

LV-2016-068
ORK-16011



Mælingar á aurburði og rennsli í Jökulkvísl árin 2013–2014

orkusalan 

 Landsvirkjun

Skýrsla LV nr: LV-2016-068, ORK 16011Dags: Desember 2016

Fjöldi síðna: 57

Upplag: 25

Dreifing:

-
- Opin
-
-
- Birt á vef
-
-
- Takmörkuð til

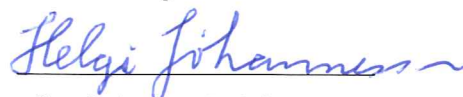
Titill: Mælingar á aurburði og rennsli í Jökulkvísl árin 2013–2014Höfundar / fyrirteki Esther Hlíðar Jensen, Svava Björk Þorláksdóttir, Snorri Zóphóniasson, Gunnar Sigurðsson, Jórunn Harðardóttir / Veðurstofa ÍslandsVerkefnisstjóri: Helgi Jóhannesson verkefnisstjóri Landsvirkjunar, Steinar Friðgeirsson verkefnisstjóri Orkusölnunnar ehf. og Jórunn Harðardóttir verkefnisstjóri Veðurstofu ÍslandsUnnið fyrir: Landsvirkjun og Orkusölnuna ehf.

Samvinnuaðilar: _____

Útdráttur: Í skýrslunni er sett fram samantekt allra aurburðarferða sem farnar hafa verið á tímabilinu 2013-2014 í Jökulkvísl. Fjöldi svifaurssýna er 15 og skriðaurssýnin eru 231 en 46 þeirra hafa verið kornastærðargreind. Kornastærðareiginleikar eru skoðaðir fyrir bæði svifaur og skriðaur og framburðarlyklar fyrir hvern kornastærðarflokk svifaurs reiknaðir. Heildarframburður reiknast 2,07 milljón tonn á ári þar af 23% skriðaur. Svifaursframburður skv. árslykli er 1,59 milljón tonn á ári. Stærstur hluti svifaursframburðarins er sandur (>0,2 mm) í kringum 42%. Fínefni reiknast um 28% af framburði. Skoðuð voru eldri sýni úr nálægum ám til að staðfesta þann mikla framburð sem reiknast fyrir Jökulkvísl. Þær upplýsingar eru í viðauka. Fara þarf varlega í túlkun á heildarframburði út frá lyklum vegna óvissu í rennsli og fárra sýna sem tekin hafa verið yfir stutt tímabil.

Lykilorð: Hólmsá, Jökulkvísl (V2281), Þauli (vhm 577), Framgil (vhm 468), sýnataka, svifaurslykill, skriðaurlykill, svifaursstyrkur, kornastærðarmælingar, skriðaurframburður, heildarframburður.

ISBN nr: _____

Samþykki verkefnisstjóra
LandsvirkjunarSamþykki verkefnisstjóra
Orkusölnunnar ehf.

LV-2016-068
ORK-16011



Mælingar á aurburði og rennsli í Jökulkvísl árin 2013–2014

Höfundar:
Esther Hlíðar Jensen
Svava Björk Þorláksdóttir
Snorri Zóphóníasson
Gunnar Sigurðsson
Jórunn Harðardóttir



Skýrsla VÍ-2016/005
ISSN 1670-8261

Desember 2016

Efnisyfirlit

Efnisyfirlit	5
Myndaskrá	6
Töfluskrá	7
1 Inngangur.....	8
2 Rennslismælingar í Jökulkvísl.....	11
2.1 Úrkoma á vatnasviði Jökulkvísar	13
3 Aurburðarsýnataka og úrvinnsla	14
3.1 Tímasetning aurburðarsýna miðað við rennsli	14
3.2 Svifaurssýni	15
3.2.1 Sýnataka og kornastærðargreining	15
3.2.2 Svifaursslyklar.....	16
3.3 Skriðaurssýni	17
3.3.1 Sýnataka og kornastærðargreining	17
3.3.2 Framburðarútreikningar	20
4 Niðurstöður aurburðarmælinga í Jökulkvísl.....	20
4.1 Niðurstöður svifaursmælinga	20
4.1.1 Kornastærðargreining svifaurss	28
4.2 Niðurstöður skriðaursmælinga	31
4.2.1 Kornastærðargreiningar skriðaurss	34
4.3 Samanburður svifaurss og skriðaurss	37
5 Samantekt	40
6 HEIMILDIR	42
Viðauki. Tölur og talnaefni	44
Viðauki 1. Ákvörðun rennslisraðar fyrir Jökulkvísl.....	45
Viðauki 2. Niðurstöður á framburðarútreikningum skriðaurssýna.	50
Viðauki 3. Safntíðnirit kornastærðarmældra skriðaurssýna	51
Viðauki 4. Nánar um framburðarheimtur Jökulkvísar	53

Myndaskrá

Mynd 1. Yfirlitskort af svæðinu með rennslismæli- og sýnatökustöðum	8
Mynd 2. Kort af vatnasviðum Hólmsár við Hólmsárfoss og Paula.....	10
Mynd 3. Gildandi rennslislykill (577/10) og rennslismælingar á vatnsárinu 2013–2014..	11
Mynd 4. Rennslisraðir og úrkomuraðir gerðar með mismunandi aðferðum.	13
Mynd 5. Myndir teknar við sýnatöku í Jökulkvísl 3.9.2014.	14
Mynd 6. Rennsli Hólmsár við Paula (vhm 577), reiknað rennsli Jökulkvíslar	15
Mynd 7. Meðaltímalengd sýnataka við botn, mælt meðalrennsli og meðalframburður	17
Mynd 8. Venzl heildarstyrks svifaurs og rennslis	23
Mynd 9. Langæi dagsmeðalrennslis frá júlí 2013 loka desember 2014	23
Mynd 10. Langæi dagsmeðalrennslis í Jökulkvísl eftir árstíðum.....	24
Mynd 11. Svifaurslyklar fyrir Framgil, Paula og Jökulkvísl.....	26
Mynd 12. Hlutfall framburðar við Paula, Framgil og Jökulkvísl.....	26
Mynd 13. Samanburður á útreiknuðum framburði svifaurs í Jökulkvísl árið 2014.	27
Mynd 14. Samanlagður framburður svifaurs við Framgil og Jökulkvísl.	28
Mynd 15. Kassagraf af dreifingu styrks svifaurs eftir kornastærðarflokkum..	28
Mynd 16. Meðalframburður svifaurs árið 2014 skv. árs. einstakra kornastærðarflokka.	31
Mynd 17. Skriðausframburður við Jökulkvísl, tímabilið 2013–2014.....	32
Mynd 18. Mældur framburður skriðaus á hverri stöð	33
Mynd 19. Skriðauslykill fyrir sýni tekin 2013–2014 í Jökulkvísl	34
Mynd 20. Kassagröf af kornastærðareiginleikum skriðaus	35
Mynd 21. Venzl meðalstærðar og aðgreiningar og skakka og aðgreiningar	36
Mynd 22. Niðurstöður rennslismælingar sem var gerð 12.11.2014.	37
Mynd 23. Samanburður skriðaus- og svifaursframburðar í sýnatökuferðum í Jökulkvísl	39
Mynd 24. Svifaursframburður á móti rennsli fyrir Jökulkvísl og Múlakvísl.	41

Viðaukar

Mynd 25. Venzl mælds rennslis við Jökulkvísl og reiknaðs rennslis við Paula að frádregnu reiknuðu rennsli við Hólmsárfoss.....	45
Mynd 26. Venzl mælds rennslis (m^3/s) við Jökulkvísl og reiknaðs rennslis við Paula.	46
Mynd 27. Venzl Paularaðar og líkans VS.	47
Mynd 28. Rennslisraðir í WISKI.	47
Mynd 29. Rennslisraðir og úrkomuraðir gerðar með mismunandi aðferðum.	48
Mynd 30. Þysjað inn á færri mánuði í Mynd 28.	49
Mynd 31. Safntíðnirit kornastærðarmældra skriðausssýna úr Jökulkvísl 2013 og 14.....	52
Mynd 32. Svifaursframburður á móti rennsli úr nokkrum vatnsföllum sem renna úr Mýrkdalsjökli.	53

Mynd 33. Framburðarstuðlar árslyka. Hlutfallsstuðullinn k er hér táknaður með a og veldisvísirinn n er táknaður með b.	54
Mynd 34. Framburðarheimtur við ákafa aðstæður.	54
Mynd 35 a og b Framburðarlyklar fyrir Markarfljót og Múlakvísl.	55
Mynd 36. Öskugeirar úr Kötlueldstöðvakerfinu ásamt meðalgildi svifaursstyrks.	55
Mynd 37. Ljósmynd af Eldgjáröskunni má finna á heimasíðu Futurevolc.	56
Mynd 38. kort af framburðarheimtum og þykkt öskulags Eldgjárgossins.	57

Töfluskrá

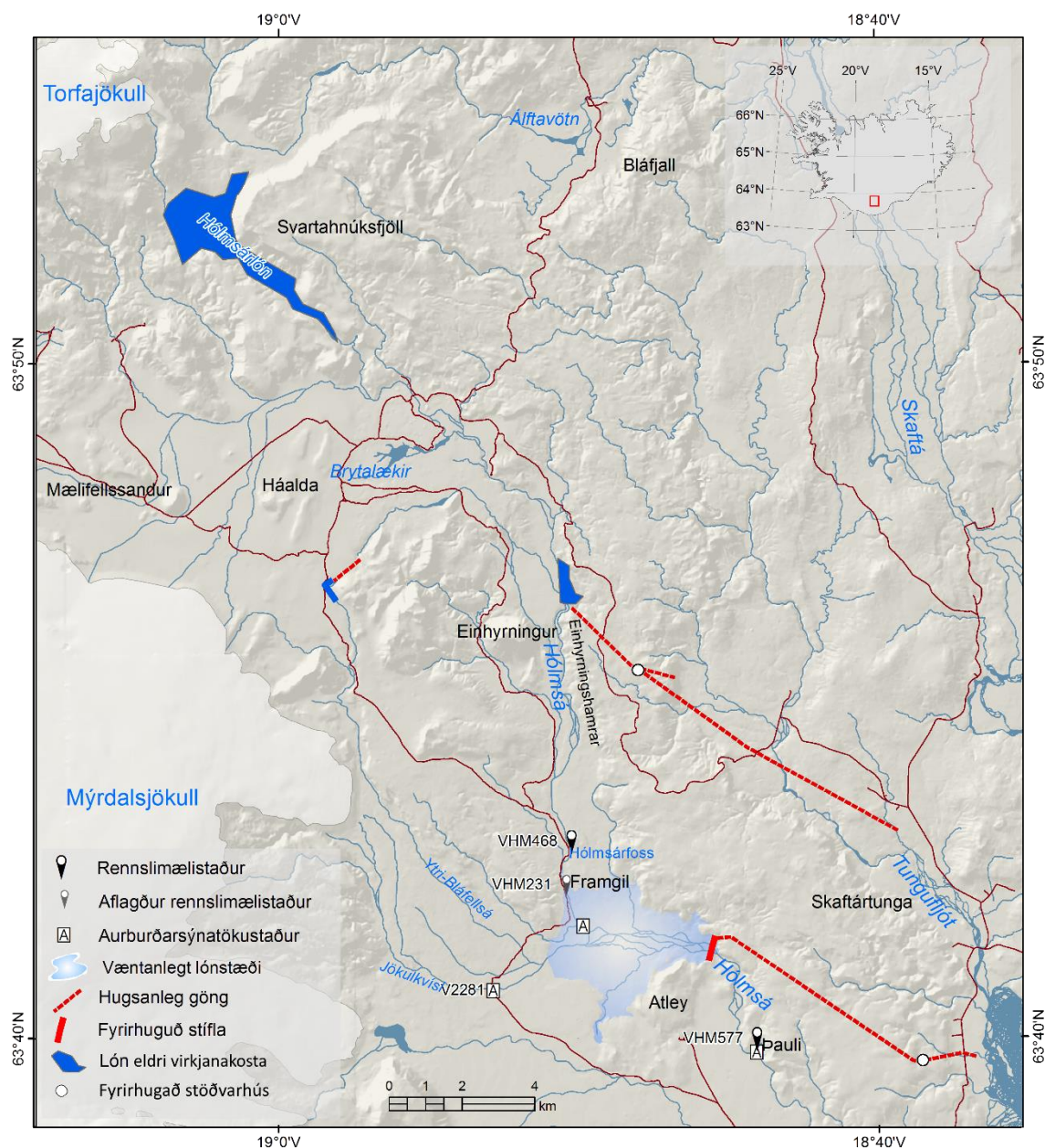
Tafla 1. Rennslismælingar við Þaula 2013–2014.	12
Tafla 2. Mælt rennsli við Þaula og Hólmsárfoss og í lækjum þar á milli.	12
Tafla 3. Fjöldi og gerð aurburðarsýna sem tekin voru í Jökulkvísl árin 2013–2014.	15
Tafla 4. Kornastærðarflokkar svifaurs.	16
Tafla 5. Fjöldi skriðaurssýna ásamt meðalframburði og niðurstöðu rennslismælingar.	18
Tafla 6. Samanburður stærða í mm og í ϕ -gildum og heiti kornastærðarflokka samkvæmt Udden-Wentworth kvarða.	19
Tafla 7. Niðurstöður kornastærðarmælinga á svifaurskýnum úr Jökulkvísl 2013 og 2014.	22
Tafla 8. Helstu einkenni svifaurslyklanna.	25
Tafla 9. Samanburður á reikuðum svifaursframburði frá mismunandi stöðum.	27
Tafla 10. Dreifing styrks eftir kornastærðum.	29
Tafla 11. Helstu einkenni svifaurslykla kornastærðarflokka fyrir Jökulkvísl.	30
Tafla 12. Helstu einkenni skriðaursslykla fyrir Jökulkvísl.	33
Tafla 13. Svifaurs- og skriðaurssframburður á ári í Jökulkvísl og Þaula.	37
Tafla 14. Samanburður svifaurs- og skriðaurssframburðar í sýnatökufurðum.	38
Tafla 15. Svifaurs- og skriðaurssframburður á ári í Jökulkvísl.	40
Tafla 16. Framburðar heimtur (e. sediment yield) fyrir Þaula, Framgil og Jökulkvísl.	41

Viðaukar

Tafla 17. Mælt rennsli við Jökulkvísl og reiknað rennsli við Þaula að frádregnum Hólmsárfossi.	45
Tafla 18. Mælt rennsli við Jökulkvísl og reiknað rennsli við Þaula.	46

1 Inngangur

Þetta verkefni er framhaldsrannsókn á framburði Hólmsár vegna hugsanlegrar nýtingar árinna til raforkuframleiðslu (Verkís, 2013). Áður hafa verið útgefnar skýrslur um niðurstöður mælinga (Jórunn Harðardóttir o.fl. 2003, 2004 og 2005) og samantekt á mælingum og framburðarútreikningum við Framgil og Paula (Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2014 og 2016). Áður fyrr voru uppi hugmyndir sem gerðu ráð fyrir að virkja Hólmsá og veita henni yfir í Tungufljót og í 1. áfanga rammaáætlunar um nýtingu vatnsorku og jarðvarma var gert ráð fyrir stíflu ofan við Einhyrningshamra (Mynd 1).



Mynd 1. Yfirlitskort af svæðinu með rennslismæli- og sýnatökustöðum ásamt gömlum og nýjum virkjanahugmyndum úr skýrslu Verkís (2013).

Uppruni Hólmsár er aðallega undan Mýrdalsjökli og Torfajökli, úr lindum nyrst á Mælifellssandi og úr Brytalækjum. Brytalækir spretta fram úr hraunum austan í Háöldu. Við upptökin og í efri hluta farvegarins er rennsli Hólmsár sambland af lindavatni, yfirborðsvatni og jökulbráð (Mynd 2). Við venjulegt rennsli er aurburður þar ekki mikill en eykst verulega við skyndiflóð sem fylgja snörpum rigningarskúrum. Flóð þessi geta orðið veruleg á vetrum við leysingu sem fylgir aftakaúrkomu. Neðan ármóta Hólmsár og Jökulkvíslar breytast einkenni framburðarins vegna áhrifa jökulvatnsins. Af þessum sökum var ákveðið að skoða framburð Jökulkvíslar sérstaklega.

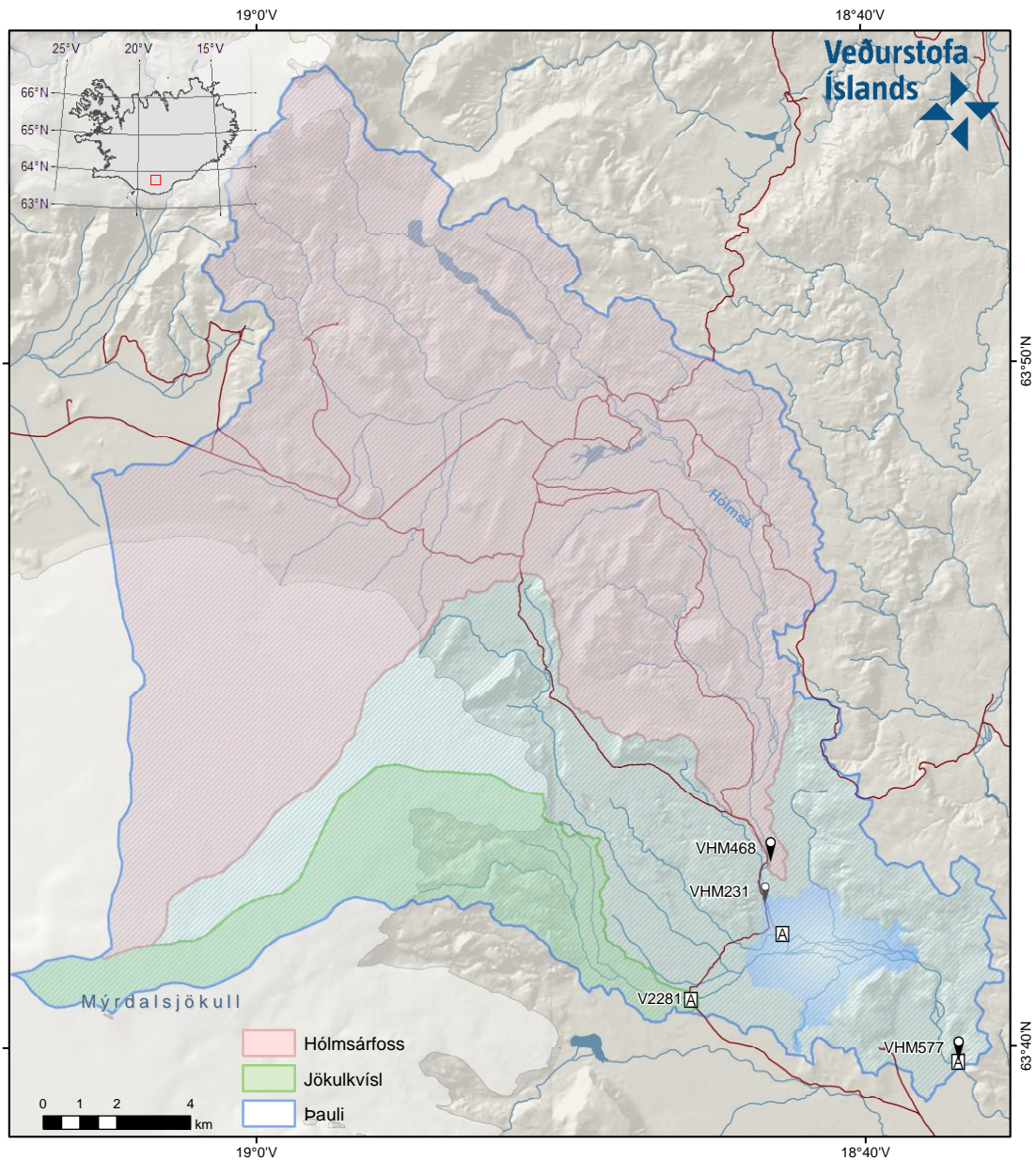
Nýjasta tillagan um virkjun í Hólmsá gerir ráð fyrir miðlunarlóni við Atley (Verkís 2013) og í ljósi þeirra hugmynda var farið að safna sýnum neðar í vatnasviðinu. Upphaflega var sýnataka við Framgil en vegna breytinga á farvegi Hólmsár á tímabilinu 2009–2010 sem leiddu til skemmda á sýnatökustaðnum við Framgil árið 2010, var sýnataka færð niður að mælistaðnum við Paula (Myndir 1 og 2) (Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2014 og 2016). Árið 2013 var ákveðið að taka sýni úr Jökulkvísl til að reyna að meta það magn framburðar sem kæmi til með að setjast til í lóni ofan við Atley.

Samantekt fyrri rannsókna leiddi í ljós að heildarframburður við Framgil reiknast 0,49 milljónir tonna á ári og þar af er hlutur skriðaus um 8% en 44% svifaursframburðar er fínefni (<0,002–0,2 mm) (Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2014). Þegar neðar er komið hefur samsetning framburðarins breyst eins og áður sagði vegna jökuláhrifa og við Paula reiknast heildarársframburð 2,79 milljón tonn á ári. Hlutur skriðaus er 21% en stór hluti svifaursframburðarins er sandur eða 58%.

