

## Greinargerð vegna styrks árið 2008 af tilraunafé til samvinnu um rannsóknir á Grímsvatnahlaupum.

Finnur Pálsson og Helgi Björnsson  
[fp@raunvis.hi.is](mailto:fp@raunvis.hi.is), [hb@raunvis.hi.is](mailto:hb@raunvis.hi.is)  
Jarðvísindastofnun Háskólans  
Sturlugata 7, 101 Reykjavík

Við sendum hér með niðurstöður af samvinnu um verkefnið Grímsvatnahlaup: vatnsgeymir, upphaf og rennsli. Um er að ræða yfirlit yfir könnun á aðstæðum við Grímsvötn: vatnshæð, legu vatnsrása, mat á þykkt íshellu, flatarmáli og rúmmáli Grímsvatna, hæð og styrk ísstíflu, mat á líklegu hámarksrennsli í hlaupum, mælingum á rennsli úr Grímsvötnum, mati á núverandi stöðu í Grímsvötnum og þörf á áframhaldandi vöktun ísstíflu.

### Mælistöð í Grímsvötnum.

Eins og mörg undanfarin ár voru rekin mælitæki í Grímsvötnum til að fylgjast með vatnshæð.

Skráðar eru mælingar á meðalloftvægi (nákv.  $\sim 0.2$ mb) hvernar klukkustundar og hitastig (nákv.  $\sim 0.5^\circ\text{C}$ ). Síðustu ár hefur einnig verið skráð snjóhæð, mæld með hljóðbylgjumæli sem komið er fyrir á slá efst á mælitækjamastri. Tvö GPS tæki mæla og skrá staðsetningu og hæð mastursins, hnit frá öðru tækinu eru skráð með veðurgögnunum (á 6 mínútna fresti, nákæmni í hæð  $\sim 5$ -20m), en hitt skráir í innbyggða gagnageymslu (á 3 mínútna fresti, nákæmni í hæð  $\sim 2$ -5m).

Í janúar 2008 var hugað að tækjabúnaði. Óþekkt bilun hafði orðið (líklega elding eða rafstöðuspenna). Tækjamastur var hækkað um 1.5 m í þessari ferð. Gert var við mælitækin og skráningabúnaður var settur upp aftur í mars. Enn var vitjað um mælitæki í maíbyrjun (1. mynd), júníbyrjun, um miðjan júlí og um mánaðarmótin september október.

Skipt var um rafgeymi og sólarcellu á árinu. Í byrjun febrúar 2009 var enn komið við í mælistöðinni. Þá reyndist vera botnfrosið í rafgeymi og engin gögn verið skráð í nóvember og desember. Skipt var um rafgeymi. Hugsanlegt er að bilun sé í hleðslubúnaði og verður hugað að því í næstu ferð um mánaðarmótin apríl maí. Vatnsborð Grímsvatna er u.þ.b. 25 m neðan snjóyfirborðs þar sem mastrið stendur. Til að hægt sé að reikna hæð íshellu Grímsvatna út frá loftþrýstingi er hitastig og loftþrýstingur líka mældur á Grímsfjalli. Þar eru mælitækin í gamla skála Jöklafrannsóknafélags Íslands og gögn sótt reglulega um NMT símamótald.

