

Greinargerð vegna styrks árið 2011 af tilraunafé til samvinnu um rannsóknir á Grímsvatnahlaupum.

Finnur Pálsson og Helgi Björnsson; fp@raunvis.hi.is, 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 vatnarása, mat á þykkt íshelli, 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 áframhaldandi vöktun ísstíflu.

Mælistöð í Grímsvötnum.

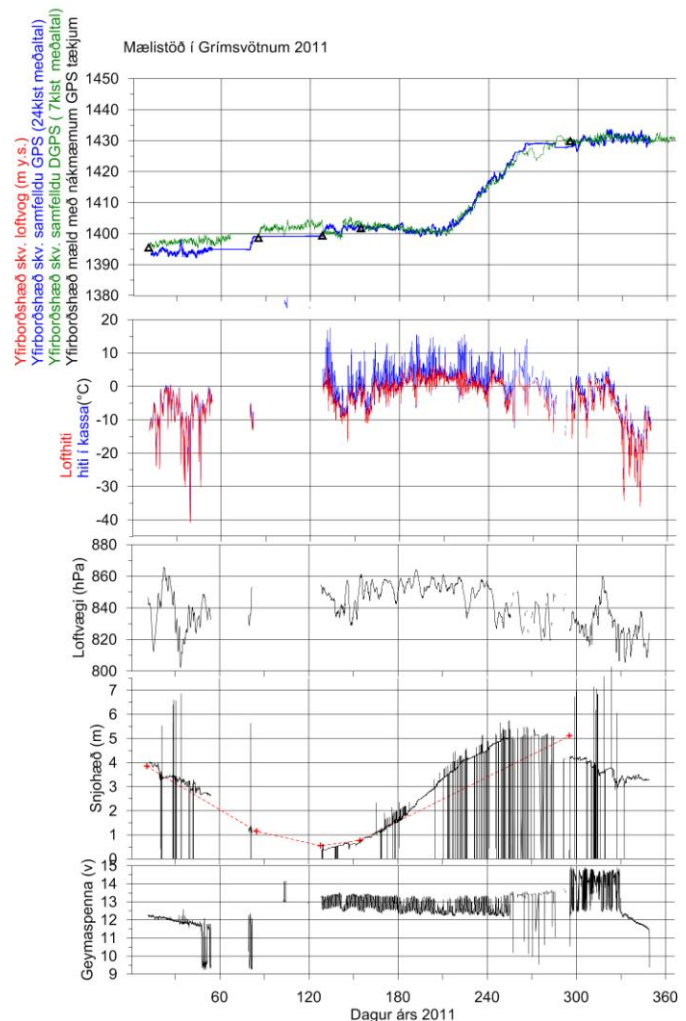
Eins og mörg undanfarin ár voru rekin mælitæki í Grímsvötnum til að fylgjast með vatnshæð.

Skráðar voru mælingar á meðalloftvægi (nákv. ~ 0.2 mb) hverrar klukkustundar og hitastig (nákv. ~ 0.5 °C). Síðustu ár var einnig verið skráð snjóhæð, mæld með hljóðbylgjumæli sem komið er fyrir á slá efst á mælitækjamastrí. 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 ~ 5 -20 m), en hitt skráir í innbyggða gagnageymslu (á 5 mínútna fresti, nákæmni í hæð ~ 2 -5 m).

11. janúar 2011 var komið við í mælistöðinni í vondu veðri, gögn lesin. Gögn voru lesin af mælistöðinni í byrjun maí, byrjun og lok júní og loks um miðjan október. Vegna rafmagnsleysis hafði stöðin ekki skráð gögn í mars og apríl, og skráning stöðvaðist einnig í lok desember af sömu ástæðu. Til að reyna að koma í veg fyrir



Mynd 1. Vinna við sjálfvirka mælistöð í Grímsvötnum í október 2011. (líósm. Finnur Pálsson).



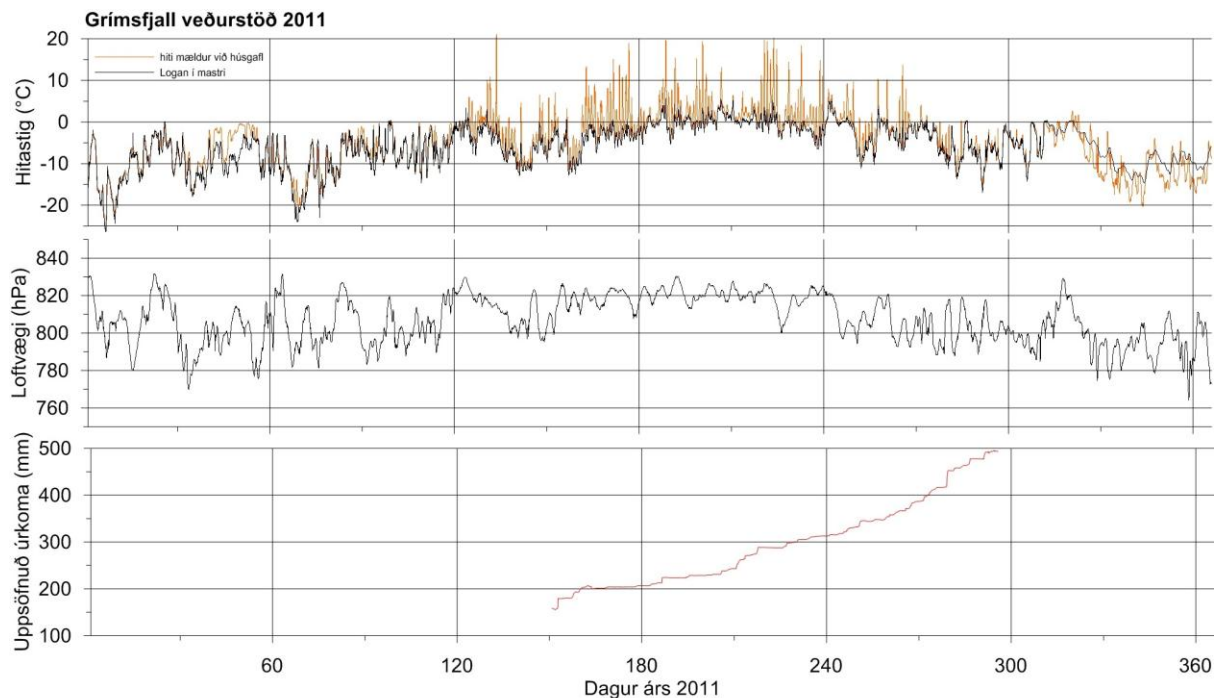
Mynd 2. Yfirlit yfir mælingar í sjálfvirkri mælistöð í Grímsvötnum á árinu 2011.

