

Afkomu- og hraðamælingar á Langjökli jökulárið 2008-2009

Finnur Pálsson
Helgi Björnsson

Jarðvísindastofnun Háskólans
og Landsvirkjun

janúar 2010
RH-06-2010

Efnisyfirlit:

1. Inngangur	1
2. Afkomumælingar	2
3. Samandregnar niðurstöður afkomumælinga	3
4. Afrennsli leysingarvatns frá Langjökli	5
5. Hraðamælingar	7
6. Lokaorð	8

Viðaukar:

A. Afkoma í mælipunktum jökulárið 2008-2009	9
B. Dreifing afkomu með hæð jökulárið 2008-2009	10
C. Hnit hraðamælipunkta 2009	11
D. Mældur láréttur yfirborðsskriðhraði 2009	13
E. Afrennsli leysingar sumarið 2009	15

Myndir:

1. mynd.	Lega afkomumælipunkta 2009.	1
2. mynd.	Vetrar-, sumar- 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 jökulsins).	2
4. mynd.	Afkoma jökuláranna 1996-97 til 2008-2009.	3
5. mynd.	Sumarhiti (maí - september) og vetrarúrkoma (október - maí) á Hveravöllum jökulárin 1960-61 til 2008-2009. Heildregnu línurnar eru 10 ára vegin (þríhyrningur) keðjumeðaltöl. (Veðurgögn frá Veðurstofu Íslands).	3
6. mynd.	Kort sem sýna vetrar-, sumar- og ársafkomu Langjökuls jökulárið 2008-2009.	4
7. mynd.	Flatardreifing Langjökuls með hæð og uppsöfnuð dreifing afkomu með hæð, 2008-2009.	4
8. mynd.	Samhengi ársafkomu og hlutfalls ákomsvæðis af heildarflatarmáli (AAR). Sýnd er besta beina lína gegnum gagnasafnið (einum punkti sleppt).	4
9. mynd.	Helstu vatnasvið og vatnaskil á Langjökli.	5
10. mynd.	Meðaltal ársafrennslis leysingarvatns frá vatnasviðum helstu vatnsfalla frá Langjökli 1997-2008. a: Vatnasvið Þingvallavatns (I); b: Vatnasvið Þingvallavatns (II); c: Hvítá í Borgarfirði; d: Hvítárvatn, Hvítá; e: Hagavatn, Sandvatn.	5
11. mynd.	Þversnið niður miðjan Hagafellsjökul vestari og mældur yfirborðshraði á því sniði sumurin 1997, 1998, 1999, 2000, 2001 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2008 og einnig haustið 1998.	7
12. mynd.	Meðaltal lárétts yfirborðshraða sumarið 2009.	7

Töflur:

I.	Afrennsli leysingarvatns frá Langjökli til helstu vatnasviða.
----	---

1. Inngangur.

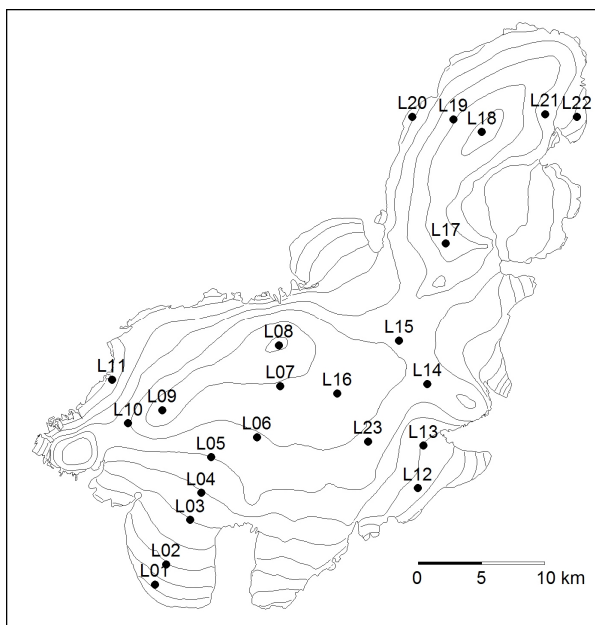
Árið 2009 vann Jarðvísindastofnun að afkomumælingum á Langjökli í samvinnu við Landsvirkjun. Í lok apríl var vetrarafkoma mæld á 23 stöðum á jöklinum og komið fyrir stikum eða vírum til að mæla sumarleysingu. Einnig voru settar upp tvær veðurstöðvar á Hagafellsjökul vestari, en grein verður gerð fyrir niðurstöðum veðurmælinganna annars staðar. Á 1. mynd sést lega mælipunkta, sem dreift var þannig að sem best mynd fengist af breytileika afkomu frá norðri til suðurs eftir jöklinum og á suðurhveli jökulsins. Hreyfing var mæld með DGPS-tækjum eða Kinematic-GPS í öllum afkomumælinga punktum.

Að vormælingum 19-21. apríl unnu Sveinbjörn Steinþórsson, Hlynur Skagfjörð Pálsson og Andri Gunnarsson. Farartæki var snjóbíll HSSR. Færið á jökli var ágætt en veður risjótt, lengst af mjög hvasst.

Að hausti var lesið af öllum stikum á safnsvæði jökulsins 23. september (einn bíll og tveir vélsleðar) og 5 stikum á leysingasvæði í 21. október (tveir bílar).

Að haustmælingum komu Sveinbjörn Steinþórsson, Þorsteinn Jónsson, Hlynur Skagfjörð Pálsson og Andri Gunnarsson (farartæki Toyota Hiluxbílar JH og LV og vélsleðar RH og LV).

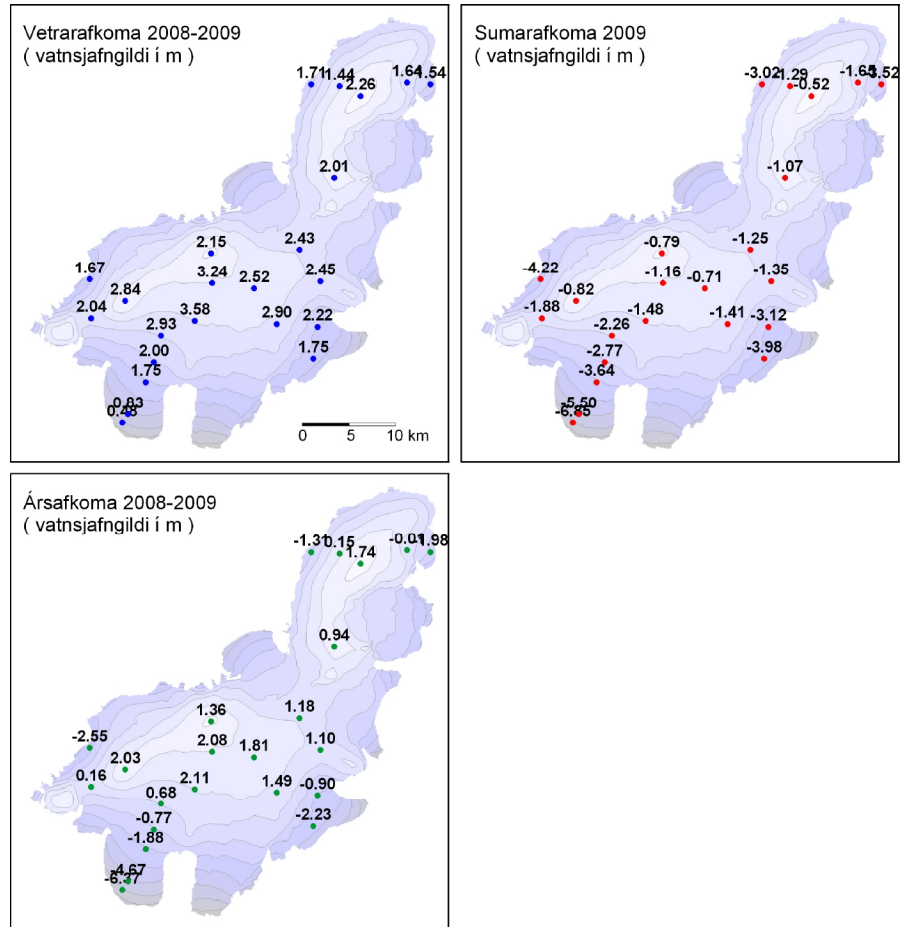
Finnur Pálsson vann að úrvinnslu og túlkun mæligagna.