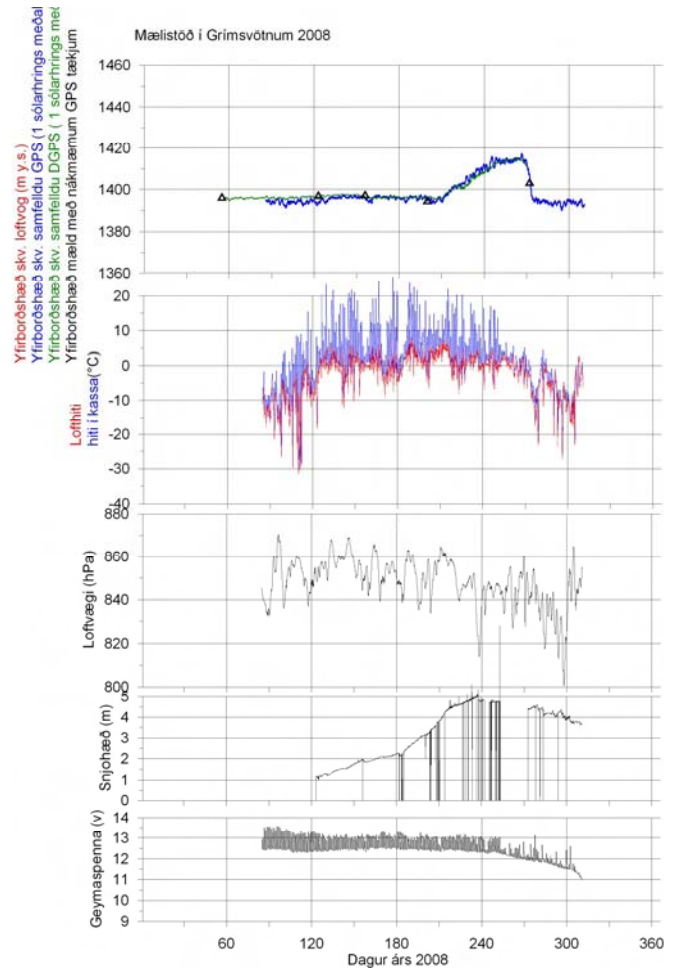


Mynd 1. Við sjálfvirka mælistöð í Grímsvötnum í maíbyrjun 2008.

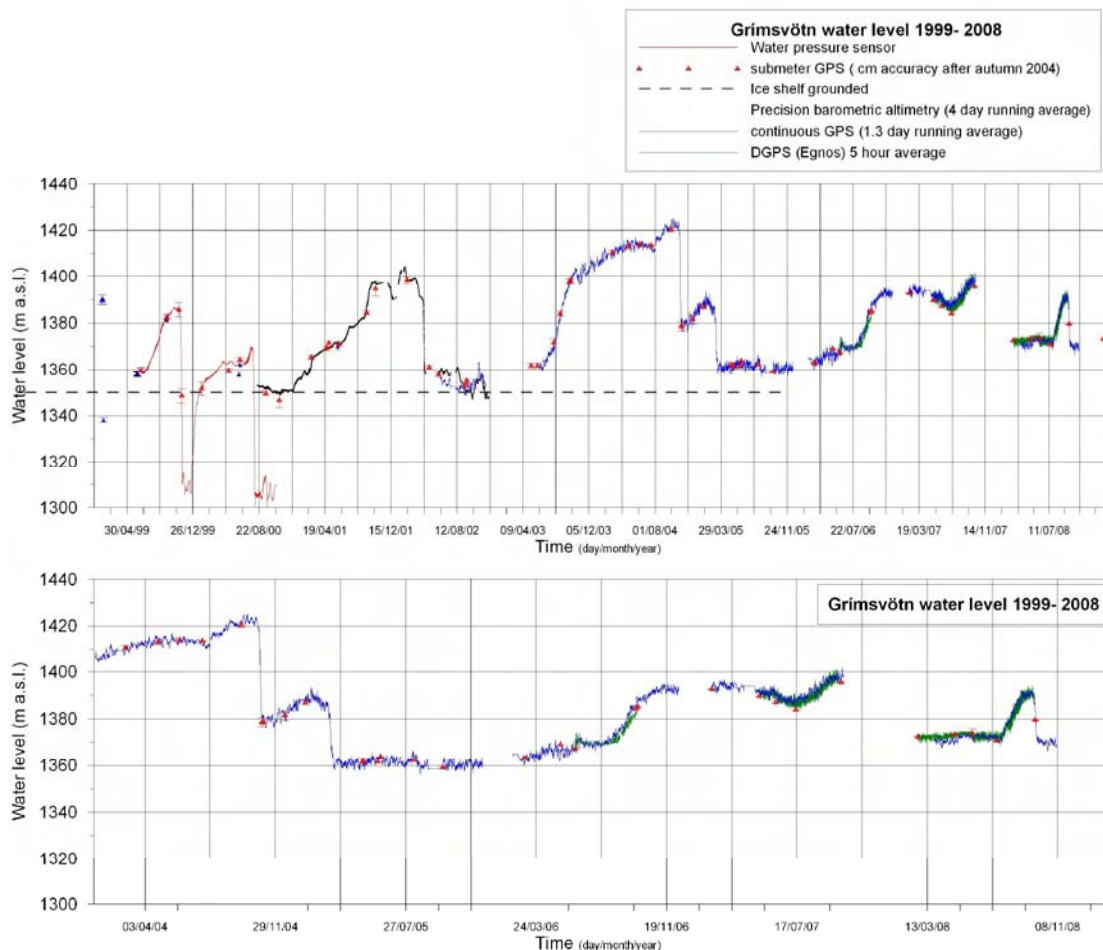
Yfirlit yfir mælingar yfirborðshæðar íshellu og veðurþætti eru sýnd á myndinni hér til hliðar ( 2. mynd). Vert er að vekja athygli á því hve mæliflökt er miklu minna í nýja GPS tækinu (grænn ferill), þó upplausn í tíma sé þar einnig mun meiri (5 klst. meðaltal, en sólahrings meðaltal á gamla tækinu (blár ferill)).