endurtekinn skort á rafmagni var sett vindrafstöð við stöðina í október. Einnig var þá tengdur fjarskiptahlekkur við Grímsfjall, en í gegnum hann var hægt að sækja gögn um GSM símamótald á Grímsfjalli. Í nóvemberlok virðist vindrafstöðin hafa brunnið yfir, sennilega vegna bilunar í nýkeyptum reglunarbúnaði, rafmagn entist stöðinni til skráningar fram á jóladag. Fram í miðjan desember gekk greiðlega að sækja gögn um fjarskiptabúnaðinn, en eftir jól versnuðu skilyrði fyrir GSM samskipti við Grímsfjall af óþekktum ástæðum (þau höfðu verið nær hnökralaus í á þriðja ár). Þannig náðist ekki í gögn af stöðinni í Grímsvötnum eða þeirri á Grímsfjalli fyrr en farið var í leiðangur þangað í mars og svo aftur í maí. Nú fer gagnaflutningur frá Grímsfjalli um fjarskiptahlekk sem Veðurstofan rekur fyrir GPStæki og jarðskjálftamæli. Í júní verður fjarskiptahlekkur við Grímsvötn einnig tengdur um þetta samband. Þá verður vindrafstöðin einnig endurnýjuð (notuð verður önnur tegund sem þaulreynd er sem aflgjafi fyrir mælitæki Vegagerðar, Landsvirkjunar og Veðurstofu á mörgum erfiðum mælistöðvum).

Yfirlit mælinga á yfirborðshæð íshelli og veðurþættir eru sýnd á 2. mynd.

Með því að tengja saman mælingar frá veðurstöðinni í Grímsvötnum og gögn frá GPS tæki sem þar er rekið með sjálfstæðum aflgjafa og skráningu fæst nær alveg samfelldur ferill um yfirborðshæð Grímsvatna (og þá einnig mat á vatnshæð þeirra). Vakin er athygli á hve kalt verður Grímsvötnum, hiti fer margoft undir -30°C að vetrarlagi, og nær -42°C í febrúar. Þessi miklu frost geta skýrt hve erfiðlega gengur að halda afli á rafgeymum, við svona lágan hita getur hreinlega botnfrosið í geymunum.

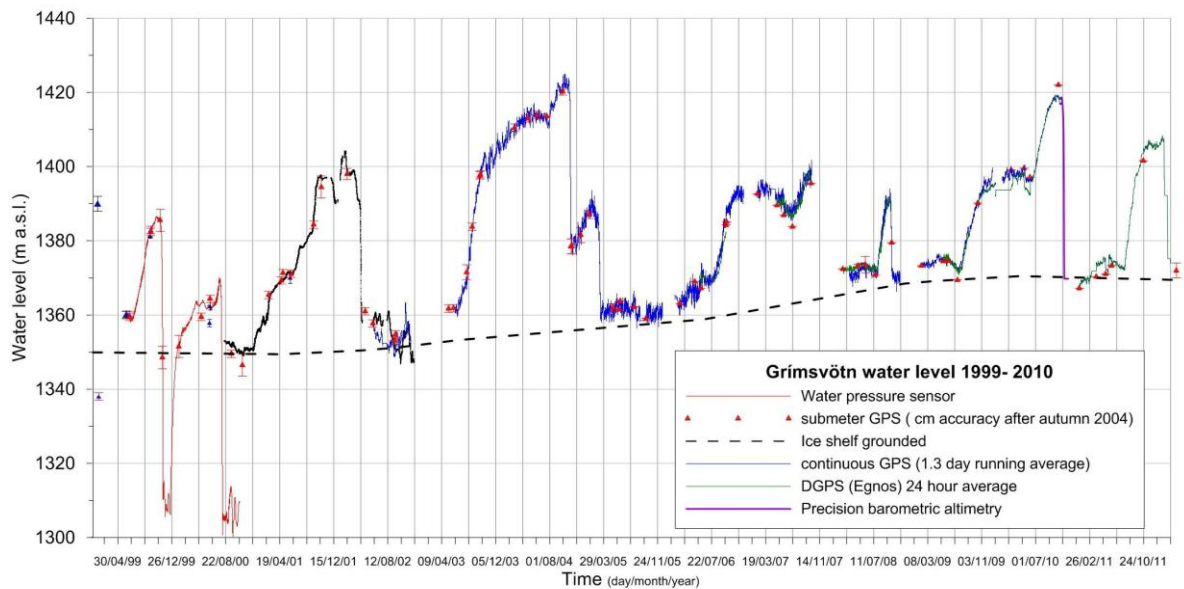
Á Grímsfjalli er einnig rekin veðurstöð sem safnar gögnum um hitastig, loftvægi og sumarúrkomu (3. mynd). Gögn um hitastig og loftvægi nýtast til reikninga á vatnshæð Grímsvatna útfrá stigli hita og lofþrýsings með hæð, ef gögn frá GPS tækjunum bregðast. Veðurgögnin nýtast einnig sem almenn veðurgögn, meðal annars til mats á orkubúskap og við gerð afkomulíkana af Grímsvatnasvæðinu.



Mynd 3. Yfirlit yfir mælingar í sjálfvirkri mælistöð á Grímsfjalli á árinu 2011.

Vatnshæð og vatnssöfnun í Grímsvötnum

Yfirlit yfir mældu vatnshæð frá ársbyrjun 1999 til 11. janúar 2011 og frá september 2003 til mars 2012 er sýnd á 4. mynd.



Mynd 4. Vatnshæð Grímsvatna frá ársbyrjun 1999 til mars 2012.

Eftir jökulhlaupið um mánaðamótin október-nóvember 2004 safnaðist fyrst í stað lítið vatn í Grímsvötn. Vötnin tæmdust ekki í því hlaupi (vatnshæð í lok hlaups var um 1380 m og rúmmál vatns um 0.2 km^3). Hæsta vatnsstaða eftir þetta var um 1385 m (rúmmál vatns um 0.26 km^3) nærri miðjum febrúar 2005. Eftir það jókst leki og endaði með smáhlaupi í byrjun mars 2005. Þá tæmdust vötnin og í hlaupinu runnu $0.25\text{-}0.3 \text{ km}^3$ 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^3). 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 6 m hærri en var fyrir smáhlaupið í febrúar 2005. Lítið hlaup varð frá Grímsvötnum um mánaðamótin 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^3 . Eftir þetta hlaup verður enn á ný sírennsli úr vötnunum en í síðustu viku júlí 2008 fer vatn að safnast hratt fyrir í Grímsvötnum, en hægir á í annarri viku september. Þetta endar með hlaupi mánaðamótin september-október 2008, verulegt útrennsli hefst 24. september en líkur 1. október. Vatnshæð í upphafi hlaups var 1392 m en 1370 í lok þess, rúmmál hlaupvatns nærri 0.19 km^3 . Nú varð enn sírennsli úr Grímsvötnum; allt bræðsluvatn rann þaðan jafnharðan. Undir lok júlí 2009 varð breyting á og vatn fór að safnast fyrir í Grímsvötnum. Um miðjan október 2009 var vatnshæð orðin $\sim 1394 \text{ m}$. Rishraðinn varð minni þegar leið á veturinn, mest vegna þess að sumarleysingavatn af yfirborði hafði allt skilað sér, en að hluta vegna þess að sífellt stærri hluti íshellunnar fer á flot (meira rúmmál fyrir hvern metra í hækun) en vatnshæð orðin $\sim 1404 \text{ m}$ 14. mars

