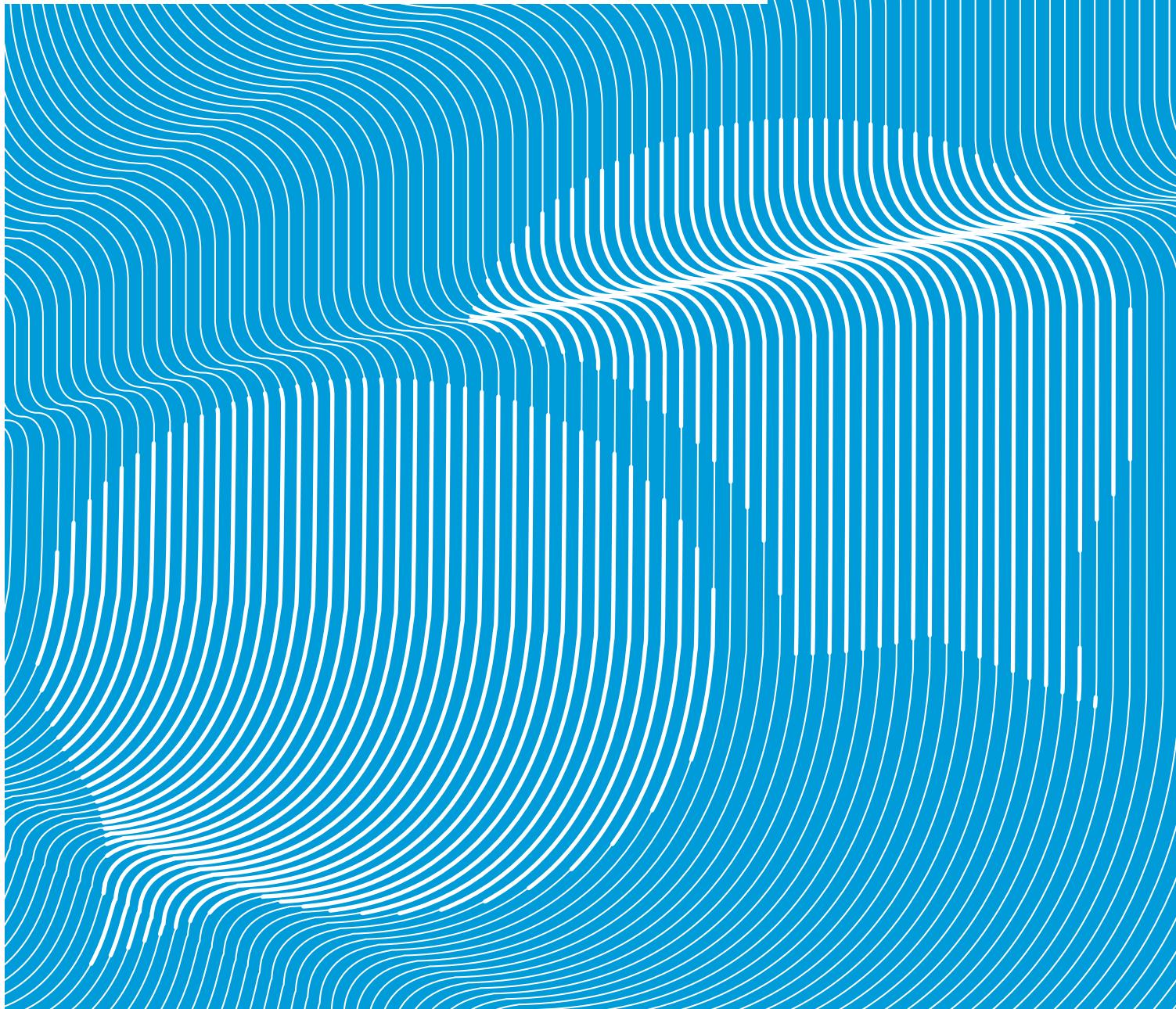




Landsvirkjun

LV-2019-059

Afkomu- og hraðamælingar á Langjökli jökulárið 2017-2018



Lykilsíða**Skýrsla LV nr:**

LV-2019-059

Dags: 25.09.2019**Fjöldi síðna:** 22**Upplag:** 1**Dreifing:** **Birt á vef LV** **Opin** **Takmörkuð til****Titill:**

Afkomu- og hraðamælingar á Langjökli jökulárið 2017-2018

Höfundar/fyrirtæki:

Finnur Pálsson, Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands

Verkefnisstjóri:

Andri Gunnarsson

Unnið fyrir:

Landsvirkjun

Samvinnuaðilar:

Jarðvísindastofnun Íslands

Útdráttur:

Afkoma Langjökuls á jökulárinu 2017-2018 var nærrí nulli en ekki verulega neikvæð eins og verið hefur frá því mælingar hófust 1996-97, að jökulárinu 2014-15 undanskildu. Afkoman reyndist -0.04 m (vatnsgildi, jafndreift yfir allan jökulinn), sem er um 1.2 m minni rýrnun en að meðaltali frá upphafi mælinga. Vetrarafkoma 2017-18 mældist 1.68 m sem er um 95% af meðallagi. Sumarrýrnun var einungis um 60 % af rýrnun meðalsumars 1.71 m.

Lykilord: Jöklar, afkoma, Langjökull**ISBN nr:**

**Samþykki verkefnisstjóra
Landsvirkjunar**

A handwritten signature in blue ink that reads "Andri Gunnarsson".

Afkomu- og hraðamælingar á Langjöklí jökulárið 2017-2018

Efnisyfirlit:

1. Inngangur	1
2. Afkomumælingar	2
3. Samandregnar niðurstöður afkomumælinga	3
4. Afrennslí leysingarvatns frá Langjökli	6
5. Hraðamælingar	8
6. Lokaorð	11

Viðaukar:

A. Afkoma í mælipunktum jökulárið 2017-2018	12
B. Dreifing afkomu með hæð jökulárið 2017-2018	13
C. Hnit hraðamælipunkta 2018, lega yfirborðshæðarsniða	14
D. Mældur láréttur yfirborðsskriðhraði 2018	16
E. Afrennslí leysingar sumarið 2018	17

Myndir:

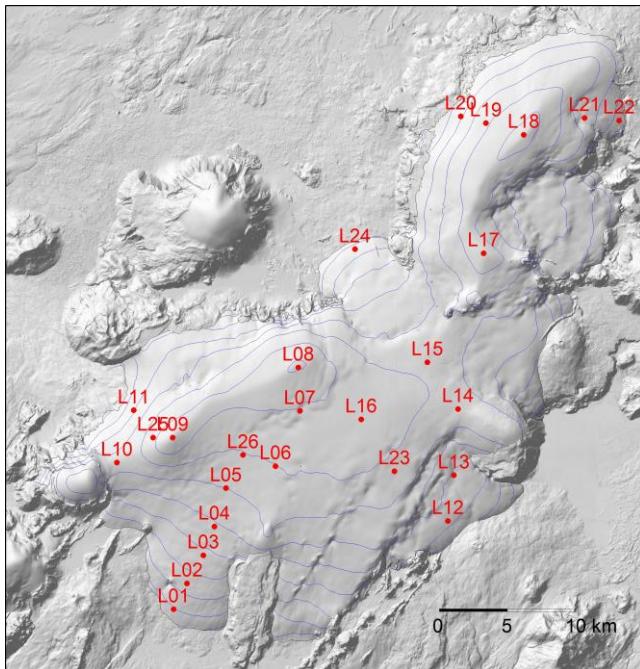
1. mynd.	Lega afkomu- og skriðmælistaða Langjökli 2018.	1
2. mynd.	Vetrar-, summar- og ársafkoma í mælipunktum.	2
3. mynd.	Afkoma á mælisniðum. A: Frá sporði Vestari Hagafellsjökuls. upp á hábungu suðurhvels Langjökuls. B: Frá sporði upp á hábungu norðurhvels Langjökuls (norðvestur hluti jöklusins).	2
4. mynd.	Kort sem sýna vetrar-, summar- og ársafkomu Langjökuls jökulárið 2017-2018.	3
5. mynd.	Vinstra kortið sýnir mismun vetrar-afkomu 2017-2018 og meðalvetrar- afkomu frá 1996-97(rauður litur er minni vetrarsnjór en að jafnaði). Hægri kortið sýnir mismun summarafkomu 2017 og meðalsumarárfkomu frá 1997 (rauður litur er meiri summarleysising en að jafnaði).	4
6. mynd.	Afkoma jökuláranna 1996-97 til 2017-2018.	4
7. mynd.	Sumarhiti (maí - september) og vetrarúrkoma (október - maí) á Hveravöllum jökulárin 1960-61 til 2017-2018. Heildregnu línumnar eru 11 ára vegin (þríhyrningur) keðjumeðaltöl. (Veðurgögn frá Veðurstofu Íslands)	4
8. mynd.	Flatardreifing Langjökuls með hæð og uppsöfnuð dreifing afkomu með hæð, 2017-2018.	5
9. mynd.	Samhengi ársafkomu og: a. vetrarafkomu, b. summarafkomu, c. hæð jafnvægislinu, d. hlutfalls safnsvæðis af heildarflatarmáli (AAR).	5
10. mynd.	Helstu vatnasvið og vatnaskil á Langjökli.	6
11. mynd.	Meðaltal ársfrennslis leysingarvatns frá vatnasviðum helstu vatnsfalla frá Langjökli 1997-2018. a: Vatnasvið Þingvallavatns (I); b: Vatnasvið Þingvallavatns (II); c: Hvítá í Borgarfirði; d: Hvítárvatn, Hvítá; e: Hagavatn, Sandvatn.	7
12. mynd.	Þversnið niður miðjan Hagafellsjökul vestari (yfirborð 1997, punktar sýna yfirborðshæð 2017) og mældur láréttur yfirborðshraði í afkomumælistöðum á því sniði haustin 1998 og 1999, sumurin 1997 til 2018 og 3 skipti veturinn 2018-19. Vel sést að summarhraði 2017 og 2018 er aukinn, einkum 2017, næri L05, L04, L03 og L02 miðað við áratugin á undan, nú er væntanlega framhlaup í aðsigi.	8
13. mynd.	Meðaltal láréttis yfirborðsskriðhraða sumarið 2018.	9
14. mynd.	Færslur í vestur-austur, suður-norður og lóðrétt á mælistað L05 (efri mynd) L26 (neðri mynd) mæld með siglinga GPS tæki frá lokum apríl til fyrstu viku október 2018.	10
Tafla I:	Afrennslí leysingavatns frá Langjökli til helstu vatnasviða sumarið 2018.	7

1. Inngangur.

Á árinu 2018 vann jöklahópur Jarðvísindastofnunar að afkomumælingum á Langjökli í samvinnu við Landsvirkjun. Dagana 25. til 26. apríl var vetrarrafkoma mæld á 26 stöðum á jöklinum og komið fyrir stikum eða vírum til að mæla sumarleysingu. Einnig var sett upp sjálfvirk veðurstöð við mælistöð L05 á vestari Hagafellsjökli til rekstar um sumarið. Þá var landmælinga GPS tæki sett upp í L05 til að meta hreyfingu þar auk GPS-tækja í L26, L04 og L03.