### Vatnshæð og vatnssöfnun í Grímsvötnum

Yfirlit yfir mælda vatnshæð árin 1999-2007 og 2004-2007 er sýnd á 3. mynd. Frá jökulhlaupinu um mánaðarmótin október-nóvember 2004 safnaðist lítið vatn í Grímsvötn. Vötnin tæmdust ekki í því hlaupi (vatnshæð í lok hlaups var um



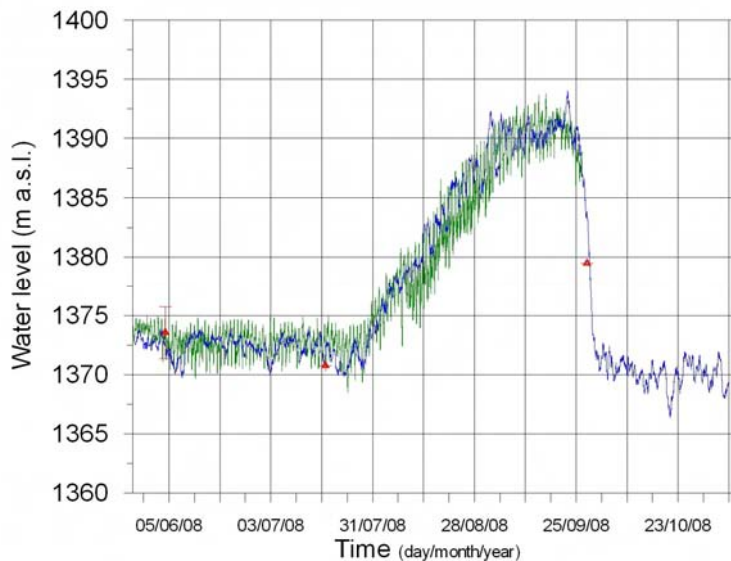
Mynd 2. Yfirlit yfir mælingar í sjálfvirkri mælistöð í Grímsvötnum á árinu 2008.



Mynd 3. Vatnshæð Grímsvatna, 1999 – 2008 og 2004 – 2008.