2010. Ris íshellunnar var með svipuðu sniði 2010 og var 2009, leki frá Grímsvötnum hafði undan innrennsli þar til á miðju sumri, þegar yfirborðsleysing hófst að ráði. Í sumarlok var vatnsborð orðið jafnhátt og fyrir hlaupið (og gosið) 2004, vatnsborð 1420 m og $\sim 0.7 \text{ km}^3$ vatns safnast fyrir. Hlaup varð úr Grímsvötnum 23. október til 5. nóvember. Sig íshellunnar (og þá einnig vatnsborðs) var mælt með loftvogum á Grímsfjalli og í Grímsvötnum. Með því að tengja sigferilinn við lýsingu á rúmmáli vatns sem fall af vatnshæð var gerður rennslisferill vatns frá Grímsvötnum (5. mynd). Hámarksrennsli frá Grímsvötnum er skv. þessu um $2500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, frá \sim kl. 2-8 aðfaranótt 3. nóvember, en frá hádegi fram á síðdegid við Gígjubrúna skv. mælingum Vatnamælinga Veðurstofu. Hlaupið má einnig greina á jarðskjálftamæli á Grímsfjalli. Órói á hærri tíðniböndunum óx jafnt og þétt þegar vatn byrjaði að renna frá Grímsvötnum. Óróinn er vegna niðs í sívaxandi magni rennandi vatns (líklega er vatn þó búið að renna frá Grímsvötnum í tæpa viku (23-28. október) áður en hægt er sjá óróan vaxa). Þegar vatnsborðið hafði lækkað um ~ 30 m og hlaupið náði hámarki breyttist óróinn skyndilega. Óróakviður, sem líklega stafa af suðu í jarðhitakerfinu vegna þrýstílétis, bættust við rennslisóróann (sem þá var minnkandi; jöklahópur JH mun í samvinnu við Pál Einarsson skoða þetta nánar). Þessi suðuórói var öflugur til að byrja með (3.-6. nóv.) en síðan í óreglulegum rokum eftir það, datt trúlega alveg niður stuttan tíma 14. nóvember (óróinn datt líka alveg niður í nokkra daga snemma í desember og aftur milli jóla og nýárs, en tók sig upp aftur). Þetta eru vísbendingnar um að vatn hafi safnast fyrir í stuttan tíma og þrýstingur orðið nægur til að kæfa jarðhitakerfið. 11. janúar 2011 var yfirborðshæð íshellunnar sú sama og í hlauplok, líklegast er að íshellan hafi hvílt á botni Grímsvatna allan tímunn, lítið eða ekkert vatn safnast fyrir. Ekki fór að safnast vatn í Grímsvötn árið 2011 fyrr en um mánuður var liðinn af yfirborðsleysingartímabilinu, nærri júlílokum, og hætti snögglega þegar sumarleysing hætti í september september.

Eldgos í Grímsvötnum í síðustu viku maí bræddi lítinn ís, þar sem gosið var á nær sama stað og 2004: allt bræðsluvatnið rann burtu jafnóðum eða fór upp í loftið sem hluti gosmakkar. Hins vegar dreifðist aska úr gosinu um Grímsvatnasvæðið, raunar frekar lítið magn því mest af öskunni fór til suðurs yfir Háubungu og talsvert til vestur og vestnorðvesturs yfir Tungnaárjökul í átt að Hamrinum og Köldukvíslarjökli. Sú litla aska sem þó dreifðist um Grímsvötn og norður um ísasvæði þeirra jók leysingu á svæðinu til muna, sjá nánar í kafla um afkomumælingar.

Hér að neðan er tafla með helstu kennistærðum Grímsvatnahlaupa frá 1998. Hafa þarf í huga að tölur um rúmmál og flatarmál eru úr fengnar úr stafrænum kortum af neðra borði íshellunnar og botni vatnanna frá árinu 2000. Síðan þá hefur íshellan þykknað (um ~ 10 m þar sem mælistöðin er og vötnin dýpst en minna eða ekkert annarsstaðar) og gosin 2004 og 2011 breyttu talsvert lögum íshellunnar inn við Grímsfjall, þó það hafi ekki veruleg áhrif á vatnsrúmmál. Þrátt fyrir þetta eru óvissa í rúmmálstölum talin minni en 0.1 km^3 .

Á árunum 2007 og 2009 voru mæld þétt mælisnið í Grímsvötnum með íssjá, úrvinnsla þeirra gagna mun skila betra mati á rúmmáli Grímsvatnalægðarinnar og þá einnig venslum vatnhæðar og vatnsrúmmáls.

Ár	da-by	da-en	tími	zw-max	zw-min	dzw	A-max	A-min	V-max	V-min	dV	
1998	46	61	feb-mars	1407	1348	59,0	13,43	2,78	0,51	0,05	0,46	
1999	31	34	jan	1390	1338	51,9	10,28	1,28	0,30	0,03	0,27	
1999	295	317	sept-okt	1386	1349	37,4	9,74	2,85	0,27	0,05	0,22	
2000	206	218	júl-ágúst	1369	1350	19,0	5,56	2,9	0,12	0,05	0,07	
2001	337	354	des	1397	1391	6,8	11,62	10,5	0,38	0,31	0,08	
2002	72	106	feb-april	1399	1361	38,2	11,96	4,04	0,41	0,09	0,32	
2004	288	315	okt-nóv	1422	1378	44,2	16,49	8,05	0,73	0,19	0,55	+0.1bráðnun
2005	66	77	mars	1385	1361	24,6	9,57	4,04	0,26	0,09	0,17	
2007	301	305	okt	1400	1372	27,9	12,13	6,76	0,42	0,15	0,27	
2008	264	275	sept-okt	1391	1369	22,0	10,72	5,82	0,32	0,13	0,19	
2010	304	310	okt-nóv	1419	1370	49,0	15,82	6,08	0,68	0,14	0,55	

Hér er da-by og da-en dagnúmer við upphaf og lok hlaups

Zw-max og zw-min hæst og lægsta vatnsborð, dz vatnshæðarbreyting (m)