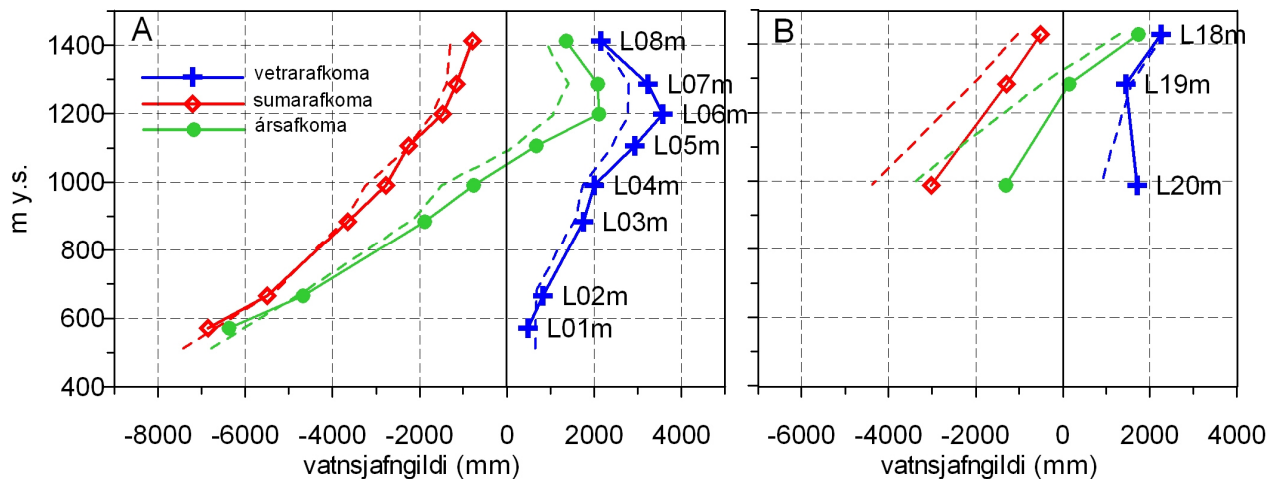
1. mynd. Lega afkomumælipunkta 2009.

2. Afkomumælingar.

Afkoma var mæld á hefðbundinn hátt. Að vori var tekinn kjarni með rafknúnum kjarnabor niður gegnum árlagið og eðlismassi snævarins fundinn. Á ákomusvæðum voru settar bambusstikur en á leysingarsvæðum vírar niður í holur sem boraðar voru með gufubor. Sumarleysing fannst 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 viðauka A. Á 3. mynd er afkomusnið frá sporði V-Hagafellsjökuls upp á miðja suðurbungu jökulsins og einnig frá sporði upp hábungu norðurhvels Langjökuls.



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



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 jökulsins). Meðatal mælitímabilsins 1996-97 til 2008-09 er sýnt með brotnum línum.

3. Samdregnar 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 2008-2009 var:

$B_w = 1.84 \text{ km}^3$ eða $b_w = 2024 \text{ mm}$

$B_s = -2.16 \text{ km}^3$ eða $b_s = -2386 \text{ mm}$

$B_n = -0.32 \text{ km}^3$ eða $b_n = -362 \text{ mm}$

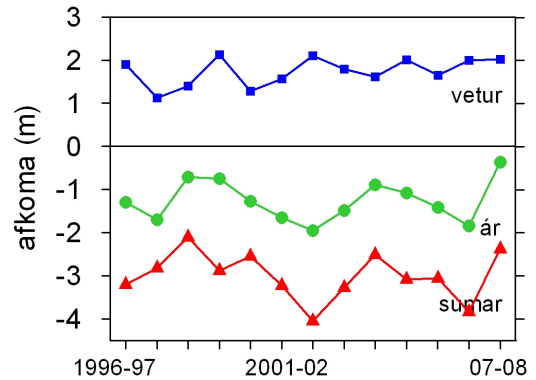
(B er heildarrúmmál vatnsgildis, en b þykkt vatnsgildis jafndreift yfir jökulinn, w , s og n stendur fyrir vetur, sumar og ár).

Til samanburðar voru gildi fyrri ára:

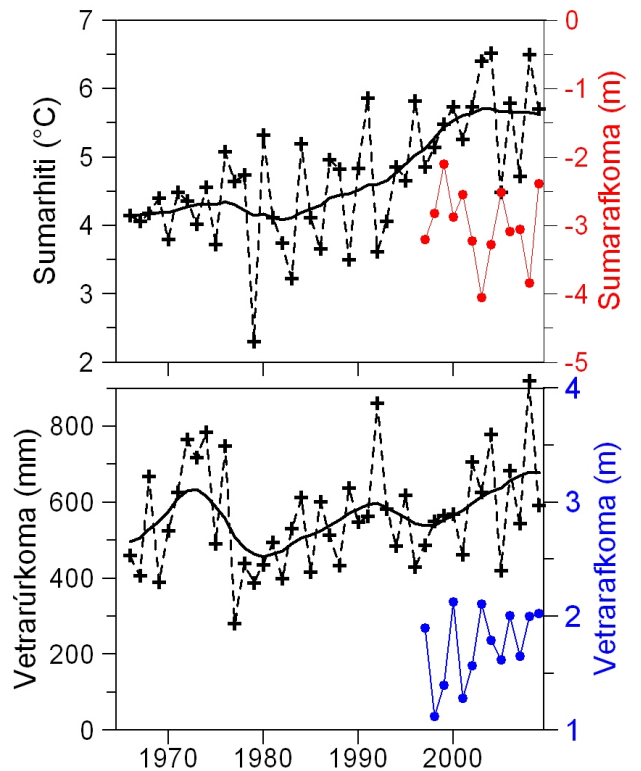
	b_w	b_s	b_n (mm)
1996-1997	1900	-3200	-1300
1997-1998	1120	-2820	-1700
1998-1999	1502	-2270	-768
1999-2000	2130	-2880	-750
2000-2001	1273	-2550	-1271
2001-2002	1566	-3222	-1656
2002-2003	2105	-4051	-1946
2003-2004	1789	-3276	-1487
2004-2005	1617	-2511	-894
2005-2006	1690	-2970	-1279
2006-2007	1647	-3058	-1411
2007-2008	1999	-3840	-1842
Meðaltal₍₉₆₋₀₉₎	1736	-2998	-1262

Snjósöfnun veturinn 2008-2009 var sú þriðja mesta á mælitímanum (frá 1996), nærri sú sama og á síðasta ári. Snjósöfnun var allsstaðar yfir meðallagi einkum þó á safnsvæðinu. (3. og 4. mynd). Ekki er einfalt samband milli úrkomu á Hveravöllum og vetrarafkomu Langjökuls (5. mynd); hitastig þegar úrkoma fellur og úrkomuáttir skipta miklu máli.