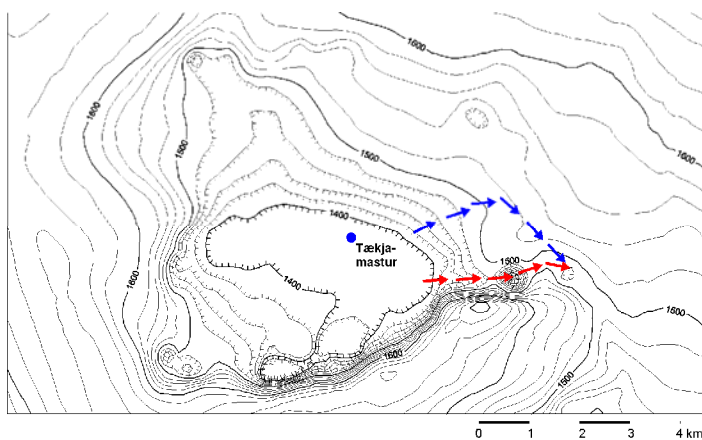
1380 m og rúmmál vatns um 0.2 km<sup>3</sup>). Hæsta vatnsstaða eftir þetta var um 1385 m (rúmmál vatns um 0.26 km<sup>3</sup>) nærri miðjum febrúar 2005. Eftir það jókst leki og endaði með smáhlaupi í byrjun mars 2005. Þá tæmdust vötnin og í hlaupinu runnu 0.25-0.3 km<sup>3</sup> til Skeiðarár frá Grímsvötnum.

Frá því í hlaupinu í marsbyrjun 2005 til loka júlí 2006 hafði nær ekkert vatn náð að safnast í Grímsvötn. Frá ágúst 2006 til miðs nóvember safnaðist vatn fyrir og náði hámarki um 1395 m. Þann 8. febrúar 2007 var vatnshæðin 1393 m, nær óbreytt síðan í nóvember. Vatnsborð lækkaði jafnt og þétt og var 8. júní orðið 1387 m og lækkaði enn til u.þ.b. 15 júlí var þá 1384 m (vatnsmagn er um 0.3 km<sup>3</sup>). Eftir það náði vatn að safnast fyrir, lekinn hafði ekki undan innstreymi bræðsluvatns af yfirborði. Það hægði á hækuninni eftir að yfirborðsleysing datt niður í byrjun september. Vatnshæðin var orðin um 1396 m 10. október, um 6m hærra en var fyrir smáhlaupið í febrúar 2005. Lítið hlaup varð frá Grímsvötnum í mánaðarmótin október nóvember 2007, vatnshæð fyrir það hlaup var nærri 1398 m en 1372 m í lok þess. Rúmmál þessa hlaups var því nærri 0.25 km<sup>3</sup>. Eftir þetta hlaup verður enn á ný sírennsli úr vötnunum en í síðustu viku júlí fer vatn að safnast hratt fyrir í Grímsvötnum, en hægir á í annarri viku september. Þetta endar með hlaupi mánaðarmótin september október, verulegt útrennsli hefst 24. september en líkur 1. október (4. mynd). Vatnshæð í upphafi hlaups var 1392 m en 1370 í lok þess, rúmmál hlaupvatns nærri 0.19 km<sup>3</sup>.



Hæð íspröskulds á yfirborði austan við Grímsvötn var nærri 1545 m fyrir hlaupið í nóvember 1996, en er nú líklega á bilinu 1495-1500 m. Hins vegar hefur vatnshæðin færst að Grímsfjalli og liggur gegnum katlaröð við rætur fjallsins. Aðstæður í útrennslihrásinni eru því allt aðrar en var fyrir gosin 1996 og 1998, þegar hún lá miklu (1.5 km) norðar og undir þykkari ís (5. mynd).

Mynd 4. Vatnshæðarrit Grímsvatna í jökulhlaupi mánaðarmótin September október 2008.

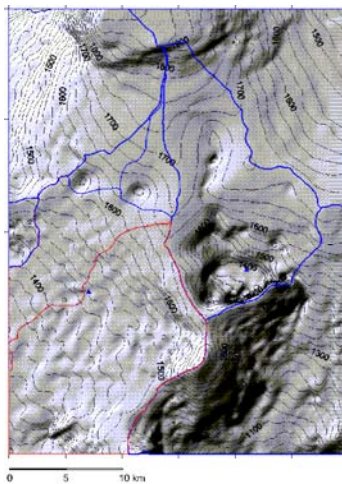


Mynd 5. Lega vatnshæðar úr Grímsvötnum, að nóvember 1996 (blár örvar) og eftir það (rauðar örvar).