Á 1. mynd sést lega afkomumælistaða, sem dreift er þannig að sem best mynd fáist af breytileika afkomu frá austri til vesturs og á suður og norðurhvelum jökulsins. Ísskrið var mælt með „Kinematic“ GPS í öllum afkomumælinga punktunum, auk þess sem yfirborðshæðarsniðum var safnað með „Kinematic“ GPS mælingum bæði vor og haust í akstursleiðum milli mælipunkta. Í mælistöðvum L02, 3, 4, 5, 26 voru sett álrör 11. desember 2017 og þau mæld inn miðjan janúar og miðjan mars auk vor og haustmælinganna. Að vormælingum unnu Finnur Pálsson (JH), Sveinbjörn Steinþórsson (JH), Hlynur Skagfjörð Pálsson (HSSR) og Gestur Jónsson (LV). Farartæki voru snjóbíll HSSR og FORD 350 LV. Haustmælingarnar voru unnar 10. október á 2 vélsleðum LV og snjóbíll HSSR. Tveir og tveir unnu saman, skiptu liði og tókst þetta vel. Nokkrar plaststikur höfðu lagst niður í nýsnjóinn og sáust ekki en þær fundust með RECCO leitartæki, en RECCO flögur voru á öllum mælistíkum. Leiðangursmenn haustmælinga voru Hlynur Skagfjörð Pálsson (HSSR), Sveinbjörn Steinþórsson (JH); Gestur Jónsson (LV) og Finnur Pálsson (JH). Finnur Pálsson vann úrvinnslu og túlkun mæligagna auk ritunar skýrslu.

Auk þessa var í samvinnu við hóp frá Háskólanum í Silesia í Póllandi (umsjón: Jacek Jania prófessor) um mælingu snjóþykktar L01-L26 með borun og 500 MHz radar. Samtímis voru teknar radarmyndir frá gervihnöttum. Kanna á hvað radarinn sér, en hann sér í gegnum þurran snjó; endurkast fæst t.d. frá blautu lagi, þykktum íslinsum og fleiru.



1. mynd. Lega á afkomu- og skriðmælistaða á Langjökli 2018. Í bakgrunni er hæðarkort maí 2015 unnið eftir gögnum úr ArcticDem hæðarlíkanasafni (stærsti hluti frá maí 2015) og GPS yfirborðssniðmælingum mánaðarmótin apríl maí 2017. (DEM(s) were created from DigitalGlobe, Inc., imagery and funded under National Science Foundation awards 1043681, 1559691, and 1542736.)

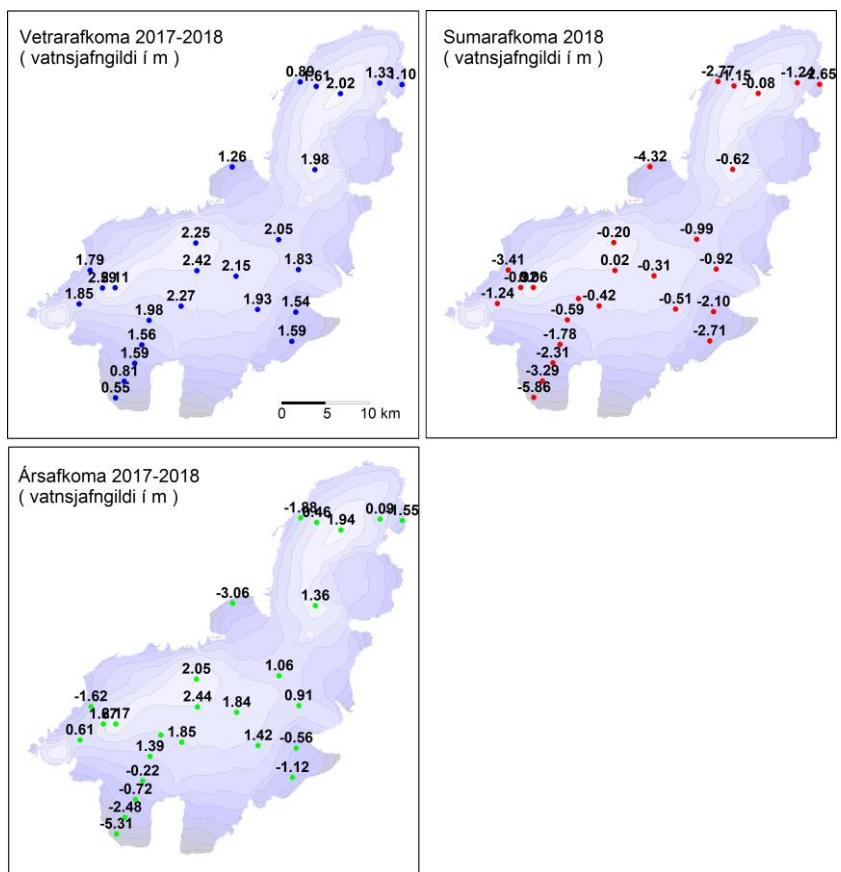
2. Afkomumælingar.

Afkoma var mæld á hefðbundinn hátt. Að vori var tekinn kjarni með rafknúnum kjarnabor niður gegnum árlagid og eðlismassi snævarins fundinn. Á ákomusvæðum voru settar plaststikur í kjarnaholurnar en á leysingarsvæðum vírar niður í holar sem boraðar voru með gufubor. Sumarleysing finnst með mælingu á mismun þess sem upp úr stóð vor og haust og eðlismassa fyrninga.

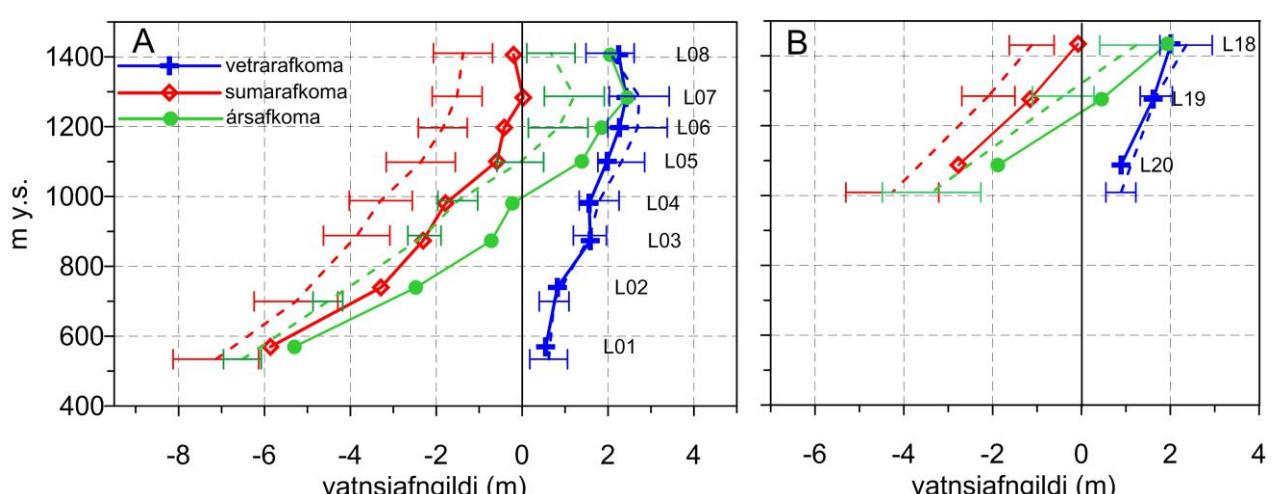
Niðurstöður afkomumælinga í einstökum mælipunktum eru sýndar á 2. mynd og töflu í viðauka A. Á 3. mynd er afkomusnið frá sporði V-Hagafellsjökuls upp á miðja suðurbungu jökulsins og einnig frá vestursporði upp á hábungu norðurhvels Langjökuls.

Vetrarafkoma er víðast næri meðallagi, nema heldur undir á 1000-1300 m sléttunni.

Massatap sumars var með miklum afbrigðum lítið, um einu staðalfráviki frá meðallagi neðst suðurjöklinum, en um 2 staðalfrávikum minna annars staðar; sumarið óvenjulegra kalt, blautt og sólarlitið. Ársafkoma er alls staðar 1 til 2 staðalfrávikum meiri en í meðalári.



2. mynd. Vetrar-, summar- og ársafkoma í mælipunktum.