Sumarleysing var undir meðallagi á öllum hæðarbilum, áberandi lítil á norðurhluta jökulsins enda köld norðanátt ríkjandi um miðbik sumars. Meðalsumarhitinn á Hveravöllum var nærri meðaltali mælitíma-bilsins (5. mynd). Gögn frá veðurstöð í 1100 m hæð á Hagafellsjökli sýna að leysing hófst ekki fyrr en í lok júní. Síðan tók fyrir leysingu í nærri tvær vikur þegar snjóaði talsvert í síðustu viku júlí. Leysing náði sér svo aftur á strik en vetur var skollinn á um miðjan september með snjókomu og kaldara veðri. Þó ársafkoma hafi verið neikæð, var hún sú skásta frá upphafi mælinga; um fjórðungur af meðaltali mælitímabilsins.

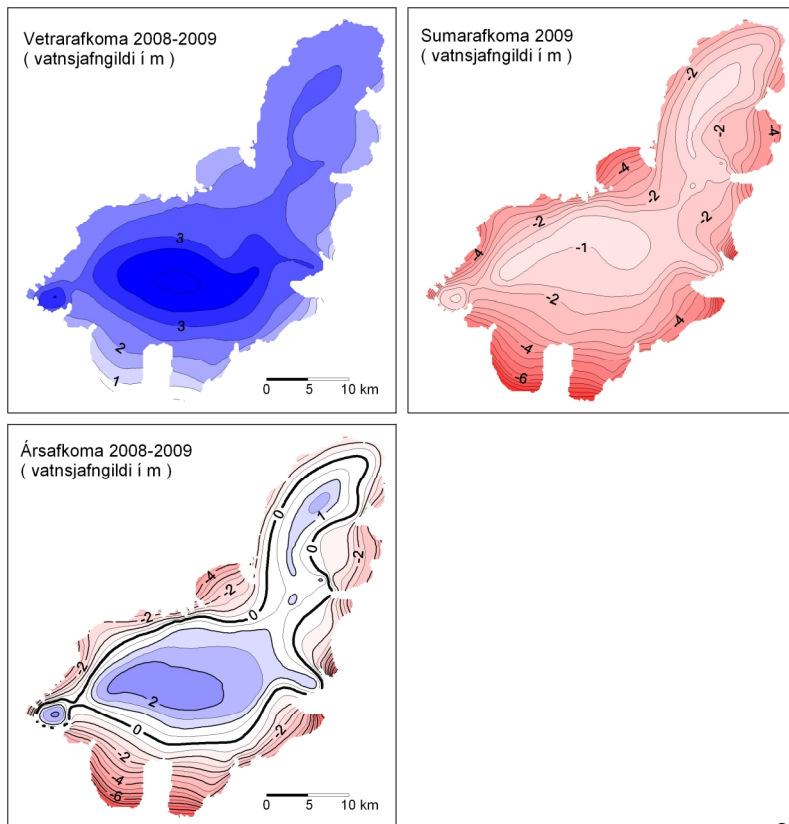


4. mynd. Afkoma jökuláranna 1996-97 til 2008-2009.



5. mynd. Sumarhiti (maí - september) og vetrarúrskoma (október - maí) á Hveravöllum jökulárin 1960-61 til 2008-2009. Heildregnu línurnar eru 11 ára keðjumeðaltöl (þrihyrningsvægi). Veðurgögn frá Veðurstofu Íslands.

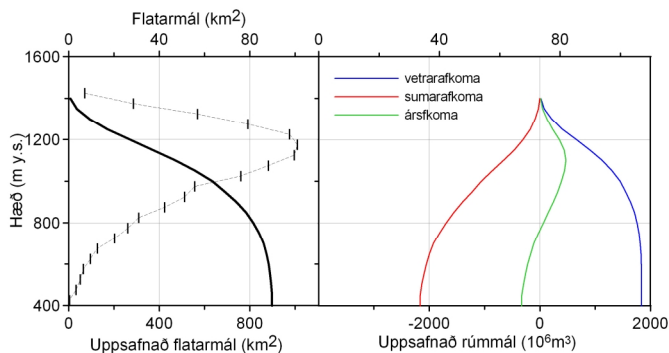
Flatarmál safnsvæðis var 450 km^2 , eða um 50 % af heildarflatarmáli jökulsins. Hæð jafnvægislínu á sunnanverðum jöklinum (vestari Hagafellsjökli) var í um 1050 m, en um 1255 m á Baldjökli. Á 6. mynd eru sýnd stafræn kort af afkomu Langjökuls 2008-2009. Á 7. mynd er sýnd flatardreifing Langjökuls með hæð og uppsöfnuð dreifing afkomu með hæð. Flatardreifingar eru unnar eftir nýju yfirborðskorti Langjökuls fyrir árið 2007 sem byggt er á korti unnu eftir gerfitunglamyndum frá 2004, lagað eftir GPS hæðarsniðum sem mæld voru vítt og breytt um jökulinn vorið 2007. Á 8. mynd er sýnt sambandið milli ársafkomu og hlutfalls ákomusvæðis af heildarflatarmáli jökulsins (AAR). Samhengi milli þessara stærða má nálgast með beinni línu eins og sýnt er á myndinni og nota til að nálgast gildi ársafkomu ef AAR er þekkt, t.d. fundið með myndatöku úr lofti eða utan úr geimnum. Við mat bestu beinu línu er árinu 1997-98 sleppt; það sumar var efri hluti jökulsins



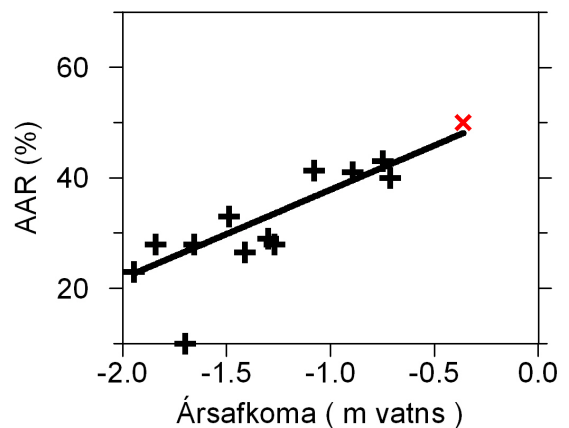
óvanalega skítugur vegna ryks sem barst yfir hann af hálendinu (veður þurr og hvasst á tímabili). Þetta magnaði leysingu, einkum á efri hluta jökulsins. Þessar einföldu nálganir benda til að AAR væri nærri 53% og hæð jafnvægislínu um 975 m ef Langjökull væri í jafnvægi (heildarársafkoman væri 0).

Afkoma Langjökuls hefur verið neikvæð allan tímann sem hún hefur verið mæld, frá 1996-97. Samtals hefur jökullinn á 13 árum rýrnað um 16.41 m eða 14.77 km^3 (vatnsjafngildi). Þetta svarar til 16.41 km^3 af ís, sem er 8.64 % rýrnun rúmmáls alls jökulsins eða 0.66 % á ári.

