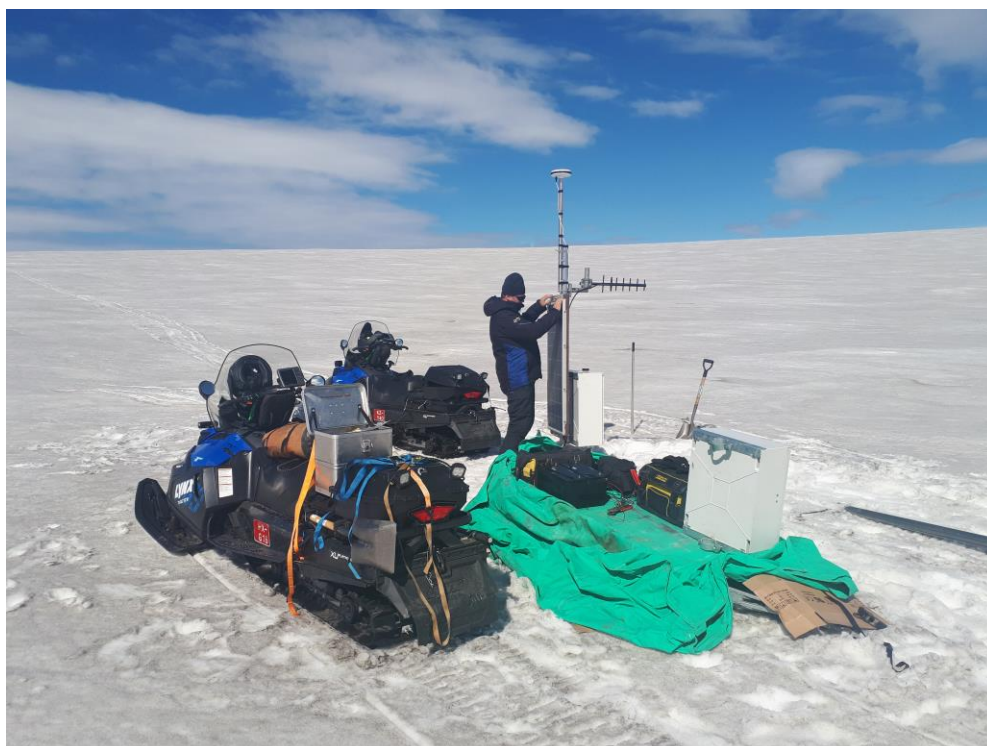


*Greinargerð vegna styrks úr Rannsóknasjóði Vegagerðarinnar árið
2019 fyrir verkefnið:*