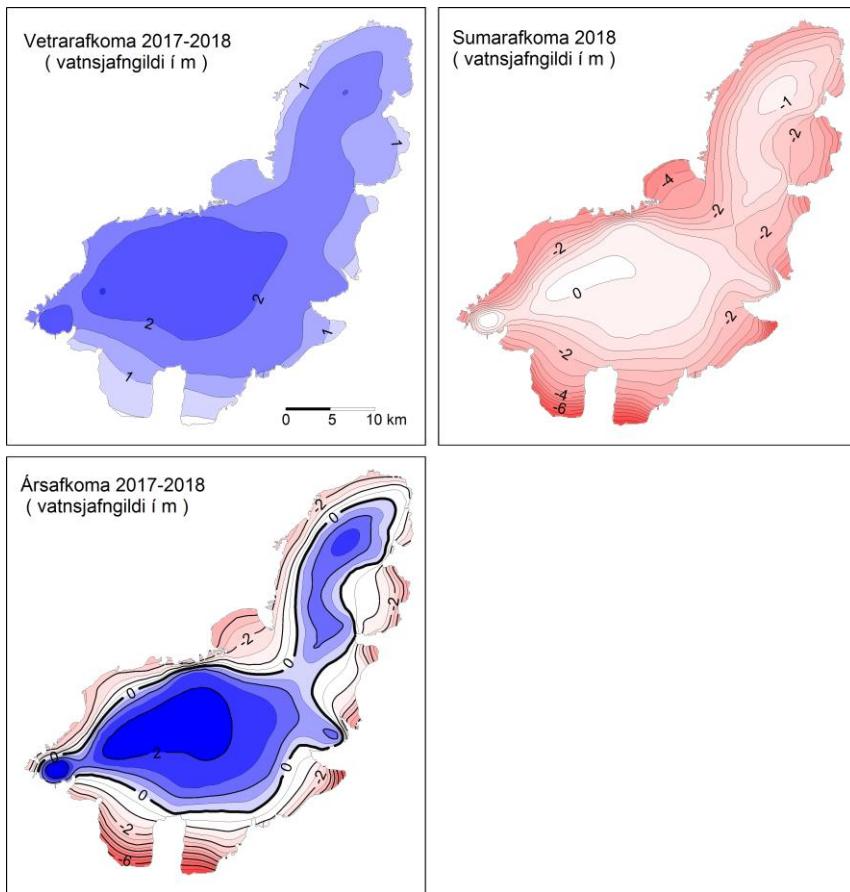
3. mynd. Afkoma jökulárið 2017-18 á mælisniðum. A: Frá sporði Vestari Hagafellsjökuls upp á hábungu suðurhvels Langjökuls. B: Frá sporði upp á hábungu norðurhvels Langjökuls (norðvestur hluti jökulsins). Meðaltal mælitímabilsins 1996-97 til 2016-17 er synt með brotnum línum og staðalfrávik mæliraðar í hverjum punkti með láréttum línum.

3. Samandregnar niðurstöður afkomumælinga.

Eftir mæligildum í afkomumælipunktunum voru gerð stafræn kort til reikninga á rúmmáli afkomu og til að lýsa sumarleysingu á einstökum vatnasviðum. Heildarafkoma Langjökuls 2017-2018 var:

$$\begin{aligned} \mathbf{B}_w &= 1.677 \text{ km}^3 \text{ eða } \mathbf{b}_w = 1.68 \text{ m} \\ \mathbf{B}_s &= -1.712 \text{ km}^3 \text{ eða } \mathbf{b}_s = -1.71 \text{ m} \\ \mathbf{B}_n &= -0.035 \text{ km}^3 \text{ eða } \mathbf{b}_n = -0.03 \text{ m} \end{aligned}$$

(**B** er heildarrúmmál vatnsgildis, en **b** þykkt vatnsgildis jafndreift yfir jökulinn, w, s og n stendur fyrir vetur, sumar og ár).



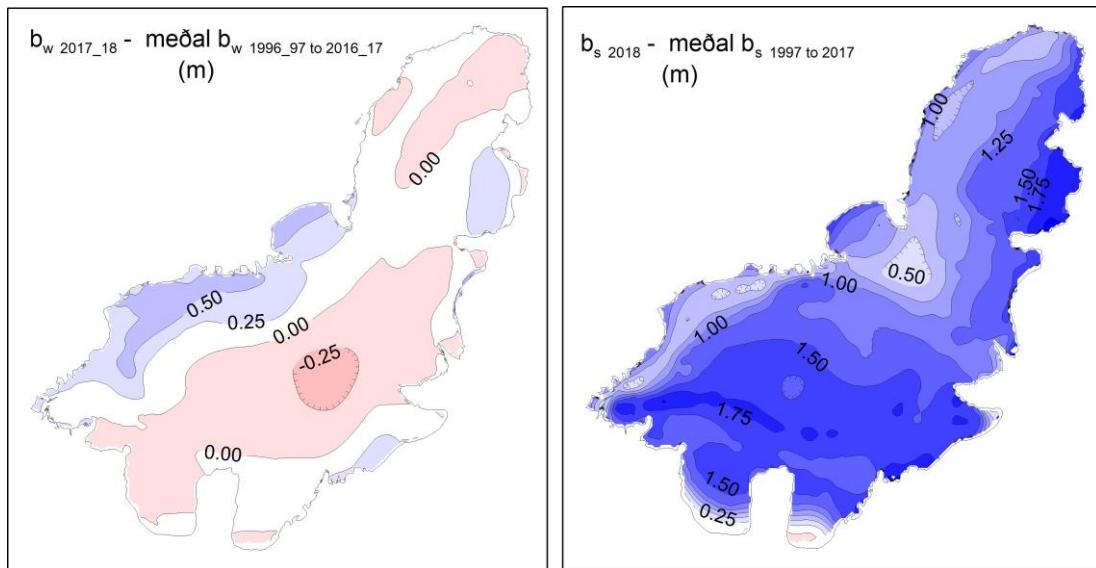
4. mynd. Kort sem sýna vetrar-, summar- og ársafkomu Langjökuls jökulárið 2017-2018.

Vetrarsnjór veturinn 2017-18 á Langjökli var um 95% af meðallagi (myndir 4, 5 og 6). Mestu frávakin eru um miðbik jöklusins. Haustið 2017 var votviðrasamt og hlýtt, nær engin snjór safnaðist neðan um 1000 m fyrr en eftir miðjan nóvember. Á 7. mynd er vetrarafkoma Langjökuls sýnd ásamt uppsafnaðri úrkomu á Hveravöllum (mælingar Veðurstofu Íslands). Ekki er einfalt samband milli úrkomu á Hveravöllum og vetrarafkomu Langjökuls (7. mynd); hitastig þegar úrkoma fellur og úrkomuáttir skipta miklu máli. Vetrarúrkoman frá 1960 sýnir 10-12 ára sveiflu en snjósöfnun á Langjökli sýnir hneigð uppá við á mælitímanum frá 1996-1997.

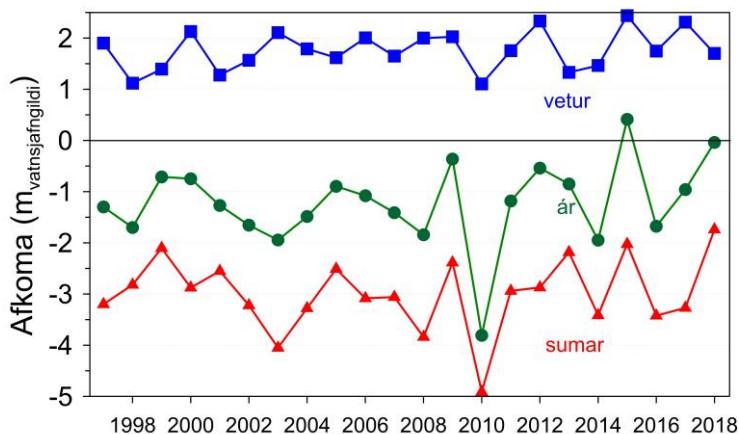
Til samanburðar voru gildi fyrrí ára:

	b_w (m)	b_s (m)	b_n (m)
1996-97	1.90	-3.20	-1.30
1997-98	1.12	-2.82	-1.70
1998-99	1.50	-2.27	-0.77
1999-00	2.13	-2.88	-0.75
2000-01	1.27	-2.55	-1.28
2001-02	1.57	-3.22	-1.65
2002-03	2.11	-4.05	-1.94
2003-04	1.79	-3.28	-1.49
2004-05	1.62	-2.51	-0.89
2005-06	1.69	-2.97	-1.28
2006-07	1.65	-3.06	-1.41
2007-08	2.00	-3.84	-1.84
2008-09	2.02	-2.39	-0.37
2009-10	1.11	-4.91	-3.80
2010-11	1.75	-2.94	-1.19
2011-12	2.33	-2.87	-0.54
2012-13	1.34	-2.19	-0.85
2013-14	1.46	-3.41	-1.95
2014-15	2.44	-2.03	0.41
2015-16	1.75	-3.42	-1.68
2016-17	2.31	-3.27	-0.96

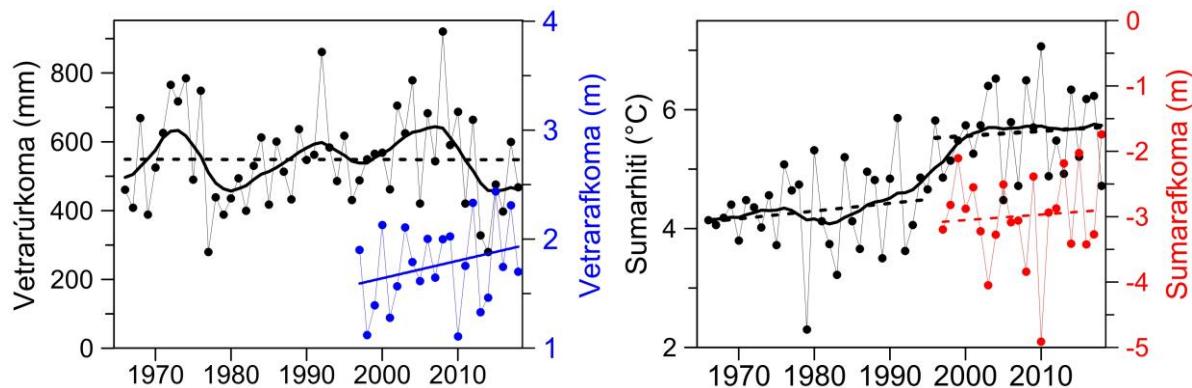
Meðaltal 1.76 -3.05 -1.29



5. mynd. Vinstra kortið sýnir mismun vetrar-afkomu 2017-2018 og meðalvetrarafkому frá 1996-97 (rauður litur er minni vetrarsnjór en að jafnaði). Hægri kortið sýnir mismun sumarafkomu 2017 og meðalsumarafkomu frá 1997 (rauður litur er meiri sumarleysing en að jafnaði).



6. mynd. Afkoma jökuláranna 1996_97 til 2017_18.