6. mynd. Kort sem sýna vetrar-, sumar- og ársafkomu

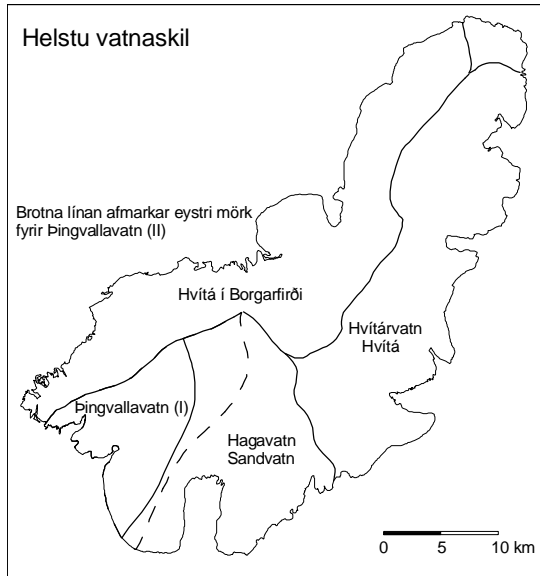


7. mynd. Flatardreifing Langjökuls með hæð og uppsöfnuð dreifing afkomu með hæð, 2008-2009.



8. mynd. Samhengi ársafkomu og hlutfalls ákomusvæðis af heildarflatarmáli (AAR). Sýnd er besta beina lína gegnum

4. Afrennsli leysingavatns frá Langjökli.



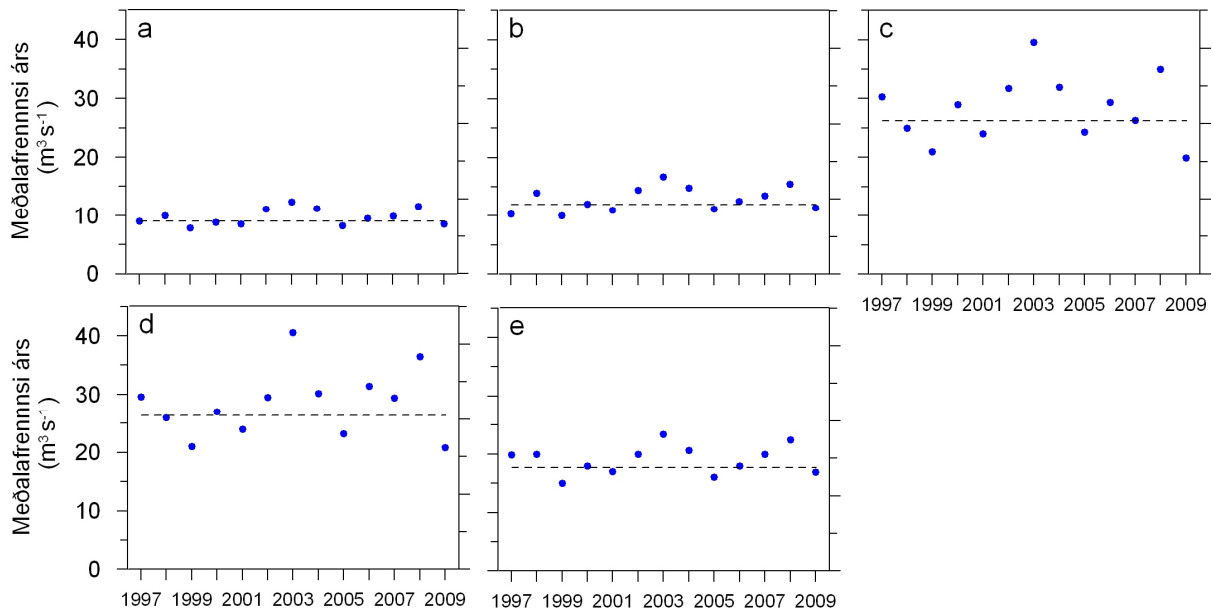
9. mynd. Helstu vatnasvið og vatnaskil á Langjökli. Vatnsvæði Þingvallavatns er afmarkað á tvo vegu, I og II, sjá texta.

Jökulleysing skilaði að jafnaði $164 \text{ m}^3/\text{s}$ frá Langjökli tímabilið 1. maí til 30. september 2009, eða $69 \text{ m}^3/\text{s}$ jafnað yfir heilt ár. Frá jöklinum runnu því að jafnaði um $76 \text{ ls}^{-1}\text{km}^{-2}$ af jökulbráð. Til mats á heildarafrennsli frá jöklinum þarf að bæta við regni sem fellur á hann og rennur af honum.

Einstök vatnasvið á jökli 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 9. mynd. Vatnasvið Þingvallavatns var afmarkað á tvo vegu. Annars vegar voru vatnaskil á sporði vestari Hagafellsjökuls ákvörðuð út frá rennsli í ám sem greinilega sjást á kortum og flugmyndum (kallað vatnasvið Þingvallavatns (I)). Hins vegar voru dregin vatnaskil nokkru austar (brotin lína á 9. mynd) upp frá jökuljaðrinum að tillögu Freysteins Sigurðssonar, Orkustofnun, en vatnaskil undir jökli dregin með sömu aðferðum og fyrir önnur

vatnaskil (vatnasvið Þingvallavatns (II)). Reiknað var sumarleysingavatn frá jöklinum til nokkurra vatnasviða: Hagavatns og Sandvatns (eystra), vatnasviðs Þingvallavatns, Hvítár í Borgarfirði og Hvítárvatns, Hvítár í Árnassýslu. Í töflu I. eru settar fram tölur um leysingavatn sumurin 1997 til 2009. Meðalafrennsli á flatareiningu sumarið 2009 var nokkuð breytilegt milli vatnasviða, um $65\text{--}91 \text{ ls}^{-1}\text{km}^{-2}$, hæst á sunnanverðum jöklinum.

Tölur um afrennsli eru í viðauka E.



10. mynd. Meðalársafrennsli leysingavatns frá vatnasviðum helstu vatnsfalla frá Langjökli 1997-2009. a: Vatnasvið Þingvallavatns (I); b: Vatnasvið Þingvallavatns (II); c: Hvítá í Borgarfirði; d: Hvítárvatn, Hvítá; e: Hagavatn, Sandvatn. Meðalársafrennsli leysingar allt tímabilið er sýnt með brotinni línu.

Meðalafrennsli á flatareiningu hefur verið á bilinu 71-128 $\text{ls}^{-1}\text{km}^{-2}$ frá því mælingar hófust 1997. Meðalafrennsli á flatareiningu vegna leysingar sumarsins 2009 var 76 $\text{ls}^{-1}\text{km}^{-2}$. Á 10. mynd er sýndur breytileiki meðal-ársafrennsli leysingarvatns Q_a . Meðalársafrennsli leysingar allt tímabilið (10. mynd brotin lína) er: a: Vatnasvið Þingvallavatns (I) $9,1 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$; b: Vatnasvið Þingvallavatns (II) $11,9 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$; c: Hvítá í Borgarfirði $26,3 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$; d: Hvítárvatn, Hvítá $26,4 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$; e: Hagavatn, Sandvatn $17,7 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

Tafla I. Afrennsli leysingavatns frá Langjökli til helstu vatnasviða.

