

Afkoma og hreyfing Breiðamerkurjökuls og afrennsli leysingavatns til Jökulsárlóns á Breiðamerkursandi

Greinargerð til Vegagerðarinnar vegna styrkumsóknar til verkefnisins: Afkoma og hreyfing Breiðamerkurjökuls og afrennsli leysingavatns til Jökulsárlóns á Breiðamerkursandi

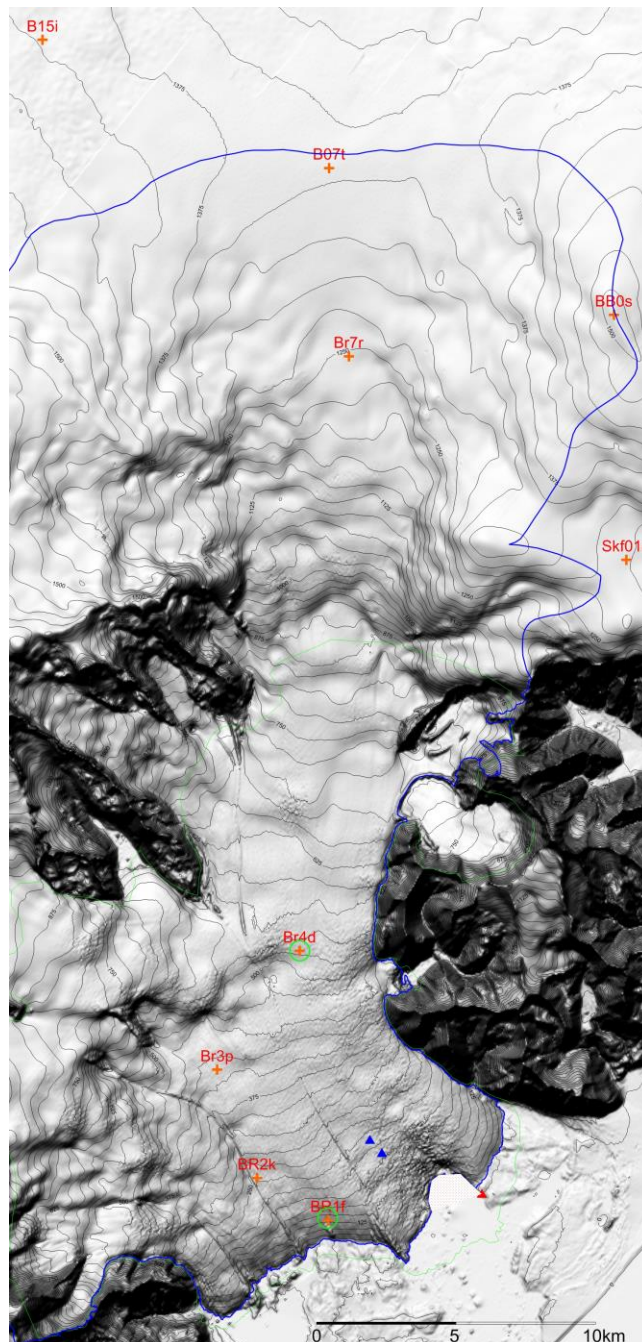
Frá: Jöklahópur, Jarðvísindastofnun Háskólans: Finnur Pálsson, Eyjólfur Magnússon, Guðfinna Aðalgeirsdóttir, Sverrir Guðmundsson, Alexander Jarosch, Helgi Björnsson

Jöklahópur Jarðvísindastofnunar hefur í ártugi aflað gagna um Breiðamerkurjökul og Jökulsárlón á Breiðamerkursandi, lengst af í nánu samstarfi við Vegagerðina.

Botn og yfirborð jökulsins voru kortlögð 1991 með íssjarmælingum, en mæling afkomu og rekstur veðurstöða hófst árið 1996. Nokkur síðustu ár hefur rannsóknasjóður Vegagerðarinnar styrkt Jöklahóp til reksturs veðurstöðva og afkomumælinganna.

Jökulárið 2012-13 var afkoma Breiðamerkurjökuls mæld á 7 mælistöðvum (1. mynd). Unnið er að mælingum á þrem efstu mælistöðvum í sérstöku leiðangri til afkomumælinga á öllum Vatnajökli í maíbyrjun og byrjun október, en stuðningur Vegagerðar er nýttur til mælinga á stöðvum BR1, BR2, BR3 og BR4. Sjálfvirkar veðurstöðvar eru í rekstri á tveimur stöðvum, Br1 og Br4. Þar er safnað gögnum sem nýtast til að meta orku sem berst að yfirborði jökuls og bræðir ís og snjó.