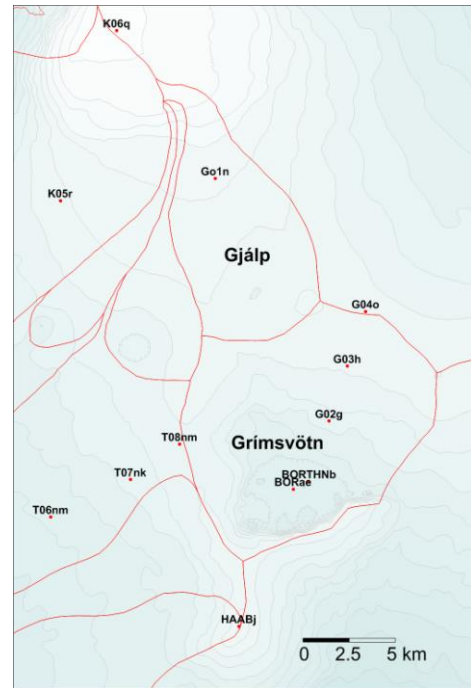
A-max og A-min mesta og minnsta flatarmál fljótandi hluta íshellunnar (km²)

V-max og V-min rúmmál vatns við upphaf of lok hlaups (km³)

dV rúmmál vatns sem rann frá Grímsvötnum (km³)

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 Jöklarannsóknafélagsins. Á 8. mynd er sýnd vetrar-, sumar- og ársafkoma á mælisniðinu í Grímsvötnum. Stafæn kort sem hafa verið unnin af afkomu Grímsvatna eru sýnd á 9. mynd. Afkoma ísasviðs Grímsvatna (og Gjálparsvæðisins samtals 203 km²) er reiknuð með því að tegra afkomukortin yfir ísasviðið. Meðalafkoma Grímsvatna og Gjálparsvæðisins frá upphafi afkomumælinga er sýnd á 10. mynd. Vetrarafkoma var rétt yfir meðallagi, en leysing með mesta móti, einkum vegna meira ísogs sólarorku þar sem yfirborðið var dökkt af ösku. Sumstaðar var askan þó það



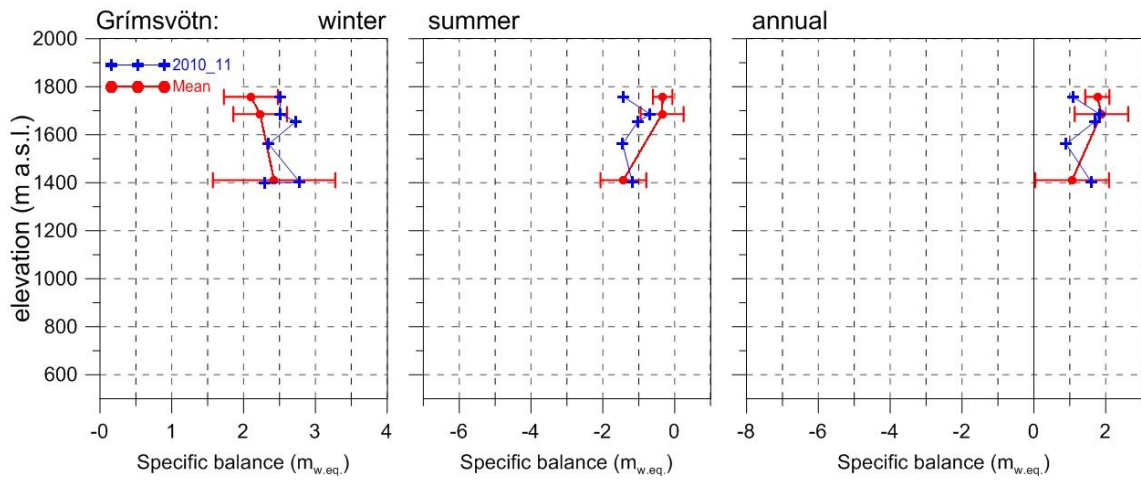
Mynd 6. Afkomumælistaðir á ísasviði Grímsvatna jökulárið 2010-11. Rauðu línurnar afmarka ísasvið.



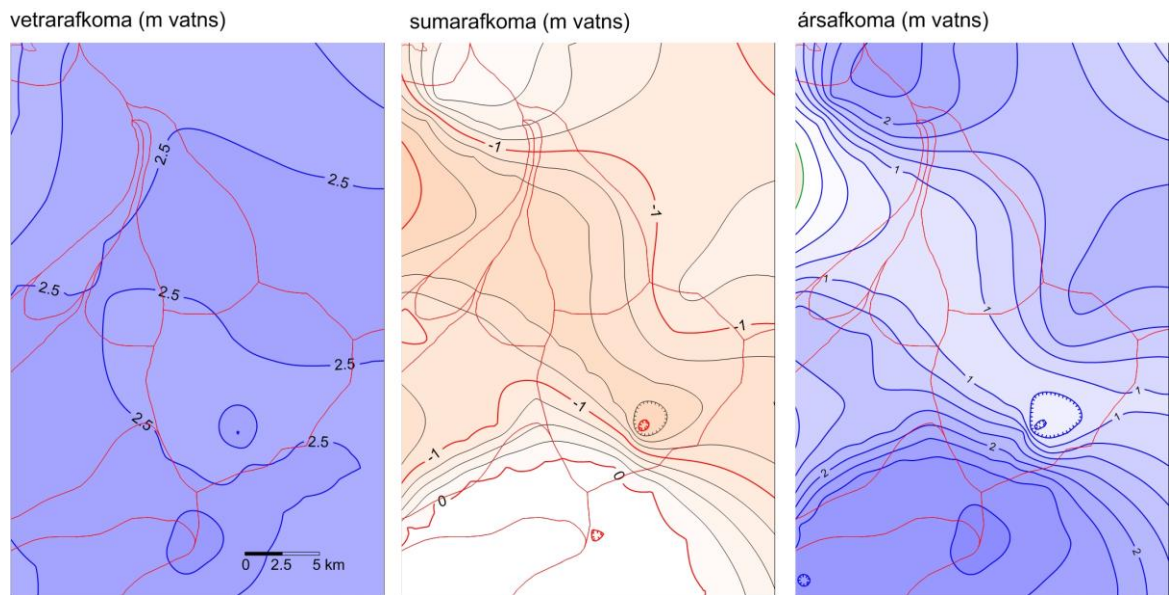
Mynd 7. Misbráð vegna misþykkrar ösku á yfirborði var mikil, efri myndin er tekin á Grímsfjalli (Magnús T. Guðmundsson) en sú neðri úr flugvél yfir Tungnaárjökul vestan Grímsvatna (Jóhannes Örn Jóhannesson).

þykk að hún einangraði alveg og engin leysing varð, þetta átti einkum við sunnan og vestan Grímsvatna, en í talsverðum mæli einnig á Grímsvatnahellunni. Sumarið var óvenju kalt framanaf og vetur gekk snemma í garð, þannig að ef áhrifa öskunnar hefði ekki gætt hefði leysing orðið lítil, líklega með minnsta móti frá því mælingar hófust. En askan tryggði nær tvöfalda meðalleysingu og þá einnig ársafkomu undir meðallagi.