Ár:	A (km^2)		ΣQ_s (10^6m^3)												Q_s (m^3s^{-1})													
	96-06	07	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
A	100	95	284	326	248	277	269	351	390	355	262	298	312	366	271	22	25	19	21	20	27	30	27	20	23	24	28	20
B	146	139	326	435	331	377	357	456	526	467	353	394	425	488	358	25	33	25	29	27	35	40	35	27	30	32	37	27
C	315	305	957	796	663	927	771	1002	1248	1007	768	928	830	1104	629	72	60	50	70	58	76	94	76	58	70	63	84	48
D	295	294	934	816	660	842	751	931	1280	952	733	991	929	1149	658	71	62	50	64	57	70	97	72	55	75	70	87	50
E	197	190	627	634	488	560	526	631	738	652	507	567	630	709	533	47	48	37	42	40	48	56	49	38	43	48	54	40
	Q_a (m^3s^{-1})												q_s ($\text{ls}^{-1}\text{km}^{-2}$)															
	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09		
	9,0	10,3	7,9	8,8	8,5	11,1	12,4	11,3	8,3	9,5	9,9	11,6	8,6	90	103	79	88	85	111	124	113	83	95	105	123	91		
	10,3	13,8	10,5	12,0	11,3	14,5	16,7	14,8	11,2	12,5	13,5	15,5	11,4	71	94	72	82	78	99	114	102	76	86	97	111	82		
	30,3	25,2	21,0	29,4	24,4	31,8	39,6	31,9	24,3	29,4	26,3	35,0	19,9	96	80	67	93	78	101	126	101	77	93	86	114	65		
	29,6	25,9	20,9	26,7	23,8	29,5	40,6	30,2	23,2	31,4	29,4	36,4	20,9	100	88	71	91	81	100	138	102	79	106	100	124	71		
	19,9	20,1	15,5	17,8	16,7	20,0	23,4	20,7	16,1	18,0	20,0	22,5	16,9	101	102	79	90	85	102	119	105	82	91	105	118	89		

A: Þingvallavatn-I; **B:** Þingvallavatn-II; **C:** Hvítá í Borgarfirði; **D:** Hvítárvatn, Hvítá; **E:** Hagavatn, Sandvatn.

A: Flatarmál vatnasviðs undir jökli

ΣQ_s : heildarafrennsli leysingavatns

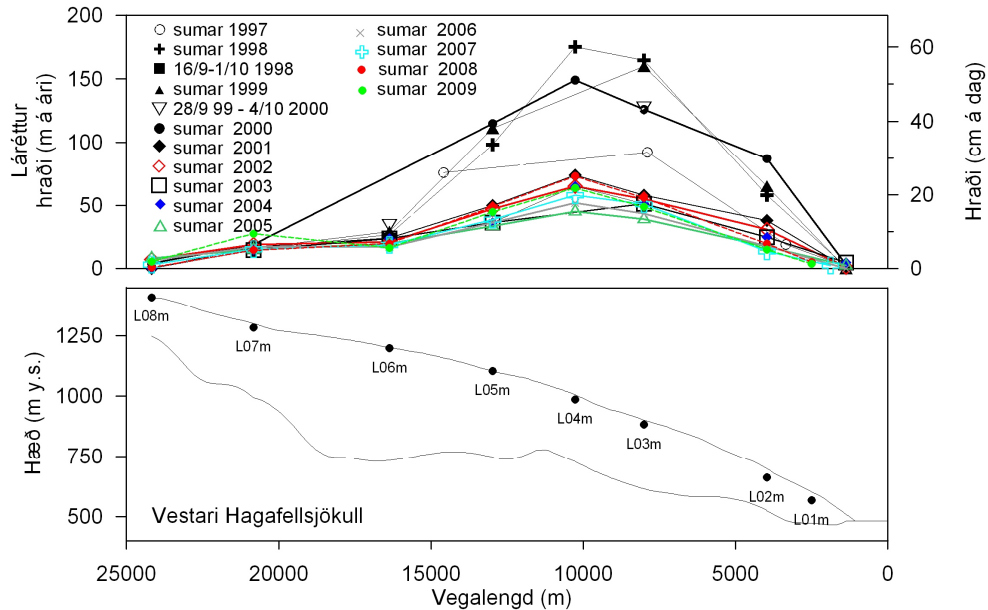
Q_s : meðalafrennsli (maí-september, 5 mánuðir)

Q_a : meðalafrennsli (12 mánuðir)

q_s : meðalafrennsli á flatareiningu jökuls (12 mánuðir)

(ath: flatarmál vatnsviða árið 2009 eru unnin eftir hæðarkorti af Langjökli fyrir árið 2007)

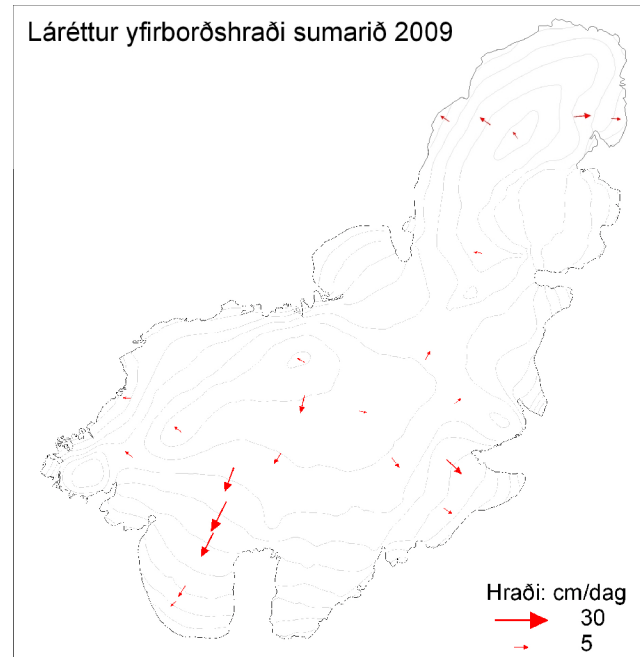
5. Hraðamælingar.



11. mynd. Þversnið niður miðjan Hagafellsjökul vestari (yfirborð 1997, punktar sýna yfirborðshæð 2007) og mældur yfirborðshraði á því sniði sumurinn 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 og haustið 1998.

Yfirborðshreyfing jökulsins var mæld í öllum afkomumæli-punktum, með nákvæmri GPS staðsetningu stika að vori og hausti. Þessar mælingar eru 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 11. mynd sést hvernig hraði hefur breyst á Vestari Hagafellsjökli frá sumrinu 1997 til sumarsins 2009. Lárétti hraðinn er svipaður og síðustu ár. Á 12. mynd eru sýndir hraðavigrar í öllum mælistikum. Engar vísbendingar eru um að framhlaup sé í aðsigi á skriðjökulum Langjökuls. Hnit allra hraðamælipunkta eru sýnd í viðauka C og hraði í viðauka D.



12. mynd. Meðaltal láréttis yfirborðshraða sumarið 2009.

6. Lokaorð.

Afkoma Langjökuls á jökulárinu 2008-2009 var neikvæð um 0.34 m (vatnsgildi, jafndreift yfir allan jökulinn (~900 km²)). Afkoma hefur verið neikvæð öll þau 13 ár sem hún hefur verið mæld, samtals um 16.41 m að vatnsgildi jafndreift yfir jökulinn eða ísþynning um 18.2 m. Á þessu 13 ára tímabili hefur Langjökull tapað um 8,64% massa síns.