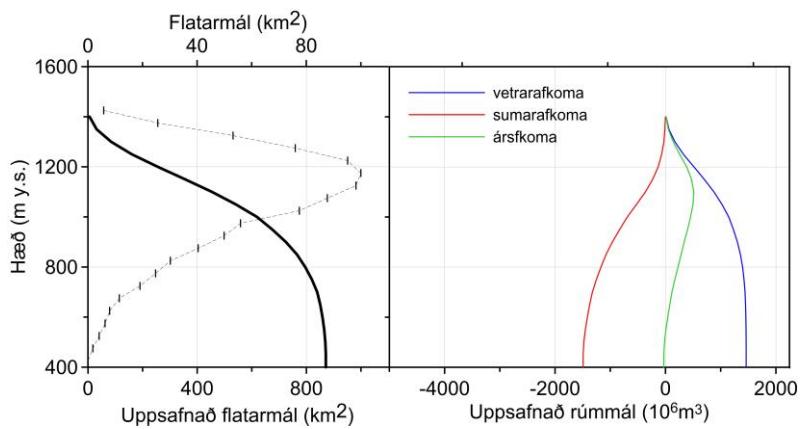


7. mynd. Vetrarúrkoma (október - maí) og sumarhiti (maí - september) á Hveravöllum jökulárin 1960-61 til 2017-2018. Heildregnu línurnar eru 11 ára keðjumeðaltöl (þríhyrnings-vægi) og brotalínur sýna hneigð. Veðurgögn eru frá Veðurstofu Íslands.

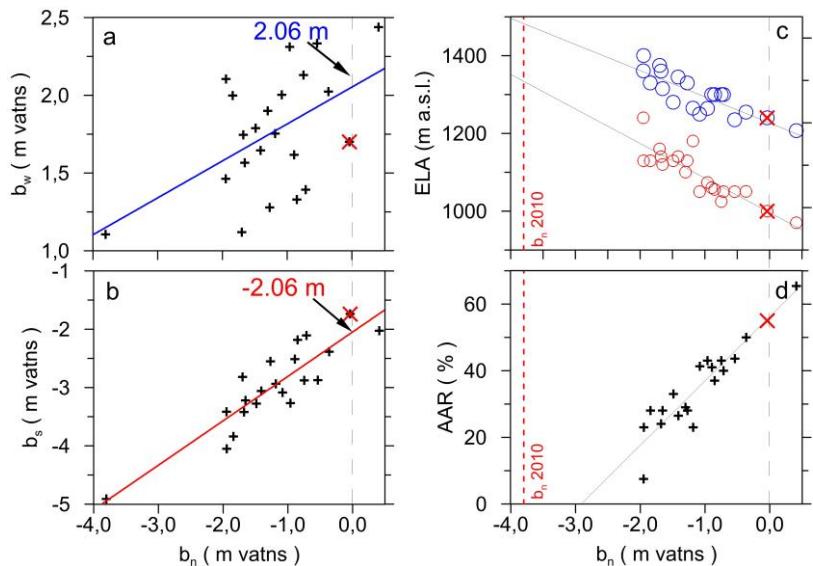
Sumarrýrnun var sú minnsta á mælitímanum einungis tæp 60% af meðalagi (5. mynd), vorið og meginhluti sumars kalt, blautt og sórlarlítið. Hluti úrkomu sumars fíll sem snjór á efri hluta jöklus og drógr úr leysingu og rýrnun. Haustið var hlýtt og vindasamt þannig að talsverð leysing var þó ekki nytí mikillar sólar, en leysing haustsins var að mestu bundin við lægsta hluta jöklusins. Sólgeislun er ríkjandi orkugjafi sumarleysingar en skýjahula dregur verulega úr henni. Meðalsumarhiti á Hveravöllum (maí – september) 2018 var 4.7°C , sem er 0.9°C undir meðaltali 1997 til 2017 (7. mynd). Á jökulárinu var ársafkoman jöklusins um -0.04 m sem ekki er marktækt frábrugðið 0; rýrnun jökulársins er 1.2 m minni en meðalrýrnun síðan 1996-97.

Á 8. mynd er sýnd flatardreifing Langjökuls með hæð og uppsöfnuð dreifing afkomu 2016-17 með hæð. Flatardreifingar eru unnar eftir yfirborðskorti Langjökuls fyrir vorið 2015; hæðarlíkan var unnið eftir hæðarlíkunum úr ArcticDem hæðarlíkana-safni, (mest frá maí 2015, en einnig hausti 2104 og 2013) og GPS sniðmælingum mánaðmótin apríl-máí 2015). Á 9. mynd er sýnt samband milli ársafkomu og: a. vetrarafkому, b. sumarafkому, c. Hæð jafnvægislínu (ELA) og d. hlutfalls safnsvæðis af heildar-flatarmáli jöklusins (AAR). Samhengi milli þessara stærða má nálgja með beinni línu eins og sýnt er á myndunum. Þetta samband má nota til að nálgast gildi ársafkomu ef ELA eða AAR er þekkt, t.d. fundið með myndatöku úr lofti eða utan úr geimnum. Við mat bestu beinu línu fyrir samhengi b_n við ELA og AAR er árinu 2009-2010 sleppt. Það ár voru engar fyrningarár, ELA ofan hæstu staða á jöklinum og flatarmál safnsvæðis 0 km^2 . Pessar einföldu nálganir benda til að AAR væri nærrí 56% (nú 55%) og hæð jafnvægis-línu á sunnanverðum jöklinum um 1000 m (nú 1000 m) ef afkoma Langjökuls væri í jafnvægi miðað við núverandi lögum (ársafkoman 0). Af mynd 9 a og b má ráða að til að halda jafnvægi við núverandi lögum jöklusins þyrfti vetrarafkoma og sumarrýrnun að vera 2.06 m vatns.

Afkoma Langjökuls hefur verið neikvæð allan tímann sem hún hefur verið mæld frá 1996-97 nema jökulárið 2014-15 (þá jákvæð um nærrí 0.5 m) og nú þegar hún er mjög nærrí 0.0 m .



8. mynd. Flatardreifing Langjökuls með hæð (yfirborð 2015) og uppsöfnuð dreifing afkomu með hæð, 2016-2017.

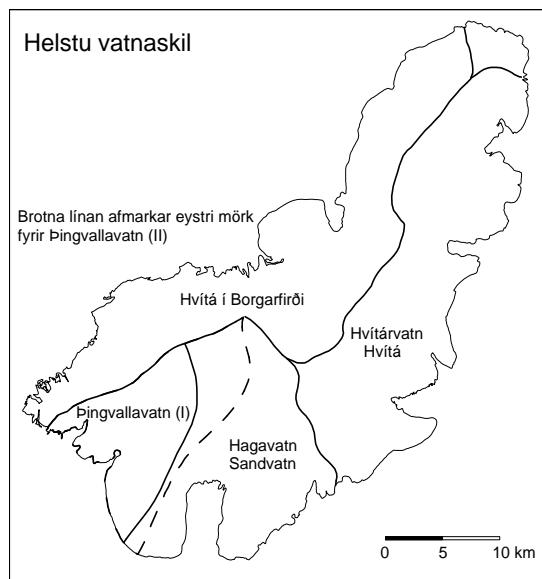


9. mynd. Samhengi ársafkomu og: a. Vetrarafkому, b. Sumarafkому, c. Hæð jafnvægislínu, d. Hlutfalls safnsvæðis af heildarflatarmáli (AAR). Punktar jökulársins 2017-18 eru á öllum myndunum merktir með X.

Samtals hefur jökullinn á 22 árum rýrnað um 27 m eða 23.9 km^3 (vatnsjafngildi). Þetta svarar til 26.6 km^3 af ís, sem er nærrí 14.0 % rýrnun rúmmáls alls jökulsins eða 0.64 % ári.

4. Afrennsli leysingavatns frá Langjökli sumarið 2018.

Til mats á heildarfrennsli frá jöklinum þarf auk sumarleysingar að bæta við regni sem fellur á hann og rennur af honum jafnharðan og snjó sem fellur að summarlagi og bráðnar (sem að líkendum er hverfandi lítið á Langjökli í venjulegu árferði, vegna lágrar hæðardreifingar hans). Sumarið 2018 þear leysing var lítil, viðvarandi votviðri og ítrekað snjóaði á ofanverðan jökulinn um sumarið er líklegt að um verulegt vanmat sé að ræða og eru eftirfarandi tölur um afrennsli settar fram með fyrirvara um það.



10. mynd. Helstu vatnasvið og vatnaskil á Langjökli. Vatnsvæði Þingvallavatns er afmarkað á two vegu, I og II, sjá texta.

Vatnaskil undir jöklum dregin með sömu aðferðum og fyrir önnur vatnaskil (vatnasvið Þingvallavatns (II)). Reiknað var sumarleysingavatn frá jöklinum til helstu vatnasviða: Hagavatns og Sandvatns (eystra), vatnasviðs Þingvallavatns, Hvítár í Borgarfirði og Hvítárvatns, Hvítár í Árnessýslu. Í töflu I. eru settar fram tölur um leysingavatn sumurin 1997 til 2018. Meðalafrennsli á flatareiningu sumarið 2018 var breytilegt milli vatnasviða, um $39-67 \text{ ls}^{-1}\text{km}^{-2}$, hæst á norðurjöklinum. Töflur um afrennsli leysingarvatns frá helstu vatnsviðum eftir hæðarbilum eru í viðauka E. Meðalafrennsli á flatareiningu hefur verið á bilinu $54-158 \text{ ls}^{-1}\text{km}^{-2}$ frá því mælingar hófust 1997.

Á 11. mynd er sýndur breytileiki meðalársfrennslis leysingarvatns Q_a . Meðalársfrennsli leysingar allt tímabilið (10. mynd brotin lína) er: a: Vatnasvið Þingvallavatns (I) $4,3 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$; b: Vatnasvið Þingvallavatns (II) $5,2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$; c: Hvítá í Borgarfirði $18,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$; d: Hvítárvatn, Hvítá $14,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$; e: Hagavatn, Sandvatn $9,0 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Staðalfrávik rennslisbreytileika er ~25% meðalrennslis hvers vatnsviðs, minnsta afrennsli mælitímans ~50% meðaltals en það mesta ~63% umfram meðallag.