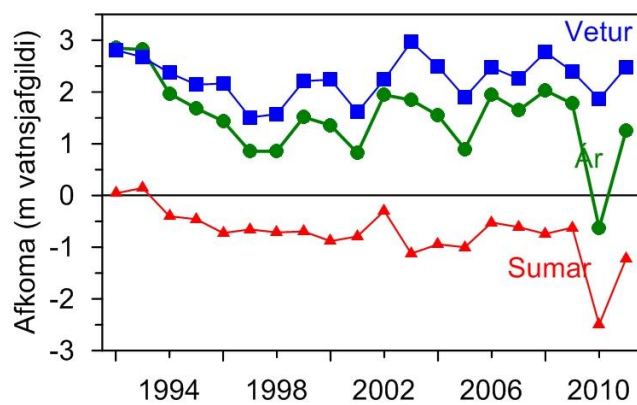
Rétt er að benda á hve þetta er ólíkt sumrinu 2010 þegar þunnt öskulag frá Eyjafjallajökli, hlýtt, sólríkt og langt sumar skiluðu um fjórfaldri meðalleysingu. Athugun á MODIS gervihnattamyndum (2 myndir á dag alla daga ársins) sýnir líka að við og við snjóaði á efsta hluta Grímsvatnasvæðisins, það tefur mjög fyrir leysingu því yfirborðið verður hvítt og ísog sólgeislunar minnkar um tugi prósentu. Í töflu I. í viðauka eru tölur um afkomu á ísasvæði Grímsvatna og Gjálp jökulárið 2010-11.



Mynd 8. Afkoma á mælisniði á íssvæði Grímsvatna og Gjálpar.



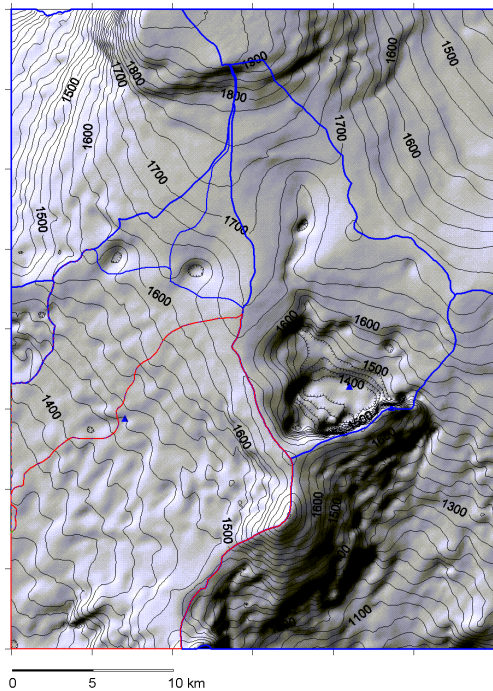
Mynd 9. Afkoma Grímsvatnsvæðisins jökulárið 2010-11, vetrar- sumar- og ársafkoma í m vatnsjafngildis.



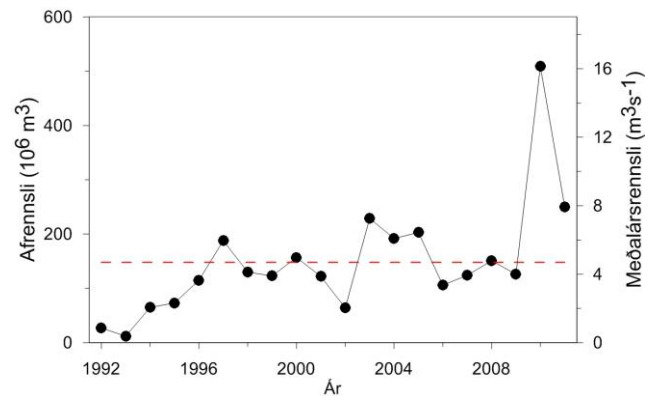
Mynd 10. Afkoma Grímsvatnsvæðisins (Grímsvötn og Gjálpar) jökulárin 1991-92 til 2010-11, vetrar- sumar- og ársafkoma í m vatnsjafngildis.

Frá því mælingar á sumarafkomu vatnasviðs Grímsvatna (11. mynd) hófust 1992 hefur afrennsli leysingavatns til Grímsvatna verið mjög breytilegt (12. mynd) en að meðaltali $148 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ á ári (123 ef sumrinu 2010 er sleppt). Í þessa tölu vantar rigningavatn og líka leysingu sem bætt hefur verið upp með snjókomu að sumrinu (það er heildarafkoma sumars sem er mæld); þetta er því lágmarksgildi afrennslis. Mesta afrennslið tengist skítugu yfirborði næsta sumar eftir eldgos eða ryki frá hálandinu og söndunum í þurrkatíð og/eða óvenju hlýju og björtu sumri (1997, 1999, 2003, 2005). Sumarið 2010 fór allt þetta saman enda fjórfallt afrennsli meðalárs, en sumarið 2011 var afrennsli leysingavatns $250 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Dreifing afrennslis yfirborðsleypingavatns á mismunandi hæðarbil til Grímsvatna sumarið 2011 er í töflu II. í viðauka.



Mynd 11. Vatnasvið Grímsvatna (204 km^2).



Mynd 12. Afrennsli yfirborðsleypingavatns til Grímsvatna metið útfra afkomumælingum (meðaltal árunna 1992 til 2011 er sýnt með brotinni línu).