Vetrarafkoman var 2.02 m sem er um 17% meira en að meðaltali yfir mælitímabilið og sumarleysing 2.39 m eða 20% undir meðallagi frá 1996-97 til 2008-09. Leysing var lítil á norðanverðum jöklinum, leysingatímabilið var stutt og nokkrum sinnum snjóaði á safnsvæði jökulsins að sumrinu og dró mjög úr leysingu.

Þetta ár var ákomusvæði Langjökuls 50 % af flatarmáli hans og jafnvægislína í 1255 m á Baldjökli en 1050 m á suðurhluta jökulsins (Bláfellsjökli). Afrennsli leysingarvatns frá jöklinum var um 69 m³s⁻¹ eða 76 ls⁻¹km⁻² að jafnaði yfir árið.

Viðauki A : Afkoma í mælipunktum 2008-2009.

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

Mæli- stika	Staðsetning Breidd	Lengd	Hæð (m y.s.)	Dags. að vori	Dags. að hausti	b_w (mm)	b_s (mm)	b_n (mm)	nýsnjór að hausti (mm)		
L01	64	30.635	20	27.479	571	090421	091020	479	-6851	-6372	0
L02	64	31.133	20	26.721	665	090421	091020	830	-5501	-4671	91
L03	64	33.025	20	24.442	884	090421	091020	1754	-3645	-1891	144
L04	64	34.168	20	23.409	990	090421	091020	2002	-2767	-765	98
L05	64	35.695	20	22.518	1107	090423	090920	2934	-2256	678	56
L06	64	36.587	20	18.021	1199	090423	090920	3584	-1476	2108	49
L07	64	38.776	20	15.802	1287	090423	090920	3240	-1158	2082	70
L08	64	40.523	20	16.030	1412	090423	090920	2150	-790	1360	60
L09	64	37.651	20	27.442	1381	090423	090920	2842	-817	2025	67
L10	64	36.603	20	31.984	1138	090423	090920	2042	-1878	164	49
L11	64	38.853	20	32.297	8612	090423	090920	1673	-4220	-2547	7
L12	64	34.552	20	1.974	841	090421	091020	1745	-3977	-2232	116
L13	64	36.378	20	1.491	889	090423	090920	2224	-3124	-900	18
L14	64	39.005	20	1.216	1159	090423	090920	2450	-1346	1104	42
L15	64	40.816	20	4.108	1190	090423	090920	2430	-1254	1176	56
L16	64	38.512	20	10.132	1266	090423	090920	2520	-710	1810	53
L17	64	45.002	19	59.563	1346	090423	090919	2010	-1074	936	32
L18	64	49.769	19	56.175	1429	090423	090919	2261	-520	1741	60
L19	64	50.311	19	59.048	1283	090423	090919	1441	-1290	151	53
L20	64	50.387	20	2.866	988	090423	090920	1710	-3024	-1314	7
L21	64	50.575	19	49.883	1151	090423	090919	1641	-1650	-9	35
L22	64	50.487	19	46.694	967	090423	090919	1537	-3517	-1980	4
L23	64	36.502	20	6.990	1166	090423	090920	2900	-1412	1488	126

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 vatnsgildi nýsnævis í mælipunktum; snjórinn var ekki mjög þéttur og eðlismassi metinn 350 kg/m^3 .

Viðauki B : Dreifing afkomu með hæð jökulárið 2008 - 2009

ΔS : flatarmál á hverju hæðarbili, $\dot{\Delta}S$: uppsafnað flatarmál ofan gefinnar hæðar, bw: vetrarafkoma, bs: sumarafkoma. bn: ársafkoma, ΔB_w : vetrarafkoma á hæðarbili, $\dot{\Delta}B_w$: uppsöfnuð vetrarafkoma ofan hæðarbils, ΔB_s : sumarafkoma á hæðarbili, $\dot{\Delta}B_s$: uppsöfnuð sumarafkoma ofan hæðarbils, ΔB_n : ársafkoma á hæðarbili, $\dot{\Delta}B_n$: uppsöfnuð ársafkoma ofan hæðarbils.

Hæðarbil (m y. s.)	ΔS (km^2)	$\dot{\Delta}S$ (km^2)	bw (mm)	bs (mm)	bn (mm)	ΔB_w (10^6m^3)	$\dot{\Delta}B_w$ (10^6m^3)	ΔB_s (10^6m^3)	$\dot{\Delta}B_s$ (10^6m^3)	ΔB_n (10^6m^3)	$\dot{\Delta}B_n$ (10^6m^3)
1400 1450 1425	7.1	7.1	2182	-673	1508	15.5	15.5	-4.8	-4.8	10.7	10.7
1350 1400 1375	28.5	35.6	2238	-884	1354	63.8	79.3	-25.2	-30.0	38.6	49.3
1300 1350 1325	56.9	92.5	2374	-1004	1369	135.1	214.4	-57.2	-87.2	78.0	127.3
1250 1300 1275	79.2	171.7	2465	-1139	1326	195.2	409.6	-90.2	-177.4	105.0	232.3
1200 1250 1225	97.6	269.3	2584	-1329	1254	252.3	662.0	-129.8	-307.2	122.5	354.8
1150 1200 1175	101.4	370.3	2419	-1576	843	245.2	907.2	-159.7	-467.0	85.5	440.2
1100 1150 1125	99.9	470.0	2204	-1922	281	220.3	1127.5	-192.1	-659.1	28.1	468.4
1050 1100 1075	88.6	558.3	1997	-2270	-272	177.0	1304.5	-201.2	-860.3	-24.2	444.2
1000 1050 1025	76.4	634.3	1884	-2590	-705	143.9	1448.4	-197.8	-1058.1	-53.9	390.3
950 1000 975	56.4	689.9	1771	-2939	-1168	99.8	1548.2	-165.7	-1223.8	-65.9	324.4
900 950 925	52.8	741.1	1700	-3319	-1619	89.7	1637.9	-175.2	-1398.9	-85.4	239.0
850 900 875	43.4	783.5	1636	-3729	-2093	70.9	1708.8	-161.7	-1560.6	-90.8	148.2
800 850 825	31.8	814.4	1452	-4183	-2730	46.2	1755.1	-133.0	-1693.7	-86.8	61.4
750 800 775	27.2	840.5	1259	-4549	-3289	34.3	1789.3	-123.7	-1817.4	-89.5	-28.1
700 750 725	21.2	860.8	1105	-4928	-3823	23.5	1812.8	-104.7	-1922.1	-81.2	-109.3
650 700 675	13.0	873.4	917	-5404	-4486	12.0	1824.8	-70.5	-1992.6	-58.5	-167.8
600 650 625	10.0	883.0	683	-5982	-5298	6.8	1831.6	-59.6	-2052.1	-52.8	-220.6
550 600 575	6.7	889.5	431	-6707	-6276	2.9	1834.5	-45.1	-2097.2	-42.2	-262.8
500 550 525	5.4	894.6	225	-7230	-7004	1.2	1835.7	-39.0	-2136.3	-37.8	-300.6
450 500 475	3.4	897.8	71	-7633	-7561	0.2	1835.9	-26.0	-2162.2	-25.7	-326.3
400 450 425	0.3	898.1	10	-7825	-7815	0.0	1835.9	-2.2	-2164.4	-2.2	-328.5

Viðauki C: Hnit hraðamælipunkta 2009

Mæld staðsetning mælistika á Langjökli 2009, GPS mælingar. Nákvæmni er áætluð betri en 1 m lárétt og 2 m lóðrétt fyrir mælingar merktar I (submeter DGPS) og um 5 cm fyrir mælingar merktar K og FS (Kinematic eða faststatic GPS). h_1 er hæð yfir ellipsóíðu (ISNET-93, NKG96 Geoíða), ΔL loftnetshæð og N áætlaður mismunur ellipsóíðu og geóíðuhæðar, ($H=h_1-N-\Delta L$).