Vatnasvið Hólmsár við Paula er 383 km². Mýrdalsjökull þekur 94 km² af vatnasviðinu (24,6%) og Torfajökull 2 km² (0,5%). Vatnasvið Jökulkvíslar er 40,5 km² og þar af þekur Mýrdalsjökull um 23,5 km² þess, eða 58% heildarvatnasviðsins samkvæmt jökulvatnasviðum vatnsfalla sem voru ákvörðuð af Finni Pálssyni hjá JHÍ (Verkfræðistofan Vatnaskil, 2012). Þetta er mun stærra vatnasvið fyrir Jökulkvísl en fékkst með gögnum af yfirborði, þar sem heildarvatnasvið reiknast 24 km² og jökulhlutinn 6,5 km² (16%) (Veðurstofa Íslands, 2015; Oddur Sigurðsson 2013) (Mynd 2).

Á Mynd 2 er svæði sem færi undir vatn miðað við lónshæð í 172 m teiknað með ljósblárrí skyggingu (Verkís 2013). Þetta „lónstæði“ er reiknað út frá landlíkani ÍSOR frá 2008 (Skúli Víkingsson, 2008) og því er einhver munur á þessum útlínunum og þeim sem birtast í skýrslu Verkís 2013.

Í þessari skýrslu verða teknar saman niðurstöður fyrir svifaurs- og skriðaursmælingar í Jökulkvísl sem rennur í Hólmsá, fyrir árin 2013 og 2014 og reynt að meta hlutfall skriðaurframburðar af heildaraurburði. Sett er fram yfirlit yfir kornastærð bæði svifaurs- og skriðaurssýna sem tekin voru á þessum árum, en frekari upplýsingar um einstök sýni er að finna aftast í viðauka. Nánari upplýsingar um framburð í Hólmsá má sjá í fyrri skýrslum (Jórunn Harðardóttir o.fl. 2003, 2004 og 2005, Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2014 og 2016).

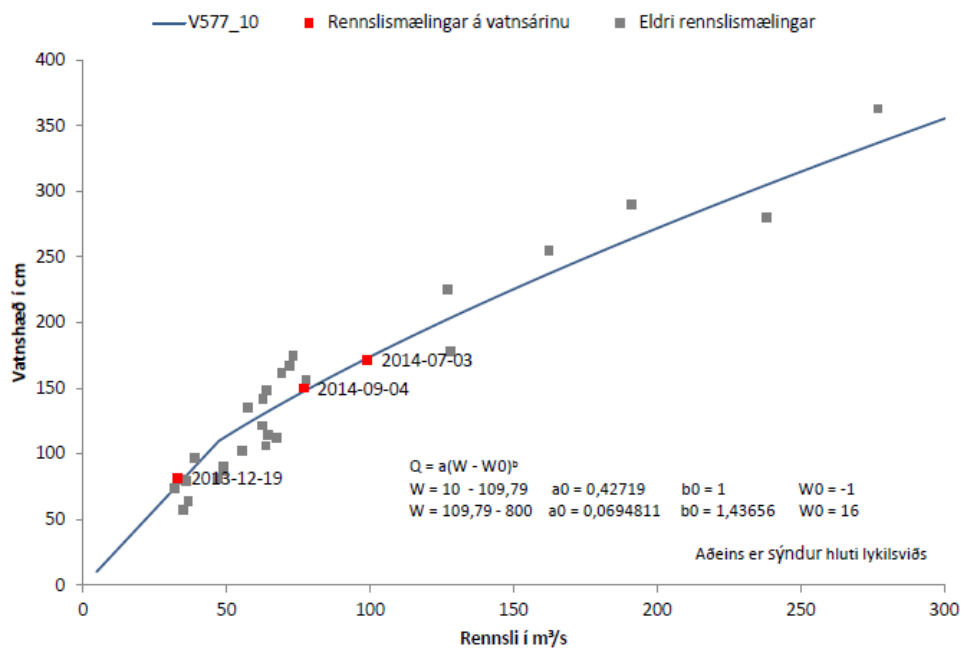


Mynd 2. Kort af vatnasviðum Hólmfossar við Hólmfoss og Paula ásamt vatnasviði Jökulvísir. Staðsetningar vatnshæðarmælas í Hólmfoss við Hólmfoss (vhm 468), við Paula (vhm 577), og eldri mælis við Framgil (vhm 231) eru einnig settar fram. Sýnatökustaðir eru merktir sem svart [A] og mælistaður fyrir stakar rennsilmælingar í Jökulvísir er merktur sérstaklega (V2281). Fyrirhugað „lónstæði“ er teiknað eftir landlíkani ÍSOR miðað við 172 m hæð (óvissa 10–50 m) (Verkís 2013; Skúli Víkingsson, 2008).

2 Rennslismælingar í Jökulkvísl

Vegna hugmynda um að stífla Hólmsá ofan við Einhyrningshamra var byrjað að mæla rennsli Hólmsár á Álftaversafrétti við Framgil 20. september 1984 með síritandi vatnshæðarmæli (vhm 231) (Mynd 1 og 2). Mælirinn var færður upp að Hólmsárfossi tæpum 10 árum síðar (vhm 468) þó að mælingar á aurburði væru framkvæmdar við Framgil fram til ársins 2009. Í ljósi breyttra hugmynda um nýtingu, sem gert er grein fyrir í skýrslu Verkís 2013 var síritandi vatnshæðarmælir settur upp við Þaula hinn 17. september 2009. Honum var ætlað að mæla rennsli til Hólmsárvirkjunar með miðlunarlóni við Atley en þar eru árnar Jökulkvísl og Bláfellsá komnar saman við Hólmsá. Vatnshæðarmælirinn við Þaula er staðsettur rúmum þremur km neðar en fyrirhugað inntak við Atley.

Árið 2013 var skilgreining vatnsársins breytt frá 1. september til 31. ágúst í 1. október til 30. september og mældist meðalrennsli við Þaula þá $58,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (vatnsárið 2013–2014). Á sama tíma var rennsli við Hólmsárfoss (V468) $35,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Rennslislyklarnir eru sífbreytilegir (Mynd 3) og er því reynt að fylgja breytingunum eftir með tíðari mælingum (Veðurstofa Íslands, 2010, 2011, 2012 og 2013). Rennslismælingar við Þaula 2013–2014 eru settir fram í töflu 1 og á Mynd 3. Þegar gögn voru tekin saman til framburðarútreikninga í þessa skýrslu var notaður lykill 10 sem síðan þá hefur verið aflagður og aftur tekinn í notkun lykill 8.



Mynd 3. Gildandi rennsli lykill (577/10) og rennsli mælingar á vatnsárinu 2013–2014.

Tafla 1. Rennslismælingar við Paula 2013–2014.

Dagsetning	Mælt W (cm)	Mælt Q (m ³ /s)	Reiknað Q (m ³ /s)	Mism. Q (m ³ /s)	Mism. Q %	Mism. W (cm)	Mæli- aðferð
2013-12-19	81,2	32,9	35,1	-2,2	-6,3	5,2	Straumsjá
2014-07-03	171,2	99,2	97,5	1,7	1,7	-1,8	Skrúfa
2014-09-04	150	76,9	79,0	-2,1	-2,6	2,5	Straumsjá

Hinn 7. janúar 2010 var rennsli mælt í öllum ám sem koma í Hólmsá milli Hólmsárfoss og Paula. Samanlagt innrennsli allra þessara vatnsfalla var nákvæmlega hið sama og mismunurinn milli stöðvanna þá stundina sem gefur til kynna að lykklarnir hafi verið innbyrðis réttir. Innrennslið var allt fyrir ofan Atley. Við þessa athugum sem gerð var að vetri til í mjög litlu rennsli kom í ljós að rennsli í Jökulkvísl var 6% af rennsli við Paula (Tafla 2).

Tafla 2. Mælt rennsli við Paula og Hólmsárfoss og í lækjum þar á milli.

Rennslismælingar 2010-01-07	Mælt rennsli (m ³ /s)	Hlutfall af Paula
Pauli	36,6	-
Hólmsárfoss	23,9	65%
Ytri-Bláfellsá	7,70	21%
Jökulkvísl (1000m ofan brúar)	2,29	6%
Lækir vestan við Atley	2,15	6%

Nokkrar aðferðir voru skoðaðar til að ná sem trúverðugastri rennslisröð fyrir Jökulkvísl. Allar raðirnar sem fengust með þessum aðferðum er lýst nánar í Viðauka 1. Rennslisraðirnar voru reiknaðar úr frá:

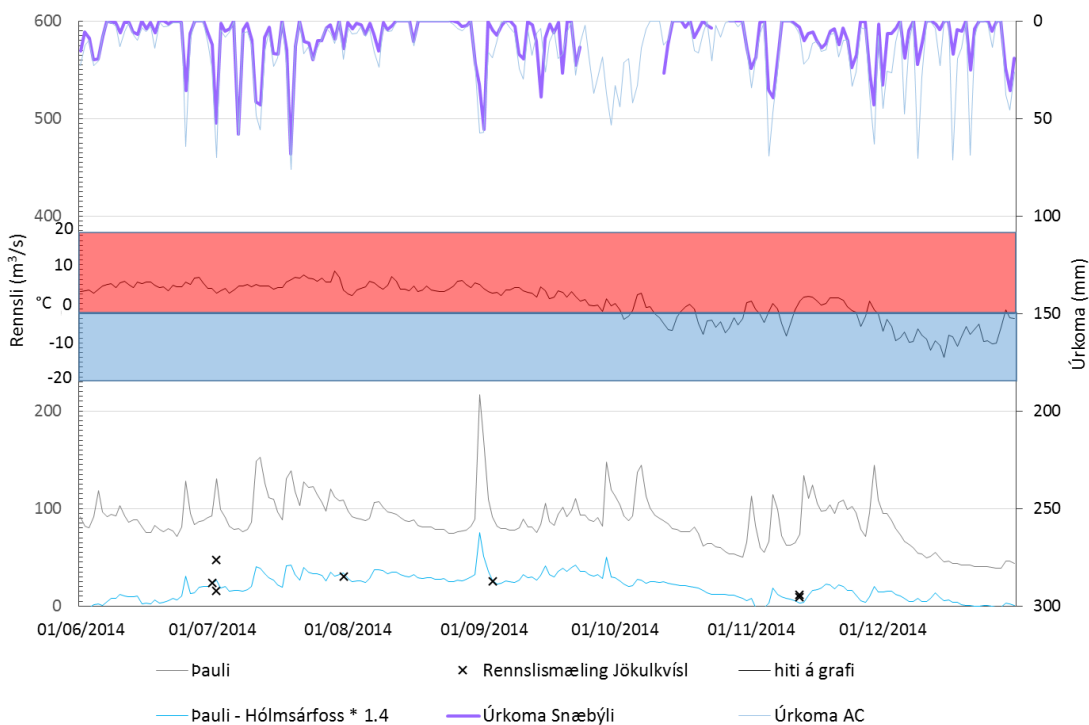
- 1) Jöfnu rennslismælinga við Jökulkvísl og reiknaðs rennslis við Paula að frádregnu reiknuðu rennsli við Hólmsárfoss. Ferlinum var síðan hliðrað sjónrænt þar sem rennslismælingar voru til staðar.
- 2) Venslum rennslismælinga í Jökulkvísl og reiknaðs rennslis við Paula.
- 3) Jöfnu vensla rennslisraðar fyrir Jökulkvísl samkvæmt líkani Vatnaskila og mældrar rennslisraðar fyrir Paula.
- 4) Ákvörðum fasta sem notaður var til að margfalda með rennsli frá Hólmsárfossi áður en það var dregið frá Paularennslinu. Sá fasti sem skilaði röð sem rennslismælingar féllu inná reyndist vera 1,4.

Rennslisferillinn sem gerður var með aðferð 4 féll best saman við rennslismælingar í sýnatöku og varð þess vegna fyrir valinu til áframhaldandi útreikninga á framburði. Myndir 28 og 29 í Viðauka 1 sýna alla ferlana saman. Kaflinn hér á eftir fjallar um úrkomu á vatnasviðið og Mynd 4 sýnir rennslisferla reiknaða með aðferð 4, rennsli í Paula, ásamt mælingum í Jökulkvísl og úrkomu .

2.1 Úrkoma á vatnasviði Jökulkvísar

Dagsmeðalúrkoma á vatnasviði Jökulkvísar var tekin saman fyrir árið 2014 (Mynd 4). Endurbætt staðbundin brúunaraðferð (AC) var notuð til að reikna daglega úrkomu með 1 km upplausn fyrir tímabilið 1991–2014 úr úrkomustöðvaneti Veðurstofu Íslands. Sama aðferð var notuð við að reikna dagsmeðalhita og fá þar með meðalgildi fyrir allt vatnasviðið (Philippe Crochet, 2013). Á Mynd 4 er hitastig sýnt á miðju grafinu með sér y-ás frá -20 – 20°C þar sem svæði neðan frostmarks er bláskyggt en svæðið ofan frostmarks er rauðskyggt.

Úrkomumælingar á mælistöð við Snæbýli fyrir árið 2014 sýna að úrkoma á vatnasviði Jökulkvísar er langoftast meiri en við Snæbýli (Mynd 4). Rennsli eykst samhliða úrkomutoppum þegar meðalhitastig vatnasviðsins er yfir frostmarki og má sjá merki þess í hlákum í nóvember og desember.



Mynd 4. Rennslisráðir og úrkomuráðir gerðar með mismunandi aðferðum. Rennslisröð Paula er grá og rennslisröð með aðferð 4 er ljósblá (neðsti hluti grafs). Rennslismælingar við Jökulkvísl eru merktar með svörtum X-um. Úrkoma fengin með AC aðferð er fölblá á öndverðum ás og úrkoma frá Snæbýli er ljósfjólublá einnig á þeim ás (efsti hluti grafs). Hitastig fengið úr AC líkani er svört lína á miðjuhluta grafsins, þar sem rauðskyggða svæðið er hiti yfir frostmarki en bláskyggða svæðið er hiti undir frostmarki.

3 Aurburðarsýnataka og úrvinnsla

Ferðum inn að Jökulkvísl var skipt upp í tvö konar ferðir, annars vegar "hefðbundnar" ferðir og hins vegar "atburðaferðir". Hefðbundnar ferðir voru farnar í tengslum við aðrar ferðir en atburðaferðir voru eingöngu vegna sýnasöfnunar í Jökulkvísl.

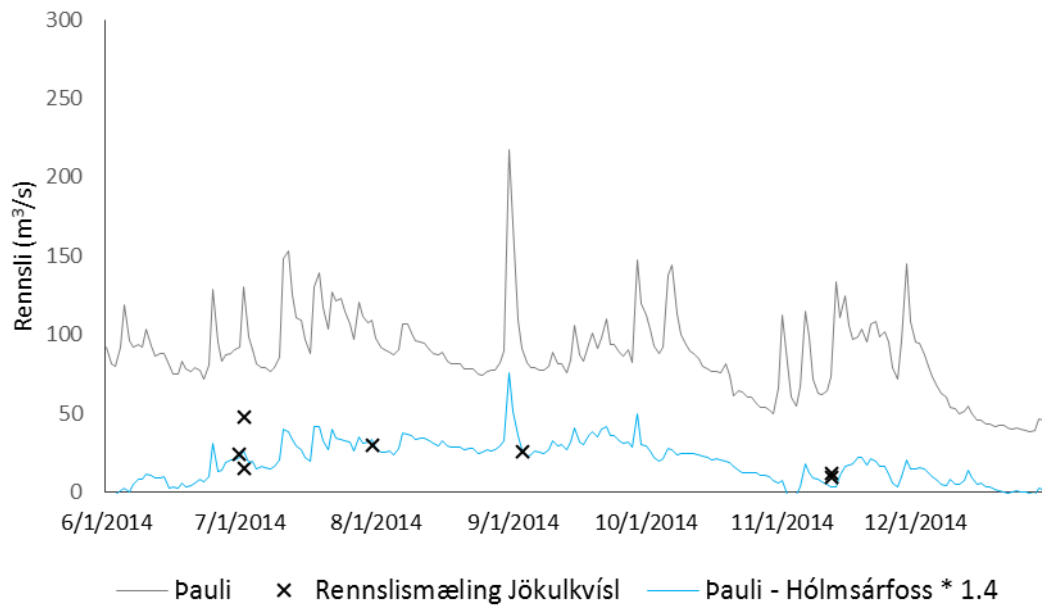
Með atburðum er átt við snörp rigningarflóð sem þekkt eru í Hólmsá/Jökulkvísl og eru algeng allt árið um kring. Sérstaklega geta þau verið stór í miklum vetrarrigningum þegar snjóþekja er á jörð en reiknað er með að í þessum flóðum skili sér mikill aur niður ána (Mynd 5). Þessir atburðir standa oft aðeins 1–2 daga. Til að ná að safna sýnum úr slíkum atburðum þarf því að bregðast skjótt við og vera kominn á staðinn eins fljótt og auðið er.



Mynd 5. Myndir teknar við sýnatöku í Jökulkvísl 3.9.2014. Sjá má að mjög mikið efni er á ferðinni á vinstri myndinni er eins og „sjóði“ í ánni en á þeirri hægrei má sjá greinileg drýli (Ljósmyndir: Vilhjálmur Kjartansson).

3.1 Tímasetning aurburðarsýna miðað við rennsli

Í ferðum á tímabilinu 2013–2014 voru tekin 15 svifaurssýni úr Jökulkvísl og 231 skriðaurssýni með vökvadrifnu spili af brúnni yfir Jökulkvísl (Tafla 3). Rennslið í Jökulkvísl var nokkuð breytilegt þegar þessi sýni voru tekin og á Mynd 6 sést reiknað dagsmeðalrennsli (aðferð 4) fyrir Jökulkvísl miðað við Þaula fyrir allt tímabilið en einnig mælt rennsli við sýnatöku. Þrjár hefðbundnar ferðir voru farnar á tímabilinu (Tafla 3) ásamt einni ferð þar sem handsýni var tekið. Sýnið var ekki nothæft í lykklagerð en auk þess að vera S3 sýni var rennsli ekki mælt á sama tíma. Tvær af þessum hefðbundnu ferðum lentu á flóði en ein atburðarferð farin þegar ekkert varð úr flóði þrátt fyrir að veðurpár bentu til að flóð væri í aðsigi. Meiri hluti sýnanna innihélt því háan aurstyrk og má gera ráð fyrir að aurburður verði ofáætlaður með lykklum út frá þessum sýnum því styrkur sýnanna verður meiri þegar um atburði er að ræða þrátt fyrir að rennsli geti verið nálægt meðalrennsli. Þetta kemur til af því að sýnataka er oft gerð í seinni hluta flóða þegar rennsli hefur minnkað en áin á enn eftir að hreinsa farveginn.



Mynd 6. Rennsli Hólmsár við Paula (vhm 577), reiknað rennsli Jökulkvíslar, ásamt mældu rennsli við sýnatöku (x).

Tafla 3. Fjöldi og gerð aurburðarsýna sem tekin voru í Jökulkvísl árin 2013–2014.

Dagsetning	Tegund ferðar	Fjöldi svifaurs-sýna	Fjöldi skriðaus-sýna	Fjöldi greindra skriðaus-sýna	Fjöldi eintoppa skriðaus-sýna
2013-10-10	Hefðbundin	2	24	6	5
2013-12-18	Hefðbundin	1			
2014-07-01 til 02	Atburðaferð 1	4	79	14	9
2014-07-31	Hefðbundin	2	24	6	1
2014-09-03	Hefðbundin	2	34	6	0
2014-11-12 til 13	Atburðaferð 2	4	70	14	10
Alls aurburðarsýni		15	231	46	25

3.2 Svifaursýni

3.2.1 Sýnataka og kornastærðargreining

Öll svifaursýni sem tekin voru úr Jökulkvísl á tímabilinu 2013–2014 voru tekin með S49 sýnataka á þremur eða fleiri stöðum yfir þversniðið (svokölluð S1 sýni) (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:

Tafla 4. 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

3.2.2 Svifaurslyklar

Til að reikna út hve mikið berst fram af svifaur á sýnatökustað á tilteknu tímabili eru búnir til svokallaðir svifaurslyklar, þ.e. sambandið milli rennslis og svifaursframburðar er fundið. Lykillinn er á eftirfarandi formi þar sem q_s er svifaursframburður í kg/s, Q er rennsli í m^3/s , en k og n eru aðhvarfsstuðlar, k hlutfallsstuðull og n veldisvísir:

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

Þegar gæði lykla eru metin þarf að hafa eftirtalin atriði í huga:

- Lyklar eru almennt því betri sem sýnin, sem þeir byggjast á, eru fleiri. Annars er hætt við, að sýnin séu ekki nægilega marktækt úrtak. Samband rennslis og svifaurs er í rauninni töluvert breytilegt, því að margs konar ytri skilyrði önnur en rennsli hafa áhrif á aurinn. Sýnin þurfa m.a. helst að dreifast sem jafnast yfir árið, sérstaklega þann hluta ársins sem framburður er mestur. Sýnin ættu varla að vera færri en sjö ef nota á þau til ályktunar, en þá þurfa skilyrðin sem talin eru hér á eftir að vera vel uppfyllt.
- Best er að sýnin hafi verið tekin á breiðu rennslisbili, helst allt frá því að vera nærri hæsta dagsmeðalrennsli tímabilsins sem lykillinn gildir fyrir, niður í nokkuð lágt rennsli. Ennfremur er æskilegt að sýnin dreifist sem jafnast á rennsli.
- Fylgnin þarf að vera sem hæst. Hún telst góð ef hún er 0,90 eða hærri, mjög góð ef hún er 0,95 eða hærri, en léleg ef hún er undir 0,80.
- Lyklar með hærri veldisvísi en 3 eru varasamir því þeim hættir til að gefa of mikinn aur við hárennsli og þar sem stuðlarnir hafa gagnverkandi áhrif hvor á annan of lítinn aur við lágrennsli. Algengt er að veldisvísirinn sé nálægt 2 í góðum lykllum. Trúverðugir veldisvísar eru á bilinu 1,5–3.
- Óheppilegt er að einstakir mælipunktur skeri sig mjög úr, sérstaklega þegar lykillinn byggist á fáum sýnum. Slíkum punktum gæti verið rétt að sleppa í sumum tilfellum.