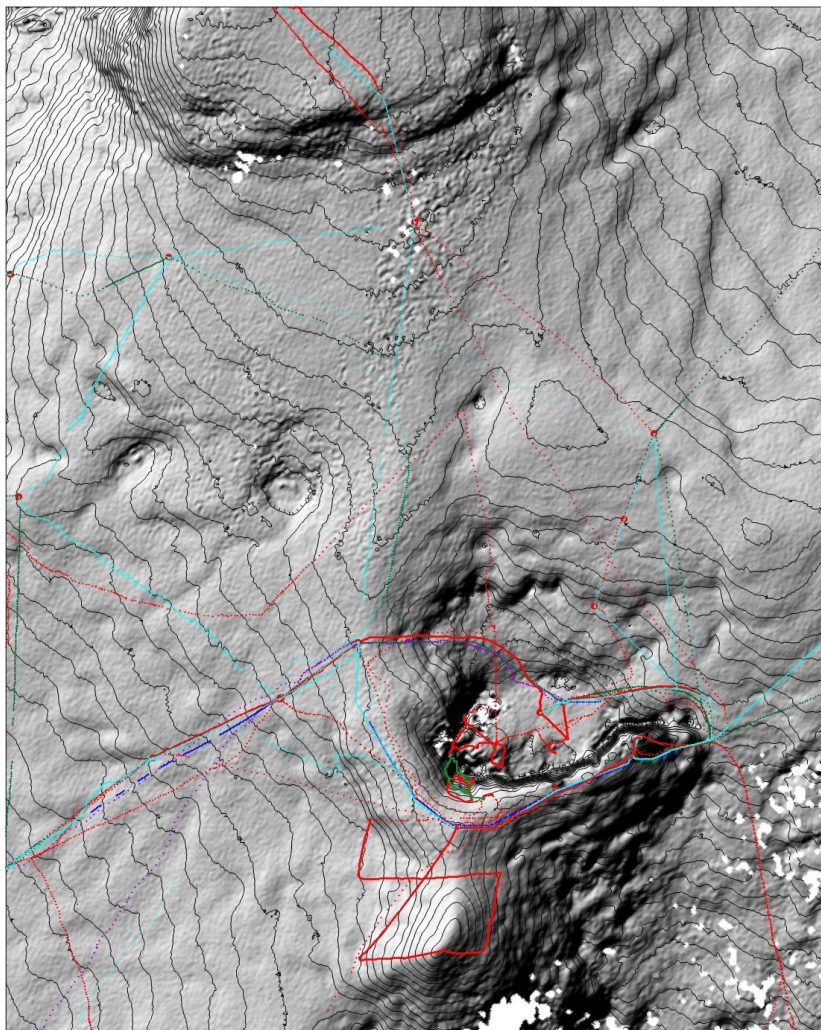
Þegar vatn hætti að safnast fyrir í Grímsvötnum í september var rúmmál vatns þar orðið rétt tæplega 0.5 km^3 , eða um tvöfalt meira en innrennsli vegna yfirborðsleypingar (0.25 km^3). Það gefur vísbandingu um að vatn vegna neðanbráðar (jarðhita) sé svipað og yfirborðsleyping eða um 0.25 km^3 á sama tímabili (á um 80 dögum, frá miðjum júlí til september loka) ef gert er ráð fyrir að á tímabili vatnssöfnunar sé enginn leki frá Grímsvötnum. Ef þessi ályktun er rétt má gera ráð fyrir að neðanbráð ársins sé um:

$$0.25 \cdot 365 / 80 = \sim 1 \text{ km}^3$$

Ef svo er væri viðvarandi leki frá Grímsvötnum $\sim 25 \text{ m}^3/\text{s}$ varmaaflið 8GW, sem virðist ekki líklegt, vænanleg yrði vart leiðni aukningar í Gígju ef straumurinn væri svo mikill að vetrarlagi. Þann fyrirvara verður að hafa að hluti vatns sem safnast fyrir í Grímsvötnum getur verið vatn sem hleypur úr jarðhitakötlum innan vatnasviðs Grímsvatna til þeirra, líklegt er að það hafi gerst síðari hluta sumars í fyrra. Það vatn getur hafa safnast í katlana um langan tíma áður en úr þeim hleypur, þá er $\sim 1 \text{ km}^3$ ofmat. En neðanbráðin er varla minni en 0.5 km^3 og varmaaflið þá um 4GW, og sírennsli um $12 \text{ m}^3/\text{s}$, líklegt er að varmaafli Grímsvatna sé nú 4-6 GW.

Breytingar á stærð Grímsvatna og yfirborðshæð Grímsvatnasvæðisins.

Ísasvæði Grímsvatna minnkaði eftir gosið í Gjalp, ís sem áður streymdi til Grímsvatna streymir nú að Gjalparlægðinni. Fyrir Gjalpargosið var ísasvið Grímsvatna 160 km² en er nú 132 km² (203 km² ef Gjalparsvæði er talið með). 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. Gögnum er safnað í afkomumælingaferðum Jarðvísindastofnunar og Landsvirkjunar vor og haust og öðrum tilfallandi ferðum. Sérstaklega er safnað sniðum í Grímsvötnum í vorferð Jöklarannsóknfélagsins í júní ár hvert. Heldur minna var mælt nú þar sem ekki var hægt að nota beltatæki (snjósleða) vegna öskunnar á yfirborði. Nægjanlegum gögnum til að uppfæra eldri var þó safnað af miklu harðfylgi. Kort af yfirborði eru endurnýjuð árlega (eða bæði vor og haust) eftir þessum mælingum. Mælisnið sem aflað var á árinu 2011 eru sýnd á mynd 13. Sú mynd sýnir líka yfirborðskort sem aflað var frá SPOT-Image fyrirtækinu (kortið er unnið eftir steríó myndum frá SPOT5 gerfitunglinu) sem þáttur í SPIRIT verkefninu. Upprunalega kortið



Mynd 13. Hæðarsnið mæld með GPS landmælinga-tækjum árið 2011., í bakgrunni er yfirborðskort 6/6 2010 gert eftir SPOT5 gerfitunglamyndum. (grænt: mars; rautt: maí; blátt: júní; fjólublátt: október).

var hliðrað um ~4 m í hæð en þegar hliðrunin er tekin frá virðist nákvæmni þess vera um 0.5-1 m. Annað slíkt kort fékkst eftir myndum frá september sama ár. Ekki er lokið samburði þeirra korta, en einnig er til sam-bærilegt kort frá sumrinu 2003.

Vinnslu allra hæðarsniða er lokið (Finnur Pálsson vann það verk auk gagnaöflunar) en hæðarkort af yfirborði

Grímsvatnasvæðisins sumarið 2011 er í vinnslu (unnið af Magnúsi T. Guðmunds-syni og Þórdísi Högna-dóttur).

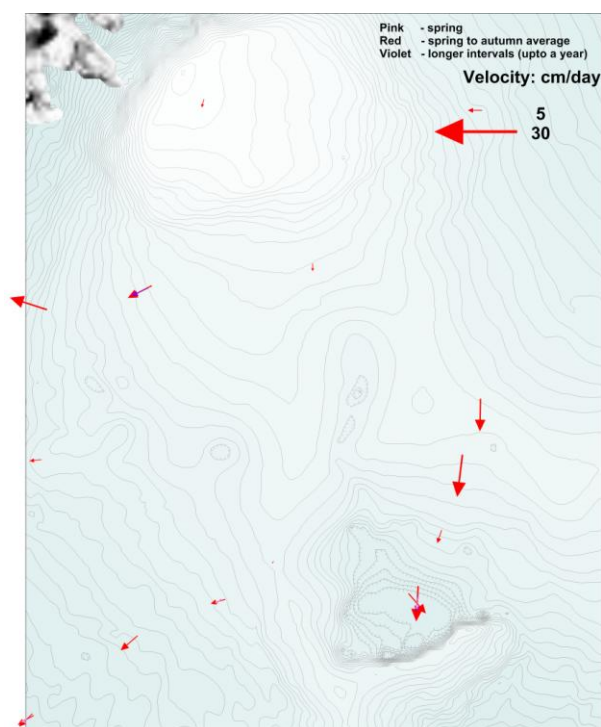
Ísskrið til Grímsvatna.