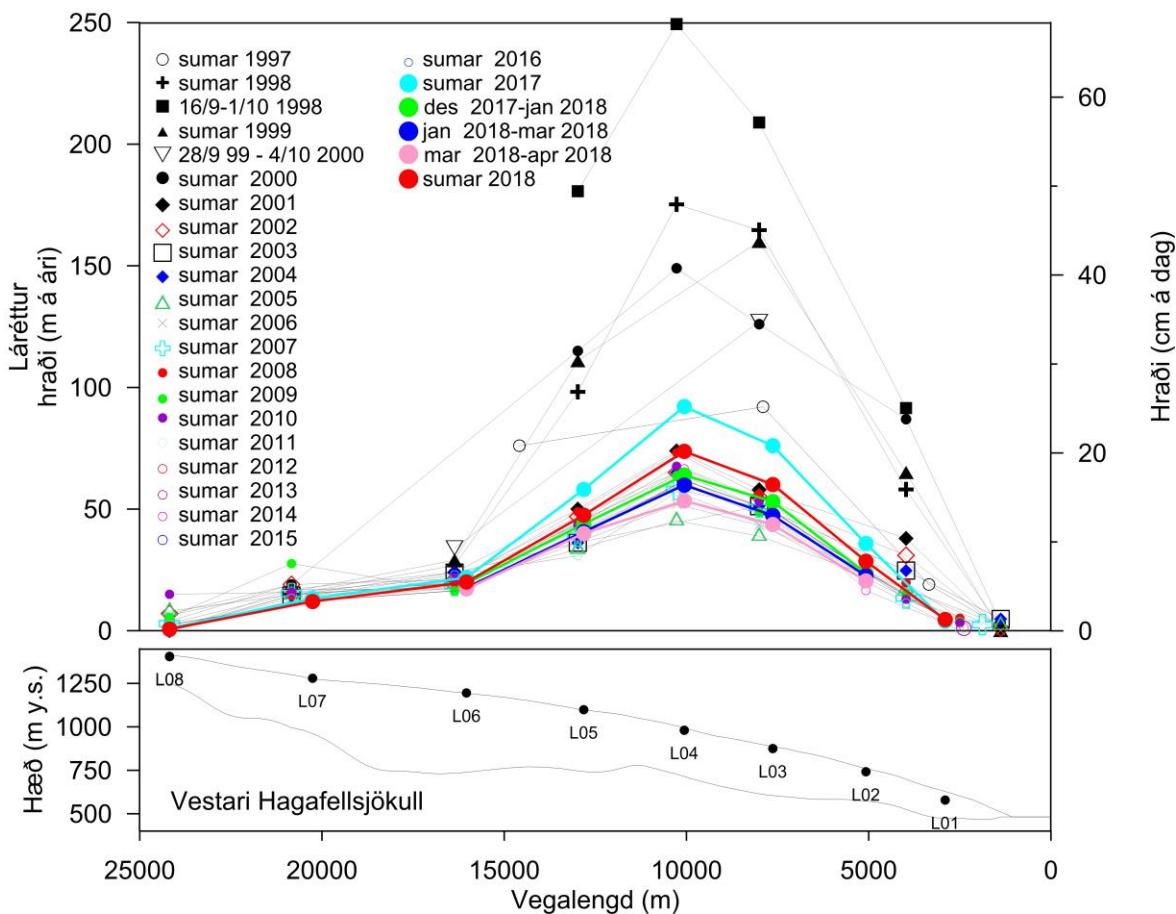
Jökulleysing (metin eftir summarafkomu) skilaði að jafnaði $113 \text{ m}^3/\text{s}$ frá Langjökli tímabilið sumarið 2018 eða $47 \text{ m}^3/\text{s}$ jafnað yfir heilt ár. Frá jöklinum runnu því að jafnaði um $54 \text{ ls}^{-1}\text{km}^{-2}$ af jökulbráð. Þetta afrennsi er einstaklega lítið eða rétt riflega helmingur meðalárs, en hafa þarf í huga fyrirvarann hér fremst.

Einstök vatnasvið á jöklum hafa verið afmörkuð eftir korti af mætti vatns við jökulbotn. Vatnaskil við jökulrönd voru ákvörðuð eftir kortum Landmælinga Íslands og loftmyndum. Vatnaskilin eru sýnd á 10. mynd. Vatnasvið Þingvallavatns var afmarkað á two vegu. Annars vegar voru vatnaskil á sporði vestari Hagafellsjöklus ákvörðuð út frá rennsli í ám sem greinilega sjást á yfirborði (kortum og flugmyndum) kallað vatnasvið Þingvallavatns (I). Hins vegar voru dregin vatnaskil nokkru austar (brotin lína á 10. mynd) upp frá jökuljaðrinum að tillögu Freysteins Sigurðssonar, Orkustofnun, en

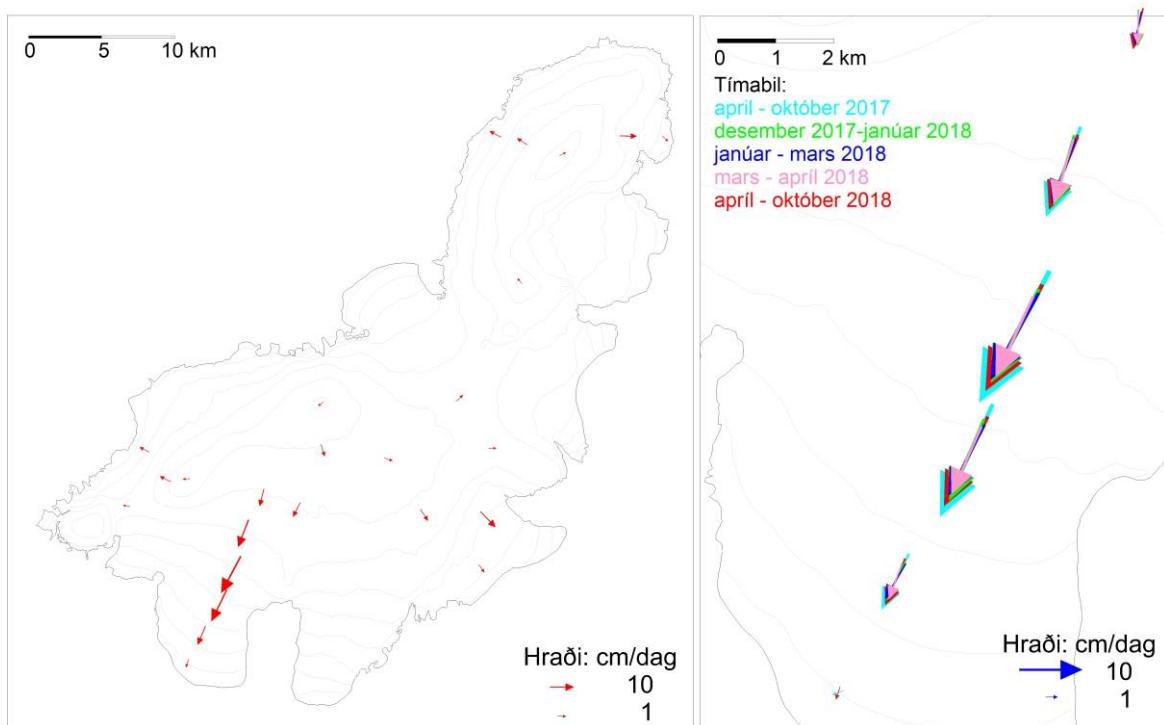
5. Hraðamælingar.

Yfirborðshreyfing jöklusins var mæld í öllum afkomumælipunktum, með nákvæmri GPS mælingu á staðsetningu stika og víra á afkomumælistöðvum að vori og hausti. Þessar mælingar eru m.a. gerðar til að kanna flutning fyrninga frá ákomusvæði til leysingasvæðis. Ef jökullinn er í jafnvægi flyst jafnmikið niður á leysingasvæðin og safnast á ákomusvæðin og hraðinn sem til þarf kallast jafnvægishraði. Með samanburði mælds yfirborðshraða og reiknaðs jafnvægishraða sést hvort jökullinn hreyfist nægilega hratt til að bera fram afkomu sem á hann safnast. Ef jafnvægishraðinn er hærri en mældur hraði safnast fyrningar á ákomusvæði, jökullinn verður æ brattari og stefnir í framhlaup.

Á 12. mynd sést hvernig hraði hefur breyst á Vestari Hagafellsjöklí frá sumrinu 1997 til sumarsins 2018. Á 13. mynd eru sýndir hraðavigrar 2018 í öllum mælistíkum. Árið 2016 varð vart við lítillega aukinn skriðhraða mælistöðva L04 og L03 og þarna varð líka vart við sprungumyndun í mælileiðangri 4. nóvember 2016. Sumarið 2017 var enn aukinn hraði þar og einnig í L02 og L05, jókst um ~30 % frá meðallagi, auk þess sem sprungur samsíða hæðarlínúnum voru greinilegar í leiðangri í október 2017. Þetta eru álitin fyrstu merki um að framhlaup sé að hefjast. Ef það er rétt hefur atburðarásin tafist hugsanlega vegna fádæma lítils leysingavatns, því hraðinn sumarið 2018 var mun lægri en 2017.



12. mynd. Þversnið niður miðjan Hagafellsjökul vestari (yfirborð 1997, punktar sýna yfirborðshæð 2017) og mældur láréttur yfirborðshraði í afkomumælistöðum á því sniði haustin 1998 og 1999, sumurin 1997 til 2018 og 3 skipti veturnar 2018-19. Vel sést að sumarhraði 2017 og 2018 er aukinn, einkum 2017, nærri L05, L04, L03 og L02 miðað við áratuginum á undan, nú er væntanlega framhlaup í aðsigi.



13. mynd. Vinstri: Meðaltal láréッツ yfirborðshraða sumarið 2018. Hægri: Próun skriðhraða á Vestari Hagafellsjökli frá sumri 2017 til hausts 2018.