Lyklarnir eru notaðir til að reikna svifaurnir fyrir hvern dag fyrir sig út frá meðalrennsli dagsins. Þannig á að vera unnt að reikna svifaur sem berst fram á einu ári eða nokkurra ára tímabili ef lyklarnir eru nægilega góðir og upplýsingar liggja fyrir um dagsmeðalrennsli. Lyklar sem byggðir eru á sýnum frá öllum árstímum eru kallaðir árslyklar. Ef sýnafjöldi leyfir er sýnunum skipt niður í árstíðir og reiknaðir sérstakir árstíðalyklar fyrir hvora eða hverja árstíð fyrir sig. Oft eru sumarsýni hlutfallslega fleiri en vetrarsýni miðað við fjölda mánaða sem getur verið af ýmsum ástæðum t.d. verra aðgengi á vetrum. Þegar sumarrennsli er herra en vetrarrennsli, sem gjarnan er í jökulmiðluðum ám, má því gera ráð fyrir að meiri framburður reiknist samkvæmt árslykli en samanlögðum árstíðalykllum. Hins vegar er rennsli og framburður vetrarmánaðanna þá

oft einsleitara en sumarmánaðanna og því ekki þörf á jafnmörgum sýnum til að lýsa tímabilinu.

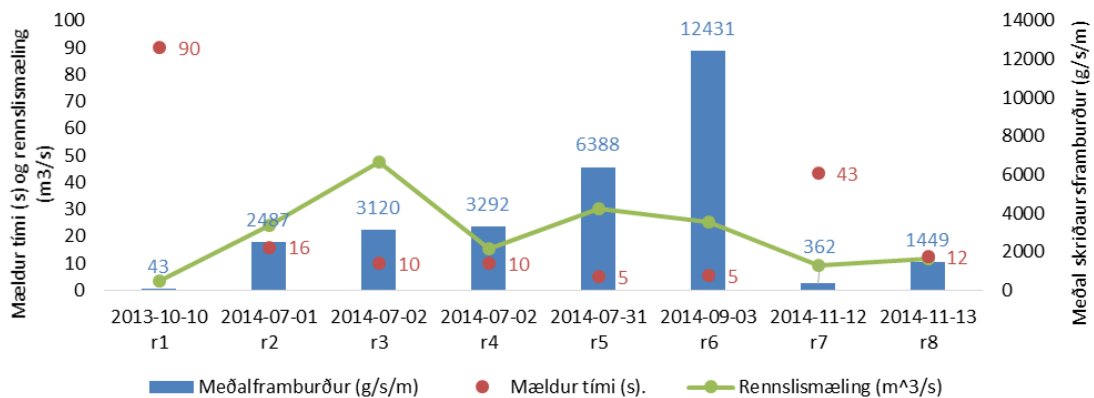
Rofnæmi og rofmætti má lesa út úr stuðlum jöfnu (1) (Morgan, 1995; Asselmann, 2000). Hátt gildi hlutfallsstuðulsins k bendir til að á vatnasviðinu sé mikið veðrað efni, sem flyst auðveldlega og því talað um hátt rofnæmi. Hátt gildi veldisvísisins n bendir til mikillar aukningar í rofmætti með auknu rennsli, þ.e. rofkraftur árinnað 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 við lágt rennsli sem eykst mikið við aukið rennsli. Flöt kúrfa ætti að einkenna vatnsföll þar sem auðrofið efni er í vatnasviðinu, sem getur flust við nánast hvaða rennsli sem er (Asselmann, 2000). Þessi atriði eru eingöngu til viðmiðunar en skoða verður hvert vatnsfall og sýnatöku sérstaklega því önnur áhrif geta verið mikilvæg s.s. stíflumannvirki sem og náttúrulegar breytingar á vatnasviðinu.

3.3 Skriðaurssýni

3.3.1 Sýnataka og kornastærðargreining

Alls voru tekin 231 skriðaurssýni af brúnni yfir Jökulkvísl með vökvadrifnu spili. Af þessum sýnum voru síðan 46 sýni kornastærðagreind á aurburðarstofu Veðurstofunnar. Af þeim voru 25 eintoppa (Tafla 3) og verður nánar fjallað um þau í kafla 4.1.4 um kornastærðargreiningu skriðaurssýna.

Skriðaurssýni voru tekin með Helley Smith skriðaurssýnataka með vökvadrifnu spili. Sýnatakinn vegur um 48 kg og er með 3×3” (ca. 7,6×7,6 cm) sýnatökuopi og 3,22 stækkunarhlutfalli. Sýnatakinn var látinn síga niður á botn árinnað á ákveðnum stöðum og látinn sitja þar í vissan tíma. Tímalengd sýnatakans við botn var háð rennsli og framburði og getur því verið breytileg milli sýnatökumferða (Mynd 7). Þessi tímalengd er breytileg í Jökulkvísl eða frá 5–90 sek. Tímalengd við botn er í öfugu hlutfalli við rennsli þ.e. með hækkandi rennsli styttest tímalengd sýnataka við botn og sama á við um fylgni framburðar og tímalengdar (Mynd 7).



Mynd 7. Meðaltímalengd sýnataka við botn, mælt meðalrennsli og meðalframburður á stöð hvern sýnatökudag. X-ás sýnir sýnatökudag og ártal.

Reynt var að taka sýni á svipuðum breiddum innan þversniðs í öllum sýnatökuferðum.

Tafla 5 sýnir dagsetningu sýnatöku, stöðvanúmer (staðsetning á þversniði), fjölda sýna ásamt niðurstöðu rennslismælingar í sýnatökunni. Í tveimur ferðum 9.3.2014 og 12.11.2014 yfirfylltist sýnatökupokinn og eru þessi sýni með í töflu 5 og á Mynd 7 en ekki í útreikningum á heilduðum skriðaur í komandi kafla.

Tafla 5. Fjöldi skriðaurssýna ásamt meðalframburði og niðurstöðu rennslismælingar í sýnatöku. Skyggðar línur eiga við atburðaferðir.

Dagsetning	Stöðvar (m)	h-bakki	v-bakki	Meðalframburður (g/s/m)	Rennslismæling (m ³ /s)	Fjöldi sýna
2013-10-10	4;5;6;7;8;9	1,5	9,5	43	3,4	24
2014-07-01	7;9;11;12;13;15;16	5,6	18,5	24867	23,9	34
2014-07-02	7;9;11;12;13;15;16	5,6	18,5	3120	47,5	20
2014-07-02	7;9;11;12;13;15;16	5,6	18,5	3292	15,3	25
2014-07-31	8;9;10;11;12;14	5	18,5	6388	30,1	24
2014-09-03	6;7;8;9;10;11;12;14;16	4,1	17	12431	25,3	34
2014-11-12	7;9;11;13;15;16	5,5	17,5	362	9,2	30
2014-11-13	7;9;10;11;12;13;15;16	5,5	17,5	1449	11,5	40

Rennsli í sýnatökum var mjög breytilegt eða frá 3,4 m³/s og upp í 47,5 m³/s (Mynd 7 og Mynd 29 í Viðauka 1). Rennslismælingin sýnir hins vegar eingöngu augnabliksrennsli en ekki meðalrennsli sýnatökunnar. Breytileiki á aurstyrk innan hvernar sýnatöku var mismikill en mestur var hann í atburðaferðum og er sýnum úr nokkrum þeirra ráðað á fleiri en eitt rennslisbil. Þann 1.–2. júlí 2014 var sýnatökunni skipt í þrjú rennslisbil. Þann 11.–12. nóvember 2014 voru tvö rennslisbil. Rennslisbilin eru merkt á x-ás á Mynd 7

Tafla 5 (r1 til r8). Þessi skipting miðast við rennslismælingar sem gerðar voru samhliða sýnatöku en ekki meðalrennsli reiknað út frá vatnshæðarmælingum. Þetta er ólíkt því sem gert er í flestum öðrum tilvikum, því vatnshæðarmælingar eru ekki til fyrir Jökulkvísl og því ekki um samfellda rennslisröð að ræða með nægjanlegri upplausn (10 mínútna til klukkustundargildi) sem hægt er að byggja á meðalrennsli í sýnatöku. Árið 2015 var farið að mæla vatnshæð samhliða sýnatöku sem eingöngu nýtist til viðmiðunar við úrvinnslu aurburðarsýna því ekki er um að ræða fastan vatnshæðarmæli á mælistaðnum við Jökulkvísl.

Skriðaurssýnin sem valin voru til kornastærðargreininga voru fyrst þurrkuð við 60°C áður en þau voru sigtuð í gegnum sigti með möskvastærð sem hljóp á 0,5 ϕ (phi). Til þess að einfalda tölfræðilega útreikninga á kornastærð skriðaurisins var ϕ -kvarðinn notaður, en ϕ -gildi eru reiknuð á eftirfarandi hátt (Boggs, 1995):

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

þar sem d er þvermál korna í mm.

Tafla 6 sýnir samanburð á stærðum í mm og stærðum í ϕ .

Tafla 6. Samanburður stærða í mm og í ϕ -gildum og heiti kornastærðarflokka samkvæmt Udden-Wentworth kvarða.

mm	ϕ	U.W. heiti	mm	ϕ	U.W. heiti	mm	ϕ	U.W. heiti	Mm	ϕ	U.W. 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				

Tölfræðilegir eiginleikar sýnanna voru reiknaðir út með afleiðuaðferð og er hér sýnt hvernig meðalstærð, aðgreining og skakki eru reiknuð.

$$\text{Meðalstærð} \quad \bar{x}_\phi = \frac{\sum fm}{n}$$

$$\text{Aðgreining} \quad \sigma_\phi = \sqrt{\frac{\sum f(m - \bar{x}_\phi)^2}{100}}$$

$$\text{Skakki} \quad \overline{Sk}_\phi = \frac{\sum f(m - \bar{x}_\phi)^3}{100\sigma_\phi^3}$$

Þar sem f táknar þungaprósentu í hverjum kornastærðarflokki fyrir sig og m er miðja hvers kornastærðarflokks í ϕ . Afleiddir kornastærðareiginleikar voru eingöngu reiknaðir á efni stærra en 0,063 mm og því var efni sem kom í þönnu við sigtun sleppt. Í öllum nema einu sýni var þetta efni <0,1% af heildarþunga sýnisins.

Meðalstærð táknar einfalt stærðarmeðaltal, en aðgreining sýnir í raun staðalfrávik gagnanna. Því betri sem aðgreiningin er, því lægra verður aðgreiningargildið, halli á safntíðniferlinum meiri og sýnið einsleitara að stærð. Skakki segir hins vegar til um lögum tíðniferils sýnisins hvað viðkemur ósamhverfu hans. Ef dreifing grófari hluta sýnisins er meiri en fínni hluta þess er sagt að sýnið hafi “hala” af grófu efni og er talað um neikvæðan skakka. Jákvæður skakki gefur hins vegar til kynna að sýnið hafi “hala” af fínu efni og er þá skakkagildið tiltölulega há jákvæð tala.

3.3.2 Framburðarútreikningar

Heildarframburður skriðaus var reiknaður í þrepum. Fyrst var meðalframburður á hverri stöð reiknaður á eftirfarandi hátt:

$$\text{Meðalframburður á stöð } j: q_{bj} = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} \frac{M_i}{t_i d}$$

þar sem M_i er massi sýnis i (í grömmum), t_i er söfnunartíminn (í sekúndum) fyrir sýni i , d er þvermál sýnatökuupsins (0,0762 m) og n_j er heildarfjöldi sýna á stöð j .

Heildarframburður skriðaus gegnum þversniðið var síðan reiknaður með eftirfarandi jöfnu:

Heildarframburður gegnum þversnið:

$$Q_b = \frac{q_{b1}}{2} x_1 + \frac{q_{b1} + q_{b2}}{2} x_2 + \dots + \frac{q_{bn-1} + q_{bn}}{2} x_n + \frac{q_{bn}}{2} x_{n+1}$$

þar sem Q_b er í g/s og x merkir fjarlægð í m milli sýnatökustaða; á milli ysta sýnatökustaðar og vatnsbakka, eða þar sem straumur byrjar (World Meteorological Organization, 1994).

4 Niðurstöður aurburðarmælinga í Jökulkvísl

Áður hefur verið reiknaður heildarframburður fyrir Hólmsá við Framgil og Þaula (Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2014; 2016). Byrjað var að taka sýni úr Jökulkvísl haustið 2013 (sjá umræðu í köflum 2 og 3). Hér á eftir eru settar fram niðurstöður mælinganna sem ogaurburðarlyklar til að meta framburð svifaurs og skriðaus í Jökulkvísl fyrir árið 2014.

4.1 Niðurstöður svifaursmælinga

Niðurstöður mælinga svifaursýna eru settar fram í töflu í Viðauka 2. Gífurlegur munur er á svifaurstyrk í Jökulkvísl við mismunandi rennsli sem samræmist niðurstöðum fyrri rannsókna í Hólmsá við Framgil og Þaula (Esther Hlíðar Jensen, 2014; 2016). Langmestur er styrkurinn í rigningarflóðum að sumarlagi þegar jökulvatn er einnig til staðar en það er ólíkt niðurstöðum frá Framgili (

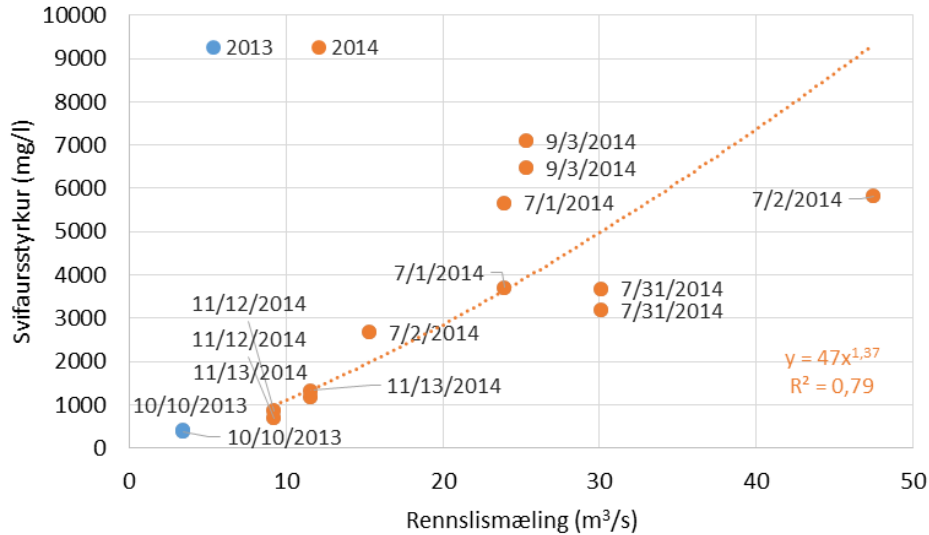
Tafla 7).

Tafla 7. Niðurstöður kornastærðarmælinga á svifaurssýnum úr Jökulkvísl 2013 og 2014.

Dagsetning (áááá-mm-dd)	Kl.	Rennsli (m ³ /s)	Aur- Styrkur (mg/l)	TDS (mg/l)	Kornastærð (%) flokkastærðir í mm					Stærsta korn (mm)	Sýna- gerð
					<0,002	0,02- 0,002	0,06- 0,02	0,2- 0,06	>0,2		
2013-10-10	14:57	3,40	415	113	15	19	28	31	7	1,9	S1
2013-10-10	18:56	3,40	380	117	19	22	27	25	7	3,4	S1
2013-12-18	14:10		16	66	7	9	8	61	15	0,9	S3
2014-07-01	19:45	23,9	3715	74	34	33	21	11	1	2,6	S1
2014-07-01	23:35	23,9	5671	68	38	33	18	10	1	3,8	S1
2014-07-02	01:25	47,5	5813	63	43	30	16	9	2	2,7	S1
2014-07-02	12:00	15,3	2682	55	44	26	15	13	2	2,5	S1
2014-07-31	10:00	30,1	3190	90	35	27	11	17	1	3,7	S1
2014-07-31	11:15	30,1	3680	101	42	30	17	10	1	3,8	S1
2014-09-03	11:30	25,3	6477	87	31	30	21	15	3	2,9	S1
2014-09-03	17:07	25,3	7098	82	31	30	20	17	2	3,5	S1
2014-11-12	18:00	9,20	688	122	55	24	11	10	0	4,7	S1
2014-11-12	21:35	9,20	867	107	51	26	13	8	2	3,5	S1
2014-11-13	09:55	11,5	1324	79	52	24	10	12	2	2,6	S1
2014-11-13	15:20	11,5	1172	52	40	25	15	17	3	3,5	S1

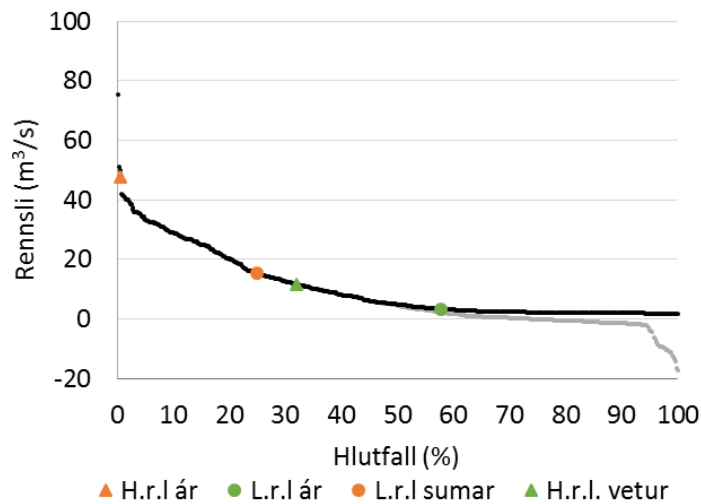
Almennt er miðað við að fjöldi sýna sé að lágmarki sjö fyrir marktæka aurburðarlykla ef gæði lykils séu að öðru leyti í lagi m.a. hvað varðar sýnatöku á breiðu rennslisbili og fylgni lykils (sjá umfjöllun í kafla 3.2.2). Fimmtán svifaurssýni voru tekin í Jökulkvísl á árunum 2013–14 (Tafla 7) og liggja þau til grundvallar bráðabirgðasvifaursslyklum sem hér eru settir fram (Tafla 8). Sýnafjöldinn er ásættanlegur (Mynd 8) fyrir heildarlykil en hætt er við því að sýnin séu nokkuð einsleit því ekki er um margar ferðir að ræða og sýnin tekin á fremur afmörkuðu rennslisbili (

Tafla 8). Vetrarlykillinn er gerður með aðeins sex sýnum úr tveimur ferðum og hefur því ekki mikla breidd. Sumarlykillinn er gerður með átta sýnum og var lægsta rennsli í sýnatöku rúmum 40% ofan við lægsta dagsmeðalrennsli að sumri.



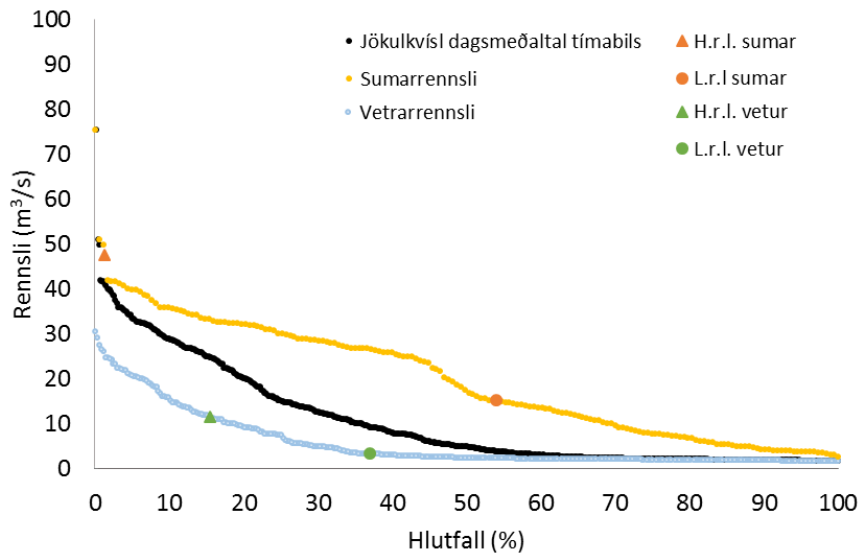
Mynd 8. Venst heildarstyrks svifaurs og rennslis flokkuð eftir árunum sem sýnataka fór fram.

Óslitin rennslisröð fyrir vatnsfallið þarf að vera til staðar svo hægt sé að reikna framburð. Fram kom í kafla 2 að rennslid í Jökulkvísl var metið út frá aðferð 4 sem var á þessa leið: Þauli – Hólmsárfoss * 1,4 (sjá nánar í Viðauka 1). Sá ágalli er á þessari nálgun að alloft komu fram neikvæð gildi og því þurfti að áætla lágrennslid, sbr. umfjöllun í Viðauka 1. Mynd 9 sýnir langæi dagsmeðalrennslis reiknað með þessari aðferð fyrir rennslis tímabilsins 1.7.2013 til 31.12.2014. Gráa línan (punktasafnið) sýnir rennslid án áætlaðs lágrennslis en svarta línan sýnir langæislínu rennslis með áætluðu lágrennslis. Eins og sjá má er lágrennslis mjög lítil hluti heildarrennslisins en gildir samt sem áður um 40% tímans. Út frá sýnum sem tekin hafa verið við lágrennslis (við 3,4 m³/s, Mynd 8, blár punktur) má gera ráð fyrir að framburður við lágrennslis sé óverulegur og hafi lítil áhrif á heildarmyndina.