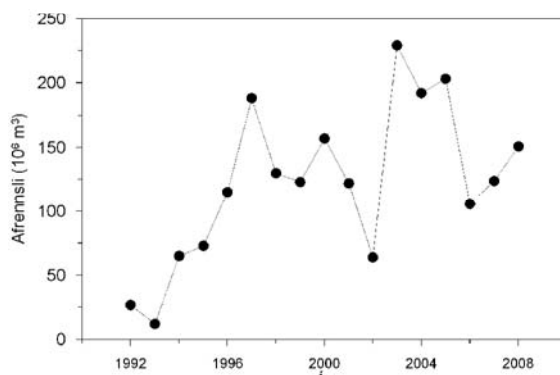


## Afkoma Grímsvatna.

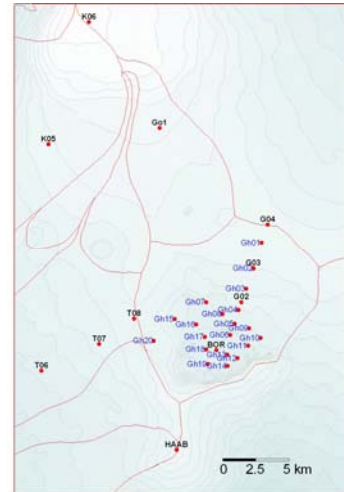
Vatn sem safnast í Grímsvötn er annars vegar leysingarvatn af yfirborði vatnasviðs Grímsvatna en hins vegar vatn sem bráðnar neðan af ísnum vegna jarðhita í Grímsvötnum og Gjálp. Afkomumælingar eru gerðar á ísa og vatnasviði Grímsvatna í samvinnu Jarðvísindastofnunar, Rannsóknasjóðs Vegagerðar og Landsvirkjunar, auk þess sem afkoma er mæld á íshellu Grímsvatna í vorferðum Jökla-  
 rannsóknafélagsins. Nú var einnig mæld sumarafkoma við allar skriðstikur sem settar voru upp að vori til að meta flæði íss inn í Grímsvötn (6. mynd). Stafæn kort sem hafa verið unnin af afkomu alls Vatnajökuls eru sýnd á mynd 7. Afkoma íssviðs Grímsvatna (og Gjálparsvæðisins) er reiknuð með því tegra yfir afkomukortin á yfir ísasvið þessara svæða. Í töflu I. í viðauka eru tölur um afkomu á íssvæði Grímsvatna og Gjálpar jökulárið 2007-08. Frá því mælingar á sumarafkomu vatnasviðs Grímsvatna (8. mynd) hófust 1992 hefur afrennsli leysingavatns til Grímsvatna verið mjög breytilegt (9. mynd) en að meðaltali  $122 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  á ári. Mesta afrennslið tengist skítugu yfirborði næsta sumar eftir eldgos (1997, 1999, 2005) eða óvenju hlýju og björtu sumri (2003). Dreifing afrennslis yfirborðsleypingavatns á mismunandi hæðarbil til Grímsvatna sumarið 2008 er gefið í töflu II. í viðauka.



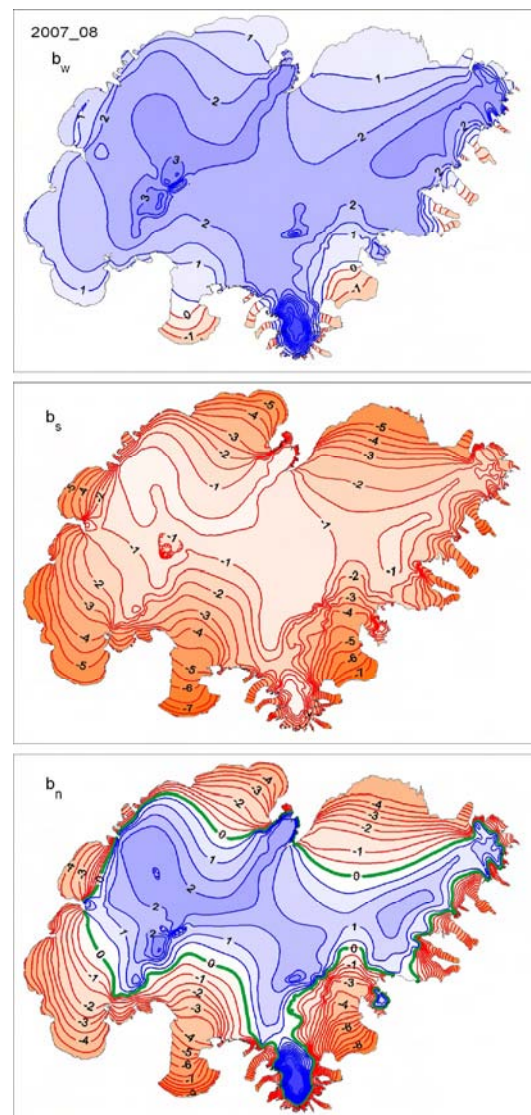
Mynd 8. Vatnasvið Grímsvatna (  $204 \text{ km}^2$  ).



