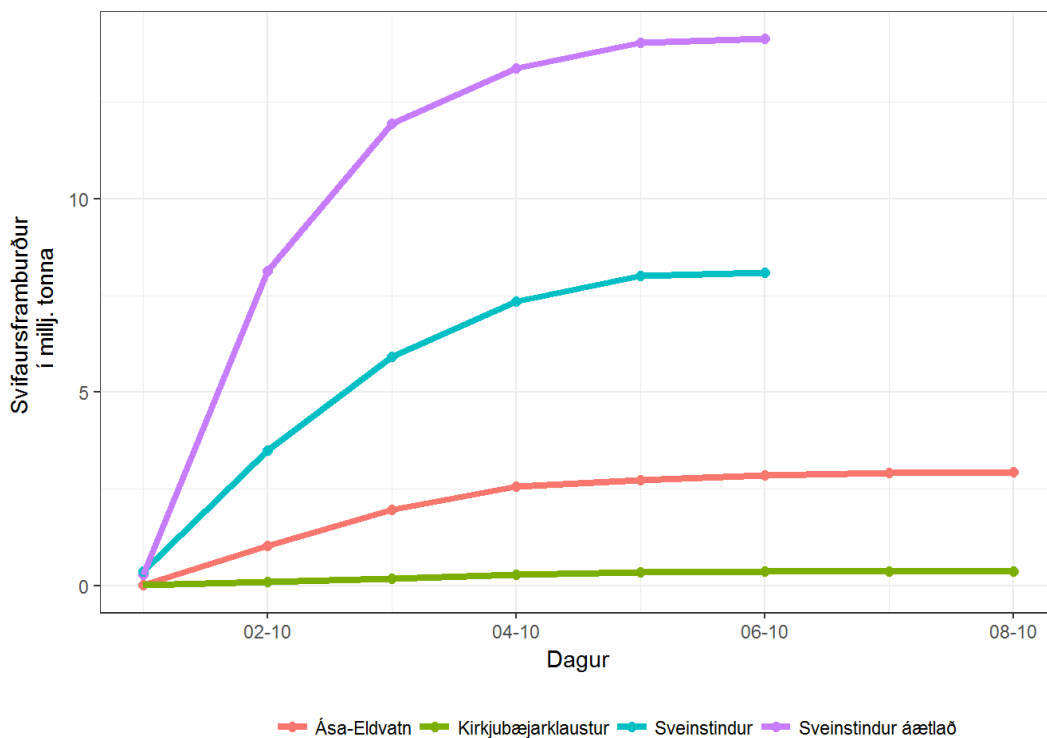
Uppsafnaður svifaursframburður í hlaupinu 2015 er einnig talsvert frábrugðinn framburði í öðrum hlaupum og mynd 17 sýnir glögglega hversu hratt hlaupið skilaði niður þeim mikla aur sem það bar fram.

Heildarsvifaursframburður árið 2015 reiknaðist 4,62 milljón tonn á ári, sjá töflu í Viðauka I í skýrslu um sögulegt set í Skaftá (Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2018). Framburður svifaurs í hlaupinu í október 2015 var því að lágmarki rúmlega tvöföldun á ársframburði svifaurs í Skaftár við Sveinstind. Ef miðað er við áætlaðan framburðartopp og líkanreiknað rennsli sem er líklegasta niðurstaðan er um að ræða rúmlega þreföldun á ársframburði.

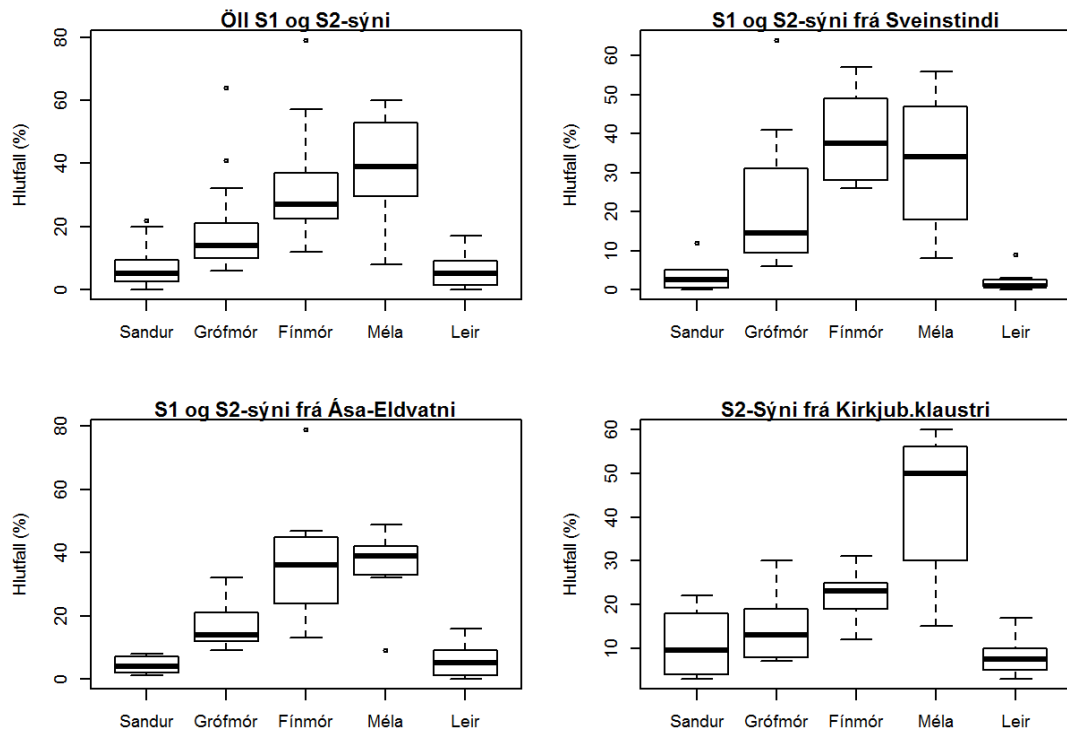
Mikill munur var á uppsöfnuðum svifaursframburði milli sýnatökustaða í hlaupinu 2015 (mynd 19). Við rannsókn á sýnum úr hlaupi árið 1997 kom í ljós mikið tap á milli mælistaðarins við Sveinstind annars vegar og Ása-Eldvatns hins vegar svifaursstyrk (Old *et al.*, 2005). Niðurstaða þeirra var að um 75% hærri svifaursstyrkur mældist í hámarki hlaupsins uppi við Sveinstind heldur en mældist í hámarkinu við Ása. Þar sem ekki var safnað jafn nákvæmum gögnum í hlaupinu 2015 er erfitt að fullyrða að sambærilegt ferli hafi átt sér stað. Hins vegar kom í ljós við kornastærðargreiningu að um 80% aurburðarins sem mældur var við Sveinstind var fínefni sem í þéttum farvegi myndi skila sér að mestu til sjávar eða um 6,6–11,2 milljón tonn. Brúaður svifaursframburður í Eldvatni við Ása í hlaupinu 2015 var um 19–31% af magni svifaursframburðar við Sveinstind (Tafla 3). Það bendir til þess að hvorki fínefnið né grófi hlutinn skili sér alla leið til sjávar, heldur sest það að stórum hluta til í hrauninu á leiðinni. Munur er á hlutfalli í kornastærðarflokkum eftir stöðum.



Mynd 18. Svifursframburður á ári fyrir Sveinstind (dökkbláar súlur) ásamt svifursframburði í hlaupum þar sem sýnataka hefur verið framkvæmd. Áætlaður framburðartoppur svifurs í hlaupi 2015 (rauðstrikud súla). Samanlagt vatnsmagn í hlaupum frá báðum kötlum er einnig merkt á grafið (gráir hringir).



Mynd 19. Mismunur milli sýnastökustaða á uppsöfnuðum svifursframburði í októberhlaupi 2015.



Mynd 20. Kassagröf kornastærðardreifingar frá þrem sýnatökustöðum og mismunandi sýnagerðar. Lýsistærðir allra myndanna má finna í Viðauka V.

Tafla 3. Svifursframburður í október Skaftárhlaupi 2015, miðað við mismunandi rennslisupplýsingar.

Aðferð við mat á rennslí	Svifursframburður í hlaupi*		
	Sveinstindur	Ása-Eldvatn	Kirkjubæjarklaustur
Mælt rennslí	7,65		0,36?
Líkan miðað við lækun ketils**	9,87		
Rennslí reiknað með geoclaw**	6,80		
Mælt og líkanreiknað rennslí	8,60	2,60***	
Áætlaður aurtoppur og líkanreiknað rennslí	14,05		

* Milljón tonn. ** Sjá skýrslu Matthíasar Á. Jónssonar o.fl., 2018. *** Líklega lágmarksframburður því útreikningar byggja aðallega á S3 sýnum.

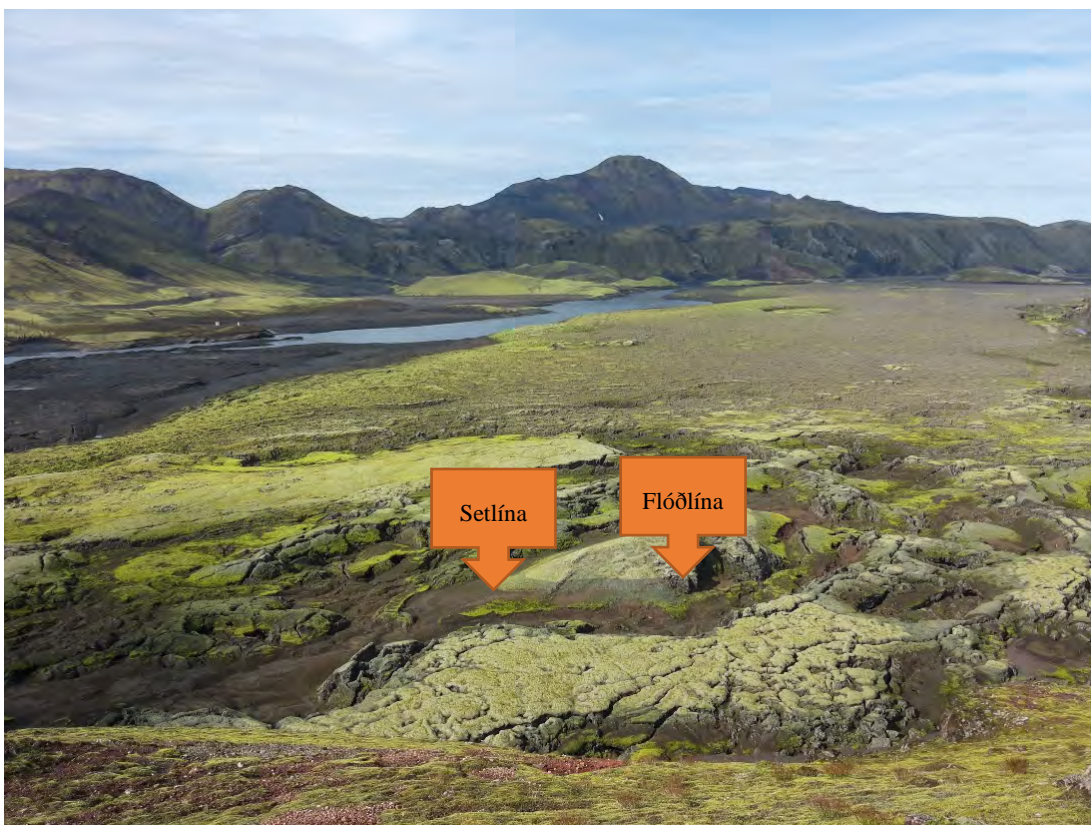
Við Sveinstind (vhm 166) efri til hægri á mynd 20 má sjá að stærri hluti sýnanna er af kornastærðinni grófmór (0,06–0,2 mm). Bæði við Ása-Eldvatn (vhm 328, neðri til vinstri) og við Kirkjubæjarklaustur (vhm 183, neðri til hægri) er aukning í hlutfalli leirs miðað við Sveinstind. Þetta samræmist upplýsingum af vettvangi þar sem greinilegur munur er á grófleika efnis uppi við Sveinstind og niðri við Ása-Eldvatn og Kirkjubæjarklaustur.

4.3 Útbreiðsla sets í hlaupinu 2015

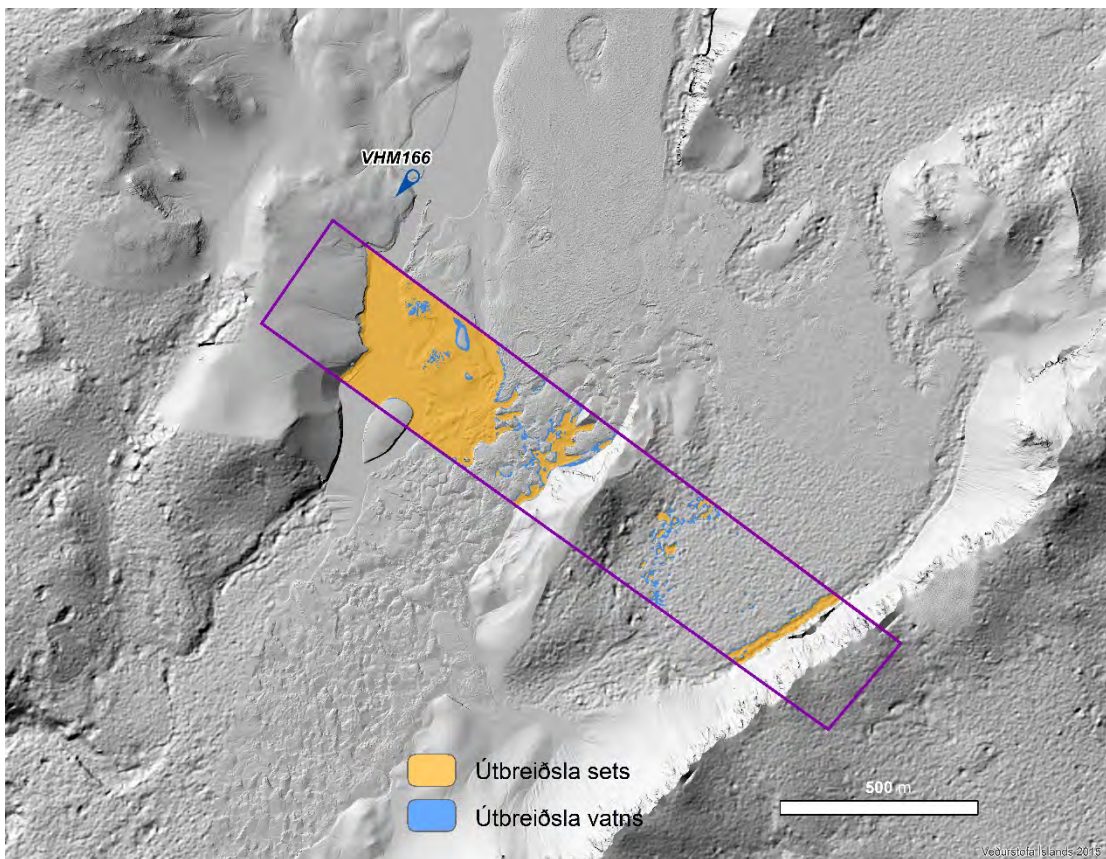
Útbreiðsla sets var metin út frá ljósmyndum sem teknar voru í hlaupinu og fjallað var um í skýrslum um sögulegt set og útbreiðslu hlaupsins (Emmanuel Pagneux o.fl., 2018 og Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2018). Farið var í vettvangsferð sumarið 2016 og nokkrir staðir í farvegi Skaftár á hálendinu voru skoðaðir. Á láglendinu var stuðst við gögn frá Landgræðslu ríkisins sem unnin voru eftir vettvangsvinnu (Gústav M. Ásbjörnsson & Elín Fjóla Þórarinsdóttir, 2016).

Útbreiðslu hlaupvatns er lýst í skýrslu um umfang hlaupsins (Emmanuel Pagneux o.fl., 2018) en einnig í skýrslu um hermun rennslis í hlaupinu þar sem notaðar voru líkankeyrslur til að meta umfang þess (Matthías Á. Jónsson o.fl., 2018). Út frá upplýsingum á vettvangi, sem fjallað er um hér fyrir neðan, var umfang setsins metið miðað við umfang hlaupvatns. Að lokum var umfang setsins metið út frá gervitunglamyndum sem teknar voru fyrir og eftir hlaupið.

Vettvangsferð að flóðasvæðinu við Sveinstind og Kamba leiddi í ljós að munur var á útbreiðslu vatns eða sets í hlaupinu. Meðal annars sýndu flóðför í mosa greinilegan mun á hæð þ.e. vatnið hefur náð talsvert meiri útbreiðslu en setið. Staðirnir þar sem ummerkin fundust eru svæði þar sem vatnið hefur ekki runnið á miklum hraða þótt það hafi ekki verið lygnt. Því hefur hluti aursins náð að setjast (mynd 21).



Mynd 21. Áberandi munur á ummerkjum eftir setútbreiðslu og vatnsútbreiðslu í hlaupinu 2015 í nágrenni Kamba.



Mynd 22. Mismunur á hæð vatns og sets rétt neðan við Sveinstind eftir hlaupið 2015.

Nákvæmt landlíkan af svæðinu (TLS líkan sjá skýrslu Emmanuel Pagneux o.fl., 2018) var notað til að reikna hver munurinn væri ef vatnið væri alls staðar 40 cm ofar en setið á svæðinu rétt neðan við mælistaðinn hjá Sveinstindi (vhm 166). Ákveðið svæði af TLS landlíkaninu sem sýnt er á mynd 22 var valið. Niðurstaðan var sú að útbreiðsla setsins væri 90% af því flatarmáli sem hlaupvatnið þakti, sjá töflu 4. Eins og áður kom fram á þetta aðeins við um svæði með litlum halla og/eða miklu hrýfi þar sem hraði rennslisins minnkar skyndilega þannig að set fellur út.

Tafla 4. Mismunur á útbreiðslu vatns og sets á svæðinu rétt neðan við Sveinstind eftir hlaupið 2015.

Mat á	Svæði m ²	Hlutfall
Vatni	162640	100%
Seti	143421	88%



Rof og set í hrauni neðan við Skælinga ofan við Hólaskjól.



Nýr farvegur í hrauni. Farvegurinn myndast í hrauninu við það að hlaupvatnið sprengir sér leið út undan hrauninu. Þessi farvegur er ekki merktur á kort frá Ingibjörgu Kaldal (2002) fyrir 1995 hlaupið.