Mynd 9. Langæi dagsmeðalrennslis frá júlí 2013 loka desember 2014 ásamt hæstu og lægstu rennslisgildum lykila (h.r.l. = hæsta rennslis lykils l.r.l. = lægsta rennslis lykils). Hæsta og lægsta rennslis sumarlykils er sýnt með appelsínugulum táknum en vetrarlykils með grænum merkjum. Hæsta sumarrennslid er það sama og árslykils og lægsta rennslis vetrarlykils er sama og árslykils.

Á Mynd 10 má sjá að lægsta rennsli sumarsýna er nokkuð hátt (appelsínugulur punktur) og rúmlega 40% dagsmeðalrennslis sumars er lægra en lægsta rennsli í sýnatöku að sumri (gul lína). Lægsta rennsli í sýnatöku að vetri (grænn punktur) er hins vegar ekki mikið hærra en lægsta rennsli þrátt fyrir að rúmlega 60% vetrardaga tímabilsins sé rennsli lægra (blá lína). Um 50% vetrarferilsins er bein framlenging á línunni vegna áætlaðs lágrennslis. Þetta áætlaða lágrennsli hefur áhrif á heildarferil tímabilsins en ekki á sumarferilinn. Mat á magni svifaus við lágt rennsli ætti því að vera ásættanlegt.



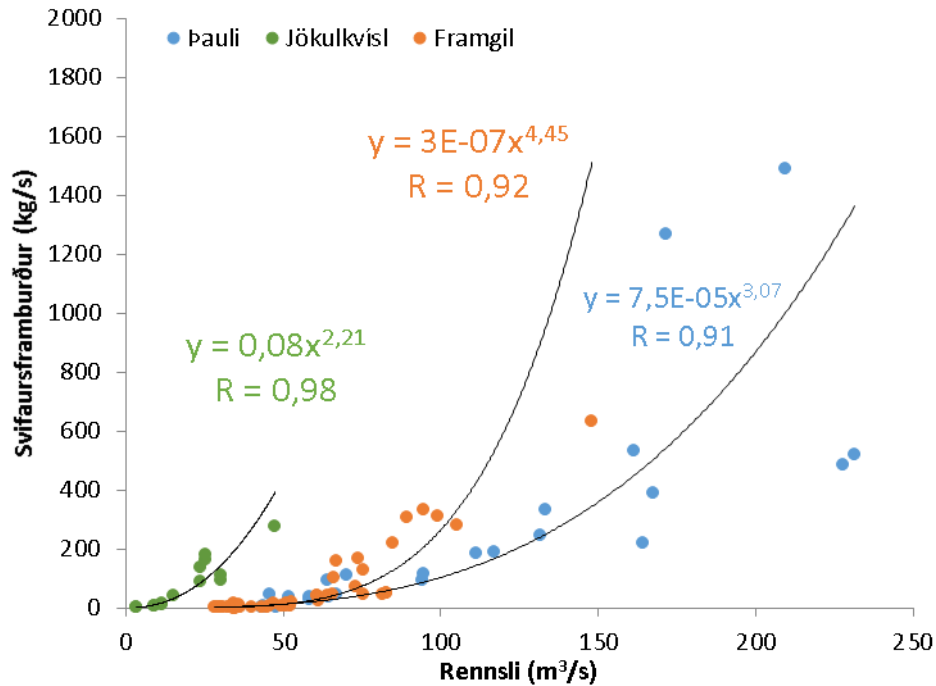
Mynd 10. Langæi dagsmeðalrennslis í Jökulkvísl eftir árstíðum. Myndin sýnir sumarrennsli (gul lína: júlí, ágúst og september), vetrarrennsli (blá lína) og rennsli tímabilsins (svört lína), ásamt hæstu og lægstu rennslisgildum lykila (h.r.l. = hæsta rennsli lykils (þríhyrningur), l.r.l. = lægsta rennsli lykils (hringur)). Tákn fyrir sýnatöku að sumri eru appelsínugul og græn fyrir rennsli í vetrarsýnatöku.

Samanburð á helstu einkennum svifaurstryklu fyrir Jökulkvísl, Þaula og Framgil má sjá í töflu 8. Áberandi er hversu háir hlutfallsstuðlarnir fyrir Jökulkvísl eru sérstaklega þegar skoðaðir eru lykjar fyrir sýni frá Framgili og Þaula. Eins og fram kom í kafla 3.2.2 getur hátt gildi hlutfallsstuðulsins k bent til að á vatnasviðinu sé mikið efni, sem flyst auðveldlega og því talað um hátt rofnæmi. Í fyrri skýrslum um framburð í Hólmsá við Framgil og Þaula (Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2014 & 2016) er rætt að mikil gjóska er á vatnasviðunum sem er auðrjúfanleg. Í skýrslunni um Þaula kom fram að framburður við þar er stöðugri en við Framgil jafnvel að vetri til þegar jökulþátturinn er ekki til staðar og meira framboð af lausefnum. Svifaurstryklar fyrir Jökulkvísl benda til að þetta sé jafnvel enn skýrar þar, þ.e. að við sýnatökustaðinn í Jökulkvísl sé meira framboð af efni og meira rofnæmi en neðar í farveginum við Þaula. Mynd 11 sýnir svifaurstrykla frá Framgili 2002–2009, Þaula 2009–2012 og Jökulkvísl 2013–2014.

Tafla 8. Helstu einkenni svifaurstryklanna. H.r.l. er hæsta rennsli lykils og L.r.l. er lægsta rennsli lykils.

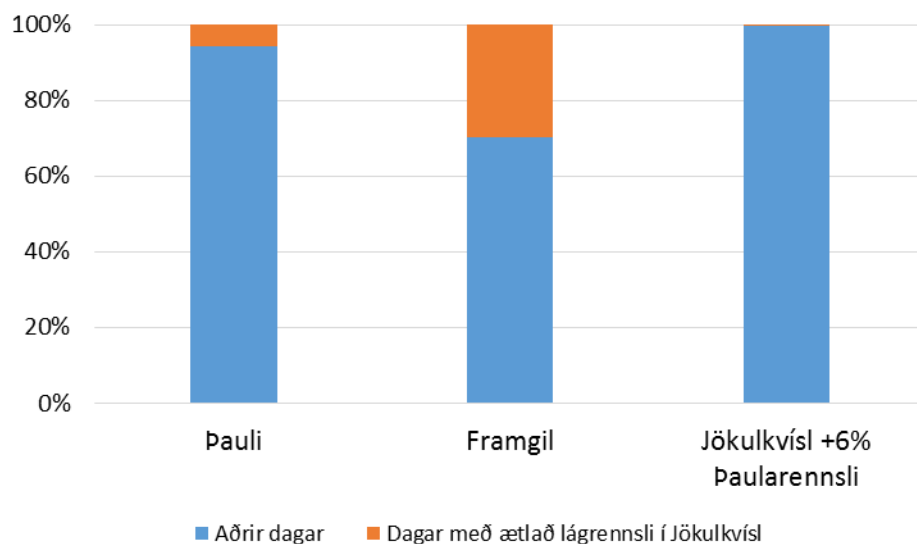
	Tímabil	Árstíð	Sýna- fjöldi	Fjöldi ferða	H.r.l. m ³ /s	L.r.l. m ³ /s	Fylgni R	Hlutfalls- stuðull k * 10 ⁶	Veldisvísir n
Jökulkvísl	2013–2014	Sumar	8	3	47,5	15,3	0,81	1007000	1,46
		Vetur	6	2*	11,5	3,4	0,99	134000	1,86
		Allt árið	14	5*	47,5	3,4	0,98	77700	2,21
Þauli	2009–2013	Allt árið	38	16	232	35,3	0,87	140	2,99
Framgil	2002–2009	Allt árið	48	58	148	28,1	0,92	0,34	4,45

* Ekki var rennslismælt í einni ferð í töflu 7 auk þess sem sýni í sömu ferð var af S3 gerð og því ekki notað í lykil.



Mynd 11. Svifsaurslyklar fyrir Framgil (2002–2009), Paula (2009–2013) og Jökulkvísl (2013–2014).

Árið 2014 voru 119 dagar þar sem útreikningar með jöfnu 4) gáfu rennsli undir núlli og var gildunum því skipt út fyrir lágrennsli (sjá kafla 2, Mynd 8 og umfjöllun í Viðauka 1). Uppsafnaður framburður í Hólmsá við Framgil og Paula var skoðaður þessa daga (Mynd 12) til að meta hvort mikill munur væri milli mælistaða. Við þessa útreikninga voru framburðarlyklar frá tveimur öðrum tímabilum notaðir, Framgil 2002–2009 og Pauli 2009–2013 og gert ráð fyrir að það samband héldist. Þetta felur í sér mikla óvissu því engin sýni eru til frá þessum stöðum fyrir sama tímabil.



Mynd 12. Hlutfall framburðar við Paula, Framgil og Jökulkvísl í áætluðu lágrennsli í Jökulkvísl á móti svifsaursframburði aðra daga.

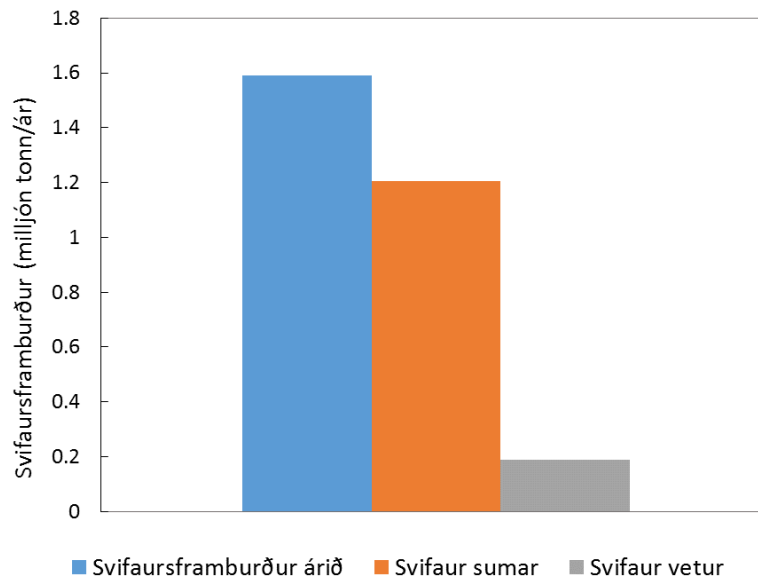
Reiknaður framburður við Framgil er hlutfallslega meiri þessa daga eða um 30% af framburði ársins á meðan aðeins um 6% af ársins er borinn fram við Þaula og 0,2% við Jökulkvísl. Samanburður milli staða er ótraustur því einnig hafa ólíkar aðferðir verið notaðar til að reikna rennslisraðir, sem hefur mikil áhrif á niðurstöður framburðarútreikninga.

Framburðarútreiningar fyrir Jökulkvísl eru því ónákvæmir og einungis er hægt að nota þá sem vísbendingu um framburð (Mynd 13). Ef skoðaður er framburður frá Framgili og hann lagður saman við framburð frá Jökulkvísl (Mynd 14 og Tafla 9) fæst nánast sama magn og reiknast niðri við Þaula. Þá á eftir að reikna með framburði frá Bláfellsánnum sem er óþekktur en líkur eru á að hann sé jafnvel meiri en framburður við Framgil. Mælt rennsli í Ytri-Bláfellsá í lágrennslismælingunni árið 2010 var 21% af Þaularennslis en hlutfall jökuls af vatnasviðinu er meira en við Framgil (Mynd 2, u.þ.b. svæðið sem er á milli vatnasviða Jökulkvíslar og Framgils). Eitthvað gæti sest til á leiðinni og því er forvitnilegt að skoða kornastærðargreiningu svifaus í þessu samhengi.

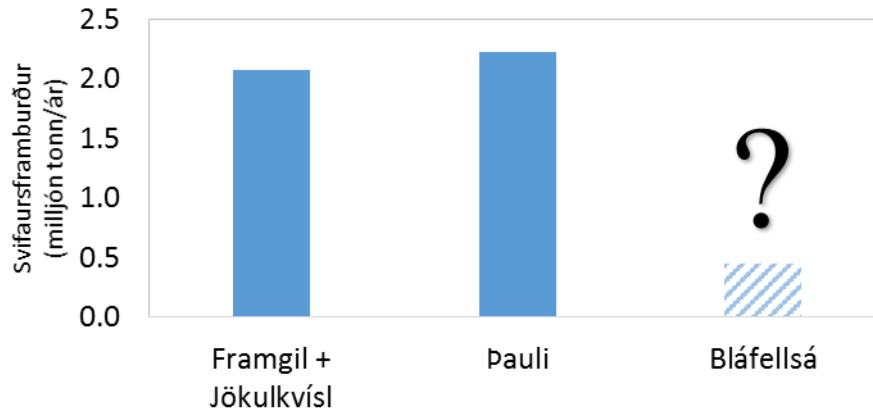
Tafla 9. Samanburður á reikuðum svifausframburði frá mismunandi stöðum.

Staður	Svifausframburður árið (milljón tonn/ár)	Svifaur sumar (milljón tonn/ár)	Svifaur vetur (milljón tonn/ár)
Jökulkvísl	1,59	1,21	0,19
Framgil	0,49*	!	!
Þauli	2,28*	!	!

*Meðalframburður 2014 ef svifauslyklar frá fyrri tímabilum myndu gilda fyrir þetta tímabil. !ekki reiknað.



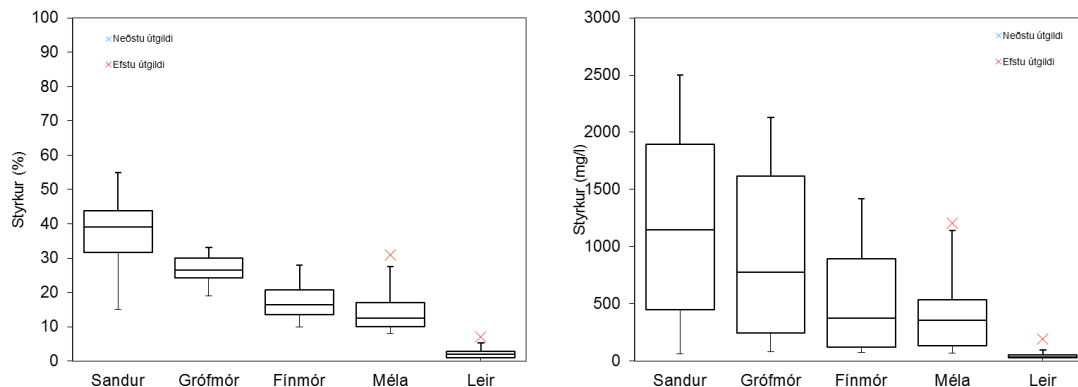
Mynd 13. Samanburður á útreiknuðum framburði svifaus í Jökulkvísl árið 2014 flokkaður eftir gerð lykla.



Mynd 14. Samanlagður framburður svifaurs við Framgil og Jökulkvísl borinn saman við Paula. Bláfellsá er sett til samanburðar með 21% af Paula framburði.

4.1.1 Kornastærðargreining svifaurs

Mikill munur er á kornastærðardreifingu svifaurssýna frá Jökulkvísl. Mynd 15 **Error! Reference source not found.** sýnir kassagraf af dreifingu styrks eftir kornastærðarflokkum í mg/l og sem hlutfall (%) af heild. Tafla 10 sýnir gildin á bak við smámyndirnar á Mynd 15. Q1 stendur fyrir neðsta fjórðungsmark, eða 25% af úrtakinu og Q3 er efsta fjórðungsmark, eða 75% úrtaksins. Miðgildið sýnir hvar 50% sýna liggja og er lína sem skilur milli kassanna í hverjum flokki. Miðgildið er ónæmt fyrir útlögum ólíkt meðaltali. IQR sýnir innri spönn, þ.e. sýnin sem þar eru lenda á milli 25–75% allra sýna í úrtakinu og eftir því sem spönnin er meiri því lengri verða kassarnir á grafinu. Útlagar eru skilgreindir þannig að efri mörk útlaga eru sett við gildi sem samsvara $1,5 * IQR$ yfir efsta fjórðungsmarki en neðri mörkin við samsvarandi $1,5 * IQR$ undir neðsta fjórðungsmarki. Mikilvægt er að átta sig á að útlagar eru ekki endilega léleg sýni en geta þvert á móti verið mjög þýðingarmiklir fyrir gagnasettið. Ákveðið var að sleppa eina S3 sýninu í safninu, sem tekið var 18. desember 2013, úr þessum samanburði því það bætir ekki upplýsingarnar þar sem rennsli var óþekkt í sýnatökunni. Myndin sýnir að stærstur hluti svifaursstyrks er sandur, þ.e. miðgildi sands er hæst en dreifing er líka mest innan sandflokksins og fer úr 62 mg/l í 2500 mg/l. Miðgildi fínmos og mélu er nánast það sama en meiri dreifing er innan fínmosflokksins, hins vegar er hlutfall fínmos hærra en mélu. Langminnst er af leir í sýnunum eða frá 0 mg/l uppí 194 mg/l.



Mynd 15. Kassagraf af dreifingu styrks svifaurs eftir kornastærðarflokkum. Hæstu útlagar eru sýndir með rauðum krossi og lægstu með bláum.

Tafla 10. Dreifing styrks eftir kornastærðum.

Aurstyrkur mg/l	Sandur	Grófmór	Fínmór	Méla	Leir
Min	62	79	76	69	0
Q ₁	449	242	120	136	27
Miðgildi	1148	779	377	358	36
Q ₃	1892	1615	893	538	56
Max	2500	2129	1420	1207	194
IQR	1444	1372	773	401	29

Gerðir voru aurburðarlyklar fyrir hvern kornastærðarflokk til að reyna að spá fyrir um það hversu mikið gæti sest til af aur á leiðinni milli sýnatökustaða í Jökulkvísl og Þaula. Aðeins er hægt að gera ráð fyrir því að sandur og grófmór setjist til á milli sýnatökustaðanna því hvergi er vatnið nógu lygnt til að finni korn náí að setjast til.

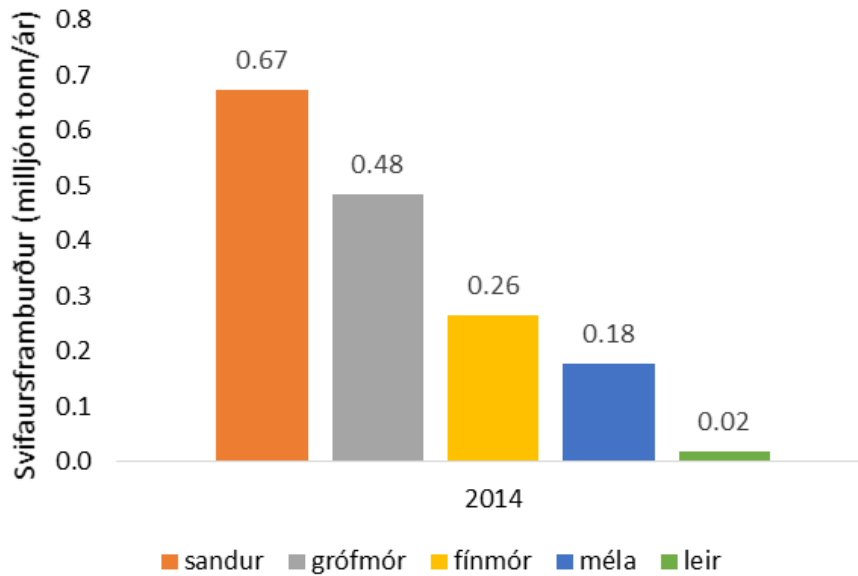
Tafla 11. Helstu einkenni svifaurslykla kornastærðarflokka fyrir Jökulkvísl.

Kornastærð	Fylgni R	Hlutfallsstuðull k * 10 ⁶	Veldisvísir n
Sandur	0,99	20000	2,44
Grófmór	0,98	10000	2,38
Fínmór	0,95	20000	2,15
Méla	0,94	20000	1,92
Leir	0,68	3000	1,87
Fínefni (F+M+L)	0,94	40000	2,02

Sýnafjöldi 14; fjöldi ferða: 5; hæsta rennsli lykils 47,5 m³/s; lægsta rennsli 3,4 m³/s

Niðurstaða framburðarútreikninga fyrir einstaka kornastærðarflokka má sjá á Mynd 16. Samanlagður framburður kornastærðarflokka er 1,61 milljón tonn/ár samanborið við 1,59 milljón tonn/ár sem fæst með árslykli heildarsvifaursframburðar. Ef reiknaður var framburður fínefna skv. lykli (Mynd 18 sýnir framburð eins og hann dreifðist á þversniðinu í mismunandi sýnatökum flokkuðum eftir rennslisbilum. Litakvarðinn sýnir dasetningar sýnatöku og í einu tilfelli voru tvö rennslisbil sama dag (2014–07-02). Fljótt á litið sést að magn framburðar á stöð í nokkrum sýnatöku er mjög breytilegt nema 10. okt 2013 og 12.–13. nóv 2014. Í atburðiferðinni í nóvember 2014 var þó breytilegur framburður á tveimur stöðvum í miðjum farveginum. Þetta sýnir að þörf fyrir sífellurennslismælingu til að meta betur rennslisbreytingar innan sýnatökunnar.