*Þróun vatnsgeyma undir sigkötlum Mýrdalsjökuls
séð með íssjá*



Eyjólfur Magnússon, Finnur Pálsson og Joaquín M. C. Belart

Jarðvísindastofnun Háskólans

Bergur Einarsson og Benedikt G. Ófeigsson

Veðurstofu Íslands

22. apríl 2020

Inngangur

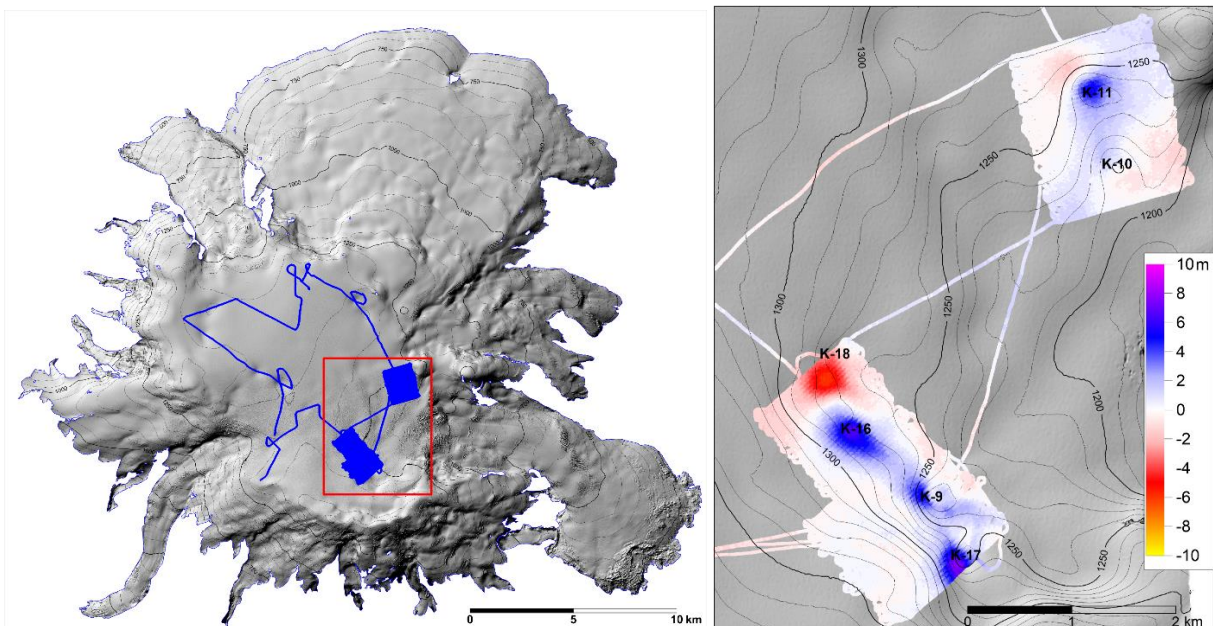
Katlarnir á Mýrdalsjökli hafa verið reglubundið vaktaðir frá 1999 eftir að stórt hlaup kom í Jökulsá á Sólheimasandi sem ógnaði brúnni yfir ána og olli spjöllum á öðrum mannvirkjum á sandinum. Vöktunin var fyrst eingöngu byggð á endurteknum hæðarsniðmælingum, oftast úr flugvél (sjá http://www.jardvis.hi.is/myrdalsjokull_eftirlit_med_sigkotlum). Eftir að annað hlaup tók af brúna yfir Múlakvísl í júlí 2011 var með stuðningi Rannsóknarsjóðs Vegagerðarinnar farið að gera íssjármælingar á snjósleðum samtímis hæðarsniðmælingum. Frá 2012 hafa íssjárnsnið yfir helstu katlana innan Kötluöskjunnar verið mæld 1-2 á ári (Eyjólfur Magnússon o.fl., 2017). Einnig hafa sumir katlarnir verið rannsakaðir með því að mæla endurtekið mjög þétttriðið safn íssjárnsniða (20 m milli samsíða íssjárnsniða) til að fá sem skýrasta mynd að breytingum við jökulbotn.

Dagana 19-21. maí 2019 voru gerðar íssjármælingar yfir kötlum Mýrdalsjökuls (1. mynd). Mæld voru stök snið yfir katlana en einnig mælt þétttriðið safn íssjárnsniða yfir virkustu kötlunum á vatnasviði Múlakvíslar með það að markmiði að meta magn vatns við jökulbotn undir þeim. Meginviðfangsefni þessarar greinargerðar eru tvö: Annars vegar áður nefndar íssjármælingar og túlkun þeirra að mælingum loknum, en framhaldi af því var gefin var út viðvörðun um að hætta væri á talsverðu hlaupi í Múlakvísl um sumarið, sem gæti orðið það stærsta frá því júlí 2011. Hins vegar er rakið hver raunin varð samkvæmt gögnum um hæðarbreytingar í kötlunum og mælingum úr GPS-stöð sem Veðurstofa Íslands kom fyrir í öðrum af tveimur upptakakötlum væntanlegs hlaups. Ekki verður gerð sérstaklega grein fyrir úrvinnsluáðferðum en nánari upplýsingar má finna í skýrslu Eyjólf Magnússon o.fl. (2017).