Hlaupvatnið sprengdi sér leið uppúr hrauninu. Ummerki um brot úr hrauninu lágu á víð og dreif í farveginum. Ekkert vatn hafði runnið á yfirborði frá meginfarveginum sem var handan við hraunbrúnina á myndinni.



Meginfarvegurinn og nýi farvegurinn, mynd úr flygildi.



Neðar í farveginum var mikið set. Myndin er tekin frá veginum í átt að Skælingum.

Mynd 23. Ljósmyndir sem sýna farveg sem sprengdi sig í gegnum hraunið. Sjá staðsetningu á mynd 27.



a) Nokkrar gryfjur sýndu að þarna hafði áður komið hlaupvatn með mikið set. Nýja setið var um 21 cm ofan á þunnu gróðurlagi og þar undir var eldra hlaupset.



b) Greinileg lagskipting var í setinu sem benti til að það hefði sest til ofan á eldra hlaupseti. Í þessari gryfju var hins vegar ekki gróðurlag og því erfiðara að fullyrða að það hefði ekki komið í mismunandi fösum í hlaupinu. Nánari greining á lagskiptingunni gæfi hins vegar að öllum líkindum til kynna öskulag frá Eyjafjallajökli og eða Grímsvötnum.



c) Sýni var tekið og sigtað úr þessari gryfju sjá Viðauka VII.

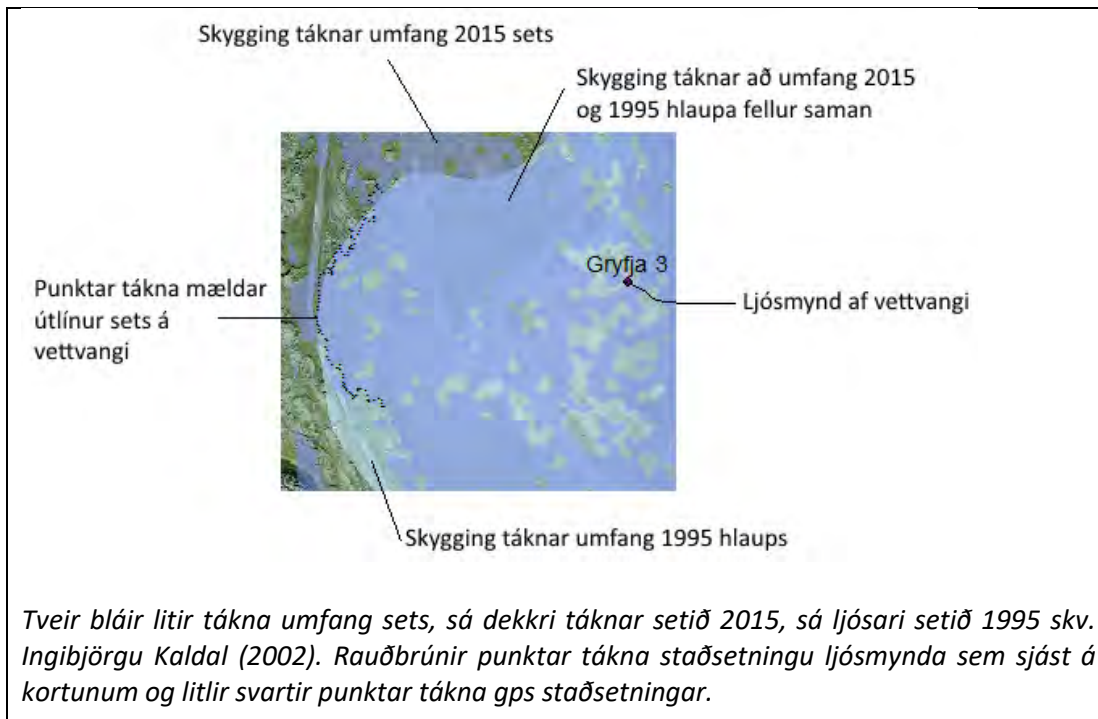


d) Set utan farvegur við veg neðan við Hólaskjól.

Mynd 24. Ljósmyndir af gryfjum við Hólaskjól (a, b og c) og ljósmynd d) af seti utan við farveg neðan Hólaskjól.

Ljósmyndir af vettvangi (Mynd 23) sýna hvernig nýr farvegur myndast við það að hlaupið sprengir sér leið í gegnum hraunið. Sjá má að mikið set kemur út úr hrauninu með hlaupvatninu sem þó hefur farið í gegnum síu í hrauninu og því ljóst að mikið efni sem hefur þegar borist ofan í hraunið og situr þar eftir.

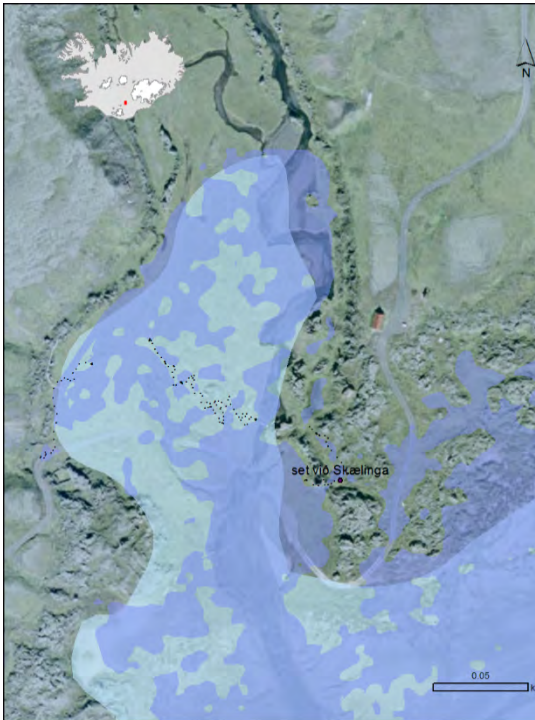
Á flóðsléttunni við Hólaskjól voru grafnar nokkrar gryfjur (Mynd 24). Sýni var tekið úr einni þeirra og sigtað á aurburðarstofu (sjá Viðauka VII). Sigtunin leiddi í ljós fíngert einsleitt efni. Um 99% efnisins var finna en 0,18 mm og þar af var stærstur hluti efnisins <0,063 mm eða silt og leir. Þetta efni fýkur auðveldlega til þegar hreyfir vind og þarf aðeins lítinn vind og stuttan þurrktíma (2–3 klst) eins og vitnaðist um í vettvangsferðinni. Aðfaranótt 8. júlí 2016 rigndi mikið en svo stytta upp og frá um kl. 10 skein sól og þornaði setið hratt. Það varð síðan til þess að efnið var farið að fjúka til í aðeins 3–5 m/s eftir hádegi.



Mynd 25. Skýringar fyrir kort á myndum 26, 27, 28, 29 og 30.

Útbreiðsla sets var reiknuð fyrir nokkra staði út frá ArcticDEM landlíkani miðað við upplýsingar sem fengust í vettvangsferð sumarið 2016. Útbreiðslan 2015 er borin saman við upplýsingar úr hlaupinu 1995 sem Ingibjörg Kaldal (2002) tók saman. Skýringar á samanburðinum með þessari aðferð er að finna á mynd 25, en myndir 26, 27, 28, 29 og 30 sýna útbreiðslu sets á nokkrum mismunandi stöðum.

Í skýringartexta við myndirnar kemur fram staðsetning þeirra. Þessar myndir eru í meiri upplausn í Viðauka VI.



Mynd 26. Útbreiðsla sets við Skælinga.*



Mynd 27. Útbreiðsla sets við Skælingaveg.*



Mynd 28. Set við veg neðan við Hólaskjól.*



Mynd 29. Flóðslétta við Hólaskjól.*

* Sjá nánari skýringar á mynd 25.



Mynd 30. Útbreiðsla sets í Eldhrauni skv. Landsat 8 gervitunglamynd ásamt umfangi 1995 hlaupsins.*

Notuð voru mismunandi gögn við greiningu á árkvísunum í Eldhrauni eins og fram kom í kafla 3. Þar með talið voru greiningar sem Landgræðsla ríkisins hefur unnið árin 2005, 2012 og 2015 en einnig greining á gervitunglamyndum stuttu fyrir og eftir hlaupið í október 2015 (Mynd 30).

4.4 Heildarútbreiðsla sets

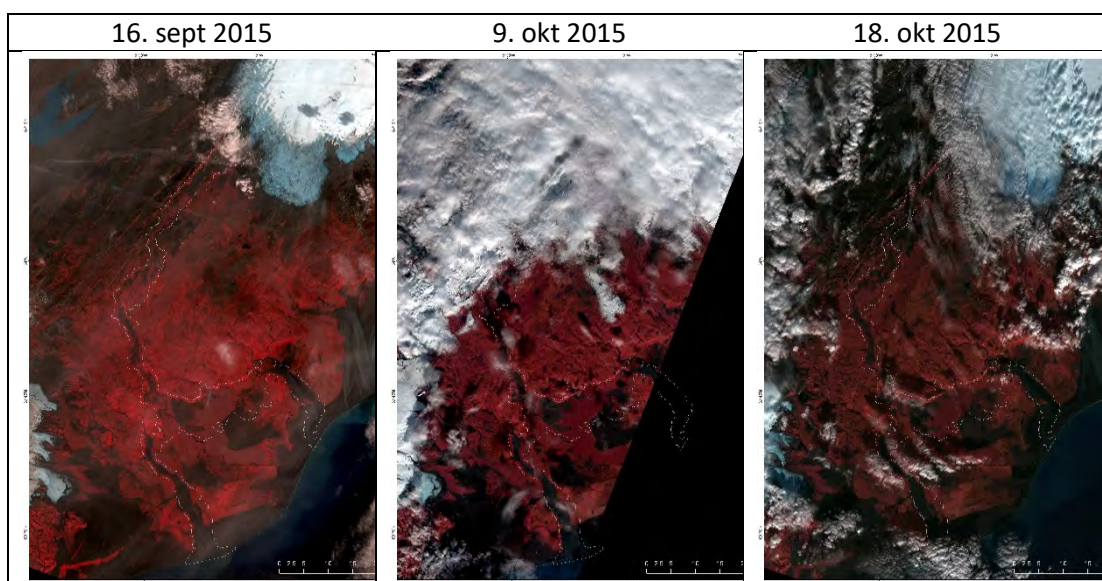
Bornar voru saman Landsat 8 myndir frá því fyrir og eftir hlaupið með aðferð sem greint er frá í kafla 3.4 og í Viðauka IV. Vegna lélegs skyggis rétt eftir hlaupið þurfti að nota tvær myndir, sú fyrri tekin þann 9. október og sú seinni þann 18. október (mynd 31). Myndin fyrir hlaupið var tekin þann 16. september 2015 (mynd 31 t.v).

Þar sem áhrif flóðsins tengdist í mörgum tilfellum breytingu á gróðurfari, hentaði vel að skoða nærinnrauða samsetningu, reikna síðan út gróðurvísi (NDVI) og vatnavísi (NDWI) og loks útbúa breytingamynd, með því að reikna eftirfarandi jöfnu (2):

$$(NDVI_{\text{fyrir hlaup}} - NDVI_{\text{eftir hlaup}}) - (NDWI_{\text{fyrir hlaup}} - NDWI_{\text{eftir hlaup}}) \quad (2)$$

Með þessu má á sjálfvirkan hátt kortleggja breytingasvæði, en fara verður vel yfir hvað það er sem veldur breytingunum á myndinni. Taka verður tillit til þess að gróður breytist stöðugt og kemur því mismunandi fram á mynd sem tekin er í sumarlok, ef miðað er við mynd sem tekin

* Sjá nánari skýringar á mynd 25.



Mynd 31. Landsat 8 gervitunglamyndir fyrir og eftir hlaup í október 2015.

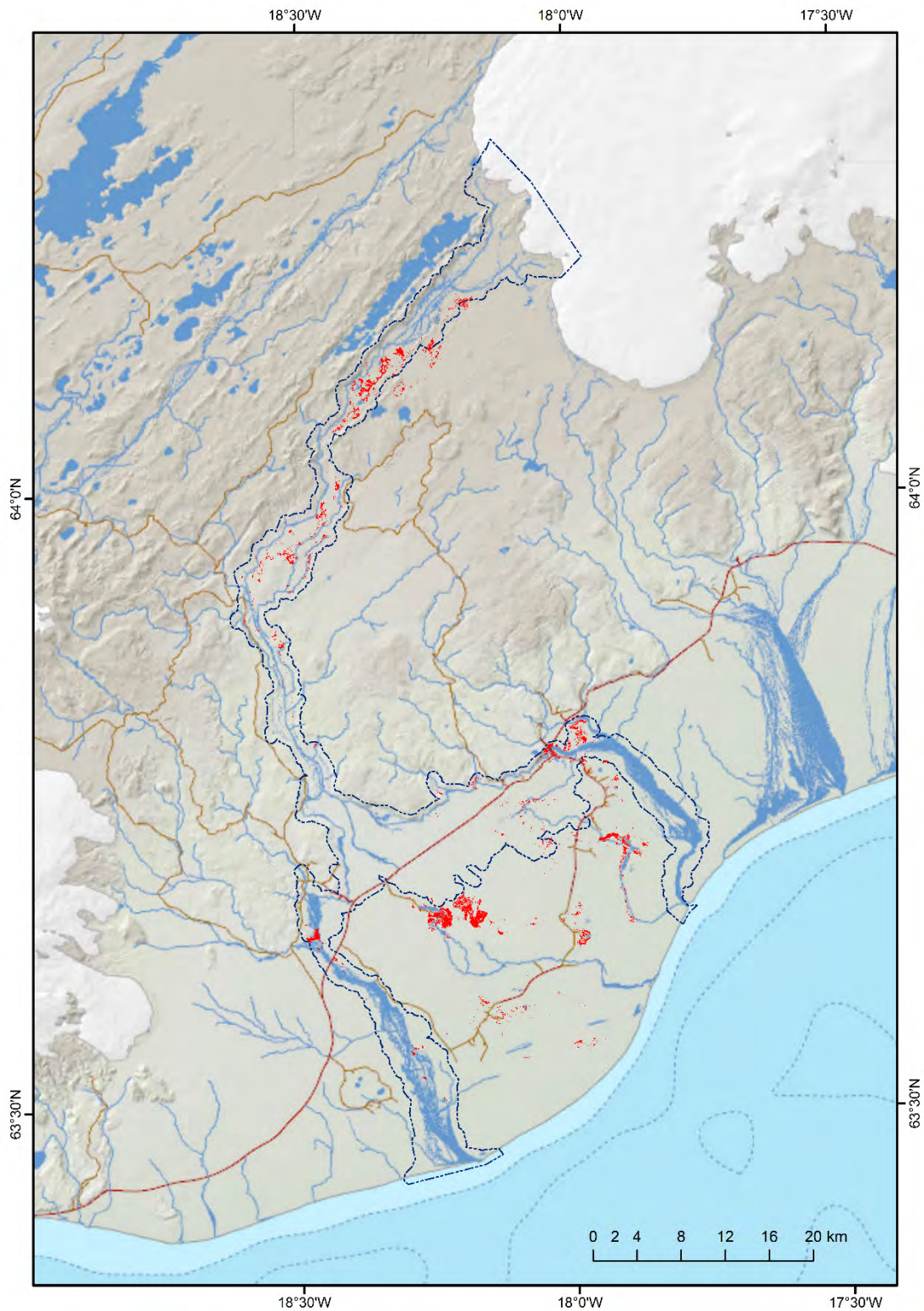
er seint að hausti. Hallakort var síðan notað til að útiloka svæði með meira en 9° halla og 100 m svæðisjaðar var reiknaður sem sýndi útbreiðslu hlaupvatns í hlaupinu 2015.

Niðurstaða úr þessari greiningu leiddi í ljós ný svæði með samanlagða stærð um 20 km^2 , þar sem gróður hefur orðið fyrir áhrifum hlaupsins, sjá Mynd 32. Aðferðin náði hins vegar ekki yfir þau svæði sem voru gróðursnaud fyrir og voru hulin nýju hlaupseti eftir hlaupið, eins og sums staðar í Eldhrauni. Hins vegar leiddi hún í ljós svæði í Eldhrauni sem höfðu farið undir hlaupvatn en ekki voru skilgreind þannig. Í þeim tilfellum var um að ræða grunnvatn með seti, sem hafði áhrif á gróður.

Margar aðrar myndir voru skoðaðar þó þær rötudu ekki inn í skýrsluna, en gáfu vísbendingar um hvaða svæði eru almennt að breytast á milli árstíma eða ára, t.d. farvegir jökulvatna. Í framhaldinu mætti bera saman gróðurmyndir frá sumrinu fyrir hlaup og sumrinu eftir hlaup. Þannig má einnig sjá hvort land, sem í fyrstu sýndist skemmt, virðist á leið að jafna sig.

4.5 Samanburður hlaupsins í október 2015 við önnur vatnsföll

Sýnt hefur verið fram á að unnt sé að lesa rofnæmi og rofmætti út úr stuðlum jöfnu (1) í kafla 3.2 (Morgan, 1995; Asselmann, 2000). Hátt gildi hlutfallsstuðulsins k bendir til þess að á vatnsviðinu sé mikið veðrað efni, sem flyst auðveldlega og því talað um hátt rofnæmi. Hátt gildi veldisvísisins n bendir til mikillar aukningar í rofmætti með auknu rennsli, þ.e. rofkraftur árinna vex hratt. Hins vegar hafa stuðlarnir gagnverkandi áhrif hvor á annan og því er betra að skoða halla kúrfunnar. Brött kúrfa þ.e. lágt k og hátt n ættu að vera einkennandi fyrir vatnsfall með lítinn framburð og lágt rennsli. Framburðurinn eykst hins vegar mikið við aukið rennsli.



Mynd 32. Gróðurskemmdir eftir Skaftárhlaup 2015. Rauðu svæðin sýna hvar gróður varð fyrir áhrifum hlaupvatns. Punktalínan er 100 m svæðisjaðar reiknaður á útbreiðslu hlaupvatnsins í hlaupinu 2015.

Flöt kúrfa ætti að einkenna vatnsföll þar sem auðrofið efni er í vatnasviðinu, sem getur flust við nánast hvaða rennsli sem er (Asselmann, 2000). Endurskoðaða svifaurslykla fyrir neðri sýnatökustaðina Skaftárdal, Ása-Eldvatn og Kirkjubæjarklaustur má finna í Viðauka II. Svifaurslyklar fyrir Skaftá benda flestir til að mikið veðrað efni sé til staðar. Svifaurslyklar eru brattari ef hlaupsýni eru tekin með.