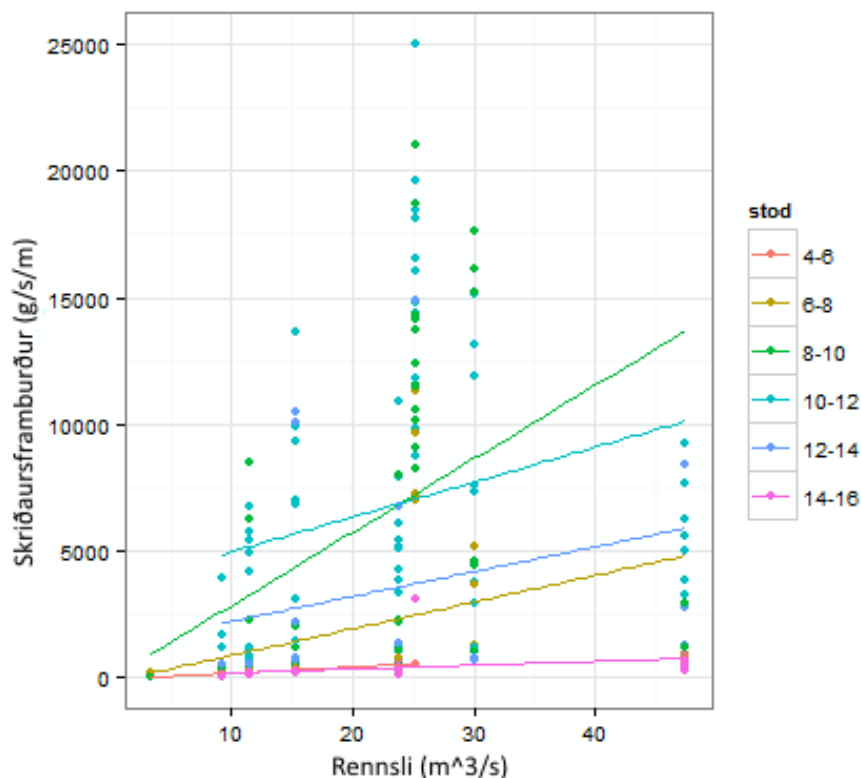
Tafla 12) fékkst 0,46 milljón tonn/ár. Fræðilega gætu því 1,14 milljón tonn á ári sest til ofan við Þaula (72% af 1,59 milljón tonnum) en það er hins vegar háð aðstæðum s.s. rennslisháttum og landslagi sem ekki hefur verið skoðað í þessu samhengi. Landið milli Jökulkvíslar og að væntanlegri stíflu ofan við Þaula er nokkuð flatt með halla undir 10° og þar af leiðandi eru líkur á að hluti efnisins setjist til áður en það nær niður í Þaula.



Mynd 16. Meðalframburður svifaurs árið 2014 skv. árslyklum einstakra kornastærðarflokka.

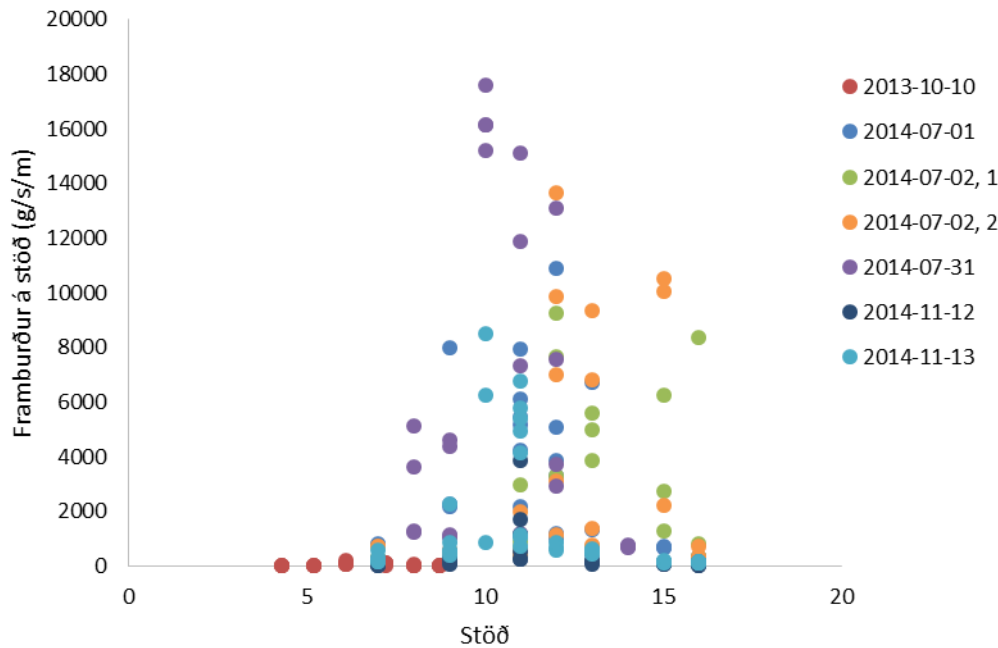
4.2 Niðurstöður skriðursmælinga

Botnskrið í Jökulkvísl var mælt í ferðum sem farnar voru á tímabilinu 2013–2014 og má sjá yfirlit yfir fjölda sýna og hversu mörg þeirra hafa verið kornastærðargreind í töflu 3. Sýnunum var skipt upp í rennslisbil eftir dögum og ef rennslí breyttist mikið innan mælinga (sjá Viðauka 2). Skriðursframburður fyrir hverja stöð sem fall af rennslí er sýndur á Mynd 17. Þessi mynd er ólík sambærilegum myndum úr fyrri skýrslum (Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2014 & 2016) þar sem í Jökulkvísl liggja aðeins stakar rennslismælingar á bak við skriðursgögnin í stað sítitandi rennslis.og því er meira stökk á milli rennslisgagnanna .



Mynd 17. Skríðursframburður við Jökulkvísl, tímabilið 2013–2014, litaflokkaður eftir stöðvum á þversniði árinna.

Aðferðin við að reikna heildarframburð skríðurs fyrir hvert sýni byggir á því að reikna heildaðan skríðaur fyrir hverja stöð í hverju rennslisbili og síðan er framburður allra stöðva lagður saman samkvæmt aðferð WMO sem fjallað er um í kafla 3 (World Meteorological Organization, 1994). Gögnin eru síðan teiknuð upp á móti rennsli og leitnilína reiknuð, á forminu $q_s = k \times Q^n$ eins og fyrir svifaur (sjá kafla 3.2.2). Niðurstöðurnar eru birtar á Mynd 19. Í þessari skýrslu er aftur á móti ekki notast við meðalrennsli í mælingu sem fengin er úr vatnshæðarmæli heldur staka rennslismælingu fyrir og eftir sýnatöku sem eykur óvissu skríðurslykilsins. Rennsli er ekki þekkt fyrir hvert sýni og því er heildaður framburður ekki reiknanlegur með mikilli vissu. Mynd 17 sýnir að mestur skríðursframburður er í miðjum farveginum á stöðvum 6–8, 8–10 og 10–12 og að heildarsýnin þ.e. öll sýni úr hverri ferð raðast í röð eftir rennsli. Leitnilínur fyrir hverja stöð sýna því fremur brúun milli mæliferða en skríðursframburð á móti rennsli fyrir hvert stakt sýni.



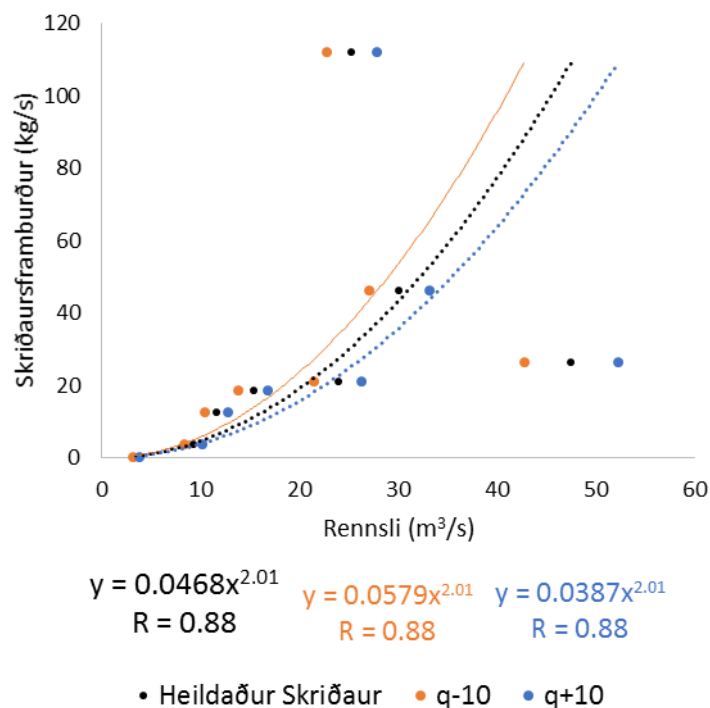
Mynd 18. Mældur framburður skriðaus á hverri stöð flokkaður eftir rennslisbilum (sjá dagsetningar í skýringum).

Mynd 18 sýnir framburð eins og hann dreifðist á þversniðinu í mismunandi sýnatökum flokkuðum eftir rennslisbilum. Litakvarðinn sýnir dasetningar sýnatöku og í einu tilfelli voru tvö rennslisbil sama dag (2014–07-02). Fljótt á litið sést að magn framburðar á stöð í nokkrum sýnatöku er mjög breytilegt nema 10. okt 2013 og 12.–13. nóv 2014. Í atburðaferðinni í nóvember 2014 var þó breytilegur framburður á tveimur stöðvum í miðjum farveginum. Þetta sýnir að þörf fyrir sífellurennslismælingu til að meta betur rennslisbreytingar innan sýnatökunnar.

Tafla 12. Helstu einkenni skriðauslykla fyrir Jökulkvísl og Hólmsá við Þaula og Framgil til samanburðar.

	Tímabil	Rennslis- bil	Fjöldi ferða	H.r.l. m ³ /s	L.r.l. m ³ /s	Fylgni R	Hlutfalls- stuðull k * 10 ⁶	Veldis- vísir n
Jökulkvísl	2013–2014	8	5	47,5	3,4	0,88	468000	2,01
Þauli	2009–2013	26	15	232	35,3	0,59	12000	1,69
Framgil	2002–2009	40	57	163	28,1	0,77	50	2,64

Þrátt fyrir þessa annmarka var reiknaður rennslislykill fyrir heilduðu sýnin (Mynd 19) en þar eru einnig lyklar sem sýna hvernig lykill liti út ef rennslid hefði verið 10% meira eða minna. Það ætti að gefa hugmynd um hver möguleg stærðargráða óvissunnar er vegna mögulegra rennslisbreytinga innan sýnatökunnar.



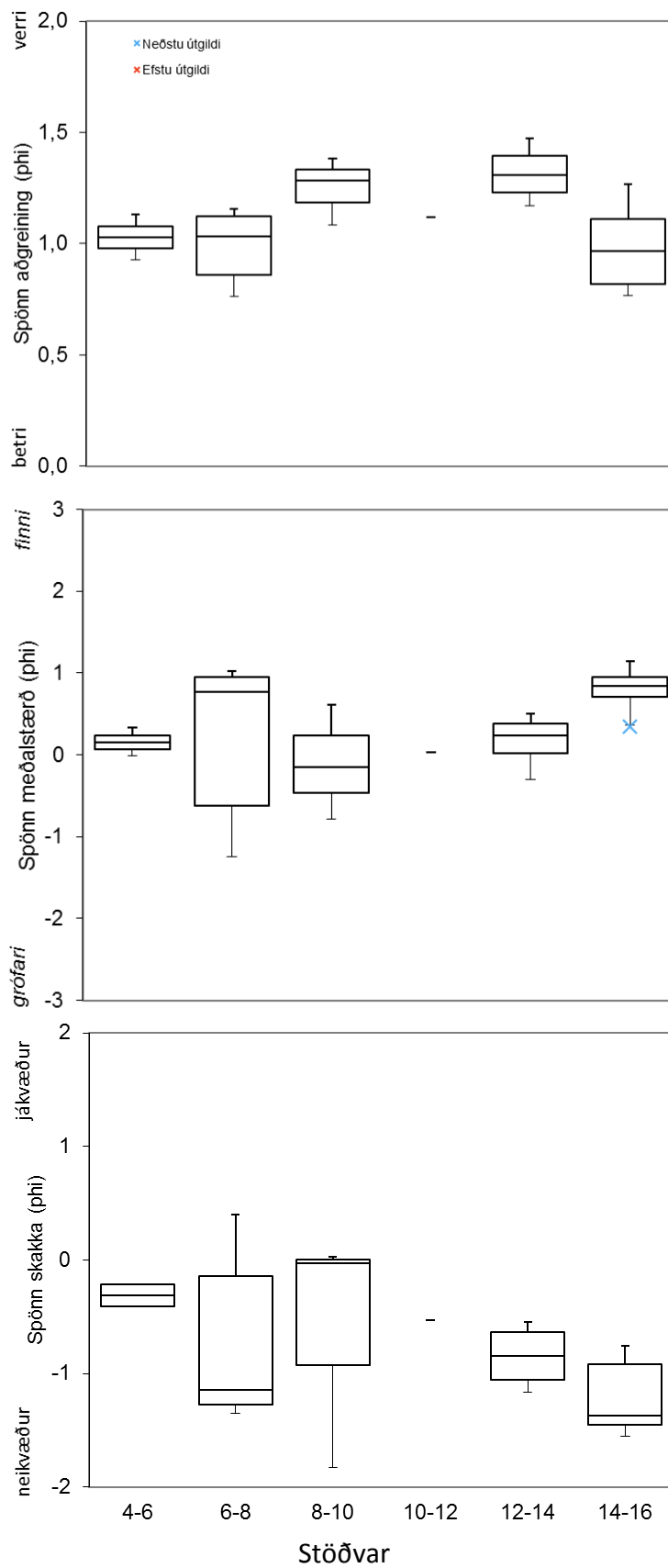
Mynd 19. Skriðaurslýkill fyrir sýni tekin 2013–2014 í Jökulkvísl (svört punktalína). Einnig lyklar miðað við 10% minna rennsli í sýnatöku (appelsínugul lína og 10% meira rennsli í sýnatöku (blá punktalína).

4.2.1 Kornastærðargreiningar skriðaus

Eins og fjallað var um hér að framan eru kornastærðareiginleikar eintoppa sýna skoðaðir sérstaklega. Hins vegar eru aðeins 25 af þeim 46 sýnum sem voru kornastærðargreind eintoppa; þ.e. 21 sýni var tví- eða fleirtoppa (

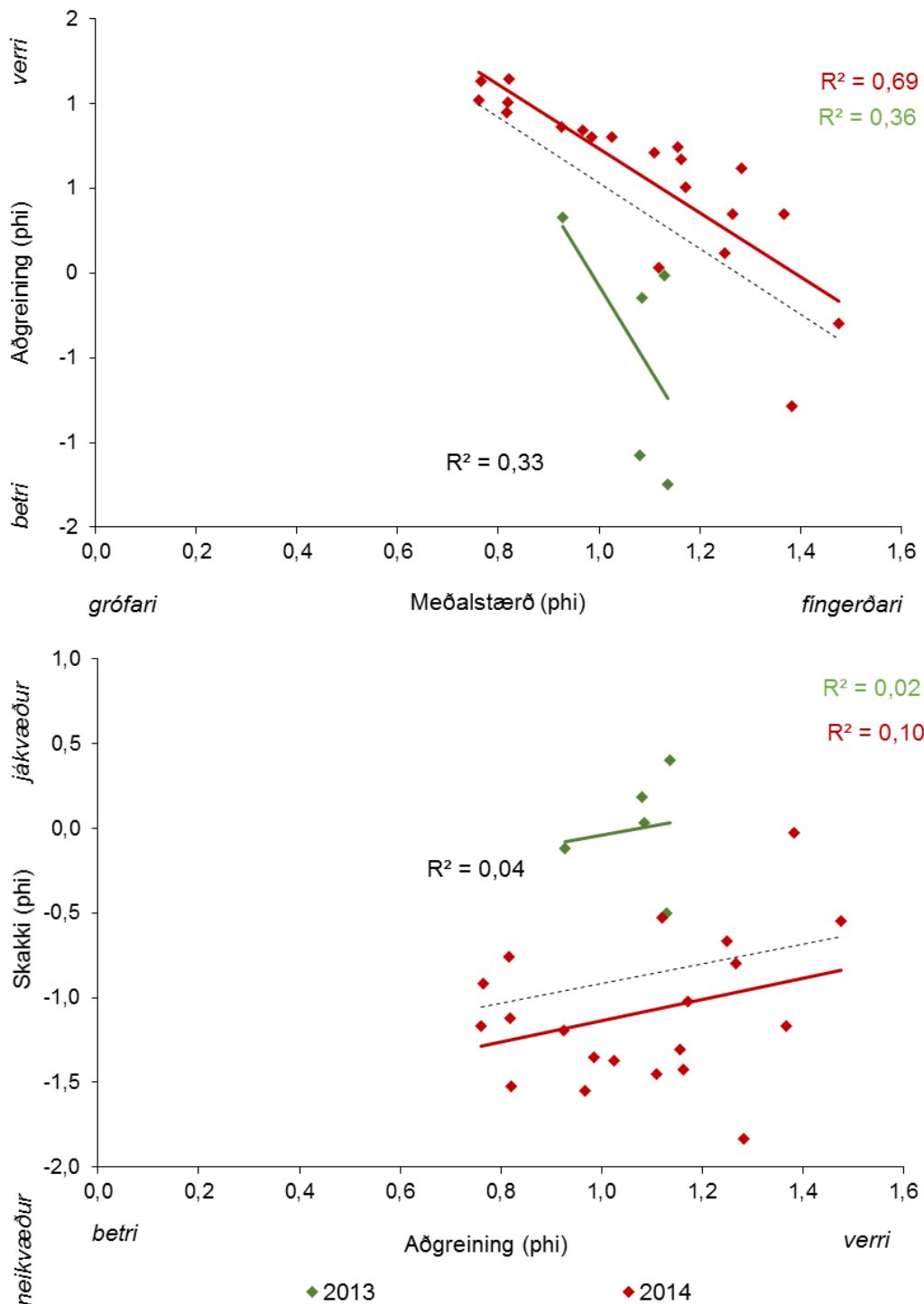
Tafla 53). Safntíðnirit kornastærðarmældra sýna má sjá í Viðauka 2. Þegar sýni eru tví- eða fleirtoppa kemur oft brot á línuna á safntíðniritinu. Ritin sýna einnig að hátt hlutfall sýnanna er af grófari hluta skalans en hann nær frá 0,063 mm til 128mm. Það er þó síst í atburðaferðum og eru þessi sýni með í Tafla 5 þar sem fjöldi skriðaurssýna kemur fram og á Mynd 7 en ekki í útreikningum á eiginleikum skriðaus í komandi kafla.

Kassagröf af spönn meðalstærðar, aðgreiningar og skakka fyrir eintoppa sýni frá Jökulkvísl má sjá á Mynd 20. Myndin sýnir að grófustu sýnin berast fram á stöðvum 8–10. Kornastærð skriðaurssýna fer frá því að vera mjög grófur sandur niður í grófan eða meðalsand. Mesta spönn kornastærðar er á stöðvum 6–8 og hafa flest sýnin neikvæðan skakka þ.e. grófan hala en sýni úr miðri ánni (stöðvar 8–10) eru oftar með jákvæðan skakka (fíngerður hali) en sýni frá hinum stöðvunum.



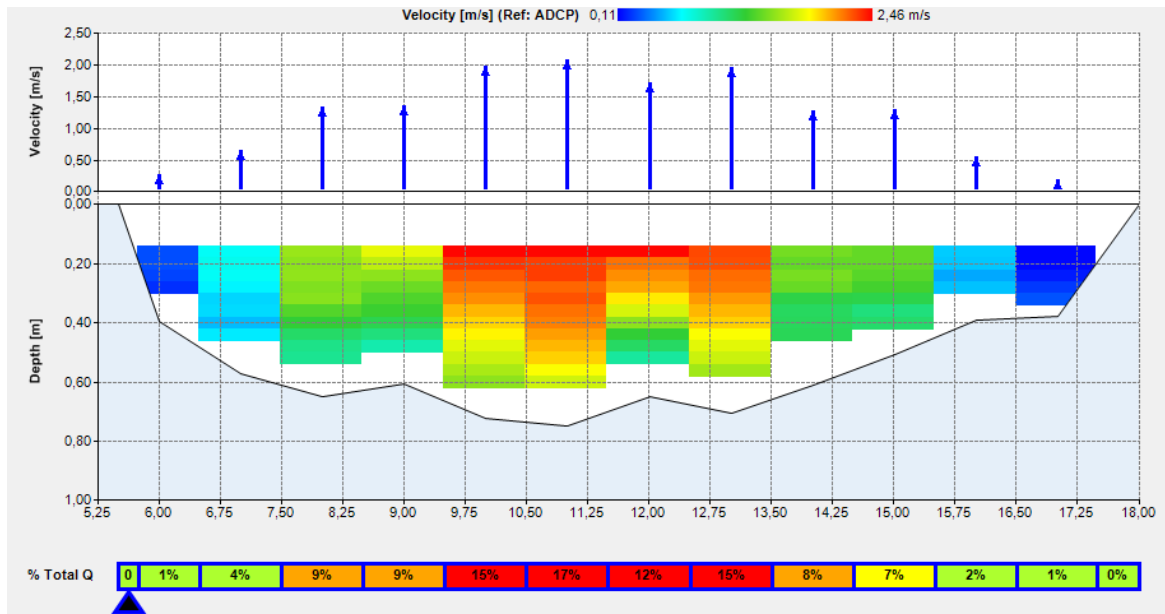
Mynd 20. Kassagröf af kornastærðareiginleikum skriðaus, meðalstærð, aðgreiningu og skakka flokkuð eftir stöðvum.