Höfundar hafa ásamt öðrum metið varmafl Grímsvatna seinni hluta 20. aldar. Þetta var gert útfrá 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 bræðsluvatns safnast fyrir, stærri hluti þess hefur runnið burt jafnóðum og í mjög smáum hlaupum. Til að meta varmaaflið nú þarf að meta afkomu á ísaviði Grímsvatna, auk ísflæðis til Grímsvatna og kanna hvort massabreytingar verða á íshellunni.

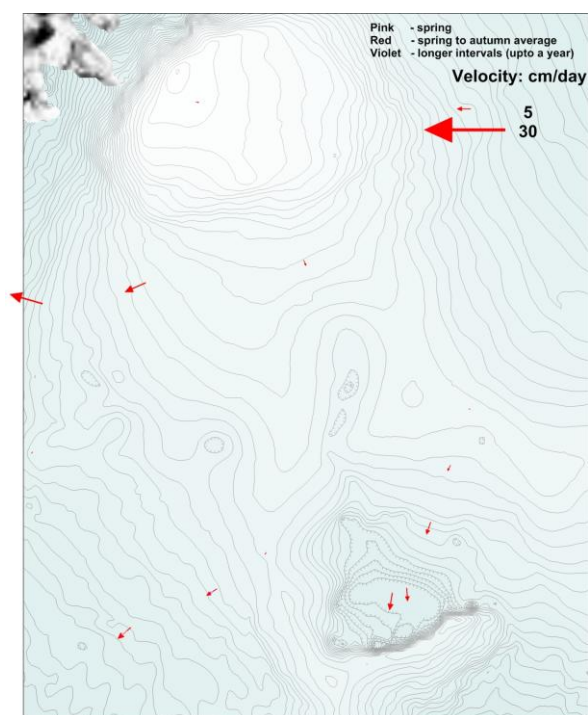
Vorið 2007 var ísþykkt mæld á sniði norðan vatnanna í sem næst 1500 m hæð. Einnig var mælt með íssjá í sama skyni vorið 2009. Einnig var mælt ísskrið á 7 stöðum á þessari línu, og 17 öðrum stöðum í og norðan við Grímsvötn. Saman nýtast þessi gögn til að meta ísflæði til Grímsvatna.

Hraðamælingarnar voru endurteknar sumarið 2008 og 2009. Ætlunin var að gera þetta aftur á öllum fyrri mælistöðum sumurin 2010 og 2011 en mælistöðum var fækkað vegna erfiðleika við að fara um eins og áður hefur verið nefnt. Látið var duga að mæla hraða í afkomumælistöðvum sem liggja á flæðilínu til Grímsvatna úr NNA. Hraðavigrar í skriðmælistikum 2010 og 2011 eru sýndir á myndum 14 og 15. Á myndunum sést hve meðalskriðhraði sumars var miklu hærri 2010 en 2011, líklega vegna þess að leysingatímabilið var miklu lengra, að jafnaði hærri vatnsþrýstingur við botn og því meira botnskrið.

Hnit mælipunkta eru í töflu 3 í viðauka.



Mynd 14. Meðalyfirborðsskriðhraði í í Grímsvötnum og nágrenni 2010.



Mynd 15. Meðalyfirborðsskriðhraði í í Grímsvötnum og nágrenni 2011.

Tafla I. Afkoma ísasviða Grímsvatna og Gjálpar jökulárið 2010-11.

ΔS : 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, ΔB_w : winter balance at a given elevation range, $\Sigma\Delta B_w$: cumulative winter balance above given elevation, ΔB_s summer balance at a given elevation range, $\Sigma\Delta B_s$: cumulative summer balance above given elevation, ΔB_n : net annual balance in a given elevation range, ΣB_n : cumulative net annual balance above given elevation.

Grímsvötn og Gjálp (neðri tafla)

Elevation (m a.s.l.)			ΔS (km ²)	$\Sigma\Delta S$ (km ²)	b_w (mm)	b_s (mm)	b_n (mm)	ΔB_w (10 ⁶ m ³)	$\Sigma\Delta B_w$ (10 ⁶ m ³)	ΔB_s (10 ⁶ m ³)	$\Sigma\Delta B_s$ (10 ⁶ m ³)	ΔB_n (10 ⁶ m ³)	ΣB_n (10 ⁶ m ³)
1700	1750	1725	0,2	0,2	2516	-1117	1399	1	1	0	0	0	0
1650	1700	1675	37,2	37,4	2528	-1037	1491	94	95	-39	-39	56	56
1600	1650	1625	32,4	69,8	2455	-1112	1343	80	174	-36	-75	44	99
1550	1600	1575	18,0	87,8	2397	-1256	1141	43	218	-23	-98	21	120
1500	1550	1525	15,8	103,6	2364	-1362	1002	38	255	-22	-119	16	136
1450	1500	1475	11,8	115,4	2383	-1274	1109	28	283	-15	-134	13	149
1400	1450	1425	8,8	124,2	2429	-1057	1371	22	305	-9	-144	12	161
1350	1400	1375	7,8	132,0	2503	-1271	1232	19	324	-10	-154	10	171
1900	1950	1925	2,2	2,2	2484	-451	2032	6	6	-1	-1	5	5
1850	1900	1875	2,0	4,2	2495	-707	1787	5	11	-1	-2	4	8
1800	1850	1825	2,5	6,7	2500	-941	1558	6	17	-2	-5	4	12
1750	1800	1775	8,6	15,3	2506	-1299	1207	22	38	-11	-16	10	22
1700	1750	1725	19,0	34,3	2523	-1460	1062	48	86	-28	-44	20	43
1650	1700	1675	31,9	66,2	2529	-1406	1122	81	167	-45	-89	36	78
1600	1650	1625	4,8	71,0	2523	-1463	1060	12	179	-7	-96	5	84
1550	1600	1575	0,0	71,0	2531	-1454	1077	0	179	0	-96	0	84

Tafla II: Afrennsli yfirborðsleysingar til Grímsvatna sumarið 2011.

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

Grímsvötn water drainage basin

Elevation (m a. s. l.)		ΔS km ²	$\Sigma\Delta S$ km ²	ΔQ_s (10 ⁶ m ³)	$\Sigma\Delta Q_s$ (10 ⁶ m ³)
1900	1950	0,4	0,4	0	0
1850	1900	2,2	2,6	1	1
1800	1850	2,9	5,5	2	4
1750	1800	9,6	15	12	16
1700	1750	20,4	35,5	29	46
1650	1700	65,8	101,3	81	128
1600	1650	36	137,2	43	171
1550	1600	17,8	155	23	194
1500	1550	15,6	170,6	21	216
1450	1500	11,4	182,1	15	231
1400	1450	8,8	190,8	9	241
1350	1400	7,8	198,6	9	250

Tafla III. : Mæld hnit hraðamælistika.