Við samanburð á stuðlum aurburðarlykla frá mismunandi ám má greina mismunandi eðli þeirra. Yang *et al.* (2007) gerðu samanburð á ám sem renna í Yangzte fljót annars vegar og Rín hins vegar. Greina mátti mun á ám frá hálendi og láglandi. Til samræmis við rannsókn Yangs *et al.* (2007) gildir eftirfarandi samband: $\log(a) = \log(k)$ og $b = n$ þ.e. jafna 1 í kafla 3.2 yrði þá:

$$q_s = a \times Q^b \quad (3)$$

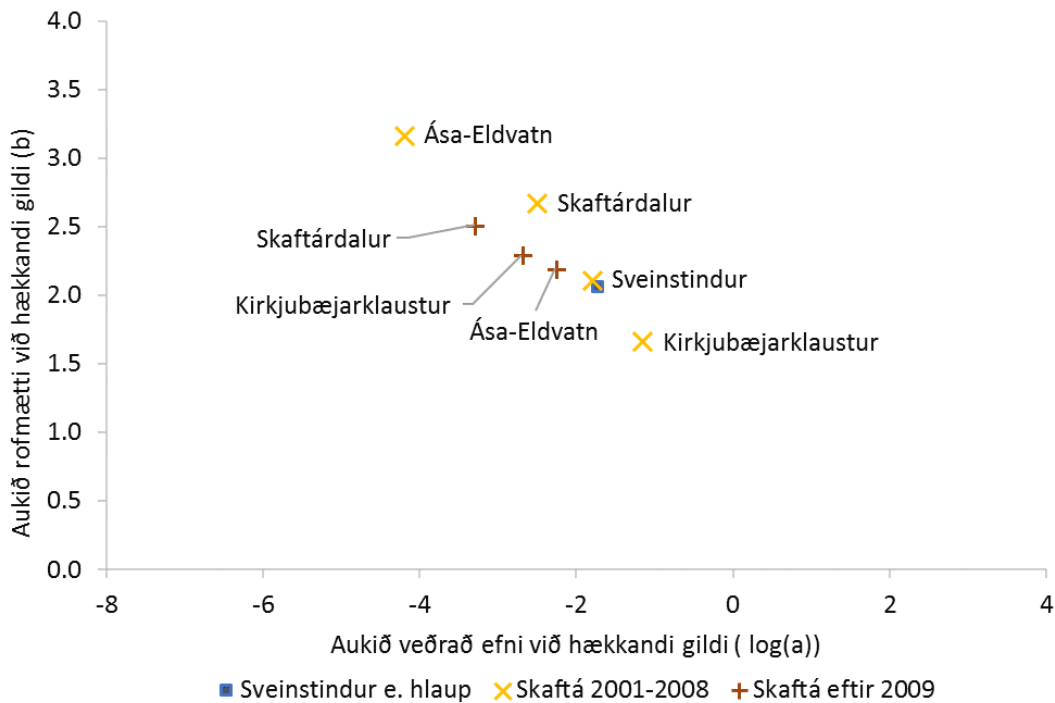
Mynd 33 sýnir stuðla aurburðarlykla frá nokkrum íslenskum ám ásamt ánum sem Yang *et al.* (2007) skoðuðu. Sjá má að stuðlar Þjórsár (grænir hringir) líkjast nokkuð erlendu ánum (brúnir kassar og gráir þríhyrningar) en stuðlar Skaftár (gulir krossar og rauðbrún x) og stuðlar ána úr Mýrdalsjökli (bláir tíglar) eru ólíkir að því leyti að þeir benda til að bæði meira rofmætti og rofnæmi með aukið veðrað efni er í þeim farvegum.

Samanburður á stuðlum svifaurslykla milli sýnatökustaða í Skaftá (mynd 34) sýnir breytileika niður eftir ánni en einnig breytingu milli tímabila. Val á skiptingu tímabila var gert þannig að notaðir voru lykklar úr eldri rannsóknum (Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2011) en eftir næsta áratug þegar fleiri sýni verða til staðar væri réttara að skipta lykklum milli áratuga. Gulu x-in eru stuðlar lykla frá árunum 2001–2008 og rauðbrúnu krossarnir eru stuðlar lykla frá 2009–2015. Af stuðlunum má sjá að breyting hefur orðið á eðli framburðar á sýnatökustöðum. Rofmætti virðist vera meira við Ása-Eldvatn en Sveinstind en hefur þó minnkað eftir árið 2008 á móti hefur síðan rofnæmi aukist við Ása. Magn veðraðs efnis virðist aftur á móti vera minna við Skaftárdal á seinni tímabilinu og sömu sögu er að segja um Kirkjubæjarklaustur en þar hefur orðið aukning á rofmætti á sama tímabili. Tveir svifaurslyklar voru reiknaðir fyrir Sveinstind 2001–2008. Sá fyrri var gerður með sama hætti og aðrir lykklar (gult x á mynd 34) en sá seinni þannig að eingöngu voru valin sýni sem tekin voru stuttu eftir hlaup (blár kassi á mynd 34). Niðurstaðan er sú að örlítil aukning er á veðruðu efni stuttu eftir hlaup (blár kassi). Þessi munur sést ekki mjög vel á þeim skala sem mynd 34 nær yfir en er fyrir hendi þegar mælingar fyrir Sveinstind eru skoðaðar sérstaklega. Skýrari mynd af þessum mun er í skýrslu um framburð Skaftár sem kom út árið 2011 (Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2011).

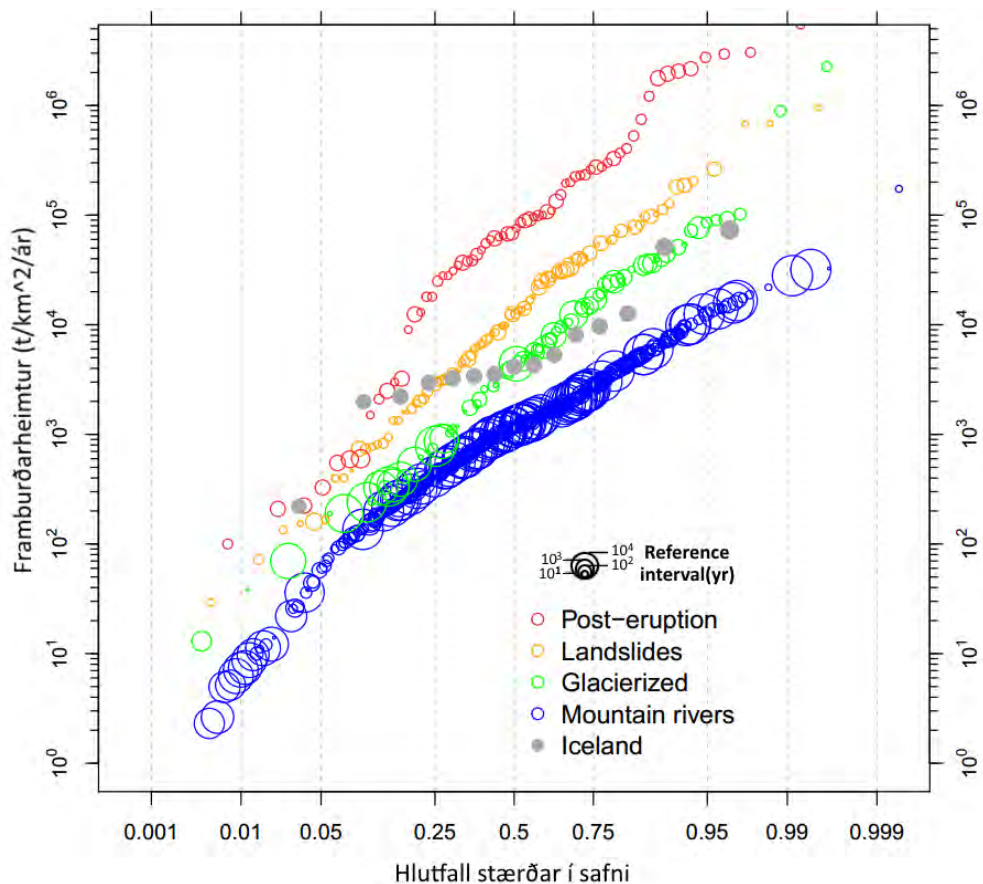
Sambærilegar framburðarheimtur (framburður svifaurs á flatarmálseiningu vatnasviðs) og koma fram í Skaftá eru þekktar annars staðar í heiminum þar sem mikið rof á sér stað. Sérstaklega á þetta við um eldvirk svæði en þá er þekkt að gildi geti verið allt að hundraðfalt hærrí en framburðarheimtur úr Skaftá.



Mynd 33. Samanburður á stuðlum aurburðarlykla við aðra staði. Hlutfallsstuðullinn k er hér táknaður með a og veldisvísirinn n er táknaður með b .



Mynd 34. Stuðlar aurburðarlykla úr Skaftá. Hlutfallsstuðullinn k er hér táknaður með a og veldisvísirinn n er táknaður með b .



Mynd 35. Framburðarheimtur skv. Oliver Korup (2012) að viðbættum upplýsingum um nokkrar íslenskar ár.

Mynd 35 sem er endurgerð mynd frá Oliver Korup (2012), sem birtist í grein hans „Earth's portfolio of extreme sediment transport events“ þar sem hann fjallar um valda staði og tekur saman gögn um framburðarheimtur við ákafaaðstæður. Ákafaaðstæður skilgreinir hann þau gildi sem lenda í efstu 5% hópsins. Hver hópur (safn) inniheldur ákveðinn fjölda tilvika og sýnir grafið dreifingu á stærð innan hópsins. Stærð punktanna á grafinu fer síðan eftir tímalengd „atburðanna“ í árum þ.e. allt frá ári/áratugum niður í daga. Sjá má að íslensku árnar falla nokkuð vel að jökuláa flokknum (glacierized) en fjöldi staka í safninu og takmörkuð stærð hefur áhrif á hvar á x-ásnum þær lenda.

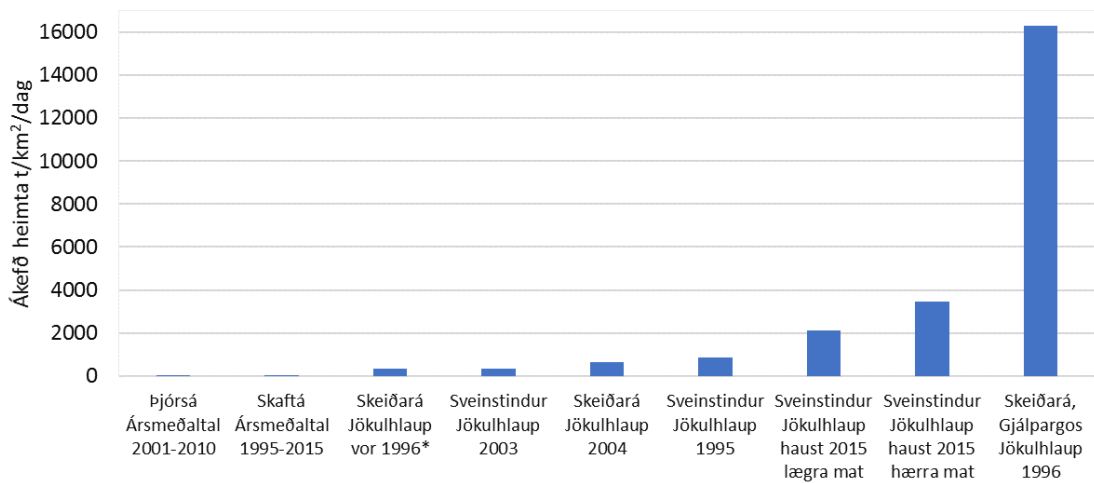
Svifaursframburður í Skaftárhlaupinu 2015 var meira en helmingi meiri en í Skeiðarárhlaupinu 2004 sem telst lítið Skeiðarárhlaup (Jórunn Harðardóttir o.fl., 2004). Talsverður munur er á stærð vatnasviðanna og því eru framburðarheimtur í Skaftárhlaupinu mun meiri en í meðalstórum Skeiðarárhlaupum (Tafla 5). Í hlaupinu, í kjölfar Gjálpargossins árið 1996 barst hins vegar meiri aur á ferkílómetra fram á sandinn en fyrr eða síðar hefur mælst á Íslandi. Aur í því hlaupi var reiknaður út frá sýnum úr Skeiðará sérstaklega og var hann metinn um 63 milljón tonn en 180 milljón tonn miðað við áætlaðan framburð frá Gígjukvísl og Súlu (Árni Snorrason o.fl., 1997). Því var aðeins notað vatnasvið Skeiðarár í útreikninga á framburðarheimtum.

Hlaupið náði hins vegar yfir mun stærra svæði og vatnsmagn er metið út frá fleiri farvegum. Hlaup úr Grímsvötnum komu áður fram í Skeiðará og á tímabilinu 1940–1996 voru hlaupin allstór. Heildarrúmmál vatns sem hljóp var þá nálægt 1 km³ eða meira en helmingi stærri en stærstu Skaftárhlaupin. Hámarksrennsli Skeiðarár í hlaupunum var þá 5–10.000 m³/s (Þorsteinn Þorsteinsson, 2016). Mynd 36 sýnir ákefð heimta úr nokkrum þekktum hlaupum ásamt ákefð meðalársheimta úr Skaftá og Þjórsá til samanburðar.

Tafla 5. Meðalárs svifauersframburður, meðalsrennsli og aurburðarheimtur Skaftár og Þjórsár ásamt svifauersframburði, hámarksrennsli og aurburðarheimtum nokkurra jökulhlaupa í Skaftá og Skeiðará.

Vatnsfall	Tímasetning	Vatnasvið km ²	Rennsli m ³ /s	Framburður millj. t	Heimtur t/km ²	Lengd atburðar dagar
Þjórsá	Ársmeðaltal 2001-2010	7280	363	1,6	220	365
Skeiðará	Jökulhlaup 2004	1288	3300	5,0	3882	5
Skeiðará	Jökulhlaup vor 1996*	1288	3000	10,0	7764	24
Skeiðará, Gjálpargos	Jökulhlaup 1996	1288	50000	63,0	48913	3
Skaftá Sveinstindur	Ársmeðaltal 1995-2015	679	40	5,5	8100 á ári	365
	Jökulhlaup haust 2015	679	2900	8,6 –14,1	12666–20692	5
	Jökulhlaup 1995	679	1759	4,2**	6186	7
	Jökulhlaup 2003	211	436	3,6***	5302	15

*Svanur Pálsson o.fl. (1999) **Heildarsvifauersframburður í hlaupi var 6,6 millj. tonn ***úrkomuflóð koma ofan í hlaupið sem jók á rennsli og framburð. Rennsli fyrir ársmeðaltöl Þjórsár og Skaftár við Sveinstind er dagsmeðaltal rennslis innan tímabilsins, ekki hámarksrennsli.



Mynd 36. Ákefð heimtu mismunandi hlaupa samanborið við ákefð meðalársheimta Þjórsár og Skaftár.

5 Samantekt

Í inngangskafnanum var varpað fram nokkrum spurningum sem reynt hefur verið að svara með rannsókninni. Hér verða tekin saman þau svör sem fyrir hendi eru.

- Hver er svifaursframburður sem mældist í hlaupinu?
- Hvernig ber aurmagni í þessu hlaupi saman við eldri hlaup?

Skaftárhlaupið 2015 var með því mesta sem hefur mælst. Svifaursframburður er langt umfram það sem áður hefur mælst í fyrri hlaupum og raunar eru framburðarheimtur meiri en hefur mælst í öðrum vatnsföllum á Íslandi án tilkomu eldgoss. Svifaursframburður var reiknað út frá sýnum sem tekin voru á sýnatökustöðum við Sveinstind, Ása-Eldvatn og við Kirkjubæjarklaustur. Niðurstöður frá Sveinstindi voru að svifaursframburður var á bilinu 8,6–14,1 milljón tonn eða um 20–53% meira en í hlaupinu 1995 sem var mest mældi svifaursframburður í Skaftárhlaupi fram að hlaupinu 2015. Kornastærðargreining gaf til kynna að um 80% af svifaurnum við Sveinstind voru fínefni þ.e. kornastærð minni en 0,06 mm. Það tekur fínefna svifaurlangan tíma að setjast og því þurfa að koma til „gildir“ ef efnið á ekki að flytjast allt til sjávar. Mælingar á svifaurnum við Ása-Eldvatn og við Kirkjubæjarklaustur sýna að aðeins mælast um 3 milljónir tonna, samanlagt frá báðum stöðvum. Reiknaður svifaursframburður við Ása-Eldvatn er aðeins um 19–30% af því magni sem mælist við Sveinstind. Þetta samræmist nokkuð mælingum sem gerðar voru í hlaupi árið 1997 (Old o.fl., 2005) þar sem sýni voru tekin mun þéttar en í hlaupinu 2015 og í ljós kom að aðeins um 75% af efninu skilaði sér niður að mælistaðnum við Ása-Eldvatn.

- Hvernig er útbreiðsla á seti í þessu hlaupi samanborið við eldri hlaup?

Rannsókn á staðnum staðfestir að efnið hefur sest til í hrauninu alla leiðina niður eftir farvegnum. Útbreiðsla sets í hlaupinu 2015 er meiri en í fyrri hlaupum og ný svæði hafa farið undir sand. Nákvæmar mælistærðir eru ekki fyrir hendi þar sem ekki var gerð heildarmæling á

setútbreiðslu í hlaupinu 2015. Svæði sem voru hulin gróðri fyrir hlaup en urðu fyrir áhrifum af hlaupseti mældust um 20 km² að stærð samanlagt. Samanburður við heildarútbreiðslu á hlaupinu 1995 er einnig vafasöm þar sem ekki er um samskonar mæliaðferðir að ræða (Ingibjörg Kaldal, 2002). Það sem segja má með vissu er hins vegar að alls staðar þar sem set settist til í hlaupinu var útbreiðslan meiri en áður.

- Hvað er hægt að segja til um setmagn í framtíðarhlaupum?