Einnig er fylgst með yfirborðshreyfingum jökulsins, einkum austasta arms hans sem skriður til Jökulsárlóns. Nokkrum km ofan við jaðarinn sem kelfir í lónið er samfelld mæling hreyfingar með GPS tækjum (með landmælinga nákvæmni). Staðsetning landmælinga GPS tækjanna er sýnd með bláum þríhyrningum á myndinni hér til hliðar. Einnig hefur verið aflað margskonar gervihnattagagna sem nýtast til að meta skriðhraða alls flatarins yfir tiltekin tímabil (frá nokkrum dögum til nokkurra mánaða). Um tveggja ára skeið hefur Jöklahópur rekið myndavél sem tekur háupplausnarljósmyndir af kelfandi hluta jökulsins. Myndaraðirnar nýtast til að sjá



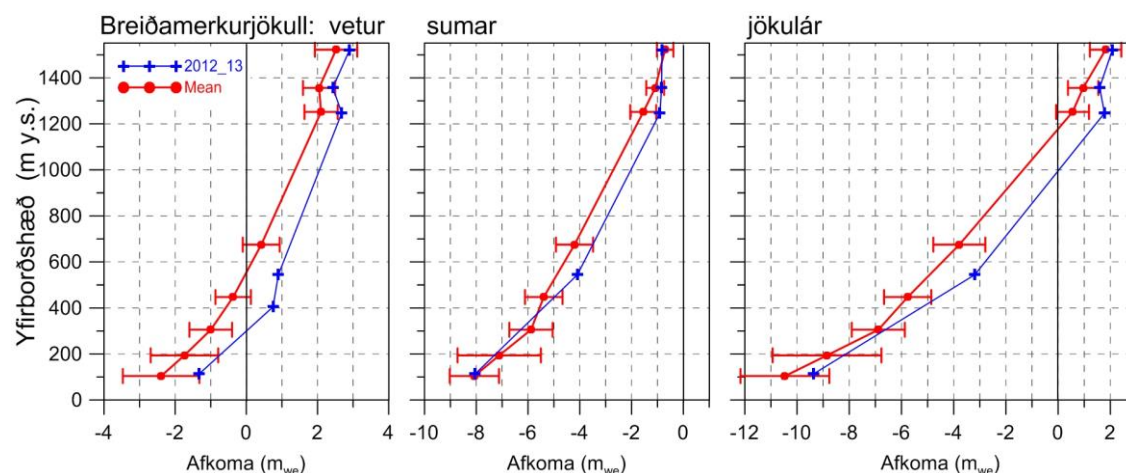
Mynd 1. Afkomumælistaðir (+), veðurstöðvar (O), GPS stöðvar (Δ) og myndavél (Δ) á og við Breiðamerkurjökul. Ísaskil Breiðamerkurjökuls sýnd með blárrí línu.

kelfingaratburði, og ætlunin er að þróa aðferðir til að meta ísmagn sem hver atburður skilar (myndaraðir má sjá hér:

https://notendur.hi.is/~eyjolfm/Breidamerkurj_time_lapse_video.html).