Mynd 9. Afrennsli yfirborðsleypingavatns til Grímsvatna metið útfra afkomumælingum.



Mynd 6. Afkomumælistaðir á ísasviði Grímsvatna jökulárið 2007-08. Rauðu línurnar afmarka ísasvið. Við blámerktu staðina er eingöngu mæld sumarafkoma.

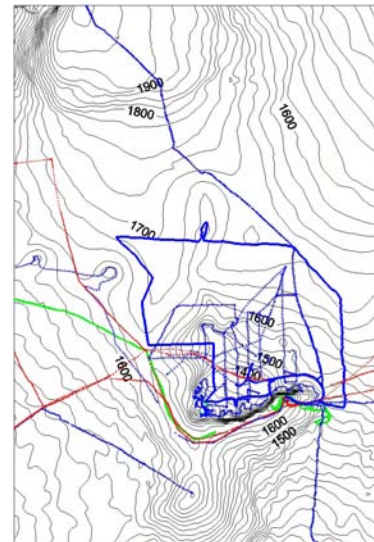


Mynd 7. Afkoma Vatnajökuls jökulárið 2007-08, m vatnsjafngildis. Efst vetrarafkoma, þá sumarafkoma en ársafkoma neðst.

## Breytingar á stærð Grímsvatna og yfirborðshæð Grímsvatnasvæðisins.

Ísasvæði Grímsvatna minnkaði eftir gosið í Gjálpi, ís sem áður streymdi til Grímsvatna streymir nú að Gjálparlægðinni. Fyrir Gjálpargosið var ísasvið Grímsvatna 160 km<sup>2</sup> en er nú 132 km<sup>2</sup>. Til að fylgjast með breytingum á stærð Grímsvatna hefur yfirborðshæð á sniðum verið mæld árlega með kinematiskum GPS tækjum (nákvæmni nokkrir cm) í samvinnu við Magnús T. Guðmundsson og Þórdísi Högnadóttur. Kort af yfirborði eru endurnýjuð árlega (eða bæði vor og haust) eftir þessum mælingum. Mælisnið á árinu 2008 eru sýnd á mynd 10.

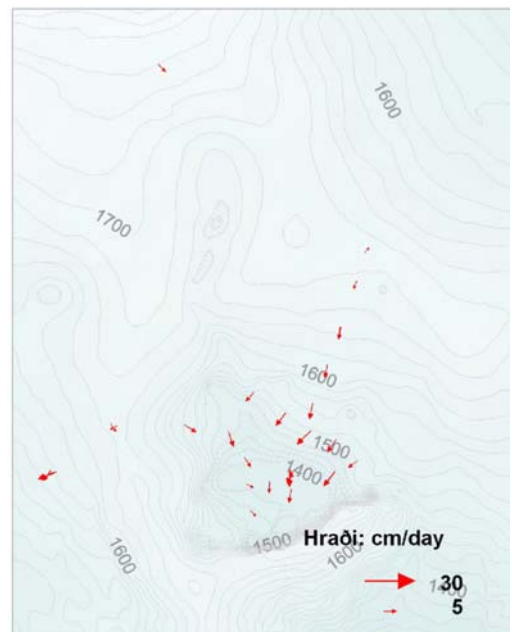
Vinnslu allra hæðarsniða er lokið en hæðarkort af yfirborði Grímsvatnasvæðisins sumarið 2008 er enn í vinnslu.