Segja má með nokkurri vissu að framburður í framtíðarhlaupum getur orðið meiri en áður þó ekki væri nema vegna greiðara aðgengis að lausu efni í farvegi Skaftár. Þetta ferli sást vel í mælingunum við Ása-Eldvatn þar sem framburðartoppurinn kom á undan rennslistoppinum vegna þess að hlaupið náði í laust efni frá eldri hlaupum ofan við mælistaðinn.

Framtíðarjökulhlaup munu því geta rofið setið frá hlaupinu 2015 sem einnig getur valdið vandamálum með setflutning í miklum vindi. Hlaupvatn frá framtíðar hlaupum getur náð meiri útbreiðslu á yfirborði vegna setfyllingar í hrauninu frá fyrri hlaupum sem enn fremur hefur áhrif á grunnvatn.

Breytingar á meðalframburði Skaftár má í fljótu bragði sjá á breyttum stuðlum aurburðarlykla. Við greiningu á löngum tímaröðum af ársframburði má sjá merki um veðurtengda þætti s.s. eins og minni framburð á köldu árunum (1980–1990). Of lítið hefur verið rannsakað svo hægt sé að fullyrða um áhrif loftslagsbreytinga á framburð. Enn meiri óvissa er um hver áhrifin verða á hlaupin úr Skaftárkötlum þótt að margt bendi til að þau muni fara stækkandi. Dæmi frá Grímsvötnum þar sem breyting varð á hlaupum í kjölfar eldgoss og þar með stærð hlaupanna, kennir okkur hins vegar að samspil milli jarðhita og eldstöðva undir jökli er flókið og nánast óútreiknanlegt.

6 Hugleiðingar

Í fyrstu skýrslu vísindanefndar um loftslagsmál á Íslandi frá 2008 er talað um að leysingaflóð frá jöklu muni aukast verulega en einnig aukin hætta verði á stærri flóðum vegna samtímis mikillar úrkomu og leysinga. En aftur á móti er talað um að jökulhlaupum muni fækka vegna þynningu jökla. Áhrif aukinnar úrkomuákefðar á aurburð eru talinn verða þannig að „*aurburður í jökulám eykst fyrst í stað með auknu rennsli en minnkar þegar til lengri tíma er litið. Undantekningar verða þó þær ár sem renna úr jaðarlónum við jökulsporða*“ (Halldór Björnsson o.fl., 2008). Í nýjustu skýrslu vísindaráðs (Halldór Björnsson o.fl., 2018) kemur fram að breyting í úrkomuákefð er óveruleg enn sem komið en talið er líklegt að hún muni aukast þegar líður á öldina. Áhrif þynningar jökuls á aukna eldvirkni eru talin ótvíræð og jafnvel talið að hún muni auka kvikuframleiðslu.

Með aukinni bráðnun jökla samfara hækkandi hitastigi, breytingu á úrkomu úr snjó í rigningu og aukinni úrkomuákefð og má því gera ráð fyrir auknum framburði frá íslenskum jökulám þegar líður á öldina. Þar með má reikna með að aukinn ársframburður verði í Skaftá. Ef aukning verður á kvikuframleiðsla á svæðinu vegna þynningar jökulsins mun það hafa áhrif á jarðhitasvæðið í Skaftárkötlu. Vísbendingar eru um að hlaup undan Skaftárjökli hafi tekið breytingum vegna breytinga á jarðhitasvæðinu en tenging þeirra breytinga við loftslagsbreytingar eru ekki þekktar. Fram kom í kafla tvö að Skaftárhlaup eru líklegri til að verða þegar

áköf úrkoma fellur á svæðið og katlarnir fyllast hratt. Af þessu má því áætla að loftslagsbreytingar muni hafa áhrif á Skaftárhlaup og á meðan ísinn er nógu þykkur eru líkur á að hlaupunum fjölgi frekar en fækki. Breytingar á umfangi katlanna og þar með hversu mikið vatn þarf til að fylla þá er hins vegar erfiðara að segja til um og þarf því að fylgjast náið með þeim (Magnús Tumi Guðmundsson o.fl., 2018).

7 Þakkir

Vinnan er hluti af verkefninu um hættumat varðandi jökulhlaup í Skaftá sem styrkt er af Ofanflóðasjóði. Landgræðsla ríkisins fær þakkir fyrir veitt gögn og aðstoð við uppréttingu loftmynda. ArcticDEM yfirborðslíkan sem notað var í reikningunum er byggt á gervitunglamyndum frá *DigitalGlobe, Inc.* og fjármagnað af styrkjum nr. 1043681, 1559691 og 1542736 frá National Science Foundation í Bandaríkjunum og færur við þeim þakkir fyrir afnot af myndum og landlíkani. Ennfremur þakka höfundar Oliver Korup frá Institut für Erd- und Umweltwissenschaften, Universität Potsdam, fyrir aðgengi að gögnum og aðstoð við útreikninga við mynd 35. Þakkir fyrir yfirllestur til Odds Sigurðssonar og Jórunnar Harðardóttur.

8 Heimildir

- Asselman, N.E.M. (2000). Fitting and interpretation of sediment rating curves. *Journal of Hydrology*, 234, 228–248.
- Auður Atladóttir, Emmanuel Pagneux, Matthew J. Roberts, Snorri Zóphóníasson, Oddur Sigurðsson, Bergur Einarsson, Gunnar Sigurðsson & Jórunn Harðardóttir (2013). *Handbók um Skaftárhlaup: Viðbragðsáætlun*. Skýrsla VÍ 2013-003. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Árni Snorrason, Páll Jónsson, Svanur Pálsson, Sigvaldi Árnason, Oddur Sigurðsson, Skúli Víkingsson, Ásgeir Sigurðsson & Snorri Zóphóníasson (1997). *Vatnajökull: Gos og hlaup 1996*. Ritsj. Hreinn Haraldsson. 97–137. Vegagerðin, Reykjavík.
- Boggs, S. Jr. (1995). *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*. 2nd edition. New Jersey: Prentice Hall.
- Einar Örn Hreinsson & Freysteinn Sigurðsson (2004). *Upprunaþættir Skaftárlinda*. Reykjavík, Orkustofnun, OS-2004/028.
- Emmanuel Pagneux & Árni Snorrason (2012). High-accuracy mapping of inundations induced by ice jams: A case study from Iceland. *Hydrology Research* 43(4), 412-421, doi:10.2166/nh.2012.114.
- Emmanuel Pagneux, Bogi B. Björnsson & Davíð Egilson (2018a). *Hættumat vegna jökulhlaupa í Skaftá: Útbreiðsla og flóðhæð Skaftárhlaupsins haustið 2015*. Skýrsla VÍ 2018-004. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Esther Hlíðar Jensen, Davíð Egilson, Emmanuel Pagneux, Bogi B. Björnsson, Snorri Zóphóníasson, Snorri Páll Snorrason, Ingibjörg Jónsdóttir, Ragnar H. Þrastarson, Oddur Sigurðsson & Matthew J. Roberts (2018). *Hættumat vegna jökulhlaupa í Skaftá: Mat á setflutningi með sögulegu yfirliti*. Skýrsla VÍ 2018-005. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Esther Hlíðar Jensen, Jórunn Harðardóttir, Svava Björk Þorlákisdóttir & Snorri Zóphóníasson (2011). *Heildarframburður Skaftár við Sveinstind árin 2001–2008*. Landsvirkjun, LV-2011/088.
- Gústav M. Ásbjörnsson & Elín Fjóra Þórarinsdóttir (2016). *Úttekt á jarðvegsrofi, aðgerðir Landgræðslunnar 2016 vegna afleiðinga Skaftárhlaupa og framkvæmdaáætlun fyrir árið 2017*. LR-2016/13. Landgræðsla ríkisins.
- Halldór Björnsson, Arný E. Sveinbjörnsdóttir, Anna K. Daníelsdóttir, Árni Snorrason, Bjarni D. Sigurðsson, Einar Sveinbjörnsson, Gísli Viggósson, Jóhann Sigurjónsson, Snorri Baldursson, Sólveig Þorvaldsdóttir & Trausti Jónsson (2008). *Hnattrænar loftslagsbreytingar og áhrif þeirra á Íslandi — Skýrsla vísindanefndar um loftslagsbreytingar*. Reykjavík: Umhverfisstofnun.
- Halldór Björnsson, Bjarni D. Sigurðsson, Brynhildur Davíðsdóttir, Jón Ólafsson, Ólafur S. Ástþórsson, Snjólaug Ólafsdóttir, Trausti Baldursson & Trausti Jónsson (2018). *Loftslagsbreytingar og áhrif þeirra á Íslandi — Skýrsla vísindanefndar um loftslagsbreytingar 2018*. Veðurstofa Íslands.
- Hilmar B. Hróðmarsson & Tinna Þórarinsdóttir (2018). *Flóð íslenskra vatnsfalla. Flóðagreining rennslisraða*. Greinargerð VÍ-2018-003 unnið fyrir Vegagerðina.
- Ingibjörg Kaldal (2002). *Skaftá: athugun á áfoki. Útbreiðsla Skaftárhlaupsins 1995*. Reykjavík, Orkustofnun, OS-2002/022.

- Jórunn Harðardóttir, Bergur Sigfússon, Páll Jónsson, Sigurður Reynir Gíslason, Gunnar Sigurðsson, Sverrir Óskar Elefsen (2004). *Niðurstöður rennslis-, aurburðar og efnamælinga í Skeiðarárhlaupi haustið 2004*. Orkustofnun. Unnið fyrir Vegagerðina, OS-2004/025.
- Jórunn Harðardóttir & Svava Björk Þorláksdóttir (2003). *Niðurstöður aurburðarmælinga í Skaftá árið 2002*. Reykjavík Orkustofnun; Vatnamælingar OS-2003/051.
- Korup, Oliver (2012). Earth's portfolio of extreme sediment transport events. *Earth-Science Reviews* 112 (2012) 115–125.
- Magnús Tumi Guðmundsson, Þórdís Högnadóttir, Eyjólfur Magnússon & Finnur Pálsson (2018). *Hættumat vegna jökulhaupa í Skaftá: Þróun Skaftárkatla 1938-2015*. Óútgefið handrit.
- Matthías Á. Jónsson, Tinna Þórarinsdóttir, Emmanuel Pagneux, Bogi B. Björnsson, Davíð Egilson, Tómas Jóhannesson & Matthew J. Roberts (2018). *Hættumat vegna jökulhaupa í Skaftá: Kvörðun straumfræðilíkans*. Skýrsla VÍ 2018-007. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Old, Gareth H., Damian M. Lawler & Árni Snorrason (2005). Discharge and suspended sediment dynamics during two jökulhlaups in the Skaftá river, Iceland. *Earth surface processes and landforms*, 30:11, 1441-1460.
- Polar Geospatial Center (2016). ArcticDEM Documentation and User Guidance. Saint Paul, Minnesota: Polar Geospatial Center, University of Minnesota.
- Ríkey Hlín Sævarsdóttir (2002a). *Sprungulekt af Skaftárvæðinu*. Reykjavík: Orkustofnun Vatnamælingar. OS-2002/039.
- Ríkey Hlín Sævarsdóttir (2002b). *Berglektarkort af Skaftárvæðinu*. Reykjavík: Orkustofnun, Vatnamælingar, OS-2002/035.
- Snorri P. Snorrason/Almenna verkfræðistofan & Freysteinn Sigurðsson/Orkustofnun (2002). *Skaftárveita grunnvatnsrannsóknir fram til 2001*. LV-2002/056.
- Snorri Zóphóníasson (2002). *Rennslí í Skaftárhlaupum 1955–2002*. Reykjavík: Orkustofnun, Greinargerð, SZ-2002/01.
- Snorri Zóphóníasson (2010-12-29). *Rennslí í ám á vatnsárinu 2009/2010*. Sótt á: Veðurstofa Íslands, fróðleikur. <http://www.vedur.is/vatnafar/frodleikur/greinar/nr/2076>.
- Snorri Zóphóníasson & Svanur Pálsson (1996). *Rennslí í Skaftárhlaupum og aur- og efnastyrkur í hlaupum 1994, 1995 og 1996*. OS-96032/VOD-05 B. Reykjavík: Orkustofnun.
- Snorri Zóphóníasson (2015). *Vatnafar í Eldhrauni Náttúrulegar breytingar og áhrif veitumannvirkja*. Skýrsla VÍ 2015-003. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Svanur Pálsson & Guðmundur H. Vigfússon (1996). *Gagnasafn aurburðarmælinga 1963–1995*. Greinargerð, GRG SvP-GHV-2000/02). Reykjavík: Orkustofnun.
- Svanur Pálsson & Guðmundur H. Vigfússon (2000). *Leiðbeiningar um mælingar á svifaur og úrvinnslu gagna*. Reykjavík: Orkustofnun, SvP-GHV-2000/02.
- Svanur Pálsson, Snorri Zóphóníasson, Hrefna Kristmannsdóttir & Páll Jónsson (1999). *Grímsvatnshlaupið fyrra 1996*. Skýrsla, OS-99115. Reykjavík: Orkustofnun.
- Yang, Guifang, Zhongyuan Chen, Fengling Yu, Zhanghua Wang, Yiwen Zhao & Zhangqiao Wang (2007). Sediment rating parameters and their implications: Yangtze River, China. *Geomorphology* 85 (2007) 166–175.
- Þorsteinn Þorsteinnsson (2016-08-23). *Lítið jökulhlaup í Gígjukvísl*. Sótt á: Veðurstofa Íslands, fróðleikur. <http://www.vedur.is/um-vi/frettir/litid-jokulhlaup-i-gigjukvisl>.

Viðauki I. Mældur svifaur í Skaftá frá árinu 2009

Vatnsfall	Dagsetning og tími	Leiðni µS/cm	Lofthiti °C	Vatnshiti °C	Rennsli m ³ /s	Aurstyrkur mg/l	TDS mg/l	Sýnagerð	Stútur mm	Framburður kg/s
Ása-Eldvatn	2009-07-09 08:30	83,5			117	1715	64	S2	2	200
Ása-Eldvatn	2009-07-17 15:30	bilaður			81,6	1401	57	S2	4	114
Ása-Eldvatn	2009-08-13 21:19	94,6			107	1722	64	S2	3	184
Ása-Eldvatn	2009-08-14 08:03	100,8			116	1925	65	S2	3	222
Ása-Eldvatn	2009-08-19 15:00	89,6			116	2238	70	S2	3	260
Ása-Eldvatn	2009-09-02 19:00	101			80,8	1169	78	S2	3	94
Ása-Eldvatn	2009-10-20 17:50	58,4			54,0	930	88	S2	4	50
Ása-Eldvatn	2010-06-29 09:00	Biláður			760	5368	205	S2	2	4078
Ása-Eldvatn	2010-06-29 15:40	Biláður								0
Ása-Eldvatn	2010-06-29 18:30	Biláður								0
Ása-Eldvatn	2010-06-29 21:30	Biláður			702	15350	194	S1	2	10770
Ása-Eldvatn	2010-06-30 10:30	Biláður								0
Ása-Eldvatn	2010-06-30 13:10	412								0
Ása-Eldvatn	2010-06-30 15:20	395			558	14330	235	S1	2	7989
Ása-Eldvatn	2010-06-30 19:00	364								0
Ása-Eldvatn	2010-07-01 08:30	216			255	8365	178	S1	2	2135
Ása-Eldvatn	2010-07-01 12:20	195								0
Ása-Eldvatn	2010-07-08 21:05	113			111	3665	85	S2	4	408
Ása-Eldvatn	2010-08-26 18:35	145			77,3	4399	98	S2	3	340
Ása-Eldvatn	2010-09-30 18:45	80,7			334	3366	75	S2	2	1125
Ása-Eldvatn	2013-03-21 18:30				35,5	522	75	S1	5	19
Ása-Eldvatn	2013-05-07 14:40	106		5,9	27,8	199	75	S1	6	6

Vatnsfall	Dagsetning og tími	Leiðni µS/cm	Lofthiti °C	Vatnshiti °C	Rennsli m³/s	Aurstyrkur mg/l	TDS mg/l	Sýnagerð	Stútur mm	Framburður kg/s
Ása-Eldvatn	2013-07-11 14:50	81,3		9,6	86,6	662	61	S2	3	57
Ása-Eldvatn	2013-09-23 17:00	108,9		4,2	43,5	535	101	S2	4	23
Ása-Eldvatn	2014-02-11 20:15	137,2		0,0	33,5	179	100	S2	6,0	6
Ása-Eldvatn	2014-07-30 17:30	75,2		11,0	143	1266	72	S1	3,0	181
Ása-Eldvatn	2014-09-02 21:25	79,8		7,4	117	1877	63	S1	4,0	220
Ása-Eldvatn	2014-11-20 10:25	87,9		5,4	72,2	882	58	S1	3,0	64
Ása-Eldvatn	2015-07-07 20:30				83,4	325	73	S1	3	27
Ása-Eldvatn	2015-09-07 15:15	107,5		9,2	81,7	652	55	S2	4	53
Ása-Eldvatn	2015-09-08 15:25	99		9,1	92,0	902	79	S2		83
Ása-Eldvatn	2015-10-01 09:15	124		6,0	104	1532	90	S1	3	159
Ása-Eldvatn	2015-10-01 13:40	126,7		5,9	138	2941	116	S1	2,5	405
Ása-Eldvatn	2015-10-01 18:50	189,4		4,7	387	16497	796	S1	2	6386
Ása-Eldvatn	2015-10-01 22:10	218		3,7	568	15140	779	S1	2	8593
Ása-Eldvatn	2015-10-02 08:00	204		2,4	1082	14801	307	S1	2	16009
Ása-Eldvatn	2015-10-02 09:25	204		2,3	1082	14532	458	S2	2	15726
Ása-Eldvatn	2015-10-02 12:00	205		2,3	1083	13300	389	S3	6	14406
Ása-Eldvatn	2015-10-02 12:50	207		2,4	1083	13407	387	S3	6	14525
Ása-Eldvatn	2015-10-02 15:30	211		2,4	1084	9385	382	S2	2	10176
Ása-Eldvatn	2015-10-02 21:00	212		2,7	1086	7034	438	S1	2	7641
Ása-Eldvatn	2015-10-03 08:25	280		1,5	938	9542	234	S1	2	2357
Ása-Eldvatn	2015-10-03 15:25	366		2,0	793	12547	422	S3	6	9945
Ása-Eldvatn	2015-10-03 17:35	395		2,2	750	12627	420	S3	6	9471
Ása-Eldvatn	2015-10-03 21:15	420		2,2	667	13294	361	S3	6	8869
Ása-Eldvatn	2015-10-04 08:40	326		2,2	413	9165	296	S3	6	3782
Ása-Eldvatn	2015-10-04 14:30	265		3,4	343	5895	256	S3	6	2023