Stika	Dagur	Dags.	árs	Ár	Breiddar- gráða	Lengdar- gráða	h_1 (m y. e.)	ΔL (m)	N (m)	H (m y. s.)
L01m	19	4	109	2009	64 30.63468	20 27.47908	638.31	0.00	-67.05	571.26 K
L01m	21	10	294	2009	64 30.63397	20 27.48075	630.64	0.00	-67.05	563.59 K
L02m	19	4	109	2009	64 31.13343	20 26.72073	732.37	0.00	-67.08	665.29 K
L02m	21	10	294	2009	64 31.12990	20 26.72557	725.81	0.00	-67.08	658.73 K
L03m	19	4	109	2009	64 33.02473	20 24.44212	951.14	0.00	-67.17	883.98 K
L03m	21	10	294	2009	64 33.01281	20 24.45576	947.18	0.00	-67.17	880.01 K
L04m	19	4	109	2009	64 34.16844	20 23.40900	1057.68	0.00	-67.21	990.47 K
L04m	21	10	294	2009	64 34.15280	20 23.42673	1050.09	0.00	-67.21	982.88 K
L05m	20	4	110	2009	64 35.69490	20 22.51806	1173.87	0.00	-67.25	1106.61 K
L05m	23	9	266	2009	64 35.68526	20 22.52627	1168.66	0.00	-67.25	1101.41 K
L06m	20	4	110	2009	64 36.58741	20 18.02066	1266.04	0.00	-67.27	1198.76 K
L06m	23	9	266	2009	64 36.58421	20 18.02529	1262.68	0.00	-67.27	1195.41 K
L07m	21	4	111	2009	64 38.77580	20 15.80190	1353.90	0.00	-67.28	1286.62 FS
L07m	23	9	266	2009	64 38.77322	20 15.80022	1349.52	-0.05	-67.28	1282.19 FS
L08m	21	4	111	2009	64 40.52297	20 16.03006	1479.01	0.00	-67.27	1411.74 K
L08m	23	9	266	2009	64 40.52357	20 16.03264	1475.56	0.00	-67.27	1408.28 FS
L09m	21	4	111	2009	64 37.65065	20 27.44221	1448.61	0.00	-67.24	1381.38 K
L09m	23	9	266	2009	64 37.65164	20 27.44511	1443.39	-0.05	-67.24	1376.10 K
L10m	21	4	111	2009	64 36.60341	20 31.98411	1205.48	0.00	-67.16	1138.31 K
L10m	23	9	266	2009	64 36.60455	20 31.98734	1200.28	0.00	-67.16	1133.12 K
L11m	22	4	112	2009	64 38.85326	20 32.29697	928.69	0.00	-67.12	861.57 K
L11m	23	9	266	2009	64 38.85328	20 32.29918	921.24	0.15	-67.12	854.27 K
L12m	20	4	110	2009	64 34.55189	20 1.97357	908.54	0.00	-67.16	841.38 K
L12m	21	10	294	2009	64 34.55065	20 1.96898	903.16	0.00	-67.16	836.00 K
L13m	20	4	110	2009	64 36.37795	20 1.49120	956.16	0.00	-67.20	888.97 K
L13m	23	9	266	2009	64 36.37258	20 1.47778	949.64	0.10	-67.20	882.54 K
L14m	20	4	110	2009	64 39.00486	20 1.21645	1226.26	0.00	-67.24	1159.02 K
L14m	23	9	266	2009	64 39.00533	20 1.21506	1221.51	0.00	-67.24	1154.27 K
L15m	20	4	110	2009	64 40.81625	20 4.10781	1257.24	0.00	-67.27	1189.98 K
L15m	23	9	266	2009	64 40.81803	20 4.10564	1252.64	0.00	-67.27	1185.37 K
L16m	21	4	111	2009	64 38.51170	20 10.13163	1333.73	0.00	-67.28	1266.45 K
L16m	23	9	266	2009	64 38.51158	20 10.12961	1330.34	0.00	-67.28	1263.06 FS
L17m	20	4	110	2009	64 45.00246	19 59.56324	1413.23	0.00	-67.26	1345.97 K
L17m	23	9	266	2009	64 45.00261	19 59.56538	1409.16	0.06	-67.26	1341.96 K
L18m	21	4	111	2009	64 49.76888	19 56.17528	1496.01	0.00	-67.25	1428.76 K

L18m 23	9 266	2009	64	49.76982	19	56.17685	1494.48	0.00	-67.25	1427.23	K
L19m 21	4 111	2009	64	50.31127	19	59.04793	1350.26	0.00	-67.23	1283.04	K
L19m 23	9 266	2009	64	50.31322	19	59.05462	1345.69	0.00	-67.23	1278.47	K
L20m 21	4 111	2009	64	50.38726	20	2.86607	1055.57	0.00	-67.18	988.39	K
L20m 23	9 266	2009	64	50.38852	20	2.87104	1049.77	0.15	-67.18	982.74	K
L21m 21	4 111	2009	64	50.57464	19	49.88264	1218.62	0.00	-67.23	1151.39	K
L21m 23	9 266	2009	64	50.57509	19	49.86927	1213.88	0.05	-67.23	1146.70	K
L22m 21	4 111	2009	64	50.48680	19	46.69374	1034.53	0.00	-67.19	967.35	K
L22m 23	9 266	2009	64	50.48667	19	46.68999	1028.18	0.15	-67.19	961.15	K
L23e 20	4 110	2009	64	36.50198	20	6.98995	1233.66	0.00	-67.25	1166.41	K
L23e 23	9 266	2009	64	36.49922	20	6.98514	1228.51	-0.18	-67.25	1161.08	K

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

Viðauki D: Mældur láréttur yfirborðshraði á Langjökli 2009

Stika	dagur		dagur		daga fjöldi	færsla		láréttur (cm/dag)	hraði (m/ári)
	dags.	árs	dags.	árs		(m)	(°)		
L01m	090419	109	091021	294	185	1.87	225	1.01	3.70
L02m	090419	109	091021	294	185	7.60	211	4.11	14.99
L03m	090419	109	091021	294	185	24.62	206	13.31	48.57
L04m	090419	109	091021	294	185	32.24	206	17.43	63.61
L05m	090420	110	090923	266	156	19.02	200	12.19	44.49
L06m	090420	110	090923	266	156	6.98	212	4.48	16.34
L07m	090421	111	090923	266	155	4.96	164	3.20	11.68
L08m	090421	111	090923	266	155	2.33	298	1.51	5.50
L09m	090421	111	090923	266	155	2.95	308	1.90	6.95
L10m	090421	111	090923	266	155	3.33	309	2.15	7.84
L11m	090422	112	090923	266	154	1.76	271	1.14	4.17
L12m	090420	110	091021	294	184	4.32	122	2.35	8.58
L13m	090420	110	090923	266	156	14.61	133	9.36	34.18
L14m	090420	110	090923	266	156	1.41	52	0.90	3.29
L15m	090420	110	090923	266	156	3.72	28	2.39	8.71
L16m	090421	111	090923	266	155	1.62	98	1.05	3.82
L17m	090420	110	090923	266	156	1.72	279	1.10	4.02
L18m	090421	111	090923	266	155	2.14	325	1.38	5.04
L19m	090421	111	090923	266	155	6.40	304	4.13	15.08
L20m	090421	111	090923	266	155	4.57	301	2.95	10.76
L21m	090421	111	090923	266	155	10.60	85	6.84	24.96
L22m	090421	111	090923	266	155	2.97	95	1.92	7.00
L23e	090420	110	090923	266	156	6.39	143	4.10	14.95