Mynd 21 sýnir vensl meðalstærðar og aðgreiningar (efri mynd) annars vegar og vensl aðgreiningar og skakka (neðri mynd) hins vegar, litakóðað eftir árum. Þar sést að aðgreining verður betri eftir því sem sýnið verður fínna en fylgnin er ekki góð. Eins er tilhneiging í þá átt að verr aðgreind sýni hafi jákvæðari skakka (fínan hala) en fylgnin er mjög lítil.



Mynd 21. Vensl meðalstærðar og aðgreiningar (efri mynd) og skakka og aðgreiningar (neðri mynd) í öllum eintoppa skriðaurssýnum frá Jökulkvísl sem voru kornastærðargreind á tímabilinu 2013–2014.

Straumhraði sem mældur var í rennslismælingu þann 12. nóvember 2014 sést á Mynd 22. Rennsli mældist 9,2 m³/s sem er næst lægsta mældu rennsli á tímabilinu. Hins vegar má sjá að hraði í miðjum farveginum er talsverður og frá 8,25 m að 16,0 m á þversniðinu er hraðinn yfir 1 m/s þannig að sandur getur flust til í vatnsbolnum þ.e. sem svifaður.



Mynd 22. Niðurstöður rennslismælingar sem var gerð 12.11.2014.

4.3 Samanburður svifaurs og skriðaus

Heildarsvifaursframburður Jökulkvíslar er settur fram í töflu 13 og telst vera 1,59 milljón tonn skv. árslykli eða 70% af framburði við Þaula. Í töflunni er líka skipt á milli svifaurs- og skriðausframburðar og reiknað hlutfall skriðaus af heildarframburði skv. lyklum. Reiknaður var skriðausframburður með lyklum sem gerðu ráð fyrir óvissu í rennsli lykla og rætt var í kafla 4.2. Þetta hafði þau áhrif á skriðausframburðinn til hækkunar eða lækkunar uppá 0,01 milljón tonn á ári. Eins og sjá má er meðalframburður skriðaus um 23% af heildarframburði ársins 2014. Þetta samræmist vel mældu hlutfalli í samdægurssýnatöku sem sjá má í töflu 14. Því er líklegt að svifaurshlutinn sé að einhverju leiti ofmetinn eins og fram kom í kafla 4.1 og á Mynd 14. Til samanburðar má sjá að hlutfall skriðaus af heildarframburði við Þaula reiknaðist 21% á tímabilinu 2009–2013.

Tafla 13. Svifaurs- og skriðausframburður á ári í Jökulkvísl og Þaula.

Ár	Dagsmeðalrennsli (m ³ /s)	Svifaursframburður (millj. t/ár) skv. árstíðarlykli	Svifaursframburður (millj. t/ár) skv. árslykli	Skriðausframburður (millj. t/ári) skv. heilduðum árslykli	Heildarframburður (millj. t/ár)	Hlutfall Heildarframburður (%)
2014		1,40	1,59	0,48*	2,07	23%
Meðaltal Þaula 2009–2013		3,53	2,28	0,50	2,79	21%

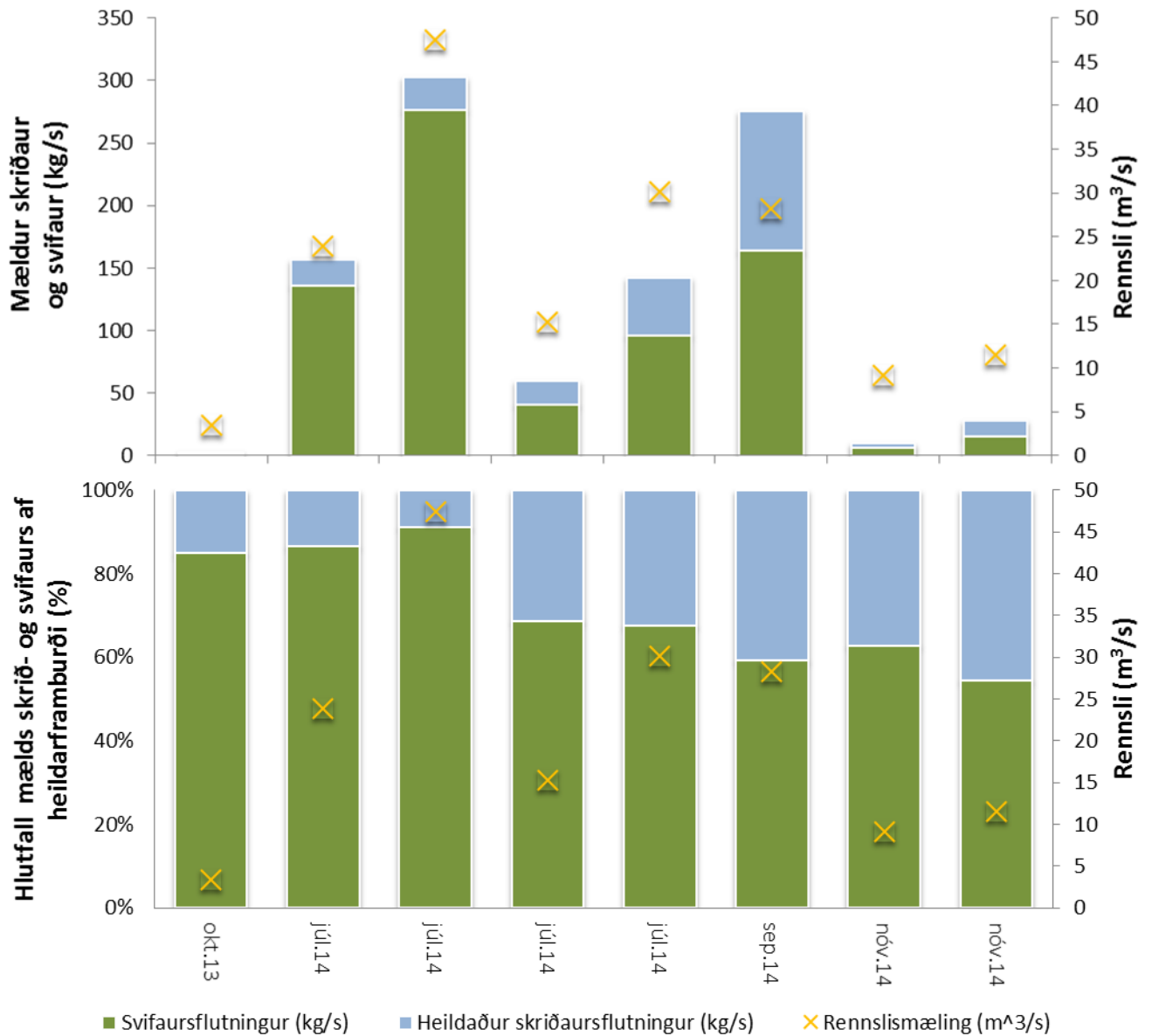
*Magn reiknað miðað við óvissu rennslis í sýnatöku

Svifaurssýni sem tekin voru samhliða skriðaurssýnum úr Jökulkvísl, mynda pör sem nýtast til samanburðar á framburðarhlutfalli skriðaur og svifaurs af heildarframburði. Framburður svifaurs er reiknaður út frá hverju sýni og hann borinn saman við heildaðan skriðaurframburð sem reiknaður var fyrir sama dag og svifaurssýnið var tekið (Mynd 23).

Tafla 14. Samanburður svifaurs- og skriðaurframburðar í sýnatökuferðum í Jökulkvísl 2013–2014.

Dagsetning	Rennslis mæling (m ³ /s)	Svifaursfram- burður (kg/s)	Heildaður skriðaur- framburður (kg/s)	Samanlagður framburður (kg/s)	Hlutfall skriðaur (%)
2013-10-10	3,4	1,4	0,3	1,7	15
2014-07-01	24	136	21	157	13
2014-07-02	48	276	27	303	9
2014-07-02	15	41	19	60	31
2014-07-31	30	96	46	142	32
2014-09-03	28	164	112	276	41
2014-11-12	9,2	6,3	3,7	10	37
2014-11-13	12	15	13	28	45
Meðaltal	21	92	30	122	28%

Mikill munur er á milli ferða og jafnvel innan ferða hversu stór hluti skriðaur er af heildarframburði. Þann 2. júlí 2014 var skriðaur 9% af heildarframburði í fyrri sýnatöku en 31% í seinni sýnatöku dagsins. Í öðrum sýnum er skriðaur alltaf meiri en 10% af heildarframburði. Hlutfall skriðaurframburðar úr sýnatöku var hins vegar að meðaltali 28% af heildarframburði (Tafla 13).



Mynd 23. Samanburður skriðaus- og svifaursframburðar í sýnatökufurðum í Jökulkvísl árin 2013–2014. Efri myndin sýnir mæld gildi skrið- og svifaurs (kg/s) og neðri myndin sýnir hlutfall hvors flokks í %.

5 Samantekt

Sýnatöku í Jökulkvísl var ætlað að varpa ljósi á þann framburð sem berst inn á væntanlegt lónstæði ofan við Atley. Ákveðið var að notast við áætlað rennsli vegna þess að ekki hefur verið settur upp vatnshæðarmælir í Jökulkvísl. Talið var að fyrirliggjandi rennislíkön gætu gefið góða mynd af rennslinu en við nánari skoðun reyndist þau ekki skila nákvæmum niðurstöðum, né ná yfir það tímabil þegar sýnataka var framkvæmd.

Framburður var því reiknaður út frá áætluðu rennsli þ.e. rennsli við Þaula (vhm 577) að frádregnu rennsli við Hólmsárfoss margfaldað með 1,4. Nokkrar aðferðir við áætlun rennslis voru skoðaðar (sjá kafla 2 og Viðauka 1) og féll þessi (nefnd aðferð 4 í umfjöllun í kafla 2 og Viðauka 1) best að rennislismælingum sem gerðar voru samhliða sýnatöku.

Heildarframburður Jökulkvísar reiknaðist 2,07 milljón tonn á ári (Tafla 15) sem er um 73% af framburði við Þaula ef notaðir eru framburðarlyklar tímabilsins 2009–2013.

Tafla 15. Svifaurs- og skriðausframburður á ári í Jökulkvísl.

Ár	Dagsmeða rennsli (m ³ /s)	Svifaursframburður (millj. t/ár) skv. árstíðar-lyklum	Skriðausframburður (millj. t/ári) skv. heilduðum árslykli	Heildarframburður (kg/s)	Hlutfall heildarframburðar (%)
Jökulkvísl 2014	12	1,40	1,59	0,48	23%
Þauli 2009–2013	66	3,53	2,28	0,52	21%
Framgil 2002–2009	39	0,42	0,45	0,04	8%

Samanburður á reiknuðum svifaursframburði við nálæga mælistaði sýnir að Jökulkvísarframburður reiknast 70% af framburði við Þaula og tæplega þrisvar sinnum hærrí en við Framgil þrátt fyrir að árlegt dagsmeðalrennsli sé þrisvar sinnum lægra í Jökulkvísl en við Framgil og rúmlega fimm sinnum lægra en við Þaula.

Niðurstaða fyrri rannsókna var að mikill munur væri á framburði Hólmsár við Þaula og Framgil. Vegna þessa var búist við miklum framburði í Jökulkvísl og sú virðist vera raunin. Eðli árinna kemur fram í þessum mælingum og er allt annað en við Framgil og jafnvel ólíkt Þaula. Reiknað hlutfall heildarframburðar Jökulkvísar af heildarframburði Þaula var 91% en þá vantar framburð Bláfellsá og er líklegt að þær beri í það minnsta jafn mikið fram og Hólmsá við Framgil. Miðað við þá nálgun ætti Jökulkvísl ekki að bera meira fram en 40% af heildarframburði við Þaula að því gefnu að ekkert tapist þ.e. setjast til á milli mælistaðanna.

Tafla 16 sýnir stærð vatnasviða, hlutfall jökuls af vatnasviðinu, framburð á ári og framburðarheimtur á ári (e. sediment yield) fyrir Jökulkvísl, Paula og Framgil.

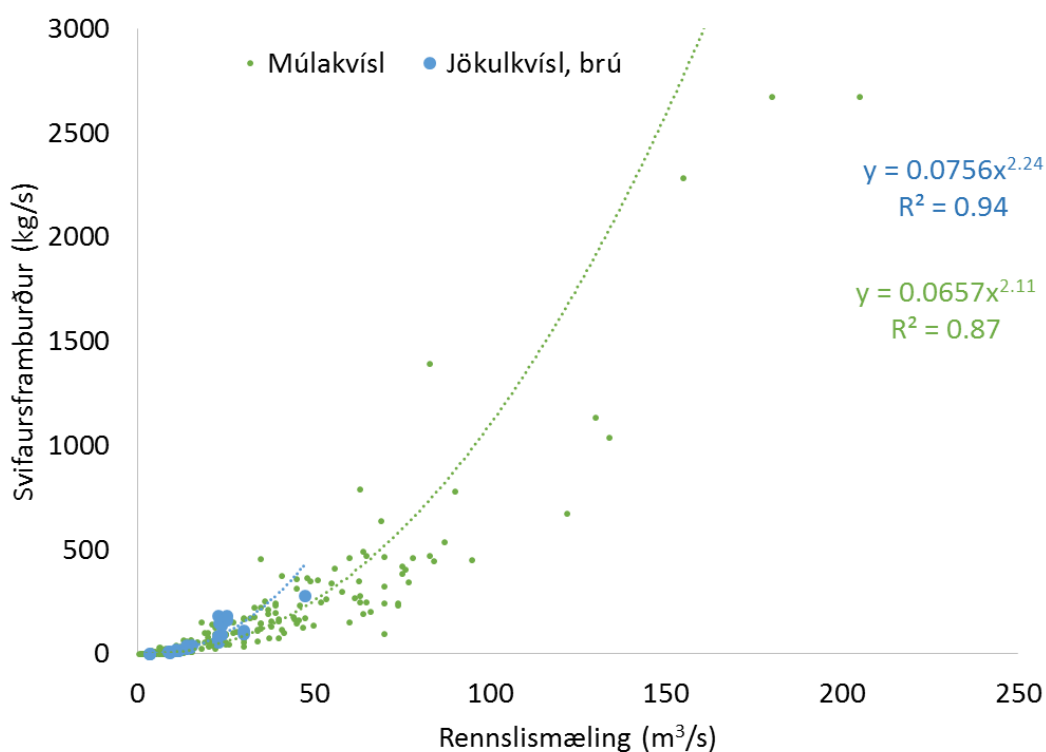
Tafla 16. Framburðar heimtur (e. sediment yield) fyrir Jökulkvísl, Framgil og Paula

Mælistaður	Heildarvatnasvið km ²	Hluti jökuls af vatnasviði (%)	Framburður milljón tonn/ár (GL/ár)	Framburðar heimtur tonn/km ² /ár
Jökulkvísl	40,5	58%	2,07(1,3)	51111
Pauli	383	25%	2,81(1,8)	73368
Framgil	246	25%	0,49(0,3)	1992

*Fyrir svifaur er miðað við 1500 kg/m³ rúmpyngd en 1750 kg/m³ fyrir skriðaur (sbr. Almenna Verkfræðistofan, 2006).

Framburðarheimtur Jökulkvíslar eru mjög háar og því var ákveðið að skoða aðrar ár sem renna úr Mýrdalsjökli og kanna hvort líkt háttæði um þær. Mælingar á svifaur í Múlakvísl (1969–2002), Skálm (1965–2000) og Hólmsá við Hrífunes (1967–2002) voru gerðar á árunum 1965–2002 en mælingar á sýnum úr Markarfljóti (1979–2016) eru enn gerðar árlega á vegum Orkustofnunar. Niðurstöður þessarar stuttu athugunar eru í Viðauka 4. Þar kemur fram að sambærilegar eða jafnvel hærri framburðarheimtur er að finna í öðrum löndum þar sem vatnföll renna um eldvirk svæði.

Mynd 24 sýnir svifaursframburð á móti rennsli ásamt svifaurslyklum fyrir Jökulkvísl og Múlakvísl, nánar er fjallað um svifaurslykla annarra vatnsfalla frá Mýrdalsjökli í Viðauka 4. Mælingar í Múlakvísl sýna sambærilegan styrk og mælst hefur í Jökulkvísl og rennir því stöðum undir niðurstöður framburðarútreikninganna.



Mynd 24. Svifaursframburður á móti rennsli fyrir Jökulkvísl og Múlakvísl.

Þessi samantekt fyrir Jökulkvísl byggir á mjög stuttri sýnatökuröð og ónákvæmu rennsli og þarf því að taka niðurstöðum með þeim fyrirvara. Æskilegt er að fá áreiðanlegri

rennslisgögn með sítitandi vatnshæð og fleiri rennslismælingum eða framlengja vatnafræðilegt rennslislíkan fyrir ána með nýjum og nákvæmari gögnum. Í því sambandi er rétt að benda á að veðurgögn sem notuð eru í rennslislíkön hafa batnað stórkostlega á síðustu árum og gætu vel stuðlað að bættum rennslisröðum. Verið er að kanna möguleika á notkun afrennslis sem fengið er úr veðurlíkaninu Harmonie í gerð rennslisraðar.

Nauðsynlegt er að afla fleiri aurburðarsýna frá Jökulkvísl því þó gæði heildarlykils svifaurs séu ágæt getur framburður milli ára verið mjög misjafn eins og kom í ljós í skýrslunni um framburð við Paula 2009–2013 (Esther Hlíðar Jensen o.fl. 2016). Umfram allt sýnir þessi samantekt að erfitt er að bera saman gögn sem aflað hefur verið frá mismunandi mælistöðum og tímabilum með mislöngum tímaröðum og þar sem ekki hafa verið notaðar sambærilega mæliaðferðir sem í þessu tilfelli er mat á rennsli.

6 HEIMILDIR

Asselman, N. E. M. (2000). Fitting and interpretation of sediment rating curves. *Journal of Hydrology*, 234, 228–248.

Boggs, S. Jr. (1995). *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*. 2nd edition. New Jersey: Prentice Hall.

Esther Hlíðar Jensen, Jórunn Harðardóttir, Svava Björk Þorláksdóttir & Snorri Zóphóníasson (2014). *Heildarframburður Hólmsár við Framgil árin 2002 til 2009* (LV-2014-067, ORK 1406). Reykjavík: Landsvirkjun og Orkusalan ehf.

Esther Hlíðar Jensen, Jórunn Harðardóttir, Svava Björk Þorláksdóttir & Snorri Zóphóníasson (2016). *Heildarframburður Hólmsár við Paula árin 2009 til 2013*. (LV-2016-067, ORK-16010, VÍ-2016-004) Reykjavík: Landsvirkjun og Veðurstofa Íslands.

Jórunn Harðardóttir, Svava Björk Þorláksdóttir, Gunnar Sigurðsson & Bjarni Kristinsson. (2003). *Mælingar á aurburði og rennsli í Hólmsá við Framgil og Tungufljóti við Snæbýli, árið 2002* (OS-2003/023). Reykjavík: Orkustofnun.

Jórunn Harðardóttir, Bjarni Kristinsson & Svava Björk Þorláksdóttir (2004). *Mælingar á aurburði og rennsli í Hólmsá við Framgil og Tungufljóti við Snæbýli, árið 2003* (OS-2004/005). Reykjavík: Orkustofnun.

Jórunn Harðardóttir, Bjarni Kristinsson & Svava Björk Þorláksdóttir (2005). *Mælingar á aurburði og rennsli í Hólmsá við Framgil og Tungufljóti við Snæbýli, árið 2004* (OS-2005/002). Reykjavík: Orkustofnun.

Morgan, R. P. C. (1995). *Soil Erosion and Conservation*. Harlow: Longman.

Oddur Sigurðsson, Richard S. Williams Jr. & Skúli Víkingsson (2013). *Jöklakort af Íslandi*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.

Philippe Crochet (2013). *Gridding daily precipitation with an enhanced two-step spatial interpolation method*. Technical report PC/2013-01, Icelandic Met Office.

Skúli Víkingsson (2008). *Landlíkan ÍSOR*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-08022. Unnið fyrir Vatnamælingar Orkustofnunar. 4 bls.

Svanur Pálsson & Guðmundur H. Vigfússon (2000). *Leiðbeiningar um mælingar á svifaur og úrvinnslu gagna* (Greinargerð, GRG SvP-GHV-2000/02). Reykjavík: Orkustofnun.