Vatnsfall	Dagsetning og tími	Leiðni µS/cm	Lofthiti °C	Vatnshiti °C	Rennsli m ³ /s	Aurstyrkur mg/l	TDS mg/l	Sýnagerð	Stútur mm	Framburður kg/s
Ása-Eldvatn	2015-10-04 19:20	218		4,8	347	5210	203	S3	6	1808
Ása-Eldvatn	2015-10-05 08:40	111		5,7	559	2597	115	S3	6	1451
Ása-Eldvatn	2015-10-05 23:15	104		5,3	454	4207	108	S3	6	1908
Ása-Eldvatn	2015-10-06 09:25	80,0		6,4	572	1705	85	S3	6	975
Kirkjubæjarklaustur	2009-07-09 07:40	84,8			70,6	1216	59	S2	4	86
Kirkjubæjarklaustur	2009-07-17 14:50	bláður			59,4	2139	65	S2	5	127
Kirkjubæjarklaustur	2009-07-29 21:20	90,9			45,9	654	68	S1	5	30
Kirkjubæjarklaustur	2009-08-14 08:52	96,8			76,9	1702	63	S2	3	131
Kirkjubæjarklaustur	2009-08-19 14:15	84,7			95,0	2090	72	S2	5	199
Kirkjubæjarklaustur	2009-09-04 12:02	98,0			61,8	2352	78	S2	5	145
Kirkjubæjarklaustur	2010-05-20 20:20	68,6			83,1	762	66	S1	4	63
Kirkjubæjarklaustur	2010-06-29 08:00	180			189	4461	188	S1	3	841
Kirkjubæjarklaustur	2010-06-29 16:20	Bláður								0
Kirkjubæjarklaustur	2010-06-29 19:10	Bláður								0
Kirkjubæjarklaustur	2010-06-29 22:10	Bláður			187	10736	256	S2	3	2012
Kirkjubæjarklaustur	2010-06-30 11:00	405								0
Kirkjubæjarklaustur	2010-06-30 13:40	400								0
Kirkjubæjarklaustur	2010-06-30 15:50	392			176	12547	224	S2	3	2214
Kirkjubæjarklaustur	2010-06-30 20:20	365								0
Kirkjubæjarklaustur	2010-07-01 09:10	242			134	6336	185	S2	3	851
Kirkjubæjarklaustur	2010-07-01 13:00	210								0
Kirkjubæjarklaustur	2010-07-08 19:30	111			69,9	2260	71	S2	6	158
Kirkjubæjarklaustur	2010-08-26 17:20	138			64,1	1939	92	S1	4	124
Kirkjubæjarklaustur	2010-09-30 19:52	69,7			158	1730	63	S1	3	273
Kirkjubæjarklaustur	2011-05-10 09:10	53		6,1	107	992	48	S2	4	107

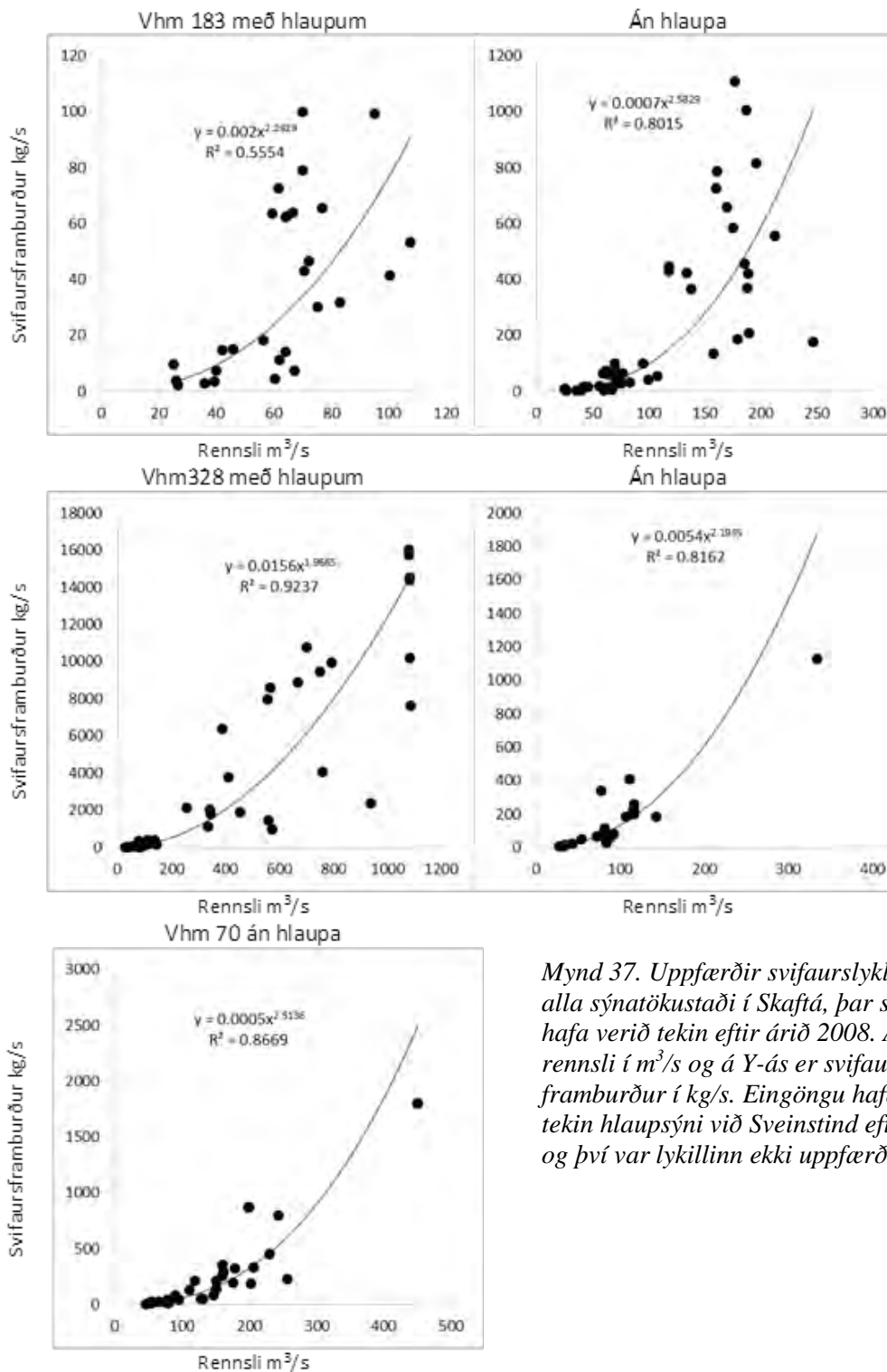
Vatnsfall	Dagsetning og tími	Leiðni µS/cm	Lofthiti °C	Vatnshiti °C	Rennsli m ³ /s	Aurstyrkur mg/l	TDS mg/l	Sýnagerð	Stútur mm	Framburður kg/s
Kirkjubæjar klaustur	2011-06-21 22:00	79,6	10,1	10,5	72,4	1283	55	S2	6	93
Kirkjubæjar klaustur	2011-08-25 15:00	119		8,4	69,9	2855	90	S1	4	200
Kirkjubæjar klaustur	2011-09-09 09:39	121		3,0	64,6	1943	82	S2	6	126
Kirkjubæjar klaustur	2012-05-10 23:15	89,4		7,1	39,5	173	73	S2	6	7
Kirkjubæjar klaustur	2012-06-11 21:30	89,2		12	40,0	368	66	S2	5	15
Kirkjubæjar klaustur	2012-07-12 21:25	82,7	14,2	13,9	56,5	649	63	S2	5	37
Kirkjubæjar klaustur	2012-12-19 11:11	103		0,2	26,2	297	67	S2	6	8
Kirkjubæjar klaustur	2013-03-20 20:00	98,0		0,1	25,3	768	74	S2	6	19
Kirkjubæjar klaustur	2013-05-07 19:40	88,1		6,5	35,9	156	63	S2	5	6
Kirkjubæjar klaustur	2013-07-11 17:30	80,3		11,3	67,3	217	62	S2	4	15
Kirkjubæjar klaustur	2013-09-24 20:40	99,0		5,0	42,3	694	82	S2	3	29
Kirkjubæjar klaustur	2014-02-11 18:15	114		0,5	26,9	175	81	S2	6,0	5
Kirkjubæjar klaustur	2014-07-29 21:15	vantar		vantar	100	825	63	S2	3,0	83
Kirkjubæjar klaustur	2014-11-17 17:55	78,1		5,3	64,2	444	61	S2	4,0	28
Kirkjubæjar klaustur	2014-11-19 18:40	80,5		6,4	62,0	358	63	S2	5,0	22
Kirkjubæjar klaustur	2015-06-09 17:20	73,4		9,8	75,3	806	64	S2	3,5	61
Kirkjubæjar klaustur	2015-07-07 19:45				60,5	145	51	S2	3,5	9
Kirkjubæjar klaustur	2015-09-08 15:00	99,4		9,7	66,6	1924	74	S2	4	128
Kirkjubæjar klaustur	2015-10-01 11:20	105		6,8	72,5	777	78	S2	3	56
Kirkjubæjar klaustur	2015-10-01 21:25	146		5,9	118	7546	361	S2	2,5	894
Kirkjubæjar klaustur	2015-10-02 08:40	194		2,9	161	9768	391	S2	2,5	1571
Kirkjubæjar klaustur	2015-10-02 14:35	188		3,3	196	8336	274	S2	2,5	1633
Kirkjubæjar klaustur	2015-10-02 21:40	194		2,9	212	5230	173	S2	2,5	1110
Kirkjubæjar klaustur	2015-10-03 10:10	220		2,0	185	4941	199	S2	2,5	915
Kirkjubæjar klaustur	2015-10-03 14:25	260		2,6	175	6655	230	S3	3	1167

Vatnsfall	Dagsetning og tími	Leiðni µS/cm	Lofthiti °C	Vatnshiti °C	Rennslí m³/s	Aurstyrkur mg/l	TDS mg/l	Sýnagerð	Stútur mm	Framburður kg/s
KirkjubæjarKlaustur	2015-10-03 16:40	286		2,8	170	7730	268	S2	3	1314
KirkjubæjarKlaustur	2015-10-03 20:30	317		2,9	160	9063	275	S2	3	1451
KirkjubæjarKlaustur	2015-10-04 09:50	299		2,9	118	7301	216	S2	3	861
KirkjubæjarKlaustur	2015-10-04 15:50	207		4,7	138	5301	189	S2	3	731
KirkjubæjarKlaustur	2015-10-04 21:30	140		6,4	188	3926	145	S2	3	737
KirkjubæjarKlaustur	2015-10-05 12:10	87,4		5,8	179	2096	94	S2	3	375
KirkjubæjarKlaustur	2015-10-05 22:15	85,5		7,0	189	2204	81	S2	2,5	417
KirkjubæjarKlaustur	2015-10-06 10:00	61,5		7,3	246	1422	64	S2	2,5	350
Skaftárdalur	2009-05-28 09:45	80,5			129	387	57	S2	3	50
Skaftárdalur	2009-07-09 09:30	77,5			202	920	58	S2	2	186
Skaftárdalur	2009-07-17 09:45	blaður			162	1797	58	S2	4	291
Skaftárdalur	2009-07-29 15:50	gleymd			111	1152	75	S2	2	128
Skaftárdalur	2009-09-28 19:15	116			90,7	937	86	S2	4	85
Skaftárdalur	2009-10-21 15:15	55,6			95,7	478	80	S2	4	46
Skaftárdalur	2010-05-27 19:51	87			75,7	271	67	S1	2	21
Skaftárdalur	2010-07-06 16:15	111			199	4359	87	S2	2	868
Skaftárdalur	2010-08-27 10:50	144			150	894	95	S2	2	135
Skaftárdalur	2010-09-30 17:58	81,1			450	3998	70	S2	2	1800
Skaftárdalur	2011-05-09 22:15	50		4,2	257	884	46	S2	3	227
Skaftárdalur	2011-06-23 16:15	79,5	11,5	7,0	179	1800	44	S2	3	323
Skaftárdalur	2011-07-27 18:20	140		7,7	244	3263	100	S2	2	796
Skaftárdalur	2011-09-09 08:15	137		1,3	119	1771	93	S2	3	210
Skaftárdalur	2012-05-10 21:50	97,9		6,8	80,1	162	63	S2	3,5	13
Skaftárdalur	2012-06-11 18:45	82,7		11,7	80,9	242	60	S2	2,5	20
Skaftárdalur	2012-07-12 09:30	80		8,8	151	1404	56	S2	3	212

Vatnsfall	Dagsetning og tími	Leiðni µS/cm	Lofthiti °C	Vatnshiti °C	Rennslí m³/s	Aurstyrkur mg/l	TDS mg/l	Sýnagerð	Stútur mm	Framburður kg/s
Skaftárdalur	2012-09-18 18:50	115		5,0	54,5	413	75	S2	2,5	22
Skaftárdalur	2013-09-25 16:20	108	6,0	4,0	65,3	531	92	S2	4	35
Skaftárdalur	2013-07-11 14:00	76,2		8,0	54,5	1613	61	S2	3	88
Skaftárdalur	2013-03-21 14:00	92,7		0,7	160	417	72	S2	4	67
Skaftárdalur	2013-05-08 13:57	90,0		3,6	78,5	186	73	S2	5	15
Skaftárdalur	2014-02-12 11:45	123		0,2	46,5	111	88	S2	4,0	5
Skaftárdalur	2014-07-30 16:40	78,7		9,7	231	1975	63	S2	2,0	455
Skaftárdalur	2014-09-03 09:30				207	1618	65	S2	3,0	335
Skaftárdalur	2014-11-19 20:45	78,8		5,2	131	403	62	S2	2,0	53
Skaftárdalur	2015-07-09 18:30				147	582	83	S2	2,5	85
Skaftárdalur	2015-09-07 16:35	104		7,9	160	2210	77	S2	3	353
Skaftárdalur	2015-09-08 14:35	94,0		7,9	177	1092	71	S2	3	193
Sveinstindur	2015-10-01 02:15	168		2,2	152	7333	143	S1	3	1114
Sveinstindur	2015-10-01 10:15	263		1,5	692	23518	870	S1	2,0	16269
Sveinstindur	2015-10-01 15:00	282		1,5	1137	21033	488	S1	2,0	23918
Sveinstindur	2015-10-02 14:30	255		0,6	1643	8284	334	S3	6,0	13613
Sveinstindur	2015-10-02 18:30	292		0,7	1392	9863	523	S3	6,0	13731
Sveinstindur	2015-10-02 22:30	326		0,6	1288	12527	608	S3	6,0	16131
Sveinstindur	2015-10-03 10:30	547		0,1	1034	22190	322	S1	2,0	22946
Sveinstindur	2015-10-03 14:30	520		0,8	889	21890	452	S1	2	19464
Sveinstindur	2015-10-03 19:45	444		0,7	598	31189	517	S1	2,5	18658
Sveinstindur	2015-10-03 22:45	410		0,4	474	29960	340	S1	2,5	14192
Sveinstindur	2015-10-04 03:15	355		0,1	343	52516	145	S1	3	18000

Viðauki II. Svifaurslyklar uppfærðir

Svifaurslyklar fyrir þrjá staði neðan við Sveinstind. Þetta eru Skaftárdalur vhm 70, Ása-Eldvatn vhm 328 og Kirkjubæjarklaustur vhm 183. Gildistími lykllanna er árabilið 2009–2016.



Mynd 37. Uppfærðir svifaurslyklar fyrir alla sýnatökustaði í Skaftá, þar sem sýni hafa verið tekin eftir árið 2008. Á X-ás er rennsli í m³/s og á Y-ás er svifaursframburður í kg/s. Eingöngu hafa verið tekin hlaupsýni við Sveinstind eftir 2008 og því var lykllinn ekki uppfærður.

Viðauki III. Brúun svifaursframburðar og áætlun rennslis

Svifaurskýni voru tekin í hlaupinu á þremur stöðum, þ.e. við Sveinstind, Ása-Eldvatn og við Kirkjubæjarklaustur. Sýnatakan og greining sýnanna fylgir fyrirfram ákveðnum verkferlum (Svanur Pálsson & Guðmundur H. Vigfússon, 2000). Ljóst var að vegna fæðar sýna og vegna erfiðleika við rennslismælingar í hlaupinu þurfti að áætla svifaursframburð og rennsli fyrir ákveðin tímabil á sumum stöðunum. Hér fyrir neðan er farið í gegnum þær niðurstöður.

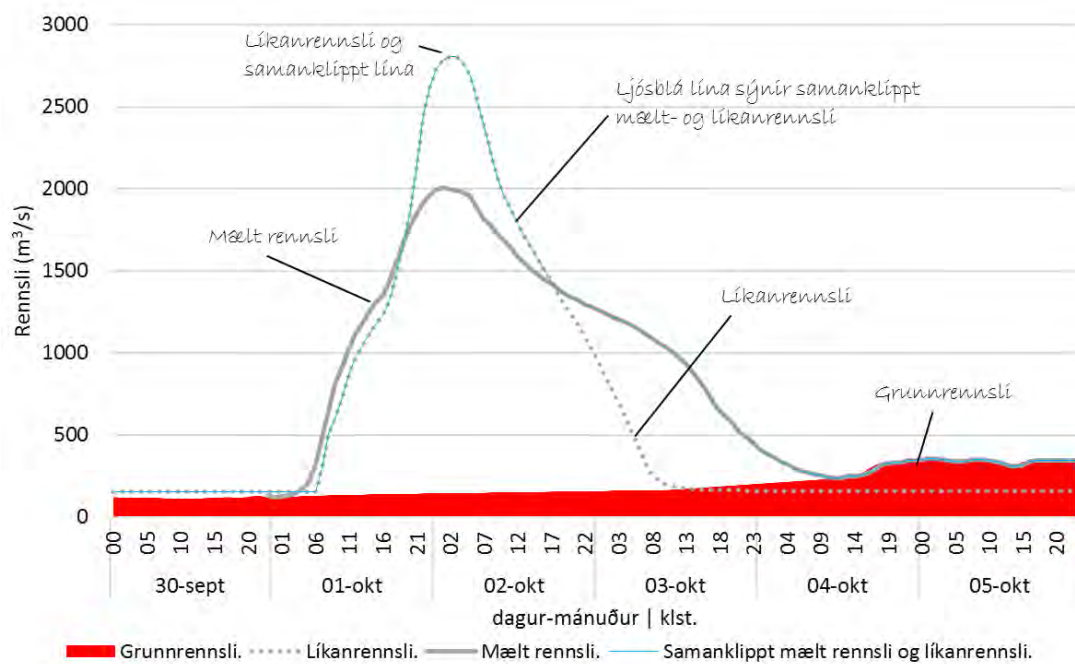
Rennsli í hlaupinu var mælt á fjórum stöðum (Mynd 2) en í þremur af þessum mælistöðvum náðist ekki að mæla hámarksrennsli hlaupsins. Efsta mælistöðin uppi við Sveinstind vanáætlað rennsli vegna þess hve mikið vatn rennur framhjá mælinum (nánari umfjöllun um framhjárrennsli er í skýrslunni *Kvörðun straumfræðilíkans* (Matthías Á. Jónsson o.fl., 2018). Mælistöðin í Skaftárdal sópaðist í burtu í kringum miðnætti aðfaranótt 2. október eða nokkrum klukkustundum áður en áætluðu hámarki var náð. Þversnið mælistaðarins við Ása-Eldvatn rofnaði þannig að farvegurinn víkkaði neðan við brúna sem gerði það að verkum að brot kom á rennslisferilinn (Mynd 39). Því var að hluta til notast við líkanreiknað rennsli fyrir sýni frá Sveinstindi og frá Ása-Eldvatni. Nánari umfjöllun um líkanreikninga á rennsli í hlaupinu má sjá í skýrslunni *Kvörðun straumfræðilíkans* (Matthías Á. Jónsson o.fl., 2018).