Viðauki E: Afrennsli vegna jökulleysingar sumarið 2009:

ΔS : flatarmál á gefnu hæðarbili, ΔQ_s : afrennsli á gefnu hæðarbili, $\dot{a}Q_s$: uppsafnað afrennsli leysingarvatns af jökli ofan nefndrar hæðar.

Allur Langjökull

Hæðarbil m y. s.		ΔS km ²	ΔQ_s (10 ⁶ m ³)	$\dot{a}Q_s$ (10 ⁶ m ³)
1400	1450	7.1	4.8	4.8
1350	1400	28.5	25.2	30.0
1300	1350	56.9	57.2	87.2
1250	1300	79.2	90.2	177.4
1200	1250	97.6	129.8	307.2
1150	1200	101.4	159.7	467.0
1100	1150	99.9	192.1	659.1
1050	1100	88.6	201.2	860.3
1000	1050	76.4	197.8	1058.1
950	1000	56.4	165.7	1223.8
900	950	52.8	175.2	1398.9
850	900	43.4	161.7	1560.6
800	850	31.8	133.0	1693.7
750	800	27.2	123.7	1817.4
700	750	21.2	104.7	1922.1
650	700	13.0	70.5	1992.6
600	650	10.0	59.6	2052.1
550	600	6.7	45.1	2097.2
500	550	5.4	39.0	2136.3
450	500	3.4	26.0	2162.2
400	450	0.3	2.2	2164.4

Vatnasvið Þingvallavatns (I)

Hæðarbil		ΔS	ΔQ_s	$\dot{a}Q_s$
m y. s.		km²	(10⁶m³)	(10⁶m³)
1350	1400	1.5	1.4	1.4
1300	1350	5.8	5.2	6.5
1250	1300	6.6	7.3	13.8
1200	1250	7.3	10.0	23.8
1150	1200	7.3	12.3	36.1
1100	1150	8.2	16.9	53.1
1050	1100	8.0	18.5	71.6
1000	1050	7.3	18.7	90.3
950	1000	6.5	18.5	108.8
900	950	7.0	22.7	131.4
850	900	6.6	24.8	156.3
800	850	5.6	23.6	179.9
750	800	5.4	25.3	205.2
700	750	4.0	20.4	225.6
650	700	2.9	15.9	241.5
600	650	2.2	13.5	255.0
550	600	1.3	9.1	264.1
500	550	0.7	5.3	269.5
450	500	0.2	1.2	270.7

Vatnasvið Þingvallavatns (II)

Hæðarbil m y. s.		ΔS km^2	ΔQ_s (10^6m^3)	$\dot{a}Q_s$ (10^6m^3)
1350	1400	4.1	3.5	3.6
1300	1350	12.5	11.7	15.3
1250	1300	13.6	15.3	30.6
1200	1250	17.9	24.0	54.6
1150	1200	12.4	20.5	75.1
1100	1150	11.1	23.1	98.2
1050	1100	9.9	23.0	121.2
1000	1050	8.4	21.6	142.7
950	1000	7.2	20.6	163.4
900	950	7.7	25.0	188.3
850	900	7.1	26.8	215.1
800	850	6.1	26.0	241.1
750	800	5.9	27.5	268.6
700	750	4.7	23.6	292.3
650	700	3.4	19.0	311.3
600	650	3.0	18.4	329.6
550	600	2.0	13.8	343.4
500	550	1.3	9.5	352.9
450	500	0.7	5.3	358.2

Hvítá í Borgarfirði

Hæðarbil m y. s.		ΔS km^2	ΔQ_s (10^6m^3)	$\dot{a}Q_s$ (10^6m^3)
1400	1450	3.3	5.0	5.0
1400	1450	3.3	2.2	2.2
1350	1400	14.6	12.5	14.7
1300	1350	28.6	28.2	43.0
1250	1300	36.6	40.5	83.5
1200	1250	36.6	48.4	131.9
1150	1200	34.4	55.5	187.4
1100	1150	35.9	69.7	257.1
1050	1100	31.9	75.0	332.1
1000	1050	24.4	68.6	400.7
950	1000	17.3	55.5	456.2
900	950	14.6	52.5	508.7
850	900	9.5	38.1	546.8
800	850	7.0	30.6	577.3
750	800	4.7	22.0	599.4
700	750	3.6	18.7	618.1
650	700	1.6	9.1	627.2
600	650	0.4	2.1	629.4

Hvítárvatn, Hvítá í Árnassýslu

Hæðarbil m y. s.		ΔS km	ΔQ_s ($10^6 m^3$)	$\dot{a}Q_s$ ($10^6 m^3$)
1400	1450	3.5	2.3	2.3
1350	1400	8.2	7.9	10.2
1300	1350	12.9	14.7	24.9
1250	1300	18.0	22.6	47.5
1200	1250	28.2	37.1	84.6
1150	1200	40.2	59.2	143.9
1100	1150	36.2	64.7	208.5
1050	1100	29.9	63.3	271.9
1000	1050	29.2	70.6	342.5
950	1000	21.0	58.5	401.0
900	950	20.3	64.7	465.7
850	900	17.4	62.2	527.9
800	850	10.2	41.0	569.0
750	800	8.2	35.4	604.4
700	750	5.4	25.2	629.5
650	700	1.9	10.1	639.6
600	650	1.2	7.1	646.7
550	600	0.7	4.7	651.4
500	550	0.6	4.1	655.6
450	500	0.3	2.0	657.6
400	450	0.0	0.3	657.9

Hagavatn (og Sandvatn)

Hæðarbil		ΔS	ΔQ_s	$\dot{a}Q_s$
m y. s.		km	($10^6 m^3$)	($10^6 m^3$)
1400	1450	0.3	0.2	0.2
1350	1400	4.2	3.5	3.7
1300	1350	9.6	9.2	12.8
1250	1300	17.1	18.5	31.3
1200	1250	22.9	30.1	61.4
1150	1200	16.4	27.0	88.5
1100	1150	16.6	34.3	122.8
1050	1100	15.2	35.3	158.0
1000	1050	12.8	32.9	190.9
950	1000	10.5	29.8	220.7
900	950	10.0	32.1	252.8
850	900	9.3	34.4	287.2
800	850	8.5	35.7	322.9
750	800	8.2	37.8	360.7
700	750	7.5	36.9	397.6
650	700	5.5	29.9	427.5
600	650	5.4	31.9	459.4
550	600	4.4	29.4	488.8
500	550	3.8	27.6	516.4
450	500	2.2	16.6	533.0