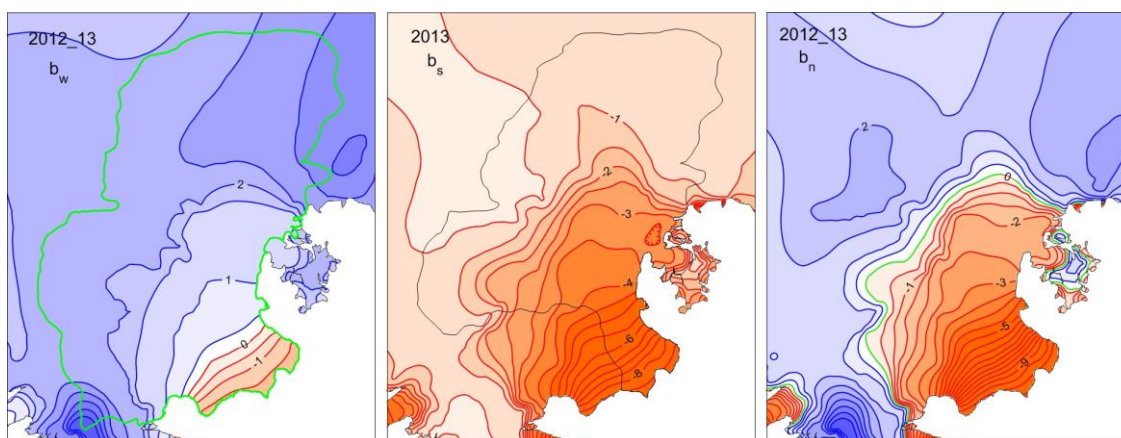
Hér er gerð grein fyrir afkomumælingum, afrennsli til Jökulsárlóns og veðurathugunum. Eyjólfur Magnússon sem unnið hefur að rannsóknum á hreyfingu jökulsins, flutti erindi um þær á árlegri ráðstefnu American Geoscience Union í San Fransisco í desember 2013 og á ráðstefnu International Glaciological Society í Finnlandi í nóvember 2013 (sjá viðhengi).

Niðurstöður afkomumælinga 2012-13.



Mynd 2. Breytileiki afkomu með hæð á Breiðamerkurjökli jökulárið 2012-13 og meðaltal allra ára sem afkoma hefur verið mæld (afkoma í m vatnsjafngildi og hæð (y-ás) í m yfir sjó). Þverstrikin sýna staðalfrávik mæliræða í mælipunktum.

Þegar gögnum hefur verið safnað um afkomu (2. mynd) eru unnin stafræn kort vetrar-, sumar og ársafkomu alls Vatnajökuls. Flatartegur yfir safnsvæði jökulsins skila afkomu hans og einstakra skriðjökla (3. mynd) og á sama hátt (tegur yfir vatnasvið) fæst heildarafrennsli leysingavatns til Jökulsárlóns (3. mynd).



Mynd 3. Dreifing vetrar- (vinstri) sumar- (miðja) og ársafkomu (hægri) á Breiðmerkurjökli 2012-13 (afkoma í m vatnsjafngildi). Ísasvið Breiðamerkurjökuls er sýnt með grænni línu (vinstri rammi) og vatnasvið Jökulsárlóns á Breiðamerkursandi með svartri línu (miðju rami).

Breytileiki afkomu eftir mælisniði er sýnd á 2. mynd. Veturinn var frekar kaldur og mikil úrkoma í SA áttum. Snjósöfnun var um 1 staðalfrávikki yfir meðaltali á efri hluta jökulsins, en á neðri hluta nær 1.5 staðalfrávikki umfram meðaltal mælitímans (frá 1996). Vetrarleysing neðst á jöklinum var mun minni en að jafnaði. Vetrarafkoma var 35% umfram meðallag. Þrátt fyrir að sumarið hafi verið frekar hlítt og sólríkt var heildarleysing aðeins um 85% af meðaltali. Ársafkoman var neikvæð eins og allan mælitímamann, en aðeins sem nam 21% af meðaltali. Þetta ár er það sem næst hefur komist jafnvægi í afkomu síðan mælingar hófust (4. mynd).

Auk massataps vegna afkomu við yfirborð tapast ís vegna kelfingar í Jökulsárlón (ís sem brotnar af sporðinum og bráðnar í lóninu). Jöklahópur hefur í eldri verkum metið að kelfing hafi verið fjórðungur úr km^3 um miðjan fyrsta áratug aldarinnar (sem samsvarar 10 hluta meðal sumarleysingar). Sterkar vísbendingar eru um að kelfing hafi aukist á síðasta áratug, niðurstöður úr vinnu fransks nemenda sem var hjá jöklahópi sumarið 2009 og vann að mati kelfingar út frá ýmsum gervitunglagögnum var að kelfing árið 2007 væri $\sim 0.25 \text{ km}^3$ en $\sim 0.7 \text{ km}^3$ árið 2009 (það ár var einstakt að því leiti að lónið var meira og minna þakið ísjökum langtímum saman). Á árinu 2014 verður unnið nákvæmara mati á kelfingu síðasta áratuginn, en tími og peningur dugðu ekki til þetta vinnuár.