Á mynd 38 má sjá rennslisferla fyrir Sveinstind. Ferlarnir eru þrír, sá fyrsti reiknaður samkvæmt lykli þ.e. vatnshæðar og rennslismælinga (samfelld lína). Rennslislykillinn nær ekki að túlka svo háan topp eins og varð í hlaupinu því að ekki eru til nógu háar rennslismælingar til að framlengja lykilinn. Því þurfti að nota rennslislíkan til að reikna mesta rennslið og er rennslisferill þess sýndur með punktalínu. Þar sem mikið tölvuminni þarf í þá útreikninga var allur ferillinn ekki hermdur og því fellur hann hraðar en raunin var. Því var brugðið á það ráð að klippa saman ferlana þar sem áreiðanleika lykilsins sleppir og er sá rennslisferill sem notaður er við útreikninga sýndur með bláum lit (samfelld og brotalína).

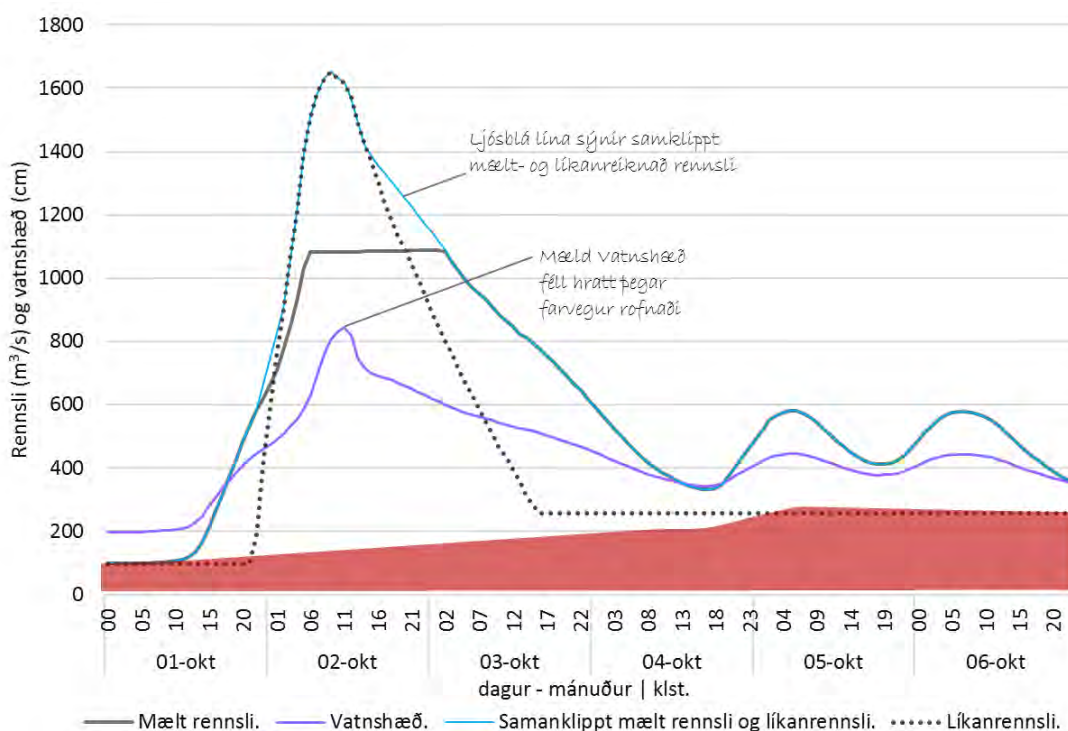
Það þurfti einnig að lagfæra rennslið við Ása-Eldvatn þar sem gróf úr farveginum og samband vatnshæðar og rennslis rofnaði, (Mynd 39) og var það gert með því að klippa saman mælt og líkanreiknað rennsli.

Rennslisstoppur er áætlaður um kl. 12 þann 2. október en þá rofnaði úr farveginum og mæliþversniðið breyttist. Þetta sést vel á vatnhæðarferlinum á Mynd 39 (fjólublá lína). Vatn rann í kringum kláfmastrið kl. 10:03 (mynd 12, efst t.v.) og lónaði uppi. Slíkt bakvatn gerir það að verkum að samband rennslis og vatnshæðar breyttist þannig að rennsli í þversniðinu var minna en rennslislykill gerir ráð fyrir.

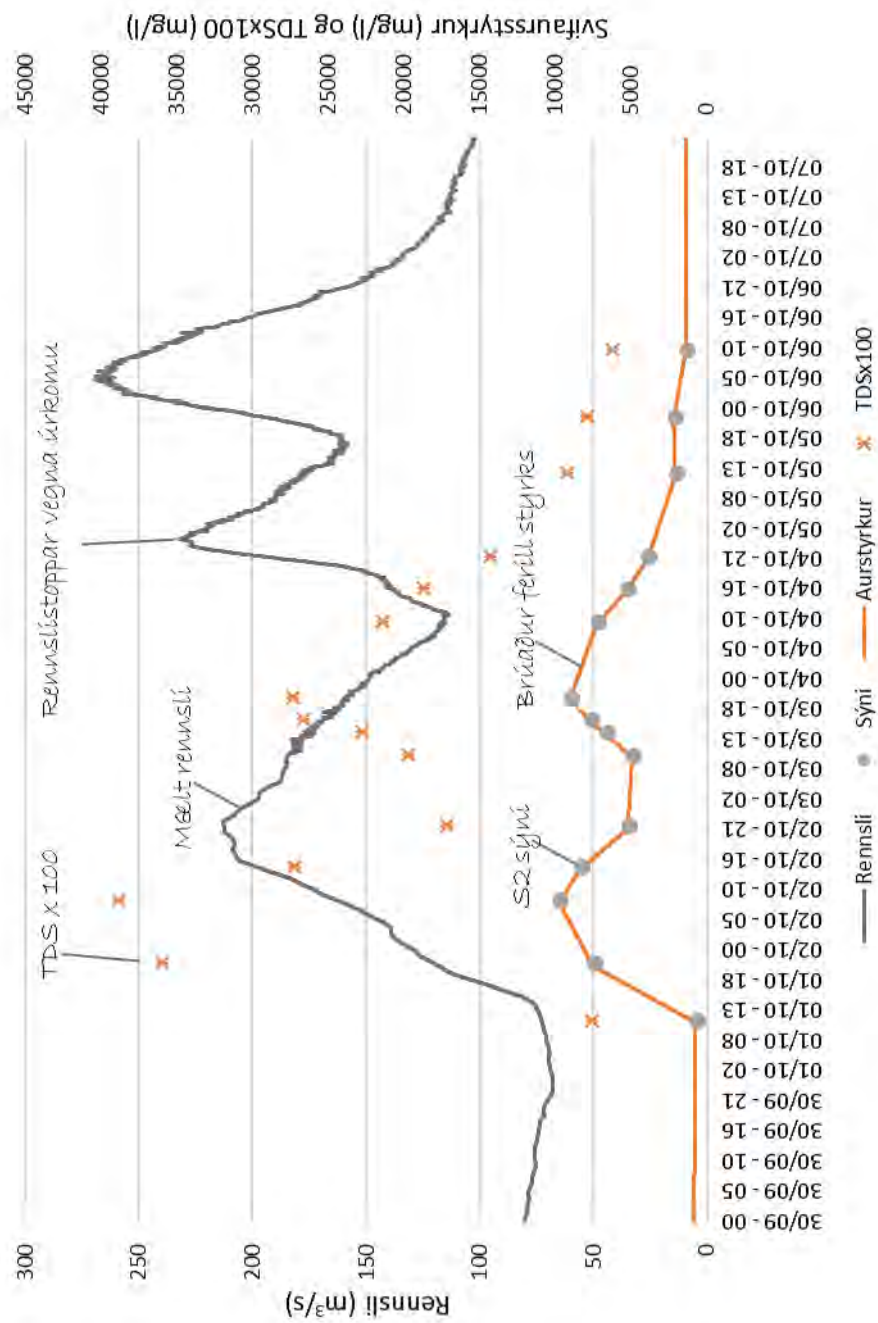
Rennslismælir við Kirkjubæjarklaustur virkaði allan tímann í hlaupinu (Mynd 40) en þar má sjá að úrkoma hefur mun meiri áhrif á rennslið en sjálft hlaupið.



Mynd 38. Rennslisferlar fyrir Sveinstind. Neðst er rautt svæði sem táknar grunnrennsli. Samfella lína sýnir mælt rennsli og punktalína sýnir líkanreiknað rennsli. Blá lína (samfella og punktalína) sýnir samanklipptan rennslisferil með mældu og líkanreiknuðu rennsli.



Mynd 39. Rennslisferill mælds rennsli og vatnshæð við Ása-Eldvatn. Rauða svæðið sýnir grunnrennsli. Ljósbláa línan eltir mæld rennslið nema í rennslistoppnum þar sem notast er við líkanreiknað rennsli. ATH. Rof í farveginum olli broti á ferlinum kl. 12:03 þann 2. október.



Mynd 40. Rennsli (grá lína) og S2 sýni úr hlaupi við Kirkjubæjarklaustur (gráir punktar) ásamt brúaðum ferli svifaurstyrks (appelsínugul lína). Mæling á uppleystum efnum í sýnum er táknuð með appelsínugulum x-um.

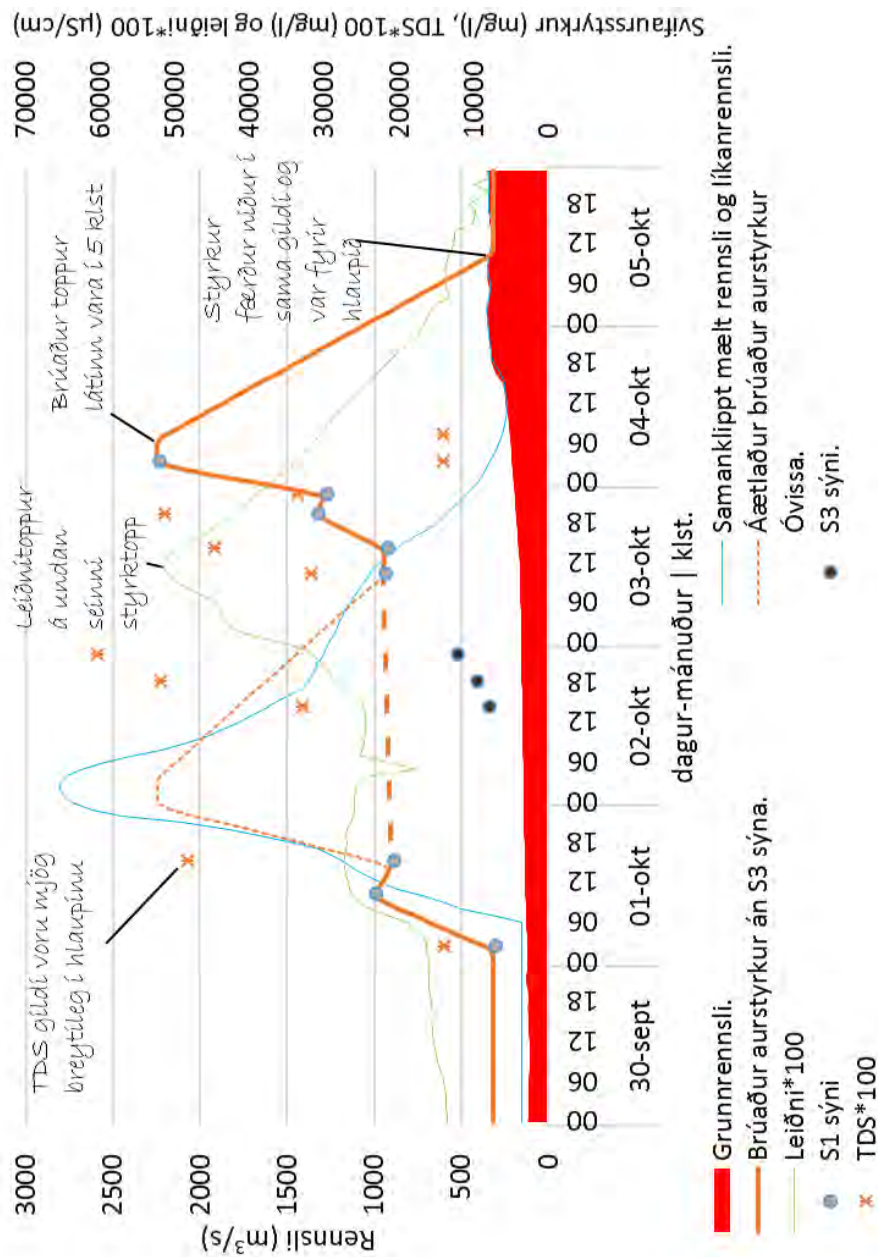
Við útreikninga á framburði vatnsfalla er mikilvægt að vita augnabliksrennsli upp á mínútu á þeim tíma sem aurburðarsýnið er tekið. Þess vegna skiptir miklu máli við slíka útreikninga að trúverðugir rennslisferlar séu fyrir hendi. Mynd 41 sýnir rennslisferilinn sem var valinn, samanber mynd 41 (ljósblá lína) ásamt leiðni sem einnig er mæld með síritandi mæli (græn lína). Yfirleitt er mjög gott samband milli leiðni í fallvötnum og magns uppleystra efna (Total Dissolved Solids –TDS) í vatninu. Hins virðist hins vegar ekki hafa verið svo í hlaupinu 2015.

Á myndinni má einnig sjá punkta sem tákna þau svifaurssýni sem tekin voru við Sveinstind í hlaupinu. Flest sýnin (ljósgráir punktar) voru af S1 gerð en þrjú sýnanna voru af S3 gerð (dökkgráir punktar). Brúni ferillinn er dreginn á milli allra sýnanna sem tekin voru í hlaupinu, þar á meðal S3 sýnanna. Vitað er frá fyrri tíð að S3 sýni innihalda iðulega of lágan svifaursstyrk þar sem þau eru tekin af bakka árinna þar sem aurstyrkur lægri, rennsli minna og sýnataka nær síður nálægt botni en þar er aurstyrkur meiri en ofar í vatnsbolnum. Var því talið varhugavert að treysta þeim ferli þrátt fyrir að hann gæfi væntanlega ágætt mat á lágmarksstyrk hlaupsins. Sérstaklega voru þessi lágu gildi grunsamleg þar sem tveir svifaurstoppar sjást í 2015 hlaupinu við Ása-Eldvatn og Kirkjubæjarklaustur (sjá síðari umræðu). Í þeim jökulhlaupum við Sveinstind þar sem nógu mörg sýni hafa verið tekið má oft sjá tvo svifaurstoppa, annars vegar í upphafi hlaups og hins vegar u.þ.b. tveimur sólarhringum síðar, oft í kjölfar jarðskjálftaóróa (Jórunn Harðardóttir & Svava Björk Þorláksdóttir, 2003; Galeczka o.fl., 2015). Var því ákveðið að sýna tvær mögulegar áætlanir á ferlinum sem væru báðar líklegri en að byggja ferilinn á bæði S1 og S3 sýnum; annars vegar ferill þar sem S3 sýnum er sleppt og brúað beint milli S1 sýna (brún strikálína) og hins vegar áætlaður svifaurstoppur í byrjun hlaups (appelsínugulur ferill) Í toppinum er miðað við að styrkur svifaurs hafi náð hámarki á sama tíma og rennsli og hámarksgildi fyrri svifaurstoppa sé jafnt því sem mældist í seinni svifaurstoppnum, eða 52.000 mg/l. Við framburðarútreikninga eru gefin gildi fengin með því að nota áætluðu ferlana tvo sem efri og neðri mörk svifaursframburðar.