Mynd 10. Hæðarsnið mæld með GPS tækjum vor og haust 2008.

## Ísskrið til Grímsvatna.

Höfundar hafa ásamt öðrum metið varmafl Grímsvatna seinni hluta 20. aldar. Þetta var gert út frá vatnssöfnun í Grímsvötnum sem var tiltöluglega auðvelt að meta meðan lítill eða enginn leki var frá Grímsvötnum og uppsafnað vatn skilaði sér í Skeiðarárhlaupum á u.þ.b. 4 ára fresti. Frá gosinu 1998 hefur einungis hluti vatns safnast fyrir, stærri hluti þess hefur runnið burt jafnóðum, eða í mjög smáum hlaupum. Til að meta varmaflið nú þarf að meta ísflæði til Grímsvatna og kanna hvort massabreytingar verða á íshellunni. Vorið 2007 var ísþykkt mæld á sniði norðan vatnanna í sem næst 1500 m hæð. Einnig var mælt ísskrið á 7 stöðum á þessari línu, og 17 öðrum stöðum í og norðan við Grímsvötn. Hraðamælingarnar voru endurteknar sumarið 2008. Um haustið var ekki hægt að mæla í 3 stikum í Grímsvötnum vegna sprungna, en hlaup var í miðjum klíðum þegar mælingar voru unnar. Hraðavigrar sumarið 2008 eru sýndir á 11. mynd. Þykkt íshellunnar í Grímsvötnum var einnig mæld á nokkrum sniðum vorið 2007 í því skyni að meta breytingar á þykkt íshellunnar með samburði við eldri mælingar. Úrvinnslu þykktarsniðanna í Grímsvötnum og norðan þeirra var lokið á árinu 2008. Vinna er hafin við mat ísflæðis til Grímsvatna með samþáttun skriðhraða og ísþykktarsniða en henni er ekki lokið.



Mynd 11. Meðalskriðhraði í mælipunktum í Grímsvötnum og nágrenni sumarið 2008.

**Tafla I. Afkoma ísasviða Grímsvatna og Gjalpar jökulárið 2007-8.**

$\Delta S$  : area in elevation range,  $\Sigma\Delta S$ : cumulative area above given elevation,  $b_w$ : specific winter balance,  $b_s$ : specific summer balance.  $b_n$ : specific winter balance,  $\Delta B_w$  : winter balance at a given elevation range,  $\Sigma\Delta B_w$ : cumulative winter balance above given elevation,  $\Delta B_s$  summer balance at a given elevation range,  $\Sigma\Delta B_s$ : cumulative summer balance above given elevation,  $\Delta B_n$ : net annual balance in a given elevation range,  $\Sigma B_n$ : cumulative net annual balance above given elevation.

**Gjálp**

Elevation (m a.s.l.)			$\Delta S$ (km <sup>2</sup> )	$\dot{\Delta}S$ (km <sup>2</sup> )	$b_w$ (mm)	$b_s$ (mm)	$b_n$ (mm)	$\Delta B_w$ (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	$\dot{\Delta}B_w$ (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	$\Delta B_s$ (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	$\dot{\Delta}B_s$ (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	$\Delta B_n$ (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	$\dot{\Delta}B_n$ (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
1700	1750	1725	0,2	0,2	2113	-501	1612	0,5	0,5	-0,1	-0,1	0,4	0,4
1650	1700	1675	37,2	37,4	2655	-571	2084	98,8	99,3	-21,2	-21,4	77,6	77,9
1600	1650	1625	32,4	69,8	2730	-716	2013	88,5	187,8	-23,2	-44,6	65,2	143,2
1550	1600	1575	18,0	87,8	2760	-860	1899	49,8	237,6	-15,5	-60,1	34,3	177,4
1500	1550	1525	15,8	103,6	2909	-1026	1882	46,1	283,6	-16,3	-76,4	29,8	207,3
1450	1500	1475	11,8	115,4	3090	-1263	1827	36,6	320,2	-15	-91,3	21,6	228,9
1400	1450	1425	8,8	124,2	3271	-1509	1762	28,9	349,2	-13,3	-104,7	15,6	244,5
1350	1400	1375	7,8	132,0	3306	-1335	1970	25,7	374,8	-10,4	-115	15,3	259,8