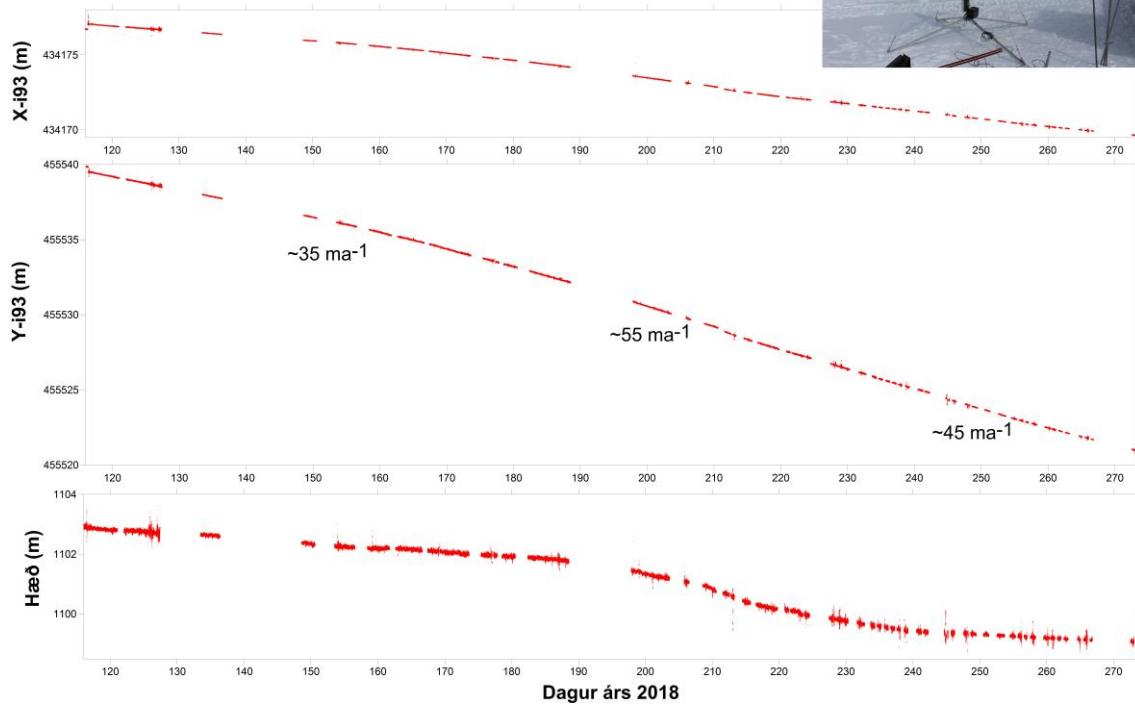
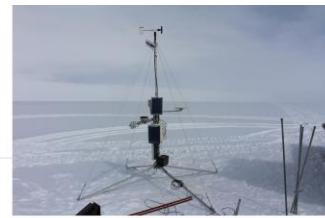
En til að fylgjast með atburðrásinni var 11. desember 2017 komið fyrir álstikum á mælisaði L02, L03, L04, L05 og L26 (sem er nýr mælistaður í svipaðri hæð og L06 en vestar og nær því að vera í ísstraumlinu með hinum) og staðsetning þeirra mæld með nákvæmu GPS. Þessar stikur voru endurmældar 18. janúar, 14. mars 25-26. apríl og lokks 5. október 2018 til að fylgjast með þróun skriðhraðans. Þessar mælingar sýna að skriðhraði nær lágmarki í vetrarlok (mars-apríl). Einnig að sumarhraðinn 2018 var mun lægri en 2017 og ekki sýnileg ummerki um nýmyndaðar sprungur í október 2018. Enn er talið að framhlaup geti verið í uppsiglingu og því vor sett álrör sem mæla á inn snemma árs 2019, svipað og gert var 2018.

Hnit allra hraðamælistöðva eru gefin í viðauka C og hraði í viðauka D.

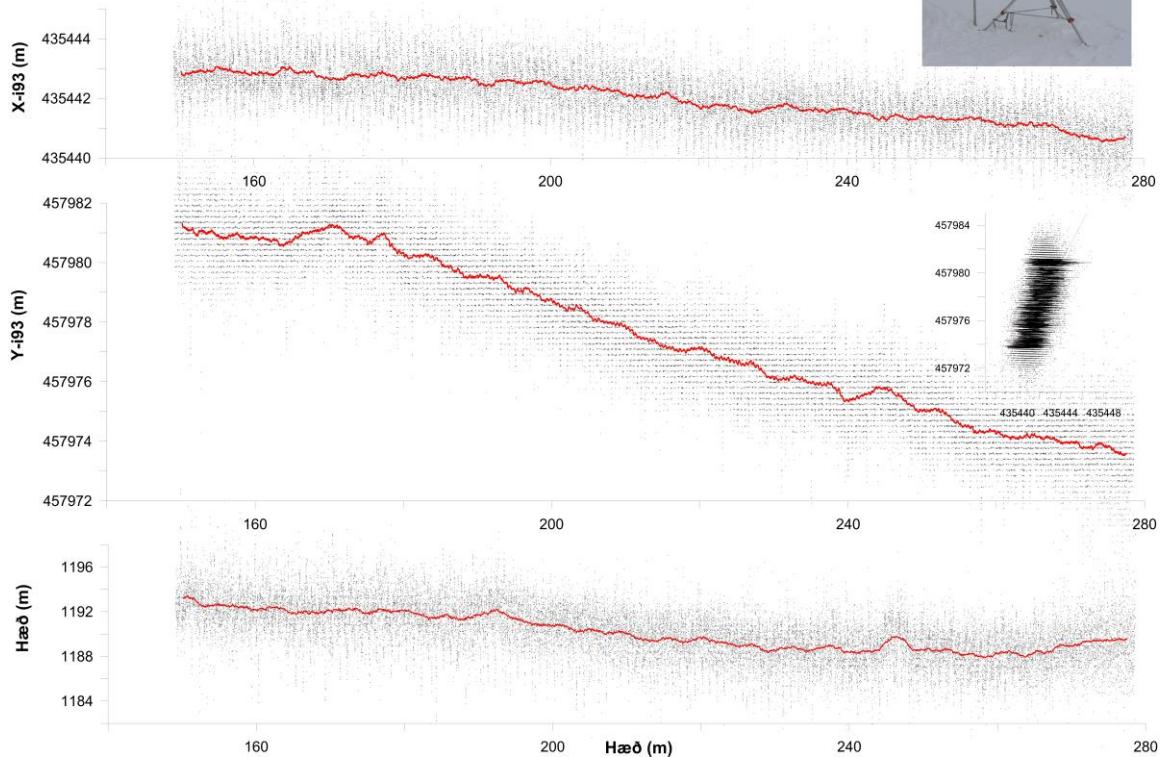
Vegna líklegs framhlaups var vorið 2018 komið fyrir nokkrum síritandi GPS tækjum við nokkra afkomumælistaði. Í L05 var Trimble landmælingatæki, í L04 eins fasa (NV08C-CSM móttakari) tæki með möguleika á um ~dm nákvæmni og í L03 og L26 leiðsögu GPS (Sparcfun GeoChron ~1-5m nákvæmni). Tækin í L03 og L04 brugðust alveg en tækin í L05 og L26 söfnuðu nær samfellt fram í október. Mælingar á færslum eru sýndar á myndum 14 og 15.

Þar sést greinilega á hæðarbreytingum að lítil sem engin leysing og samþjöppun varð fyrr en eftir dag ~190 (miður júlí), en samfara því varð um 60% hraðaukning í L05, frá ~10 í um 15 cm a⁻¹ en dettur niður í um 12.5 cm a⁻¹ (sem er um 30 % umfram vorhraðann). Verulega dró úr lækkun eftir miðjan ágúst, líklega vegna minnkaðrar leysingar. Svipaða sögu má lesa úr gögnunum frá L26 en vegna meiri mælióvissu og minni skriðhraði þar er sagan óskírari. Ef framhlaup hefði orðið hefði hraði þar samt orðið það mikill að mælióvissa hefði ekki komið mikið að sök.

Færsla við mælistað nærri jafnvægislínu á
V-Hagafellsjöklí, sumarið 2018.
Mælt með landmælinga GPS tæki



Færsla við mælistað L26 ofan jafnvægislínu á V-Hagafellsjöklí, sumarið 2018.
Mælt með siglinga GPS tæki



14. mynd. Færslur í vestur-austur, suður-norður og lóðrétt á mælistað L05 (efri mynd) L26 (neðri mynd) mæld með siglinga GPS tæki frá lokum apríl til fyrstu viku október 2018.

6. Lokaorð.

Afkoma Langjökuls á jökulárinu 2017-2018 var nærrí nálli en ekki verulega neikvæð eins og verið hefur frá því mælingar hófust 1996-97, að jökulárinu 2014-15 undanskildu sem var jákvætt um 0.5 m. Afkoman reyndist -0.04 m (vatnsgildi, jafndreift yfir allan jökulinn; $\sim 870 \text{ km}^2$), sem er um 1.2 m minni rýrnun en að meðaltali frá upphafi mælinga; þetta er ekki marktaekt frábrugðið nálli vegna óvissu mæliaðferðanna, en óvissan er talin nokkrir dm.

Frá því afkomumælingar hófust hefur jökkullinn á 22 árum rýrnað um 27 m eða 23.9 km^3 (vatnsjafngildi). Þetta svarar til 26.6 km^3 af ís, sem er nærrí 14.0 % rýrnun rúmmáls alls jökulsins eða 0.64 % ári.

Vetrarrafkoma 2017-18 mældist 1.68 m sem er um 95% af meðallagi. Sumarrýrnun var einungis um 60 % af rýrnun meðalsumars 1.71 m. Þetta ár voru fyrningar eftir jökulárið á um 55% yfirborðsins; hæð jafnvægislínú á suðurhluta jökulsins (vestari Hagafellsjökli) var ~1000 m en ~1240 m á norðurhvelinu (Baldjökli). Afrennsli leysingarvatns (metið eftir sumarafkomu) frá jöklinum var hið minnsta á mælitímanum var um $47 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$ eða $54 \text{ ls}^{-1} \text{km}^{-2}$ jafnað yfir heilt ár; þetta er ekki nema helmingur þess sem er að meðaltali mælitímabilið. Skriðhraðamælingar á Vestari-Hagfellsjökli benda enn til að framhlaup sé í aðsigi, skriðhraði sumarið 2018 var verulega umfram meðaltal nærrí og neðan jafnvægislínú, þó ekki sé hann jafnhár og sumarið 2017. Þegar hafa verið settir upp mælipunktar til að fylgjast með þróun skriðhraðans næstu mánuði.