Samandregnar upplýsingar um afkomu Breiðamerkurjökuls jökulárið 2012-13:

Flatarmál = $\sim 938 \text{ km}^2$ (þetta er flatarmál árið 2010)

$\mathbf{B}_w = 1.75 \text{ km}^3$; $\mathbf{b}_w = 1.87 \text{ m}$

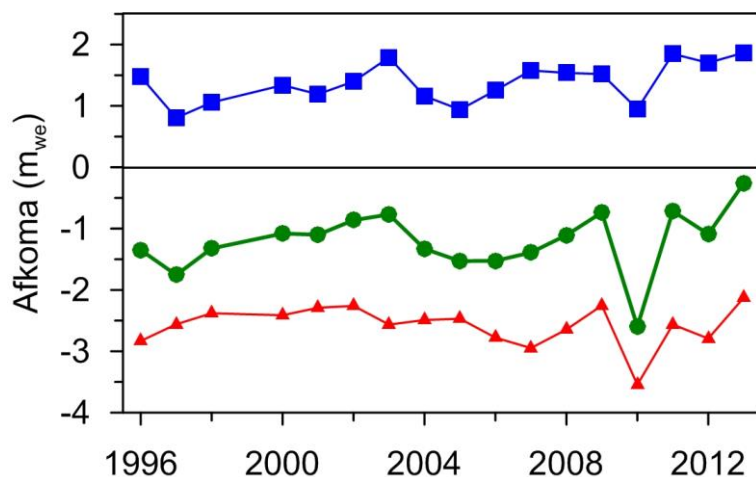
$\mathbf{B}_s = -1.99 \text{ km}^3$; $\mathbf{b}_s = -2.13 \text{ m}$

$\mathbf{B}_n = -0.24 \text{ km}^3$; $\mathbf{b}_n = -0.26 \text{ m}$

ELA (hæð jafnvægislínu) = 995 m (á mælisniði)

AAR (hlutfall safnsvæðis af heildarflatarmáli) = 62 %

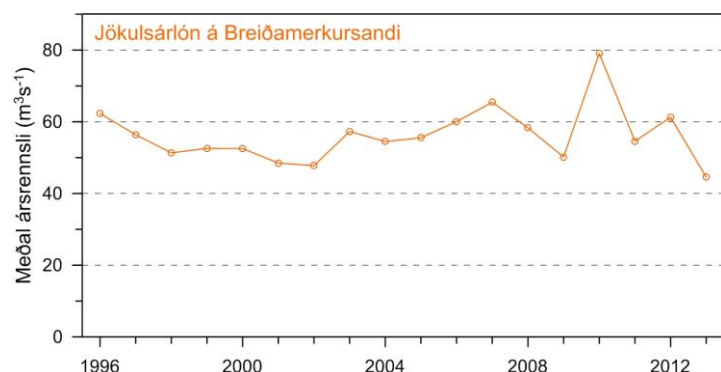
(B er rúmmál afkomu, b er þykkt afkomu jafndreift á flötinn, bæði gefin sem vatnsjafngildi, w , s , n standa fyrir vetur, sumar og ár)



Mynd 4. Afkoma Breiðamerkurjökuls metin eftir afkomumælingum vetur, sumar og jökulár (ekki er tekið tillit til kelfingar).

Afrennsli til Jökulsárlóns

Meðalársafrennsli til Jökulsárlóns vegna yfirborðsleysingar er sýnt á 6. mynd. Meðalafrennsli til lónsins 1996 til 2013 er nærri $60 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Leysing á miðju sumri



Mynd 5. Meðalafrennsli yfirborðsleysingarvatns til Jökulsárlóns 1996 til 2013.

ræðst að stærstum hluta af sólgeislun, þannig má nálga dreifingu leysingar með tíma gróflega með sólarhæð; þ.e. gera ráð fyrir að lítil sem engin leysing sé á tímabilinu nóvember til febrúar, en nota sínuslögun það sem eftir er árs með hámarki á miðju sumri. Ef þetta er gert fæst hámarksafrennsli í meðalári nálægt $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ um miðjan júlí. Raunverulegur toppur er líklega mun hærri, ekki er óvarlegt að gera ráð fyrir að í ofsaleysingu sé topprennsli 2-3 sinnum meira, eða $400\text{-}600 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$; þetta má vinna miklu betur með reiknilíkönum sem byggja þeirri röð veðurgagna sem til eru.