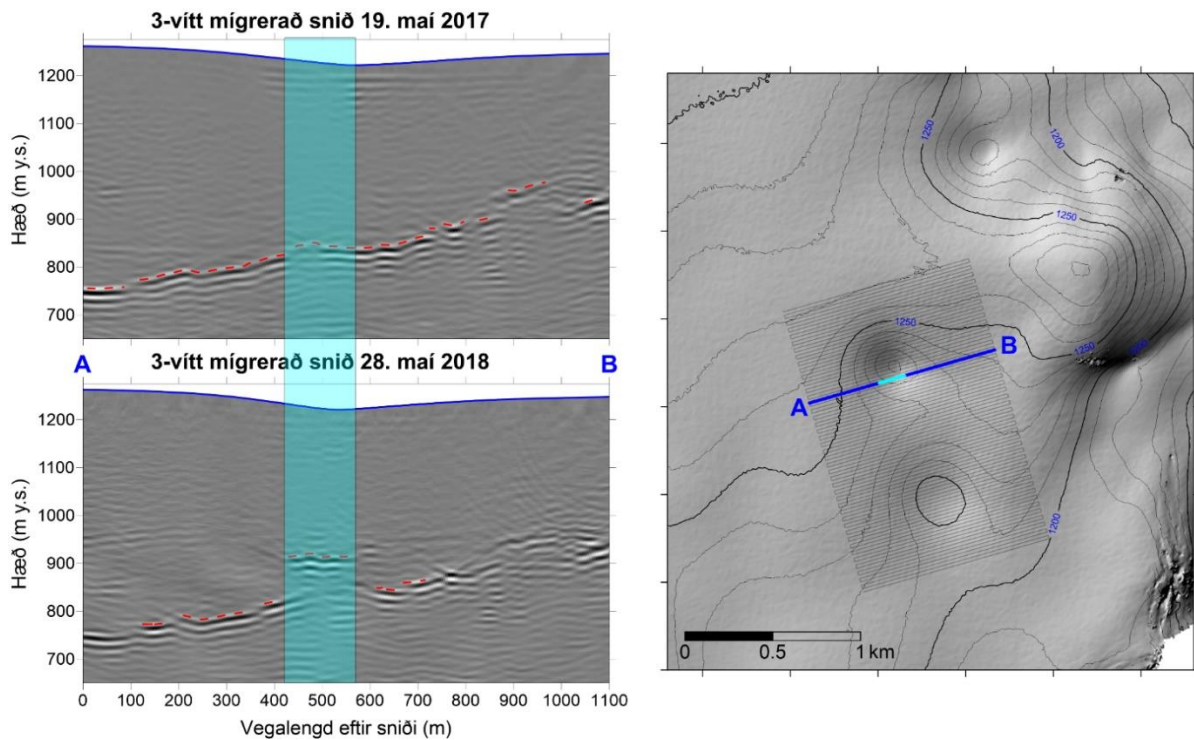
Megin ástæða íssjármælinganna vorið 2019 var að sumarið 2018 kom ekkert merkjanlegt hlaup undan kötlum 10 og 11 (1. mynd) en þeir eru austustu sigkatlarnir í Kötluöskjunni og skila að öllu jöfnu árvissum hlaupspýjum um hásumar í Múlakvísl. Hlaup frá þessum kötlum geta orðið nokkuð stór. Hluti vatnsins í hlaupinu 2011 var frá þeim. Einnig kom nokkuð stórt hlaup, líklega með $>1000 \text{ m}^3/\text{s}$ hámarksrennsli, undan þeim sumarið 1955 (Sigurður Þórarinnsson, 1957). Þétttriðnar íssjármælingar (dæmi á 2. mynd) sem gerðar voru yfir kötlunum í nóvember, 2018, staðfestu að vatn sem var undir kötlunum vorið áður var þar enn og gáfu einnig til kynna viðbótar vatnssupsöfnun. Því var sótt um styrk í Rannsóknarsjóð Vegagerðarinnar til endurtaka samskonar mælingu yfir kötlum 10 og 11 að vori og auk þess að endurtaka íssjármælihring yfir öllum helstu kötlum innan öskjunnar líkt og gert hefur verið 1-2 á ári frá 2012, bæði með stuðningi Rannsóknarsjóðs Vegagerðarinnar og Rannís. Vorið 2019 var ákveðið að nýta ferðina til að endurtaka þétttriðna íssjármælingu yfir katli 16 (1. mynd), sem skilaði stærstum hluta

hlaupvatnsins í júlí 2011. Sá ketill hafði verið mældur áður með þessum hætti vorin 2013, 2014 og 2017 sem og haustið 2017. Haustið 2018 virtist ekki heldur hafa hlaupið undan katli 16 m.v. yfirborðshæðarbreytingar í honum frá vori og því þótti ástæða til endurmæla hann einnig. Að auki voru gerðar þessar íssjármælingar yfir kötlum 9 og 17 (1. mynd). Meginmarkmið þeirra mælinga var að gera ítarlegt botnkort af undirlagi þeirra en þar sem samskonar mælingar höfðu ekki verið gerðar áður yfir þessum kötlum var ekki mögulegt að meta hversu mikið vatn er undir þeim. Botnkortið hefur þegar verið unnið eftir þeim mælingum en ekki verður frekar greint frá því hér. Samanburður yfirborðshæðarmælinga, gerðar samhliða íssjármælingunum, við hæðarkort haustið 2018 (1. mynd) gaf til kynna að ekkert hlaup hafi komið undan ofantöldum kötlum veturinn 2018-2019. Hins vegar hafði ketill 18, norður af katli 16, sigið.