**Grímsvötn**

Elevation (m a.s.l.)			$\Delta S$ (km <sup>2</sup> )	$\dot{\Delta}S$ (km <sup>2</sup> )	$b_w$ (mm)	$b_s$ (mm)	$b_n$ (mm)	$\Delta B_w$ (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	$\dot{\Delta}B_w$ (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	$\Delta B_s$ (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	$\dot{\Delta}B_s$ (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	$\Delta B_n$ (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	$\dot{\Delta}B_n$ (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
1900	1950	1925	2,2	2,2	2535	-297	2238	5,7	5,7	-0,7	-0,7	5	5
1850	1900	1875	2,0	4,2	2566	-335	2231	5,1	10,8	-0,7	-1,3	4,5	9,5
1800	1850	1825	2,5	6,7	2587	-429	2157	6,5	17,3	-1,1	-2,4	5,4	14,9
1750	1800	1775	8,6	15,3	2606	-532	2073	22,3	39,6	-4,6	-7	17,8	32,7
1700	1750	1725	19,0	34,3	2618	-491	2126	49,8	89,4	-9,3	-16,3	40,4	73,1
1650	1700	1675	31,9	66,2	2674	-517	2156	85,3	174,7	-16,5	-32,8	68,8	141,8
1600	1650	1625	4,8	71,0	2718	-604	2114	13	187,7	-2,9	-35,7	10,1	152
1550	1600	1575	0,0	71,0	2726	-602	2123	0,1	187,8	0	-35,7	0	152,1

**Tafla II: Afrennsli yfirborðsleysingar til Grímsvatna sumarið 2008.**

$\Delta S$ : area in a given elevation range where summer balance is negative (i.e. net melting in the area) ,  $\dot{\Delta}S$ : cumulative area above a given elevation,  $\Delta Q_s$ : melt water runoff from a given elevation range,  $\dot{\Delta}Q_s$  : cumulative melt water runoff from an area above given elevation.

**Grímsvötn water drainage basin**

Elevation (m a. s. l.)		$\Delta S$ km <sup>2</sup>	$\dot{\Delta}S$ km <sup>2</sup>	$\Delta Q_s$ (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	$\dot{\Delta}Q_s$ (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
1900	1950	0,4	0,4	0	0
1850	1900	2,2	2,6	0	0
1800	1850	2,9	5,5	1	2
1750	1800	9,6	15	4	7
1700	1750	20,4	35,5	9	17
1650	1700	67,9	103,4	37	54
1600	1650	37,6	140,9	26	80
1550	1600	18,4	159,3	15	96
1500	1550	15,9	175,2	16	112
1450	1500	11,8	187	14	127
1400	1450	8,8	195,8	13	140
1350	1400	7,8	203,6	10	151

**Kostnaður á árinu 2008:**

Styrkur til þessa verkefnis af tilraunafé Vegagerðar var 1200 þkr.

Rekstrarkostnaður mælistöðvar (viðgerð skráningatækis, verkstæðisvinna, varahlutir í veðurstöð, rafgeymar, nýjar masturseiningar, plaststíkur og GPS tæki) var 235 þkr., kostnaður vegna mællíðangra (5 ferðir, allar tengdar öðrum verkum ) reyndist 880 þkr., laun starfsmanns við frumúrvinnslu gagna (5 vikur) 420 þkr., laun starfsmanns við túlkun og úrvinnslu eldri gagna (2 vikur) 170 þkr. og umsjónargjald til yfirstjórnar Raunvísindastofnunar 12.5% eða 150 þkr. Samtals eru þetta 1855 þkr.

Mars 2009.

Finnur Pálsson og Helgi Björnsson