Auk afrennslis leysingavatns bráðna nálægt 0.5 km^3 af ís á ári í lóninu; þetta eru nærri $16 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ að meðaltali, en mest bráðnar yfir sumarmánuðina (mjög lítið í nóvember til febrúar/mars), þannig gæti tillegg þessa verið nálægt $50 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ yfir sumartímamann.

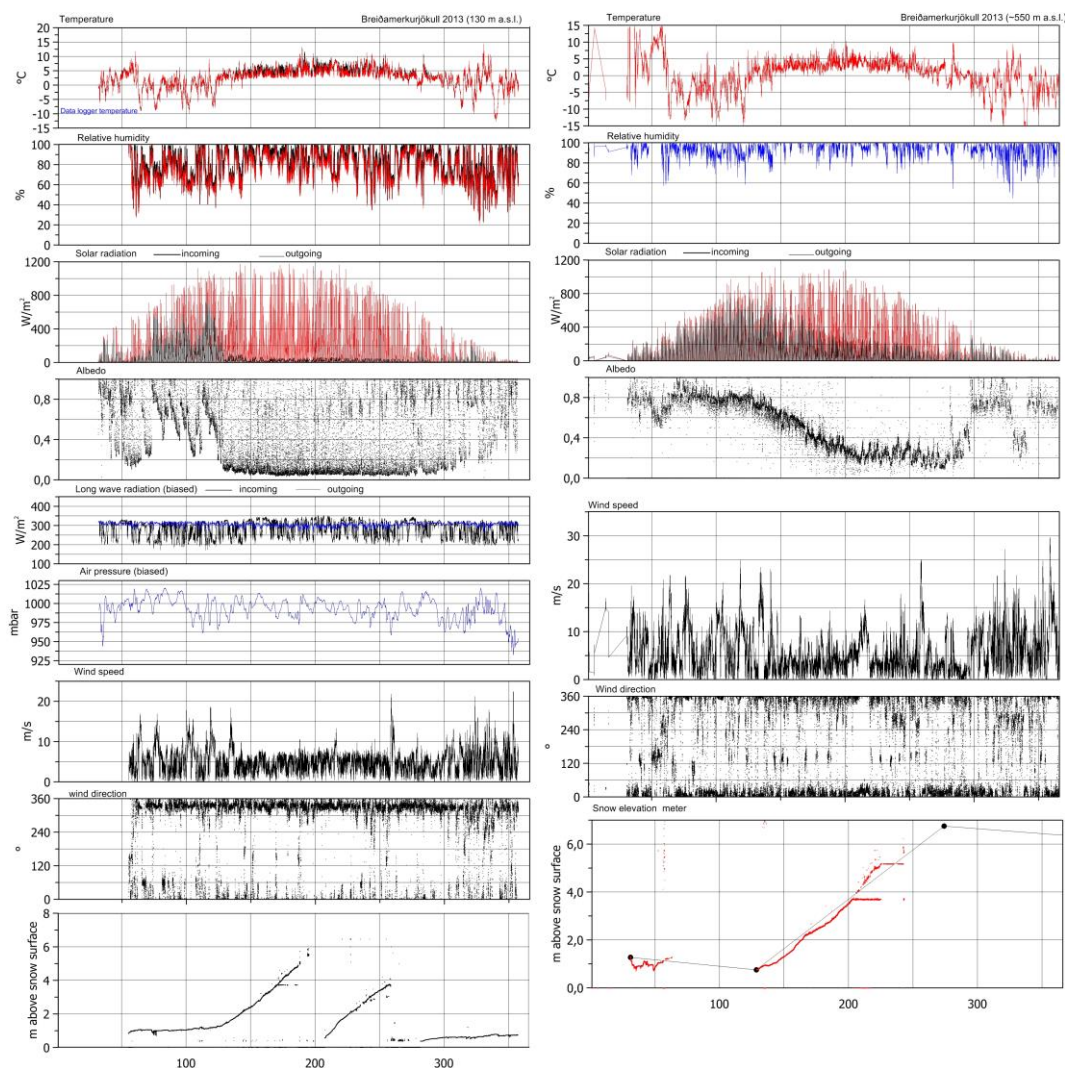
Breiðmerkurjökull og Jökulsárlón eru á úrkomusamasta svæði Íslands. Regnvatn sem fellur á vatnasvið Jökulsárlóns á jökli að sumarlagi skilar sér allt sem afrennsli til lónsins með breytilegri seinkun, nær engri seinkun fyrir það sem fellur á sporðinn en ~sólarhringur fyrir það sem fellur efst á safnsvæðið. Metúrkoma var á þessu svæði í október 1979, sólarhringsúrkoma á Kvískerjum mældist 242.7 mm , einnig í febrúar 1968 228.4 mm í Kvískerjum og samtímis 233.9 mm á Vagnstöðum í Suðursveit. Ef slík úrkoma félli á vatnasvið Jökulsárlóns ($\sim 740 \text{ km}^2$) og skilaði sér á einum sólarhring í lónið væri meðalrennsli $(0.002 \text{ m} * 740.000.000 \text{ m}^2 / (3600 * 24 \text{ s})) = 1720 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (vatnsmagnið myndi hækka yfirborð lónsins um 6 m ef ekkert rynni burt). Atburður af þessu tagi er ekki líklegur að sumarlagi en ekki ósennilegt að helmingur þessa sé ekki útilokað, það þarf að kanna betur í úrkomugögnum Veðurstofu.