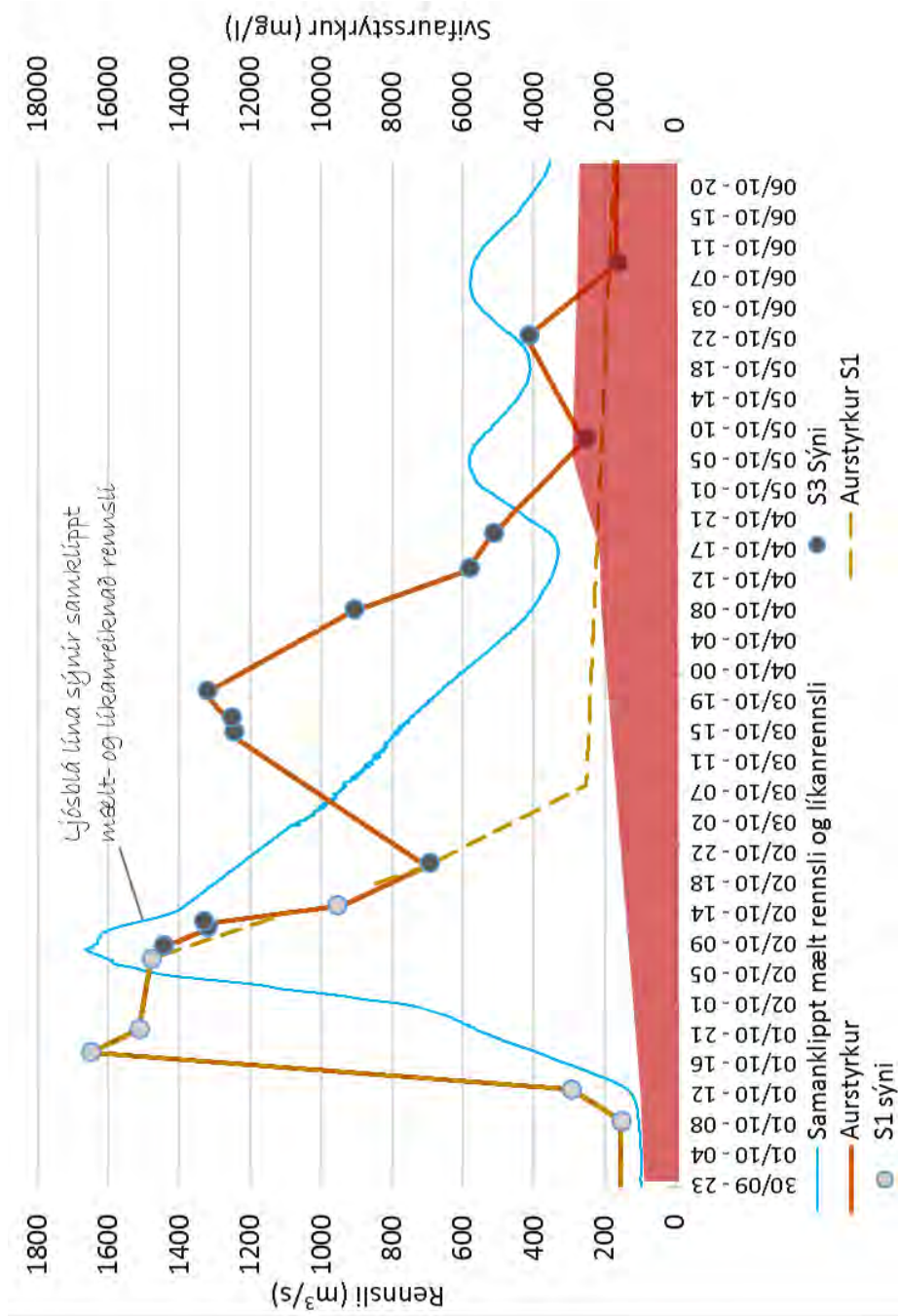
Mæld leiðni í hlaupinu er ekki tvítoppa en það er í ágætu samræmi við niðurstöður úr hlaupum frá árinu 2002 sem voru engu að síður með tvo svifaurstoppa (Jórunn Harðardóttir og Svava Björk Þorláksdóttir, 2002). Síðasta sýnið sem tekið var í hlaupinu var með hæsta styrkinn og því voru ekki tekin sýni síðar í hlaupinu. Til að framlengja ferilinn var ákveðið að láta toppinn vara í 5 klst. sem var sambærilegt við tímabil leiðnitoppa og láta síðan ferilinn falla niður í grunnigildi upphafi hlaups.

Sýnataka við Ása-Eldvatn var vandkvæðum bundin því byrjað var að taka sýni af brúnni eins og gert er venjulega. Eftir að áin gróf frá brúarstólpa hennar var ekki óhætt að fara út á brúna og því voru tekin bakkasýni með handsýnataka. Þegar ferill aurstyrks er skoðaður með rennslisferli (Mynd 42) má sjá að styrkurinn er í hámarki nokkru áður en rennlistoppurinn nær hámarki.

Sýnin eru ekki öll af sömu gerð og því má jafnvel gera ráð fyrir að styrkur hefði verið meiri en S3 sýnin um morguninn þann 2. október gefa til kynna (sjá fyrri umræðu um gæði S3 sýna). Líklegasta skýringin á því að styrktoppurinn kemur á undan rennlistoppinum er sú að hlaupið hafi komist í laust efni í farveginum frá fyrri hlaupum og ýti því á undan sér í hlaupfaldinum.



Mynd 41. Leiðni, rennsli, svifaurstyrkur og TDS úr sýnum ásamt brúuðum ferlum svifaurstyrks. Bláa línan sýnir rennsli og brúna svifaurstyrk allra sýna. Brúna punktalínan sýnir beina brúun milli S1 sýna í hámarki rennslis og sú appelsínugula brúaðan svifaurstyrk í áætluðum svifaurstoppi. Karrígula punktalínan sýnir brúaðan svifaurstyrk með S3 sýnum. Græna lína sýnir melda leiðni. Rauða svæðið sýnir grunnrennsli. Ljósgráir punktar eru S1 sýni og dökkgráir S3 sýni. Appelsínugul x eru mæling á TDS.



Mynd 42. Rennslí og svifaurstyrkur úr sýnum við Ása-Eldvatn, ásamt brúuðum ferlum svifaurstyrks. Bláa línan sýnir rennsli og sú brúna brúaðan aurstyrk en punktalína brúaðan styrk með S1 sýnum eingöngu. Rauða svæðið sýnir grunnrennsli. Ljósir gráir punktar eru S1 sýni og dökkir S3 sýni.

Viðauki IV. Könnun á útbreiðslu með greiningu gervitunglamynda

Tilgangur með greiningu gervitunglagagna m.t.t. flóða getur verið eftirfarandi:

1. Að greina land og farvegi fyrir hlaup: Hvernig liggja farvegir, hver eru landgæði, hvaða breytingar eru kerfinu eðlilegar? Þarna er ýmist hægt að skoða síðustu góðu mynd fyrir atburð, eða myndaraðir til að skoða breytingar sem eiga sér alla jafna stað á viðkomandi svæði á ýmsum tímakvörðum, allt frá dægursveiflum upp í áratugasveiflum eða breytingar.
2. Að meta umfang og eðli atburðar á meðan hann á sér stað. Hver er útbreiðsla hlaupvatns eða sets? Hversu fljótt er unnt að fá myndir? Er atburðarás önnur en búist var við? Er hægt að bregðast við jafnóðum ef ný ógn kemur í ljós? Hér skiptir miklu máli að öll greining sé hröð.
3. Að fá yfirsýn yfir bein áhrif flóðs. Hvar eru áhrifasvæðin? Er hægt að meta stærðargráður skemmda sem orðið hafa t.d. á gróðri, vegaköflum eða öðrum fyrirbærum?
4. Að fylgjast með hvernig og hversu hratt þau svæði, sem urðu fyrir beinum áhrifum, ná sér að nýju. Er hægt að meta hvort atburðurinn hefur kallað fram óbein áhrif, svo sem sandfok eða langtímabreytingar á farvegum sem kalla á tilheyrandi viðbrögð?

Aðgengi að gervitunglagögnum, þar sem unnt er að greina flóð og áhrif þeirra hefur batnað verulega á undanförunum árum, m.t.t. rúmfræðilegrar upplausnar, rófgreinihæfni og skemmri afhendingartíma. Þegar kemur að vöktun á náttúruvá er því orðið raunhæft að nýta þessi gögn samhliða öðrum upplýsingum, til að auka skilning á umfangi, eðli og áhrifum.

Þegar Skaftárhlaupið átti sér stað haustið 2015 voru það LANDSAT-8 fjölrófsgögn (NASA & USGS) og SENTINEL-1A ratsjargögn (ESA) sem stóðu rannsakendum og viðbragðsaðilum til boða. Hvor myndgerð barst 1–2 sinnum í viku og hefur rúmfræðilega upplausn á bilinu 10–30 m. Hér á eftir verður fjallað um þessar gagnategundir og með hvaða hætti þær nýttust til verkefnisins. Þess má geta að þegar þessi skýrsla er skrifuð (2018) hafa bættst við tvö gervitungl sem nema fjölrófsmyndir sambærilegar við LANDSAT-8, nefnilega SENTINEL-2 A og B, og eitt ratsjartungl, SENTINEL-1B. Myndir af landinu fást því mun oft en áður var, og nýting fjarkönnunar við eftirlit og rannsóknir á náttúruhamförum er því orðin mikilsverður hluti af vöktun umhverfis. Vissulega er hægt að kaupa áskrift að ýmsum öðrum gögnum, en slíkt þarf yfirleitt að skipuleggja með nokkrum fyrirvara, á meðan fyrrnefnd tungl nema myndir með reglubundnum hætti og koma því beint að notum. Ýmis veðurtunglagögn (MODIS, NOAA AVHRR, SUOMI NPP VIIRS ofl.) berast oft á dag en vegna þess hve rúmfræðileg upplausn er lág (250 m – 1 km) koma þau fyrst og fremst að gagni við stærri atburði.

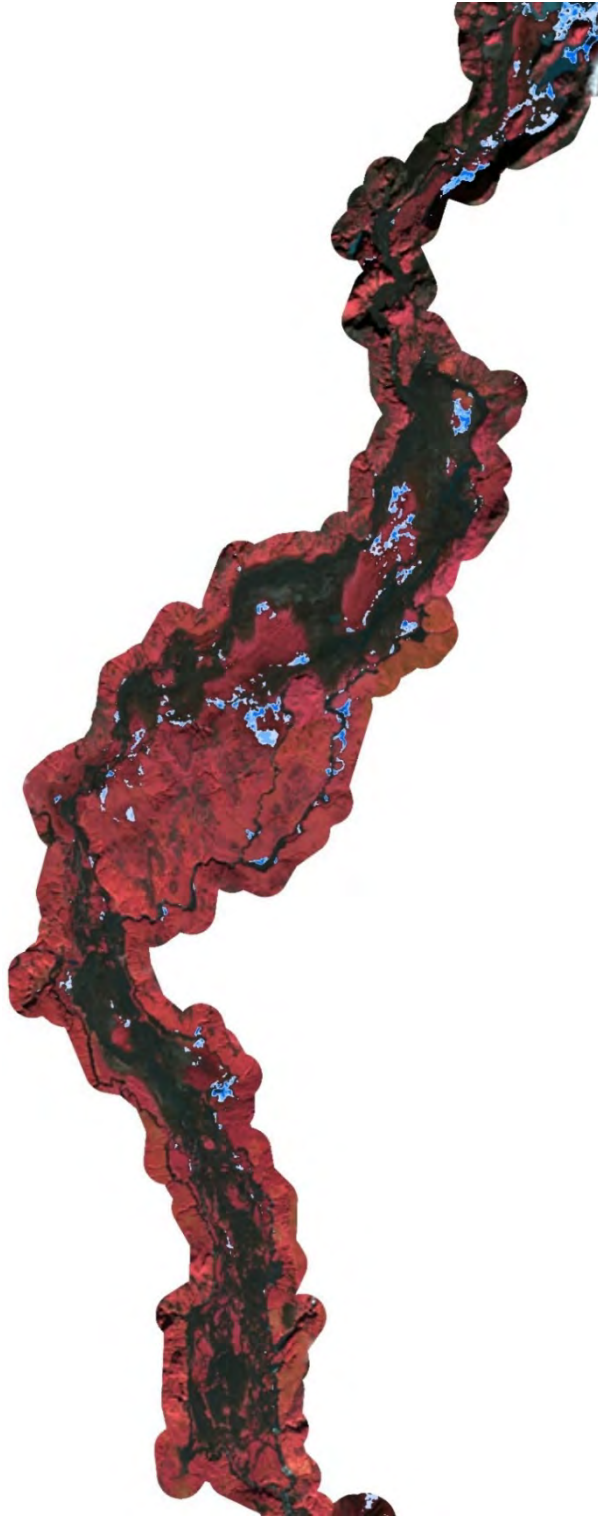
LANDSAT-8 fjölrófsmyndir frá NASA & USGS

Tveir skannar eru um borð í LANDSAT-8: Hitaskanni með tveimur böndum, og fjölrófsskanni með sjö böndum (4 sýnileg bönd, nærinnaut band og tvö stuttbylgjuinnað bönd). Stærð myndeininga er 15 m á þann bandi, 100 m á hitaböndum en 30 m á öðrum böndum.

Myndirnar nýtast afar vel þegar birtuskilyrði eru góð og þegar ský hylja lítinn hluta athugunarsvæðis. Fjöldi banda býður upp á margar samsetningar og greiningar, t.d. hefðbundna litmynd (Rautt-Grænt-Blátt), nærinrauða mynd (NIR-Rautt-Grænt), lágmörkun áhrifa lofthjúps (Stuttbylgjuinnrautt-Nærinrautt-Rautt). Myndirnar er einnig hægt að flokka á ýmsan hátt, eða kalla fram ákveðin fyrirbæri með gróður- eða vatnavísun. Myndirnar sem nýttust við skoðun á Skaftárhlaupi haustið 2015 eru listaðar í töflu 6.

Tafla 6. Listi yfir Landsat 8 gervitunglamyndir sem skoðaðar voru við greiningu á hlaupseti.

Dagsetning	Stutt lýsing á skýjafari	Nýting
20140821	Vatnasvið Skaftár nánast skýlaust.	Góð „fyrir“ mynd, langtíma breytingar
20150916	Skýjahula lítil en móða yfir landinu	Þokkaleg „fyrir“ mynd af hluta
20150925	Skýjahlua lítil í efri farvegi en mikil vestast	Góð „fyrir“ mynd í efra farvegi
20151002	Allmikil skýjahula. Lítilsháttar sést þó til árinna syðst á athugunarsvæðinu, þ.e. syðstu 18 km af Kúðafljóti	Á meðan á hlaupinu stóð
20151009	Skýjað var á Vatnajökli og við upptök Skaftár þennan dag, en myndin er góð að öðru leyti. Snjóhula var austan Uxatinda – hún hefur kosti og galla: Sýnir þáverandi vatnastöðu vel en hylur ummerki flóðsins	Góð „eftir“ mynd af hluta
20151011	Skýjað var yfir öllum farvegi Skaftár	Myndin nýttist ekki
20151018	Gagnleg að stórum hluta, t.d. í Skaftárdal.	Góð „eftir“ mynd af hluta
20151025	Nýttist vel á Vatnajökli til að sýna breytingar á katlinum, og austan Uxatinda, en að öðru leyti huldu ský landið þennan dag	Nýttist við greiningu á katli
20151119	Ský yfir kötlum, annars bjart. Snjór efst, fok neðst	Mjög góð „eftir“ mynd
20160522	Skýjahula nokkur	Þokkaleg „eftir“ mynd, að vori
20160926	Skýjahula mjög lítil	Góð „eftir“ mynd, að hausti
20171016	Skýjahula mjög lítil	Mjög góð „löngu-eftir“ mynd



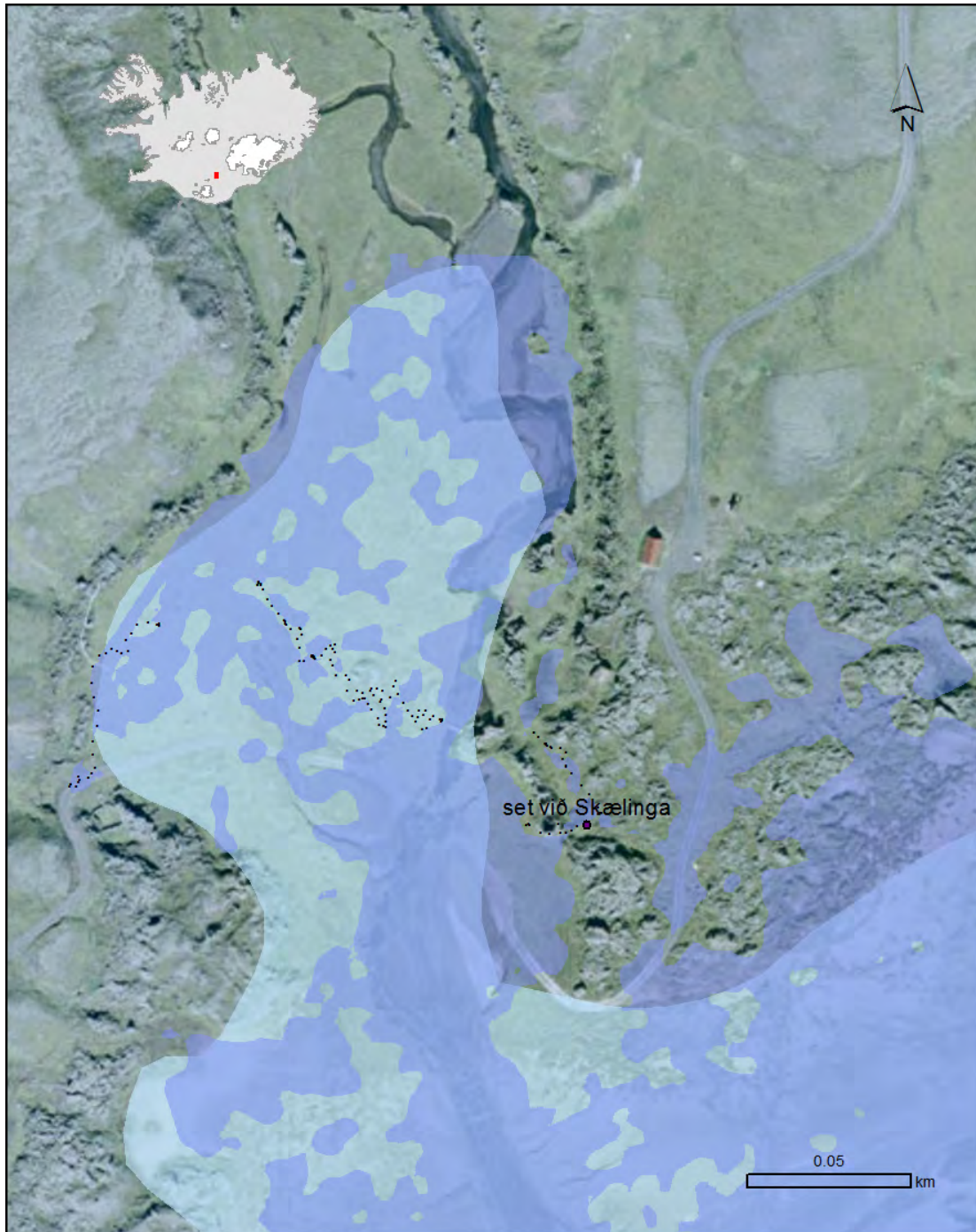
Mynd 43. Landsat 8 gervitunglamynd frá 16. september 2015 með samanburðargreiningu á myndum frá því eftir hlaup með gróðurvísi og vatnavísi. Ljósbláu svæðin sýna staði með gróðurskemmdum.