Viðauki A : Afkoma í mælipunktum 2017-2018.

b_w: vetrarafkoma, **b_s**: sumarafkoma, **b_n**: ársafkoma.

Mæli-stika	Staðsetning	Hæð	Dags. að vori	Dags. að hausti	b _w	b _s	b _n	nýsnjór að hausti
	Breidd	Lengd	(m y.s.)		(m)	(m)	(m)	(m)
L01	64	30,848	20	27,027	569,7	180425	181005	0,550 -5,860 -5,310 0,077
L02	64	31,883	20	25,865	739,5	180425	181005	0,815 -3,290 -2,475 0,067
L03	64	33,009	20	24,415	873,6	180425	181005	1,590 -2,310 -0,720 0,259
L04	64	34,156	20	23,452	980,5	180425	181005	1,558 -1,783 -0,225 0,315
L05	64	35,683	20	22,480	1101	180426	181005	1,980 -0,588 1,392 0,322
L06	64	36,594	20	17,950	1197	180425	181005	2,270 -0,416 1,854 0,350
L07	64	38,798	20	15,798	1283	180425	181005	2,420 0,022 2,442 0,315
L08	64	40,515	20	16,037	1406	180425	181005	2,250 -0,200 2,050 0,385
L09	64	37,638	20	27,476	1375	180425	181005	2,110 0,062 2,172 0,350
L10	64	36,595	20	32,565	1125	180425	181005	1,850 -1,244 0,606 0,280
L11	64	38,680	20	31,124	987	180425	181005	1,790 -3,410 -1,620 0,224
L12	64	34,555	20	1,989	820,2	180426	181005	1,590 -2,706 -1,116 0,210
L13	64	36,365	20	1,503	874,9	180426	181005	1,540 -2,098 -0,558 0,245
L14	64	38,985	20	1,220	1151	180426	181005	1,830 -0,918 0,912 0,343
L15	64	40,817	20	4,125	1181	180426	181005	2,050 -0,988 1,062 0,298
L16	64	38,515	20	10,144	1260	180425	181005	2,150 -0,314 1,836 0,315
L17	64	45,164	19	59,090	1359	180426	181005	1,980 -0,624 1,356 0,322
L18	64	49,873	19	55,544	1435	180426	181005	2,020 -0,082 1,938 0,273
L19	64	50,311	19	59,070	1277	180426	181005	1,610 -1,154 0,456 0,277
L20	64	50,568	20	1,409	1087	180426	181005	0,890 -2,771 -1,881 0,203
L21	64	50,571	19	49,903	1148	180426	181005	1,330 -1,240 0,090 0,245
L22	64	50,491	19	46,690	943,7	180426	181005	1,100 -2,647 -1,547 0,168
L23	64	36,485	20	6,987	1161	180426	181005	1,930 -0,514 1,416 0,347
L24	64	45,238	20	11,010	735,1	180426	181005	1,260 -4,320 -3,060 0,095
L25	64	37,616	20	29,278	1190	180425	181005	2,590 -0,922 1,668 0,385

Ath. Afkomutölur eru vatnsjafngildi. Grafið var niður á sumaryfirborð að hausti, og snjóþekja ofan á því ekki talin til sumars (verður með í næsta vetri). Í töflunni eru líka vatnsgildi nýsnævis að hausti í mælipunktum; snjóinn var ekki mjög þéttur og eðlismassi metinn 350 kg/m^3 .

Viðauki B : Dreifing afkomu með hæð jökulárið 2017-2018.

ΔS : flatarmál á hverju hæðarbili, $\sum \Delta S$: uppsafnað flatarmál ofan gefinnar hæðar, bw: vetrarafkoma, bs: sumarafkoma. bn: ársafkoma, ΔB_w : vetrarafkoma á hæðarbili, $\sum \Delta B_w$: uppsöfnuð vetrarafkoma ofan hæðarbils, ΔB_s : sumarafkoma á hæðarbili, $\sum \Delta B_s$: uppsöfnuð sumarafkoma ofan hæðarbils, ΔB_n : ársafkoma á hæðarbili, $\sum B_n$: uppsöfnuð ársafkoma ofan hæðarbils. (Til grundvallar er stafrænt kort af yfirborði sumarsins 2012).

Hæðarbil (m y. s.)	ΔS (km ²)	$\sum \Delta S$ (km ²)	bw (mm)	bs (mm)	bn (mm)	ΔB_w (10 ⁶ m ³)	$\sum \Delta B_w$ (10 ⁶ m ³)	ΔB_s (10 ⁶ m ³)	$\sum \Delta B_s$ (10 ⁶ m ³)	ΔB_n (10 ⁶ m ³)	$\sum B_n$ (10 ⁶ m ³)		
1400	1450	1425	5,8	5,8	1992	-265	1726	11,5	11,5	-1,5	-1,5	10,0	10,0
1350	1400	1375	25,6	31,4	1999	-325	1674	51,2	62,7	-8,3	-9,9	42,9	52,9
1300	1350	1325	53,2	84,6	2034	-375	1658	108,3	171,0	-20,0	-29,9	88,3	141,2
1250	1300	1275	76	160,6	2039	-509	1530	155,1	326,1	-38,7	-68,6	116,4	257,6
1200	1250	1225	95,2	255,8	1997	-662	1334	190,2	516,2	-63,1	-131,7	127,1	384,7
1150	1200	1175	100	355,8	1879	-1013	866	188,1	704,3	-101,4	-233,0	86,7	471,4
1100	1150	1125	98,2	454,0	1775	-1343	432	174,5	878,7	-131,9	-365,0	42,5	513,9
1050	1100	1075	87,7	541,7	1656	-1831	-174	145,2	1023,9	-160,5	-525,5	-15,3	498,6
1000	1050	1025	77,5	619,2	1563	-2144	-581	121,1	1145,0	-166,1	-691,6	-45,0	453,6
950	1000	975	55,9	675,1	1519	-2472	-952	85,0	1230,0	-138,2	-829,9	-53,3	400,3
900	950	925	49,9	725,0	1464	-2676	-1211	73,1	1303,1	-133,6	-963,5	-60,5	339,8
850	900	875	40,4	765,4	1368	-2792	-1423	55,3	1358,4	-112,8	-1076,3	-57,5	282,3
800	850	825	30,2	795,6	1225	-3050	-1825	37,1	1395,5	-92,2	-1168,5	-55,2	227,1
750	800	775	24,8	820,4	1053	-3365	-2312	26,1	1421,6	-83,5	-1252,0	-57,3	169,8
700	750	725	19,1	839,5	951	-3718	-2767	18,2	1439,8	-71,0	-1323,0	-52,8	117,0
650	700	675	11,5	851,0	842	-4299	-3456	9,7	1449,5	-49,6	-1372,6	-39,9	77,1
600	650	625	8	859,0	659	-5168	-4509	5,3	1454,8	-41,2	-1413,8	-35,9	41,2
550	600	575	6,3	865,3	561	-5985	-5424	3,5	1458,3	-37,6	-1451,4	-34,1	7,1
500	550	525	4,1	869,4	499	-6603	-6104	2,1	1460,3	-27,1	-1478,5	-25,1	-18,0
450	500	475	1,8	871,2	447	-6980	-6533	0,8	1461,2	-12,8	-1491,3	-12,0	-30,0
400	450	425	0	871,2	443	-4601	-4158	0,0	1461,2	-0,1	-1491,4	-0,1	-30,1

L15-18	15,98	26	4	116	2018	64	40,81666	20	4,12492	1248,62	0,00	-67,27	1181,35	K
L15-18	12,54	5	10	278	2018	64	40,81756	20	4,12276	1244,05	0,00	-67,27	1176,78	K
L16-18	17,93	25	4	115	2018	64	38,51481	20	10,14402	1327,32	0,00	-67,28	1260,04	K
L16-18	12,24	5	10	278	2018	64	38,51447	20	10,14169	1322,98	0,00	-67,28	1255,70	K
L17-18	15,68	26	4	116	2018	64	45,16424	19	59,08967	1427,48	-1,67	-67,26	1358,55	K
L17-18	13,04	5	10	278	2018	64	45,16448	19	59,09020	1421,76	0,00	-67,26	1354,50	K
L18-18	13,29	26	4	116	2018	64	49,87275	19	55,54410	1503,41	-1,67	-67,24	1434,50	K
L18-18	14,11	5	10	278	2018	64	49,87281	19	55,54379	1498,11	0,00	-67,24	1430,87	K
L19-18	12,59	26	4	116	2018	64	50,31137	19	59,06990	1345,73	-1,67	-67,23	1276,83	K
L19-18	13,49	5	10	278	2018	64	50,31286	19	59,07557	1339,41	0,00	-67,23	1272,18	K
L20-18	11,54	26	4	116	2018	64	50,56761	20	1,40855	1156,02	-1,67	-67,20	1087,15	K
L20-18	13,82	5	10	278	2018	64	50,56902	20	1,41504	1148,95	0,00	-67,20	1081,75	K
L21-18	13,73	26	4	116	2018	64	50,57050	19	49,90320	1216,70	-1,67	-67,23	1147,80	K
L21-18	14,85	5	10	278	2018	64	50,57047	19	49,89073	1210,47	0,00	-67,23	1143,24	K
L22-18	14,74	26	4	116	2018	64	50,49072	19	46,69022	1012,55	-1,67	-67,19	943,69	K
L22-18	14,64	5	10	278	2018	64	50,49035	19	46,68919	1005,08	0,00	-67,19	937,89	K
L23-18	13,90	26	4	116	2018	64	36,48517	20	6,98677	1228,24	0,00	-67,25	1160,99	K
L23-18	14,28	5	10	278	2018	64	36,48223	20	6,98224	1223,69	0,00	-67,25	1156,44	K
L25-18	14,46	25	4	115	2018	64	37,61631	20	29,27821	1335,29	0,00	-67,21	1268,08	K
L25-18	11,35	5	10	278	2018	64	37,61750	20	29,28434	1329,86	0,00	-67,21	1262,65	K
L26a-17	12,28	18	1	18	2018	64	37,01813	20	20,95946	1259,03	-0,80	-67,27	1190,96	K
L26a-17	13,48	14	3	73	2018	64	37,01672	20	20,96004	1259,91	-0,48	-67,27	1192,16	FS
L26a-17	14,38	25	4	115	2018	64	37,01565	20	20,96009	1260,68	-0,90	-67,27	1192,51	K
L26a-17	12,72	5	10	278	2018	64	37,01022	20	20,96296	1256,90	0,00	-67,27	1189,63	K
Isgong18	11,05	5	10	278	2018	64	37,68203	20	29,32960	1320,97	0,00	-67,21	1253,76	K

Ath. Hæð að hausti er miðuð við sumarflöt (hausthvörf), þ.e. grafið er í gegnum nýsnjóinn og hæð mæld að hjarni/ísl undir nýsnjónum.