Hnit hraðamælistaka eru mæld með GPS: “diffential, DGPS” (I), “fast static” (FS), eða “kinematic” (K) mæliaðferð. (Nákvæmni mælinga er 0.2-1.0 m í fleti og 0.5-2.0 m í hæð fyrri DGPS, 1-2 cm í fleti og 2-4 c í hæð fyrir fast static, and 3 cm fyrir kinematic).

GPS stöðin á Höfn í Hornafirði er notuð sem viðmiðun fyrir allar mælingarnar, með föstum hnitum. Viðmiðunarkerfi er ÍSN93 datum, h_1 er hæð yfir ellipsóíðu, dL loftneshæð, N metinn hæðarmunur ellipsóíðu og meðalsjárborðs, H hæð yfir meðalsjárborðfleti ($H=h_1+N+dL$). X and Y eru í ÍSN93 “Lambert conformal conic” vörpun. M er gæðamerki.

Stöð	tími	Dags	Dag númer		Breidd	Lengd	h_1 (m a. e.)	dL (m)	N (m a. s. l.)	H		M				
			#	Ár						X	Y					
BORaf	18,1	31	5	151	2011	64	24,9374	17	20,1563	1470,0	0,0	67,7	1402,3	580201,8	435909,0	K
BORaf	14,6	22	10	295	2011	64	24,9325	17	20,1584	1491,9	0,9	67,7	1423,3	580200,4	435899,9	K
BORTHNb	18,5	11	1	11	2011	64	25,1111	17	19,1477	1467,7	4,8	67,7	1395,2	581003,3	436252,9	K
BORTHNb	12,0	26	3	85	2011	64	25,1108	17	19,1478	1467,9	2,0	67,7	1398,2	581003,2	436252,5	K
BORTHNb	9,7	8	5	128	2011	64	25,1108	17	19,1479	1466,7	0,0	67,7	1399,0	581003,1	436252,4	K
BORTHNb	14,1	22	10	295	2011	64	25,1064	17	19,1474	1497,2	0,0	67,7	1429,6	581003,7	436244,3	K
G02h	17,0	31	5	151	2011	64	26,8587	17	17,7155	1628,9	0,0	67,7	1561,2	582065,8	439529,8	K
G02h	15,8	22	10	295	2011	64	26,8553	17	17,7185	1625,7	0,6	67,7	1557,4	582063,6	439523,3	K
G03i	16,2	31	5	151	2011	64	28,4459	17	16,3507	1722,9	0,0	67,7	1655,2	583080,0	442507,3	K
G03i	16,1	22	10	295	2011	64	28,4443	17	16,3528	1719,0	1,3	67,7	1650,0	583078,4	442504,3	K
G04p	14,0	7	5	127	2011	64	29,9979	17	14,9831	1753,2	0,0	67,7	1685,4	584096,0	445420,0	K
G04p	16,5	22	10	295	2011	64	29,9981	17	14,9841	1750,7	1,2	67,7	1681,7	584095,2	445420,3	K
Go1o	15,1	31	5	151	2011	64	34,0047	17	24,9437	1825,4	0,0	67,8	1757,6	575934,9	452651,8	K
Go1o	18,3	24	10	297	2011	64	34,0031	17	24,9423	1822,9	0,8	67,8	1754,2	575936,1	452648,9	K
K05s	14,3	10	5	130	2011	64	33,4631	17	35,4755	1749,4	0,0	67,8	1681,6	567545,6	451446,6	K
K05s	17,3	24	10	297	2011	64	33,4602	17	35,4917	1744,8	1,1	67,8	1675,9	567532,8	451441,0	K
K06r	13,1	31	5	151	2011	64	38,3517	17	31,3677	2035,9	0,0	67,9	1968,0	570615,5	460602,1	K
K06r	19,2	24	10	297	2011	64	38,3515	17	31,3658	2035,5	2,8	67,9	1964,9	570617,0	460601,9	K
T07nk	16,9	11	1	11	2011	64	25,3030	17	31,1820	1629,9	2,8	67,7	1559,4	571331,0	436367,8	K
T07nk	22,0	25	3	84	2011	64	25,3020	17	31,1856	1629,9	0,6	67,7	1561,6	571328,2	436365,9	K
T07nl	11,5	8	5	128	2011	64	25,3157	17	31,1135	1631,9	0,0	67,7	1564,2	571385,4	436392,7	K
T07rorh	16,9	11	1	11	2011	64	25,3030	17	31,1820	1629,9	1,0	67,7	1561,2	571331,0	436367,8	K
T07rori	16,9	11	1	11	2011	64	25,3030	17	31,1820	1629,9	0,0	67,7	1562,2	571331,0	436367,8	K
T07rori	22,0	25	3	84	2011	64	25,3020	17	31,1856	1629,9	0,1	67,7	1562,1	571328,2	436365,9	K
T07rori	14,3	30	5	150	2011	64	25,3011	17	31,1883	1630,3	1,0	67,7	1561,6	571326,1	436364,2	K
T07rorj	14,3	30	5	150	2011	64	25,3011	17	31,1883	1630,3	0,0	67,7	1562,6	571326,1	436364,2	K
T07rorj	12,1	23	10	296	2011	64	25,2993	17	31,1953	1629,5	0,0	67,7	1561,8	571320,5	436360,6	K
T07rorj	12,1	23	10	296	2011	64	25,2993	17	31,1953	1629,5	1,0	67,7	1562,8	571320,5	436360,6	K
T08nn	10,8	8	5	128	2011	64	26,3027	17	27,7993	1704,1	0,0	67,8	1636,4	574002,1	438289,4	K
T08nn	11,7	23	10	296	2011	64	26,3021	17	27,8007	1698,9	0,0	67,8	1631,1	574001,0	438288,3	K

Kostnaður á árinu 2011:

Styrkur til þessa verkefnis af tilraunafé Vegagerðar var 1000 þkr.

Rekstrarkostnaður mælistöðvar (viðgerð skráningatækis, verkstæðisvinna, varahlutir í veðurstöð, rafgeymar, plaststíkur og vindrafstöð) var 320 þkr., kostnaður vegna mælileiðangra (5 ferðir, allar tengdar öðrum verkum til að halda kostnaði í lágmarki) reyndist 680 þkr., laun starfsmanns við frumúrvinnslu og túlkun gagna (6 vikur) 750 þkr., og umsjónargjald til yfirstjórnar Raunvísindastofnunar 12.5% eða 125 þkr. Samtals eru þetta 1875 þkr.

Maí 2012.

Finnur Pálsson og Helgi Björnsson