- Veðurstofa Íslands (2010). *Rennslisskýrsla vatnsárið 2009/2010 vhm 577, Hólmsá, Paula*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Veðurstofa Íslands (2011). *Rennslisskýrsla vatnsárið 2010/2011 vhm 577 Hólmsá, Framgil*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Veðurstofa Íslands (2012). *Rennslisskýrsla vatnsárið 2011/2012 vhm 577, Hólmsá, Hólmsárfoss*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Veðurstofa Íslands (2013). *Rennslisskýrsla vatnsárið 2012/2013 vhm 477, Hólmsá; Hólmsárfoss*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Veðurstofa Íslands (2015). Stafrænn vatnagrunnur Veðurstofu Íslands. Sótt 21.5.2015.
- Verkfræðistofan Vatnaskil (2012). *Hólmsá í Skaftártungu. Rennslislíkan*. Unnið fyrir Landsvirkjun og Orkusöluna, LV-2012-094 og ORK-1207
- Verkís (2013). *Hólmsárvirkjun með miðlunarlóni við Atley. Tilhögun og umhverfi* (LV-20130-76, ORK1304). Reykjavík: Landsvirkjun og Orkusalan.
- World Meteorological Organization (1994). *Guide to Hydrological Practices*. 5th edition. Geneva: World Meteorological Organization.

Viðauki. Tölur og talnaefni

Viðauki 1. Ákvörðun rennslisraðar fyrir Jökulkvísl.

Nokkrar aðferðir voru skoðaðar til að setja fram sem trúverðugasta rennslisröð fyrir Jökulkvísl. Þær eru númeraðar 1) til 4) í textanum hér á eftir. Allar raðirnar sem fengust með þessum aðferðum eru settar saman á myndum 28 og 29.

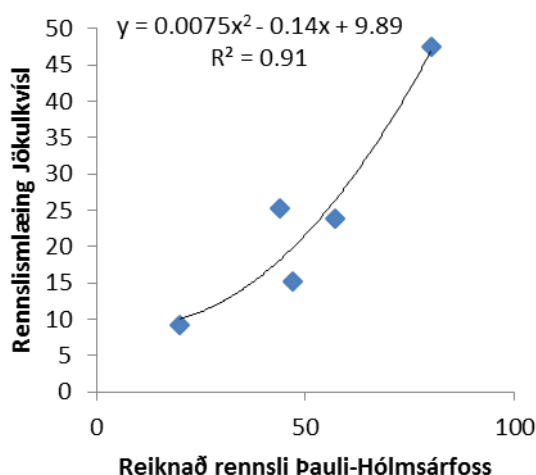
1) Reiknuð var jafna rennslismælinga og reiknaðs rennslis við Þaula að frádregnu reiknuðu rennslis við Hólmsárfoss með jöfnunni:

$$Q_{V2281} = 0,0075 * (Q_{V577} - Q_{V468})^2 - 0,14 * (Q_{V577} - Q_{V468}) + 9,89$$

Ferlinum var síðan hliðrað sjónrænt þannig að hann lenti á rennslismælingunum. Góð fylgni var með gildunum ($R^2=0,908$) (Tafla 17 og Mynd 25). Sjá rennslisferil á Mynd 29 og Mynd 30; rauðfjólublá lína.

Tafla 17. Mælt rennslis við Jökulkvísl og reiknað rennslis við Þaula að frádregnum Hólmsárfossi.

Dags áááá-mm-dd	Tími	Rennslismæling Jökulkvísl (m ³ /s)	Reiknað rennslis Þauli - Hólmsárfoss (m ³ /s)
2014-07-01	21:48	23,9	57
2014-07-02	02:22	47,5	80
2014-07-02	13:22	15,3	47
2014-09-03	14:00	25,3	44
2014-11-12	17:23	9,25	20
2014-11-13	11:18	11,5	47



Mynd 25. Vensl mælds rennslis við Jökulkvísl og reiknaðs rennslis við Þaula að frádregnu reiknuðu rennslis við Hólmsárfoss.

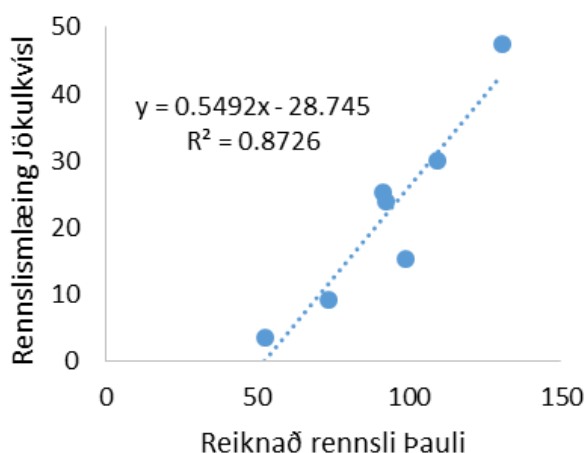
2) Einnig voru vensl rennslismælinga í Jökulkvísl og reiknaðs rennslis við Þaula skoðað (Tafla 17 og Mynd 26). Síðustu rennslismælingunni var sleppt því við það fór fylgni línunnar úr $R^2 = 0,38$ í $R^2 = 0,87$. Talsvert meira magn af vatni fæst með jöfnunni

Viðauki 1. Ákvörðun rennslisraðar fyrir Jökulkvísl

í aðferð 1) þ.e. mælingar í Jökulkvísl á móti Þaularöð mínus Hólmsárfoss, en með því að reikna samband milli mælinga við Jökulkvísl og Þaularaðarinnar (Mynd 29 og Mynd 30 græn lína).

Tafla 18. Mælt rennsli við Jökulkvísl og reiknað rennsli við Þaula.

Dags	Rennslismæling Jökulkvísl (m ³ /s)	Reiknað rennsli Þauli (m ³ /s)
2013-10-10	3,4	52,4
2014-07-01	23,9	92,3
2014-07-02	47,5	130,4
2014-07-03	15,3	98,9
2014-07-31	30,1	109,1
2014-09-03	25,28	91,3
2014-11-12	9,2	73,6
2014-11-13	11,54	133,8



Mynd 26. Vensl mælds rennslis (m³/s) við Jökulkvísl og reiknaðs rennslis við Þaula.

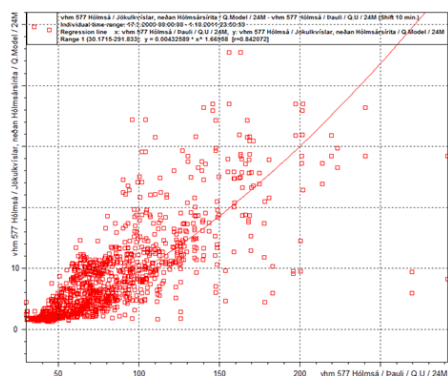
Árið 2012 vann Verkfræðistofan Vatnaskil rennslislíkani af Hólmsá fyrir Landsvirkjun. Rennslislíkanið notast við gögn úr lofthjúpslíkaninu WRF og eru því gæði rennslislíkansins háð gæðum þeirra gagna. Sú úrkomumælistöð sem næst er vatnasviði Jökulkvíslar er við Snæbýli og sýnir samanburður við þau gögn að úrkoma er verulega vanmetin í líkani Vatnaskila (Vatnaskil, 2012). Þó að vatnshæðarmælir hafði aðeins verið á vegum Veðurstofunnar við Þaula í tvö ár þegar líkanið var unnið og þær mælingar voru misáreiðanlegar því mikið botnskrið er við Þaula sem breytir þversniðinu sjá kafla 2. Botnskriðið torveldar rennslismælingar og var erfitt að meta skekkjuna í svo stuttri tímaröð. Endurútreikningar á líkaninu nú með viðbættum nýjustu mælingum gæfu því líklegast aðra niðurstöðu.

3) Rennslisröð fyrir Jökulkvísl samkvæmt líkani Vatnaskila var borin saman við rennslisröð fyrir Þaula. Mynd 27 sýnir venslin og Mynd 28 sýnir mismunandi raðir í

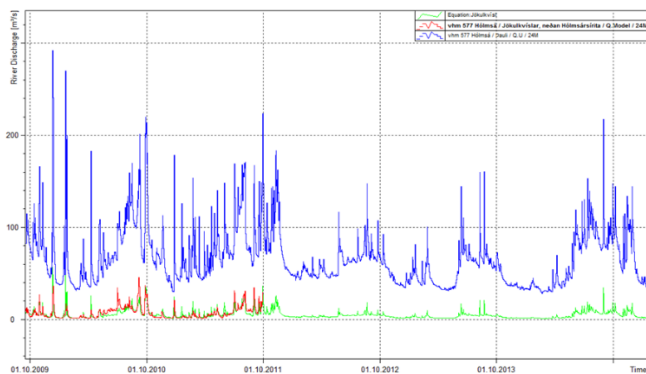
Viðauki 1. Ákvörðun rennslisraðar fyrir Jökulkvísl

WISKI grunninum (WISKI er vatnsstjórnunarkerfi sem heldur utan um vatnshæðar- og rennslisraðir, ásamt rennslismælingum). Bláa röðin á Mynd 27 er reiknað Þaula rennsli, rauða röðin er líkan Vatnaskila fyrir Jökulkvísl og græna röðin er reiknað rennsli með jöfnu aðhvarfsgreiningarinnar á Mynd 28.

Í ljós koma að fylgni milli rennslis samkvæmt líkani Vatnaskila og mældu rennsli við Þaula var ekki góð og talsvert minna rennsli fæst með þessari aðferð en með jöfnunum hér á undan og samanburður þeirra sést á Mynd 29 Mynd 30 þar sem þessi röð er appelsínugul.



Mynd 27. Vensl Þaularaðar og líkans VS.

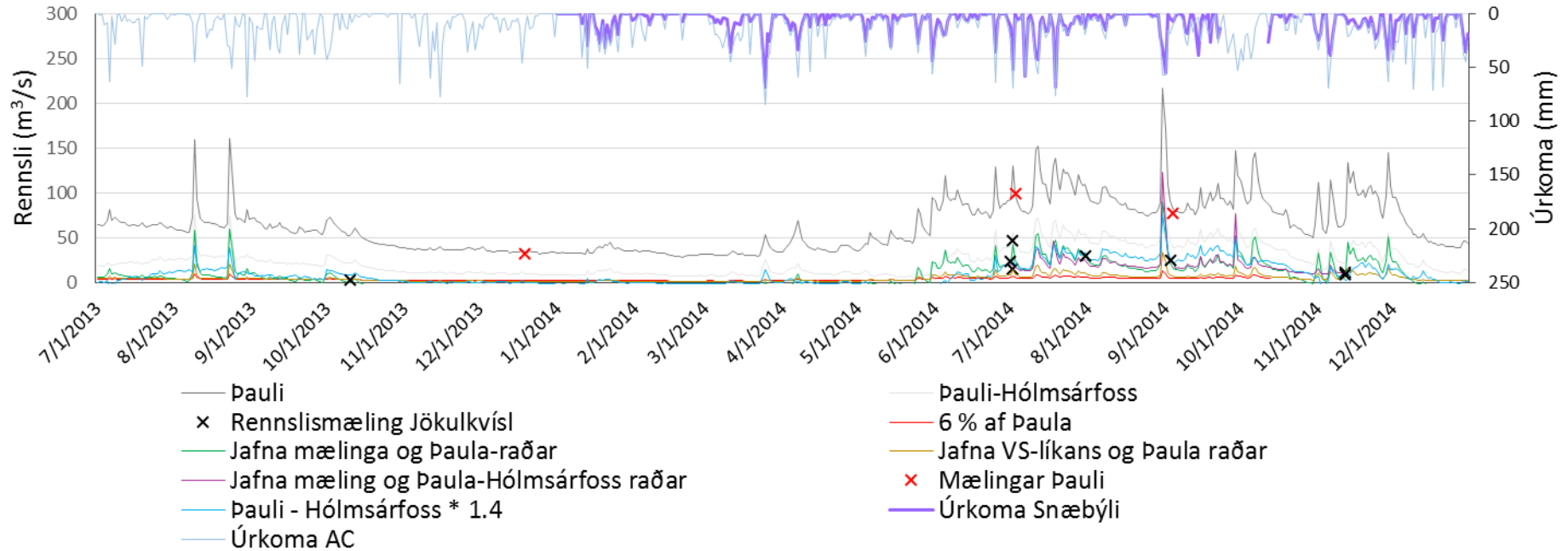


Mynd 28. Rennslisraðir í WISKI. Þaularöð er blá, líkan VS er rauð og röð gerð með jöfnu aðhvarfsgreiningar á líkani VS og Þaularaðar er græn.

4) Að lokum var ákveðið að ákvarða fasta til að margfalda með rennsli frá Hólmsárfossi áður en það var dregið frá Þaularennslinu. Sá fasti sem skilaði röð sem rennslismælingar féllu inná reyndist vera 1,4. Röðin er ljósblá lína á Mynd 29 og Mynd 30. Hluti rennslisins sem fæst með jöfnunni úr lið 4 er lægra en núll. Því var brugðið á það ráð að nota lægsta mældu rennsli sem viðmið fyrir lágrennslið. Samkvæmt töflu 2 er það 2,29 m³/s eða 6% af rennsli við Þaula þegar mælingin var framkvæmd (Tafla 2). Lágrennslið er því skilgreint þá daga sem jafnan gefur rennsli minna en 2,29 m³/s eða þegar 6% af rennsli Þaula er 2,29 m³/s. Þá eru gildin 2,29 m³/s eða 6% af rennsli við Þaula sett inn í staðinn fyrir gildi jöfnunnar. Jafnan fyrir lágrennsli, eins og hún er sett í Excel er hér fyrir neðan:

```
=IF(AND([@[6%Þauli]]>2.29,[@[Þauli - Hólmsárfoss * 1.4]]>2.29),[@[Þauli - Hólmsárfoss * 1.4]),([@[6%Þauli]))
```

Viðauki 1. Ákvörðun rennslisraðar fyrir Jökulkvísl



Mynd 29. Rennslisraðir og úrkomuraðir gerðar með mismunandi aðferðum. Rennslisröð Paula er dökkgrá en Pauli-Hólmsárfoss er ljósgrá, 6% af rennsli Paula er rauð lína. Rennslisröð út frá jöfnu mælinga við Jökulkvísl og Paularöð er græn, jafna VS-líkans og Paularöð er appelsínugul, jafna mælinga við Jökulkvísl og Paularöð-Hólmsárfossröð er rauðfjólublá og jafnan Pauli – Hólmsárfoss *1,4 er ljósblá. Rennslismælingar við Jökulkvísl eru merktar með svörtum X-um og mælingar við Paula með rauðum X-um. Úrkoma fengin með AC-aðferð er fjólblá á öndverðum ás og úrkoma frá Snæbýli er fjólublá á sama ás.



Mynd 30. Þysjað inn á færri mánuði í Mynd 28.

Mynd 29 sýnir fjórar mismunandi aðferðir við útreikninga á rennslisröð fyrir Jökulkvísl (rauðfjólublá, græn, appelsínugul og ljósblá) ásamt rennslisröð fyrir Þaula (dökkgrá lína), röð Þaula að frádregnum Hólmsárfossi (ljósgrá lína) og línu sem sýnir 6% rennsli af Þaula (rauð lína). Á öndverðum ás má sjá úrkomu sem reiknuð er með líkankeyrslum (sjá nánar í úrkomukafli hér að neðan) ásamt mældum gögnum frá Snæbýli (ljósblá og fjólublá lína). Mynd 30 sýnir sömu gögn og Mynd 29 nema að þysjað hefur verið inn á tímabilið frá 1. júní til 31. desember 2014 til að ná betra yfirliti yfir mælt rennsli við sýnatöku. Ljósbláa línan sem gerð er með aðferð 4 fellur best saman við rennslismælingar í sýnatöku og varð þess vegna fyrir valinu.

Viðauki 2. Niðurstöður á framburðarútreikningum skriðaurssýna.

Viðauki 2. Niðurstöður á framburðarútreikningum skriðaurssýna.

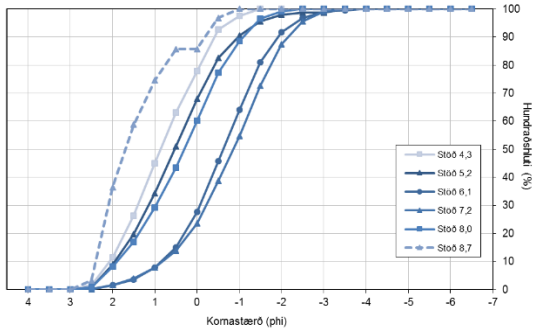
Dags	Q	h-bakki	v-bakki	Breidd í rennslismælingu	Stöð														Heildaður framburður (kg/s)	
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Endi		
2013-10-10	3,4	8	1,5	9,5	0,01	0,01	0,06	0,11	0,05	0,01				0						0,25
2014-07-02	23,9	13	5,5	18,5				0,33		3,25	7,77	3,80	2,41		2,71	0,40			0,32	20,99
2014-07-02	47,5	13	5,5	18,5				0,62		2,88	6,98	5,27	4,87		4,76	0,57			0,63	26,6
2014-07-02	15,3	13	5,5	18,5				0,29		1,59		7,84	4,81	2,09		1,49	0,26		0,31	18,7
2014-07-31	30,1	13,5	5	18,5					4,25	2,81	9,53	12,57	7,86		7,56				1,62	46,2
2014-09-03	25,28	13,5	5	18,5				9,66	8,91	9,26	11,61	13,97	14,18		25,32		15,17	3,90		112
2014-11-12	9,2	12	5,5	17,5				0,07		0,26		1,46		1,51		0,30	0,08	0,05		3,74
2014-11-13	11,54	12	5,5	17,5				0,21	1,20	3,06	4,47	2,23	0,63	0,70	0,15				0,10	12,74
Breiddir					4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			

Viðauki 3. Safntíðnirit kornastærðarmældra skriðaurssýna

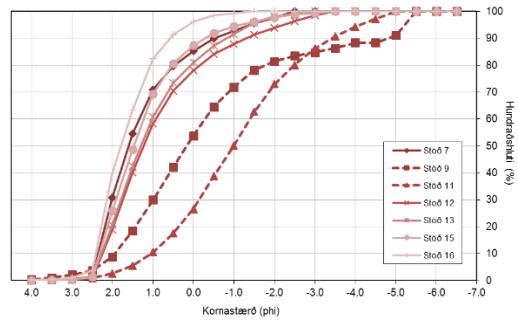
Þegar um eintoppa dreifingu er að ræða er sýninu skipt í flokka eftir hundraðshlutamarki, þ.e. D_{10} eða D_{50} o.s.frv., og magn í flokkunum notað til að skilgreina eiginleika sýnisins. Þegar sýni eru tví- eða fleirtoppa er ekkert vit í að skoða þessa flokka því t.d. helmingur sýnisins (D_{50}) segir ekki til um eiginleika dreifingarinnar þ.e. skakka, aðgreiningu eða meðalstærð. Hámarkstoppur getur verið beggja vegna miðgildisins og það gæti jafnvel fallið á milli og nánast enginn hluti sýnisins verið af þeirri stærð sem miðgildið stendur fyrir. Oft kemur brot á safntíðniritið þegar sýni eru tví- eða fleirtoppa. Á X-ásnum er phi-kvarði sem nær frá 4 til -7 þ.e. neikvæðu gildin eru stærri kornin. Sami skali í millimetrum fer frá 0,063mm til 128mm og er sá kvarði sýndur á neðsta ritinu. Y-ásinn sýnir uppsafnað hlutfall í prósentum (%).