Að minnsta kosti þrjú jökulstífluð lón geta hlaupið til Jökulsárlóns undir Breiðmerkurjökul. Vel er þekkt lón í Veðurárdal (um 2 km^2), lítið lón er við enda Skálbjarga í Esjufjöllum, og lón sem fór að myndast rétt fyrir aldamót í Fossadal milli Skálbjarga og Vesturbjarga stækkar enn (nú um 1 km^2); á gervitunglamyndum sést að úr því hleypur. Í samanburði við Jökulsárlón eru öll þessi lón mjög lítil; þó rennslistoppur í hlaupum frá þeim gæti orðið stór (e.t.v. $100\text{-}1000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) er hann skammær og vatnsmagnið það lítið að ekki myndi hækka í Jökulsárlóni nema um nokkra tugi cm. (hlaup úr lóni sem er 1 km^2 og 25 m djúpt myndi hækka yfirborð Jökulsárlóns um 1 m).

Ef saman færu í röð sólarhringur með ofsarigningu og sólarhringur með ofsaleysingu er ekki ólíklegt að innrennsli til Jökulsárlóns gæti verið $1000\text{-}1500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ í einn til tvo sólarhringa. Áfram verður unnið að betra mati á þessum stærðum; gera þarf reiknilíkön sem nýta gagnasafnið sem til er.

Veðurathuganir

Til að auka skilning á samhengi veðurs og jöklabreytinga hefur veðurgagna á jökli verið aflað. Á Breiðamerkurjökli eru nú tvær veðurstöðvar í rekstri allt árið (í ~130 m og um 550 hæð). Þá er einnig rekin að sumarlagi veðurstöð í um 1150m hæð á Hoffellsjökli, en leysing og veður þar er mjög svipuð og á Breiðamerkurjökli. Neðri veðurstöðin hefur verið í rekstri í mörg ár; undir árslok 2012 var ljóst að alvarlegar bilanir væru komnar upp þar. Stöðin var því flutt til Reykjavíkur í byrjun árs og búnaður yfirfarinn og endurnýjaður eftir þörfum. Efri stöðin heimsótt í maí og hún flutt til um nokkur hundruð metra til að tryggja betra símasamband (gögn eru lesin af stöðvunum með GSM mótöldum). Þessi gögn ásamt veðurgögnum annarra ára verða nýtt í verkefninu.



Mynd 7. Helstu veðurþættir á veðurstöðvunum á Breiðamerkurjökli 2013.

Kostnaður á árinu 2013:

Styrkur til þessa verkefnis af tilraunafé Vegagerðar var 1300 þkr. Rekstrarkostnaður mælistöðva (viðgerð veðurstöðva, verkstæðisvinna, varahlutir, rafgeymar ofl) var 300 þkr., kostnaður vegna mælileiðangra (4 ferðir, sumar tengdar öðrum verkum til að halda kostnaði í lágmarki) reyndist 800 þkr., laun starfsmanns við frumúrvinnslu og túlkun gagna (1.5 mannmán) 700 þkr., og umsjónargjald til yfirstjórnar Raunvísindastofnunar 12.5% eða 163þkr. Samtals eru þetta 1963 þkr.

27. júní 2014. f.h. Jöklahóps Jarðvísindastofnunar; Finnur Pálsson verkefnastjóri