Lega yfirborðshæðarsniða sem mæld voru með nákvæmum (~10 cm) GPS tækjum. Snið mæld í afkomuleiðöngrum í apríl 2018 til vinstri en október 2018 til hægri. Á innfelldu myndinni voru mæld í janúar (grænt) og mars (rauðt) 2018.

Viðauki D: Mældur láréttur yfirborðshraði á Langjökli 2018.

Stika	dags.	dagur árs	dags.	daga árs	færsla fjöldi	láréttur (m)	hraði (°)	(cm/dag)	(m/ári)
L01-18	180425	115	181005	278	163	2,03	197	1,25	4,6
L02-18	171211	345	180118	18	38	2,47	205	6,51	23,8
L02-18	180118	18	180314	73	55	3,38	209	6,14	22,4
L02-18	180314	73	180425	115	42	2,36	198	5,62	20,5
L02-18	180425	115	181005	278	163	12,73	202	7,81	28,5
L03-18	171211	345	180118	18	38	5,51	201	14,50	52,9
L03-18	180118	18	180314	73	55	7,13	206	12,96	47,3
L03-18	180314	73	180425	115	42	4,99	203	11,87	43,3
L03-18	180425	115	181005	278	163	26,80	205	16,44	60,0
L04a-17	171211	345	180118	18	38	6,63	206	17,45	63,7
L04a-17	180118	18	180314	73	55	9,01	208	16,38	59,8
L04a-17	180314	73	180425	115	42	6,13	204	14,59	53,3
L04a-17	180425	115	181005	278	163	32,83	207	20,14	73,5
L05a-17	171211	345	180118	18	38	4,55	194	11,98	43,7
L05a-17	180118	18	180314	73	55	6,12	199	11,12	40,6
L05a-17	180314	73	180426	116	43	4,70	196	10,93	39,9
L05a-17	180426	116	181005	278	162	20,19	201	12,46	45,5
L05-18	180426	116	181005	278	162	21,11	200	13,03	47,6
L26a-17	171211	345	180118	18	38	2,04	179	5,36	19,6
L26a-17	180118	18	180314	73	55	2,65	190	4,82	17,6
L26a-17	180314	73	180425	115	42	1,98	181	4,72	17,2
L26a-17	180425	115	181005	278	163	10,31	193	6,33	23,1
L06-18	180425	115	181005	278	163	8,65	206	5,31	19,4
L07-18	180425	115	181005	278	163	5,37	162	3,29	12,0
L08-18	180425	115	181005	278	163	0,31	233	0,19	0,7
L09-18	180425	115	181005	278	163	0,43	265	0,26	1,0
L10-18	180425	115	181005	278	163	0,17	276	0,10	0,4
L11-18	180425	115	181005	278	163	3,93	296	2,41	8,8
L12-18	180426	116	181005	278	162	2,82	144	1,74	6,4
L13-18	180426	116	181005	278	162	14,17	135	8,75	31,9
L14-18	180426	116	181005	278	162	0,91	84	0,56	2,1
L15-18	180426	116	181005	278	162	2,39	46	1,48	5,4
L16-18	180425	115	181005	278	163	1,96	109	1,20	4,4
L17-18	180426	116	181005	278	162	0,61	317	0,38	1,4
L18-18	180426	116	181005	278	162	0,27	66	0,17	0,6
L19-18	180426	116	181005	278	162	5,26	302	3,25	11,9
L20-18	180426	116	181005	278	162	5,76	297	3,55	13,0
L21-18	180426	116	181005	278	162	9,86	90	6,08	22,2
L22-18	180426	116	181005	278	162	1,06	130	0,66	2,4
L23-18	180426	116	181005	278	162	6,53	146	4,03	14,7
L25-18	180425	115	181005	278	163	5,36	294	3,29	12,0

Viðauki E: Afrennsli vegna jökulleysingar sumarið 2018:

ΔS : flatarmál á gefnu hæðarbili, ΔQ_s : afrennsli á gefnu hæðarbili, ΣQ_s : uppsafnað afrennsli leysingarvatns af jöklum ofan nefndrar hæðar. Afrennsli er metið eftir sumarafkomu, ekki er hægt að greina á þann hátt afrennsli vegna rigningar á jökulinn eða snjó sem fellur á jökulinn að sumarlagi en bráðnar jafnharðann.

Allur Langjökull

Hæðarbil m y. s.	ΔS km^2	S km^2	ΔQ_s (10^6m^3)	ΣQ_s (10^6m^3)
---------------------	-----------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------------------------------

1400	1450	5,8	5,8	1,5	1,5
1350	1400	25,6	28,5	8,8	10,3
1300	1350	53,2	68,9	20,9	31,3
1250	1300	76,0	134,7	39,3	70,6
1200	1250	95,2	228,8	63,1	133,7
1150	1200	100,0	328,9	101,4	235,1
1100	1150	98,2	427,1	131,9	367,0
1050	1100	87,7	514,8	160,5	527,6
1000	1050	77,5	592,2	166,1	693,7
950	1000	55,9	648,1	138,2	831,9
900	950	49,9	698,0	133,6	965,5
850	900	40,4	738,4	112,8	1078,4
800	850	30,2	768,7	92,2	1170,6
750	800	24,8	793,5	83,5	1254,1
700	750	19,1	812,6	71,0	1325,1
650	700	11,5	824,1	49,6	1374,6
600	650	8,0	832,1	41,2	1415,8
550	600	6,3	838,3	37,6	1453,4
500	550	4,1	842,5	27,1	1480,6
450	500	1,8	844,3	12,8	1493,3
400	450	0,0	844,3	0,1	1493,5

Vatnsvið Þingvallavatns (I)

Hæðarbil m y. s.	ΔS km ²	S km ²	ΔQ _s (10 ⁶ m ³)	ΣQ _s (10 ⁶ m ³)
---------------------	-----------------------	----------------------	--	--

1350	1400	1,1	1,1	0,0	0,0
1300	1350	5,3	6,4	0,0	0,0
1250	1300	7,0	13,3	0,4	0,5
1200	1250	6,7	20,1	1,3	1,7
1150	1200	7,2	27,3	2,8	4,5
1100	1150	8,4	35,7	4,8	9,3
1050	1100	7,9	43,5	6,7	16,0
1000	1050	7,3	50,8	10,0	26,0
950	1000	6,2	57,0	11,1	37,1
900	950	6,6	63,6	13,6	50,7
850	900	6,5	70,0	15,2	65,9
800	850	5,3	75,3	14,1	80,0
750	800	4,9	80,2	15,1	95,1
700	750	3,7	84,0	13,4	108,5
650	700	2,1	86,0	9,0	117,5
600	650	1,7	87,8	8,8	126,3
550	600	1,1	88,8	6,4	132,7
500	550	0,3	89,1	1,9	134,6

Vatnsvið Þingvallavatns (II)

Hæðarbil m y. s.	ΔS km ²	S km ²	ΔQ _s (10 ⁶ m ³)	ΣQ _s (10 ⁶ m ³)
---------------------	-----------------------	----------------------	--	--

1400	1450	0,0	0,0	0,0	0,0
1350	1400	3,4	3,4	0,0	0,0
1300	1350	11,8	15,2	0,0	0,1
1250	1300	13,8	29,0	0,5	0,6
1200	1250	17,6	46,7	3,1	3,7
1150	1200	12,7	59,4	4,8	8,5
1100	1150	11,5	70,8	6,3	14,8
1050	1100	9,6	80,5	8,2	23,0
1000	1050	8,6	89,1	11,8	34,7
950	1000	6,9	96,0	12,3	47,0
900	950	7,2	103,2	14,9	62,0
850	900	7,0	110,2	16,5	78,5
800	850	5,8	116,0	15,3	93,8
750	800	5,4	121,4	16,6	110,4
700	750	4,3	125,6	15,3	125,7
650	700	2,6	128,3	11,5	137,2
600	650	2,3	130,6	12,0	149,2
550	600	1,7	132,3	10,1	159,2
500	550	0,8	133,1	5,3	164,5
450	500	0,0	133,2	0,4	165,0

Hvítá í Borgarfirði

Hæðarbil m y. s.	ΔS km ²	S km ²	ΔQ _s (10 ⁶ m ³)	ΣQ _s (10 ⁶ m ³)
---------------------	-----------------------	----------------------	--	--

1400	1450	2,5	2,5	0,7	0,7
1350	1400	13,4	15,8	5,0	5,7
1300	1350	26,6	42,4	12,8	18,5
1250	1300	35,9	78,3	24,9	43,4
1200	1250	35,7	114,1	35,8	79,2
1150	1200	34,9	149,0	52,7	131,9
1100	1150	33,3	182,2	67,5	199,4
1050	1100	32,9	215,1	85,6	285,1
1000	1050	24,1	239,3	73,2	358,2
950	1000	17,4	256,7	58,6	416,8
900	950	13,8	270,5	49,8	466,6
850	900	8,9	279,3	33,6	500,2
800	850	6,5	285,8	25,8	526,0
750	800	4,4	290,2	18,4	544,4
700	750	3,0	293,2	13,4	557,8
650	700	1,8	295,0	8,0	565,8
600	650	0,2	295,1	0,8	566,6