Viðauki 3 Safntíðnirit kornastærðarmældra skriðaurssýna

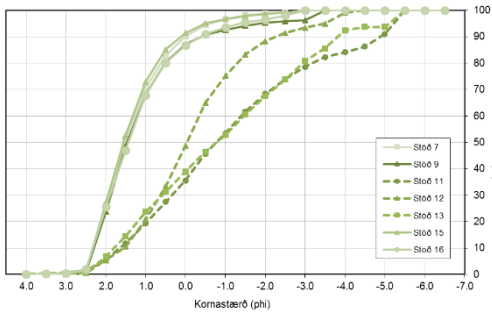
2013-10-10



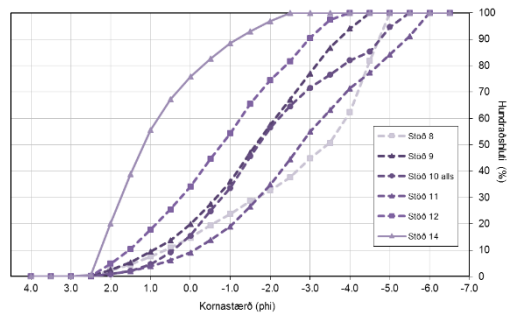
2014-07-01



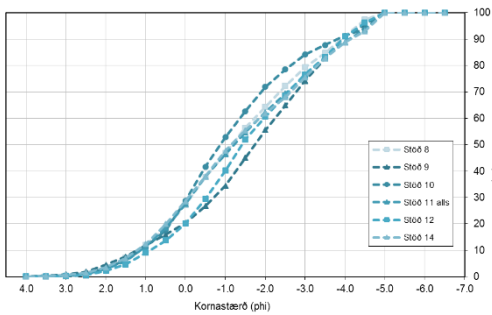
2014-07-02



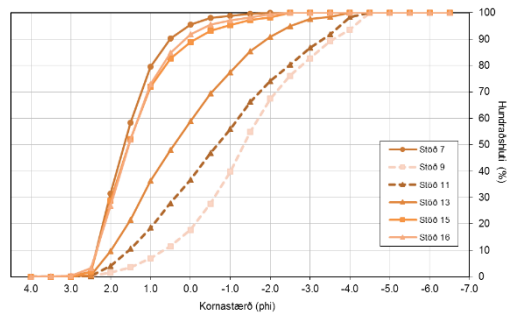
2014-07-31



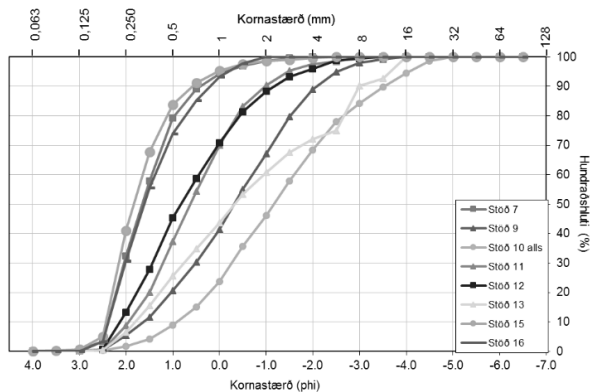
2014-09-03



2014-11-13fh



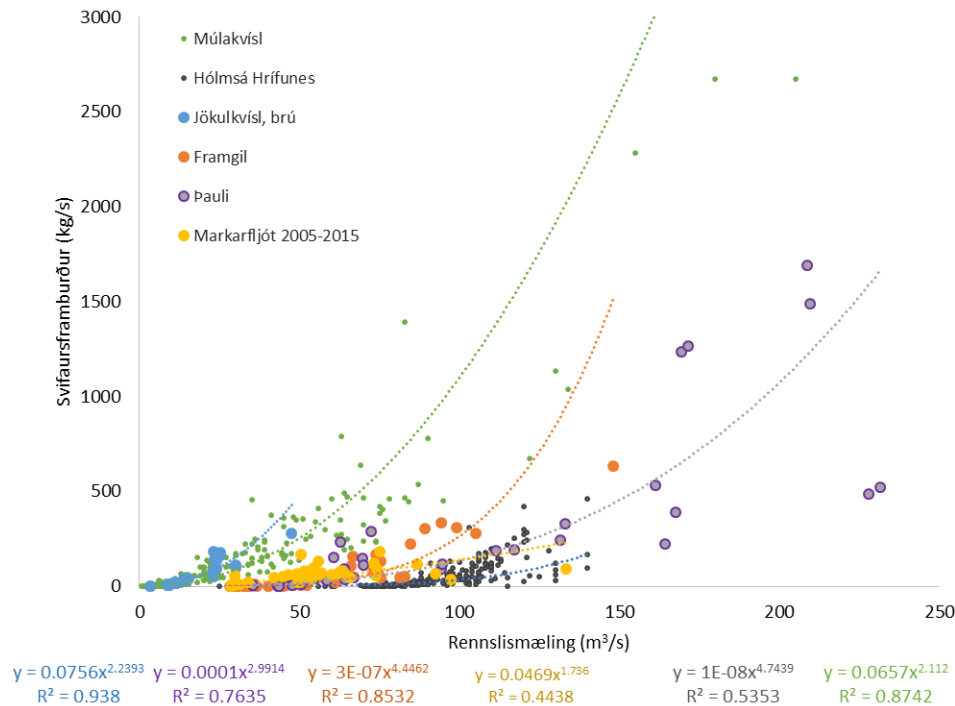
2014-11-13eh



Mynd 31. Safntíðnirit kornastærðarmældra skriðaurssýna úr Jökulkvísl 2013 og 2014. Feitletruðu dagsetningarnar sýna atburðarferðir. X-ásinn sýnir phi-kvarða frá 4 til -7 (stækkandi til hægri) eða 0,063mm til 128mm og y-ásinn sýnir uppsafnað hlutfall (%). Öll ritin hafa sama kvarða á ásunum og er á neðsta ritinu.

Viðauki 4. Nánar um framburðarheimtur Jökulkvíslar

Hið mikla magn svifaursframburðar frá Jökulkvísl hefur valdið heilabrotum og þá sérstaklega háar framburðarheimtur ($t/km^2/ár$). Til að leyta skýringa var því var farið í að skoða fleiri þætti en hingað til hefur verið gert. Í fyrsta lagi voru skoðuð eldri sýni frá nokkrum vatnsföllum sem renna úr Mýrdalskökli. Rennsli á mótum framburði var teiknað upp án þess að fara í rannsóknarvinnu við að henda út lélegum sýnum. Þessi óformlega rannsókn bendir til að sýnin frá Jökulkvísl séu mjög sambærileg við sýni úr Múlakvísl og sýni frá Hrífunesi og Markarfljóti líkjast meira aðstæðum við Framgil og Paula (Mynd 32).



Mynd 32. Svifaursframburður á mótum rennsli úr nokkrum vatnsföllum sem renna úr Mýrdalsjökli.

Mælingar á svifaursframburði í Múlakvísl (1969–2002), Skálm (1965–2000) og Hólmsá við Hrífunes (1967–2002) voru gerðar á árunum 1965–2002 en mælingar á sýnum úr við Markarfljóti (1979–2016) eru enn gerðar árlega á vegum Orkustofnunar. Mynd 33 sýnir stuðla framburðarlykla fyrir framantalin vatnsföll (bláir punktar) en til samanburðar eru stuðlar framburðarlykla fyrir ár sem renna í Yangzte fljót (appelsínugulir punktar) (Yang *et al.*, 2007) annars vegar og Rín (grænir punktar) (Asselman, 2000). Vekja ber athygli á því að ósamræmi er í notkun á táknum í jöfnu 1 í kafla 3 og því sem hér er sett fram á Mynd 33. Táknin á myndinni eru notuð til að gæta samræmis við erlendu greinarnar og gildir eftirfandi samband:

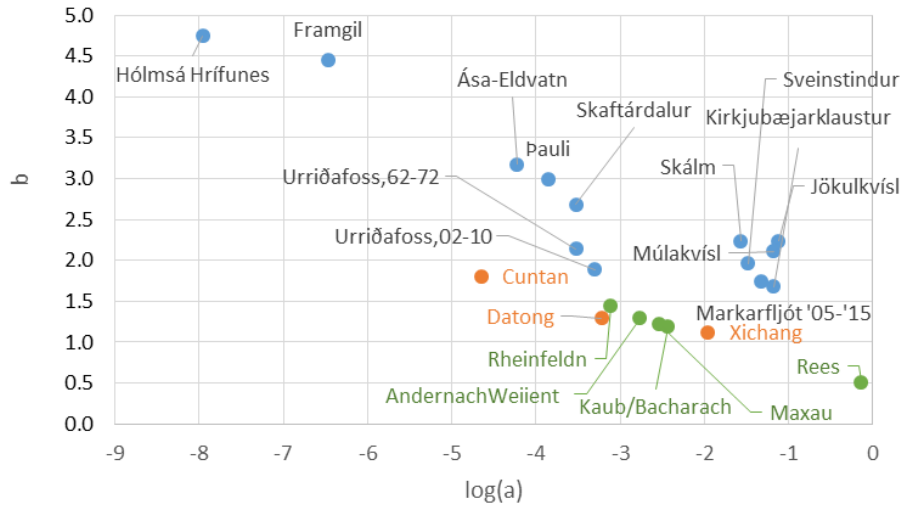
$$\log(a) = \log(k) \text{ og } b = n$$

þ.e. jafna 1 í kafla 3 yrði þá:

$$q_s = a \times Q^b$$

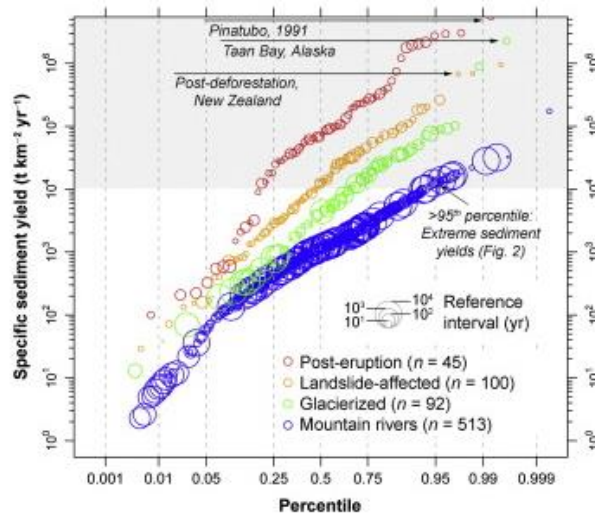
Viðauki 4. Nánar um framburðarheimtur Jökulkvíslar

Eins og sjá má eru lykjar vatnsfalla úr Mýrdalsjökli flestir með hærri veldisvísa en kínversku eða evrópsku árnar sem skýrist væntanlega af auðrjúfanlegra efni á eldvirknibeltinu sem íslensku árnar renna um.



Mynd 33. Framburðarstuðlar árslyka. Hlutfallsstuðullinn k er hér táknður með a og veldisvísirinn n er táknður með b.

Sambærilegar framburðarheimtur og koma fram í Jökulkvísl 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 hærri en framburðarheimtur úr Jökulkvísl (Mynd 34; Oliver Korup, 2005).

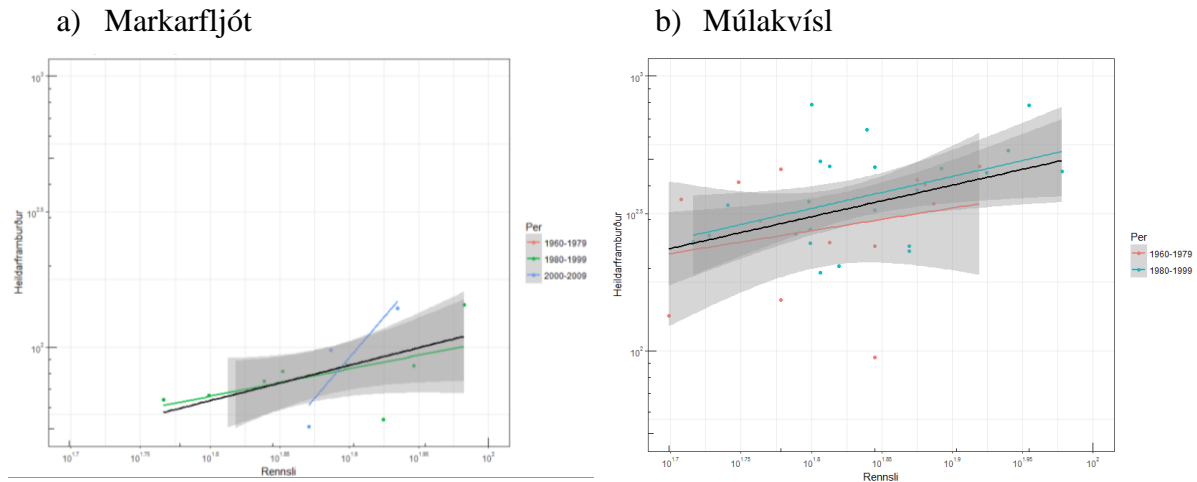


Mynd 34. Framburðarheimtur við ákafa aðstæður. Úr Oliver Korup, 2005. Earth's portfolio of extreme sediment transport events (Korup, 2012).

Vísbendingar eru um að breytingar á magni meðalársframburðar hafi átt sér stað frá tímabilinu fyrir og eftir aldamót. Þetta var m.a. rætt í „Þjórsá, svifaurlyklar fyrir valin tímabil“ (Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2016). Sjá má á mynd Mynd 35a að lykjar fyrir Markarfljót hafa breyst á milli þessara tímabila en það gæti einnig verið vegna mismunandi aðferða við mat á rennsli, þar sem eldri gögnin byggja á gögnum úr líkani en þau yngri á mælingum. Múlakvíslar gögnin

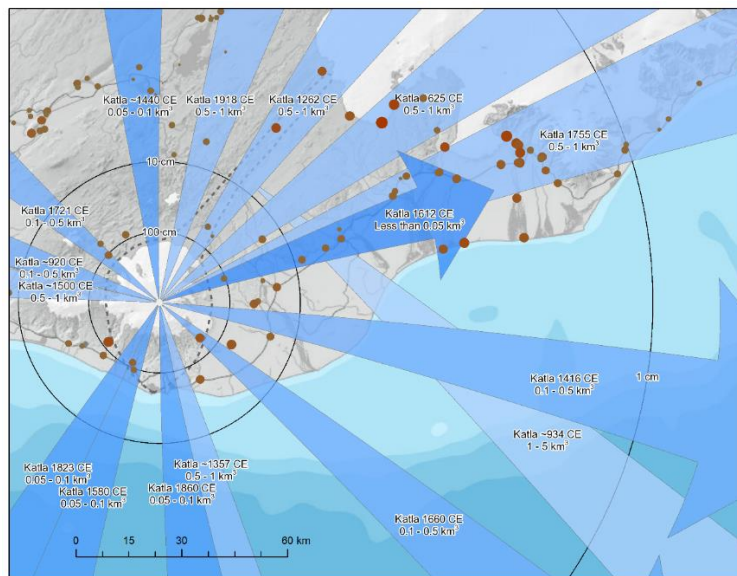
Viðauki 4. Nánar um framburðarheimtur Jökulkvíslar

ná ekki yfir aldamótin og því ekki hægt að gera sambærilega mynd en litlar breytingar er að sjá á milli tuttugu ára tímabila fyrir aldamót (Mynd 35).



Mynd 35 a og b Framburðarlyklar fyrir Markarfljót og Múlakvísl á mismunandi tímabilum.

Eins og komið var inn á hér að ofan eru þekkt sambærileg gildi á framburðarheimtum á eldvirkum svæðum í heiminum. Vatnsföll á svæði Mýrdalsjökuls fara því ekki varhluta af sambylinu við Kötlueldstöðvakerfið. Samkvæmt upplýsingum á heimaíðu Futurevolc verkefnisins má sjá meginstefnur þeirra öskugeira sem komið hafa upp í eldgosum frá eldstöðvakerfinu (Futurevolc, Guðrún Larsen and Magnús T. Guðmundsson (Institute of Earth Sciences - Nordvulk, University of Iceland)) (Mynd 36).



Mynd 36. Öskugeirar úr Kötlueldstöðvakerfinu ásamt meðalgildi svifaursstyrks sem mældur hefur verið í vatnsföllum á Íslandi (punktar fara frá því að vera brúnir í rauðbrúnir við aukinn styrk og stærð þeirra eykst að sama skapi með styrk).



Mynd 37. Ljósmynd af Eldgjáröskunni má finna á heimasíðu Futurevolc. Þar segir „Tephra layer formed during the 10th century Eldgjá fissure eruption, about 15km from the eruptive vent . The original tephra thickness was smaller, or about 2.5 meters. Resuspended tephra was later deposited on top. The height of the shovel is 105 cm“. <http://futurevolc.vedur.is/?volcano=KAT#>

Guðrúnu Larsen veitti persónulegar upplýsingar um aðstæður á vatnasviðum Jökulkvíslar og Hólmsár:

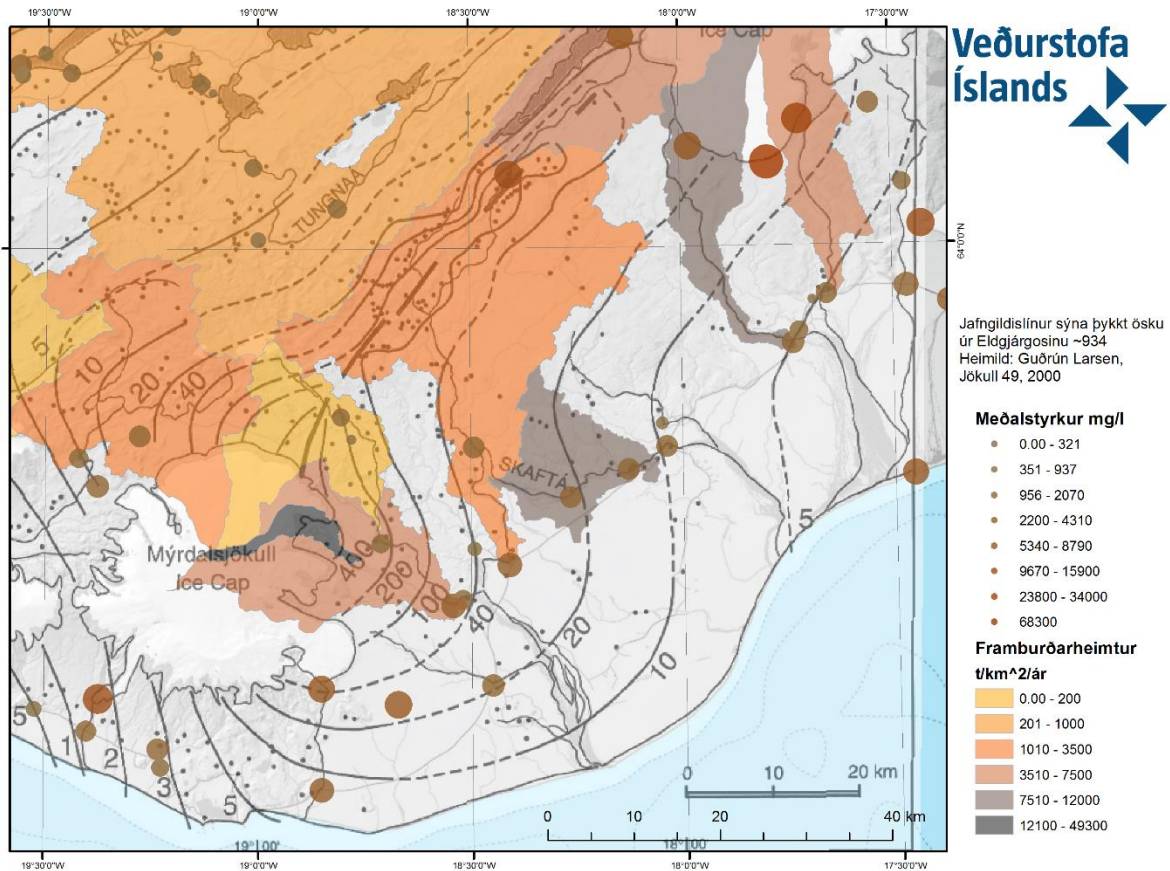
„Eldgjárgosssprungan frá 10. öld liggur inn undir Mýrdalsjökul rétt norðan Öldufells. Á þeim hluta gosssprungunnar sem var undir jökli var sprengigos og langmest af Eldgjárgjóskunni, sem var meira en 5 rúm kílómetrar nýfallin, kom upp á svæði vestan við núverandi Öldufellsjökul.

Mesta melda þykkt Eldgjárgjóskunnar á Ólafshaus (milli Öldufellsjökuls og Sandfellsjökuls), ca 5 km frá upptökum undir jöklinum, er 4,5 m. Nær upptökum hefur gjóskan verið miklu þykkari, bæði á jöklinum og á gosstöðvunum sjálfum. Gera má ráð fyrir að undir Mýrdalsjökli, vestur af Öldufellsjökli, sé ennþá gjóska úr Eldgjárgosi sem berist í Jökulkvíslina.

Gjóskulög frá yngri Kötlugosum, sem öll verða innan Kötluöskjunnar, nær aldrei viðlíka þykkt á ísa- og vatnasvæði Öldufellsjökuls, þótt gjóskan geti orðið nokkrir tugir centimetra. Þau gjóskulög sem nú sjást á sporðum Sléttjökuls hafa ekki verið athuguð en eru líklega úr 3-4 yngstu Kötlugosunum.“

Teiknað var kort af svæðinu þar sem framburðarheimtur ($t/km^2/ár$) eru dregnar fram (Mynd 38). Litakvarðinn sýnir aukningu á gildum framburðarheimta frá mismunandi vatnasviðum en einnig mældan meðalstyrk (mg/l) (punktar frá brúnu í rauðbrúnt og stækkandi með auknum

styrk). Á kortinu má einnig sjá jafngildisþykktarlínur Eldgjáröskunnar sem Guðrún Larsen getur hér að ofan og eins og sjá má er þykkt hennar í vatnasviði Jökulkvíslar um og yfir 4 m.



Mynd 38 kort af framburðarheimtum og þykkt öskulags Eldgjárgöngsins

Þessar upplýsingar sýna glögglega að framburður Jökulkvíslar er meiri en almennt gerist á flestum stöðum sem skoðaðir hafa verið á landinu. Með núverandi upplýsingum er ekki hægt að reikna framburðarheimtur fyrir Múlakvísl en að líkindum fengjust sambærilegar niðurstöður og í Jökulkvísl. Þessi stutta samantekt sýnir að hin háu gildi um framburðarheimtur sem koma fram í Jökulkvísl er einnig að finna annars staðar í heiminum þar sem aðstæður eru sambærilegar. Í ljósi þessa er ekki er ástæða til að draga niðurstöður í efa án frekari rannsókna. Hitt er annað að ný veðurgögn úr Harmonie líkaninu gefa fullt tilefni til að endurvinnna rennslisráðir þar sem mælingar ná ekki til. Ávinningur af því yrði verulegur. Það verkefni er aftur á móti það umfangsmikið að taka verður sjálfstæða ákvörðun hvort ráðist verður í það.

Heimildir:

Oliver Korup, 2012. Earth's portfolio of extreme sediment transport events. *Earth-Science Reviews* 112 (2012) 115–125.

Guðrún Larsen 2000. Holocene eruptions within the Katla volcanic system, south Iceland: Characteristics and environmental impact. *Jökull* 49, 1-28.



Landsvirkjun

Háaleitisbraut 68
103 Reykjavík
landsvirkjun.is

landsvirkjun@lv.is
Sími: 515 90 00

orkusalan 

Bíldshöfði 9
110 Reykjavík
orkusalan.is

orkusalan@orkusalan.is
Sími: 422 10 00