Viðauki V. Nokkrar lýsistærðir kornastærðar- flokkaðra sýna í hausthlaupi 2015

Gögn	Lýsistærð	Sandur (%)	Grófmór (%)	Fínmór (%)	Méla (%)	Leir (%)
Öll S1 og S2 sýni	Meðaltal	7,0	17,4	31,2	38,6	5,9
	Staðalfrávik	6,2	11,9	14,4	15,3	4,
	Miðgildi	5	14	27	39	5
	Minnsta gildi	0	6	12	8	0
	Hæsta gildi	22	64	79	60	17
	Fjöldi sýna	31	31	31	31	31
Öll S3 sýni	Meðaltal	1,3	8,5	37,9	45,3	7,1
	Staðalfrávik	2,3	5,6	12,6	12,6	3,5
	Miðgildi	0	7	37	46	7
	Minnsta gildi	0	3	19	18	1
	Hæsta gildi	8	20	74	62	16
	Fjöldi sýna	15	15	15	15	15
S1 og S2 sýni vhm 166	Meðaltal	3,5	22,5	39	32,75	2,25
	Staðalfrávik	4,0	20,1	12,1	17,4	2,9
	Miðgildi	2,5	14,5	37,5	34	1
	Minnsta gildi	0	6	26	8	0
	Hæsta gildi	12	64	57	56	9
	Fjöldi sýna	8	8	8	8	8
S1 og S2 sýni vhm 328	Meðaltal	4,2	16,6	37,3	36,2	6,0
	Staðalfrávik	2,8	7,4	19,4	11,5	5,6
	Miðgildi	4	14	36	39	5
	Minnsta gildi	1	9	13	9	0
	Hæsta gildi	8	32	79	49	16
	Fjöldi sýna	9	9	9	9	9
S2 sýni vhm 328	Meðaltal	10,9	15,1	22,7	43,4	7,9
	Staðalfrávik	6,9	7,5	5,4	15,7	3,7
	Miðgildi	9,5	13	23	50	7,5
	Minnsta gildi	3	7	12	15	3
	Hæsta gildi	22	30	31	60	17
	Fjöldi sýna	14	14	14	14	14
S3 sýni vhm 166	Meðaltal	0,7	4,3	52,3	37,3	5,3
	Staðalfrávik	0,6	1,5	19,3	17,0	3,8
	Miðgildi	1	4	46	44	7
	Minnsta gildi	0	3	37	18	1
	Hæsta gildi	1	6	74	50	8
	Fjöldi sýna	3	3	3	3	3

Gögn	Lýsistærð	Sandur (%)	Grófmór (%)	Fínmór (%)	Méla (%)	Leir (%)
S3 sýni vhm 328	Meðaltal	1,2	9,7	35,6	46,3	7,2
	Staðalfrávik	2,6	6	6,6	11,2	3,4
	Miðgildi	0	8	37	46	7
	Minnsta gildi	0	3	27	30	4
	Hæsta gildi	8	20	44	62	16
	Fjöldi sýna	11	11	11	11	11
S3 sýni vhm 183	Meðaltal	4	7	19	59	11
	Staðalfrávik	NA	NA	NA	NA	NA
	Miðgildi	4	7	19	59	11
	Minnsta gildi	4	7	19	59	11
	Hæsta gildi	4	7	19	59	11
	Fjöldi sýna	1	1	1	1	1

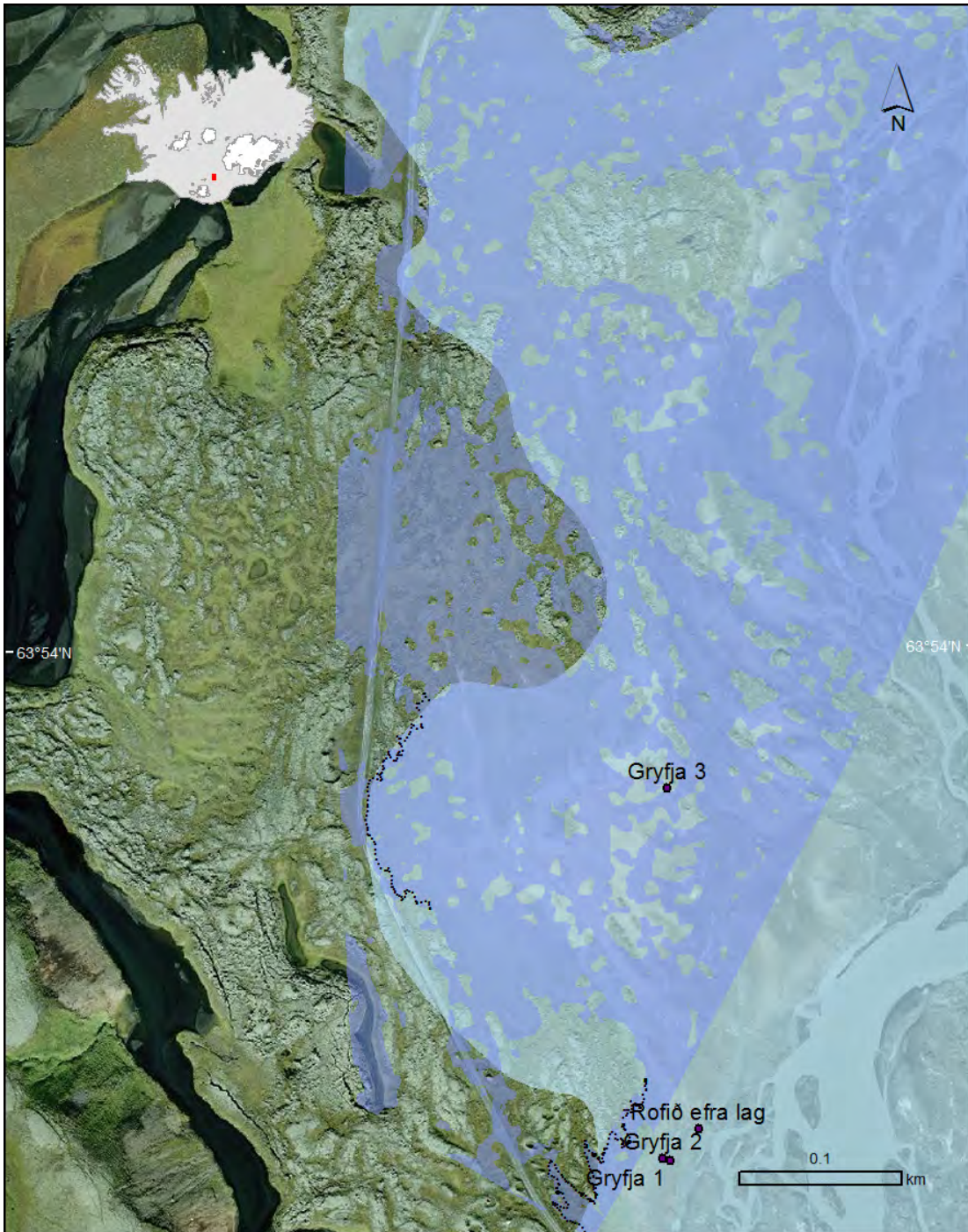
Viðauki VI. Útbreiðsla sets í hlaupi 2015



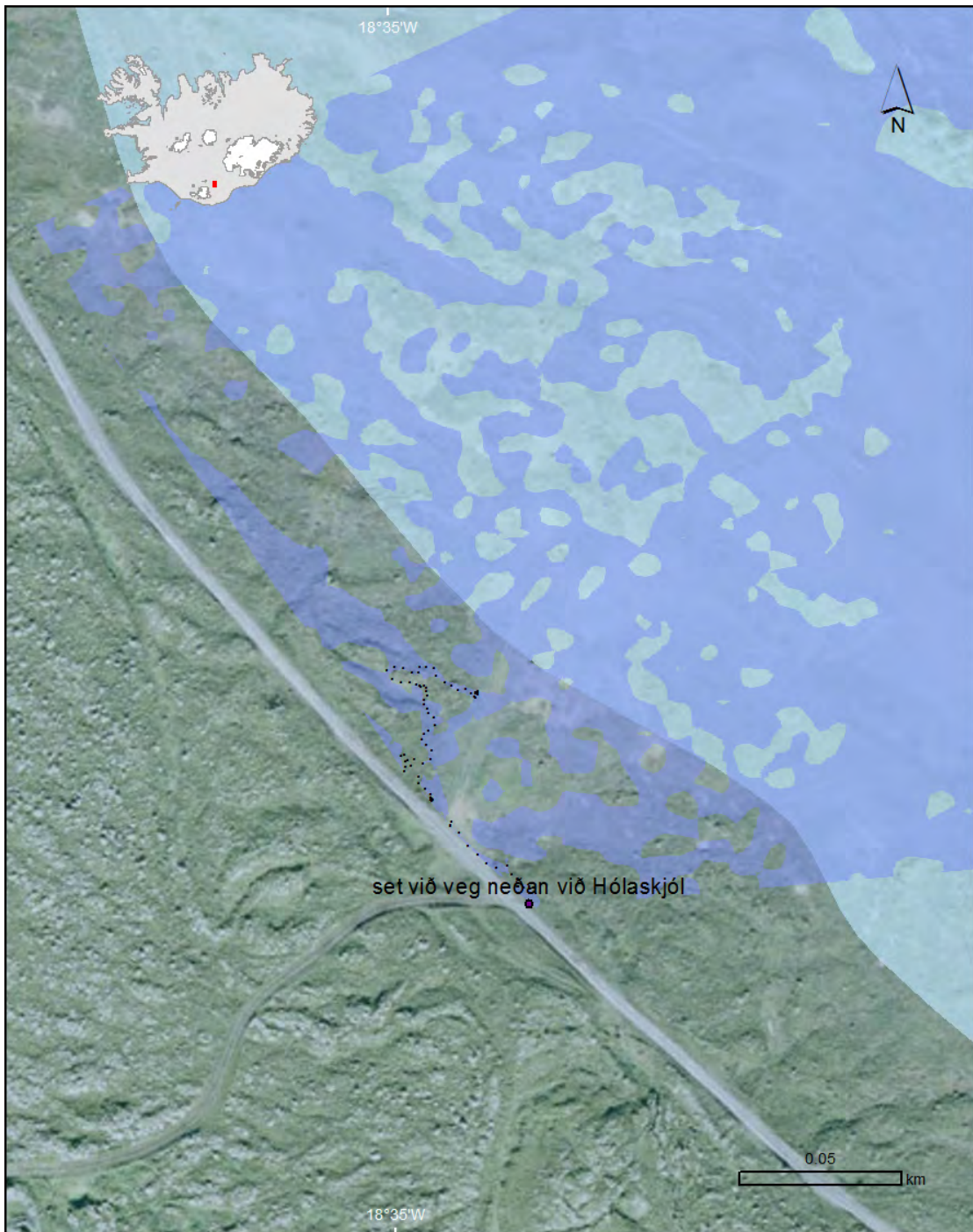
Mynd 44. Setútbreiðsla við Skælinga, Rauðbrúnir punktar sýna staðsetningu ljósmynda. Svartir punktar eru GPS mælipunktar. Sjá nánari skýringar á Mynd 25



Mynd 45. Setútbreiðsla við Skælingaveg. Rauðbrúnir punktar sýna staðsetningu ljósmynda. Svartir punktar eru GPS mælipunktar. Sjá nánari skýringar á Mynd 25.



Mynd 46. Setútbreiðsla við Hólaskjól. Rauðbrúnir punktar sýna staðsetningu ljósmynda. Svartir punktar eru GPS mælipunktar. Sjá nánari skýringar á Mynd 25.



Mynd 47. Setútbreiðsla við veg neðan við Hólaskjól. Rauðbrúnir punktar sýna staðsetningu ljósmynda. Svartir punktar eru GPS mælipunktar. Sjá nánari skýringar á Mynd 25.

Viðauki VII. Sigtun setsýnis

Eitt sýni sem var tekið úr holu við Hólaskjól var þurrkað í ofni við 60°C áður en það var þurrsigtað á aurburðarstofu Veðurstofu Íslands. Stærsta sigtið sem var notað var 64 mm og það minnsta 0,063 mm, en þar á milli hlupu sigtin á hálfri phi-stærð. Phi (ϕ) kvarðinn er mikið notaður við útreikninga á afleiddum kornastærðareiginleikum enda einfaldar notkun hans tölfræðilega útreikninga (Boggs, 1995). Í þessari rannsókn er ϕ -kvarðinn notaður við útreikninga á kornastærð skriðaus og eru ϕ -gildi reiknuð á eftirfarandi hátt:

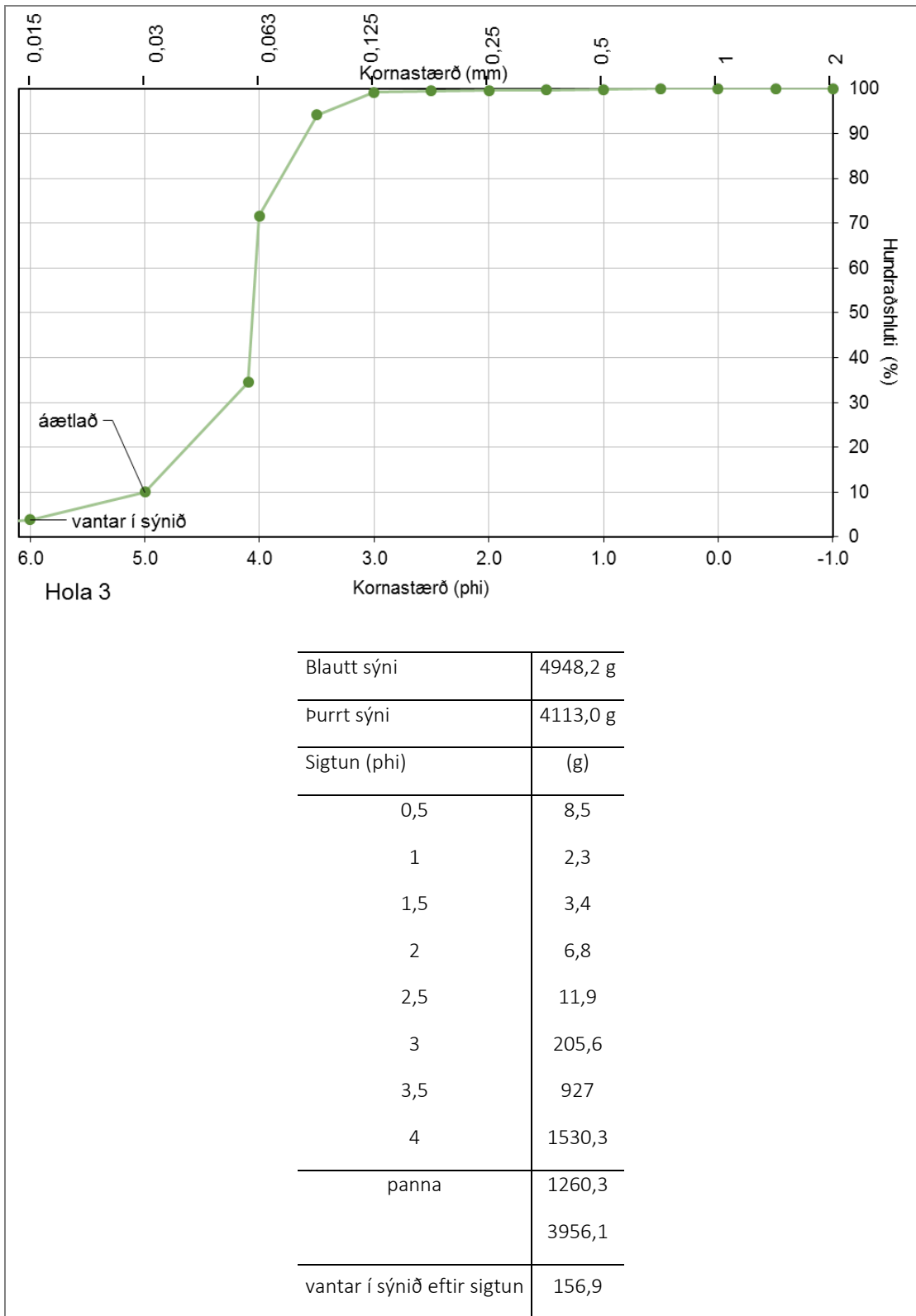
$$\phi = -\log_2(d)$$

þar sem d er þvermál korna í mm.

Sýni úr holu 3 var sigtað á aurburðarstofu. Það leiddi í ljós mjög fingert efni en 99% efnisins var fínna en 0,18 mm eða fínna og stærstur hluti efnisins var í stærðarflokknum <0,063 mm eða silt og leir.

Tafla 7. Samanburður stærða í mm og í ϕ -gildum og heiti kornastærðarflokka samkvæmt Udden-Wentworth kvarða.

mm	ϕ	heiti	mm	ϕ	heiti	mm	ϕ	heiti	mm	ϕ	heiti
256	-8	Hnullungar	11,2	-3,5	Meðalmöl	1,41	-0,5	Mjög grófur sandur	0,18	2,5	Fínsandur
64,0	-6	Steinar	8,00	-3		1,00	0		0,125	3	
44,8	-5,5	Mjög gróf möl	5,66	-2,5	Fínmöl	0,71	0,5	Grófsandur	0,088	3,5	Mjög fín sandur
32,0	-5		4,00	-2		0,50	1		0,063	4	
22,4	-4,5	Grófmöl	2,83	-1,5	Mjög fín möl	0,35	1,5	Meðalsandur	<0,063	>4	Silt og leir
16,0	-4		2,00	-1		0,25	2				



Mynd 48. Niðurstöður sigtunar á sýni úr holu 3 við Hólaskjól.

Hættumat vegna jökulhlaupa í Skaftá Set í hlaupi haustið 2015

Veðurstofa Íslands
Bústaðavegi 7–9
108 Reykjavík
www.vedur.is
Sími: 522 6000

Forsíðumynd: Hlaupvatnið braut sér leið út úr hrauninu rétt neðan við Skælinga
© Esther H. Jensen