Höfundar þessarar greinargerðar bera ábyrgð á innihaldi hennar. Niðurstöður hennar ber ekki að túlka sem yfirlýsta stefnu Vegagerðarinnar eða álit þeirra stofnana sem höfundar starfa hjá.



1. mynd. Til vinstri sést lega íssjármælilína sem mældar voru yfir kötlum Mýrdalsjökuls 19.-21. maí, 2019. Rauði ferhyrningurinn afmarkar svæðið sem hér verður fjallað mest um. Undirliggjandi hæðarkort var mælt með leysihæðarskönnun úr flugvéli sumarið 2010 (Tómas Jóhannesson o.fl. 2013). Til hægri sést hæðarkort af jökulyfirborði í suðausturhluta Kötluöskjunnar (sjá ferhyrning á vinstri mynd) frá 30. september 2018 gert eftir Pléiades gervihnattaljósmyndum (frá CNES vegna Isis-Pléiades verkefnisins). Litamyndin sýnir hæðarbreytingar frá þeim tíma til 20. maí, 2019 að frádreginni jafnaðarhæðarbreytingu. Heitir litir sýna sig yfirborðs í kötlum, bláir hækkun þess. Staðsetning katla sem hér eru til umfjöllunar er merkt á myndina.



2. mynd. Dæmi um íssjárnsnið (3-vítt mýgreruð, sjá Eyjólfur Magnússon o.fl., 2017, til frekari útskýringar) yfir katli 11 vorið 2017 og 2018 og hvernig endurkast getur breyst vegna vatnssöfnunar við jökulbotn. Ljósblái hluti sniðsins á myndunum sýnir hvar vatn var vorið 2018 en ekki árið áður.

Íssjármælingar og túlkun þeirra

Vatnsmagn í kötlum 10 og 11 hefur verið metið með þéttum íssjármælingum í fjögur skipti frá vori 2017 (3.-7. mynd). Af 4. mynd sést að ágætis samræmi var milli þess rúmmáls sem áætlað er að hafi verið undir kötlunum vorið 2017 (2,7 Gl; 1 Gl = 1 milljón m³) og þess sem skilaði sér í hlaupi 2 mánuðum síðar (3,6 Gl). Mismuninn má telja eðlilega aukningu vegna sumarleysingar og frekari botnbráðar frá maí til júlí. Mæling vatnsmagns undir kötlunum vorið 2018 gaf áþekkt vatnsmagn og vorið áður eða um 2,9 Gl (5. mynd). Sumarið leið án merkjanlegs hlaups og gáfu íssjármælingar haustið 2018 til kynna nokkru meira vatn undir katlinum þ.e. 4,3 Gl (6. mynd). Íssjármælingarnar vorið 2019 sýndu enn stækkun vatnsgeyma undir kötlunum; áætlað heildarrúmtak þeirra var þá 6,0 Gl (7. mynd) en aukningin frá hausti 2018 virtist eingöngu bundin við ketil 10. Erfitt er að meta óvissur í þessu rúmmálsmati en ólíklegt að vatnsmagn undir kötlunum hefði verið undir 5 Gl vorið 2019 og en varla yfir 7 Gl. Það að vatnsmagn vorið 2019 var nokkurn veginn tvöfalt meira en vorin 2017 og 2018 þegar hlaup urðu sumarið áður studdi enn frekar við mat vatnsmagns undir kötlum 10 og 11 vorið 2019.

Katlar sem sýnt hafa árstíðabundna hegðun líkt og katlar 10 og 11 virðast hafa tilhneigingu til að tæmast í júlí eða byrjun ágúst eftir að yfirborðsleysing hefur tekið verulega við sér á

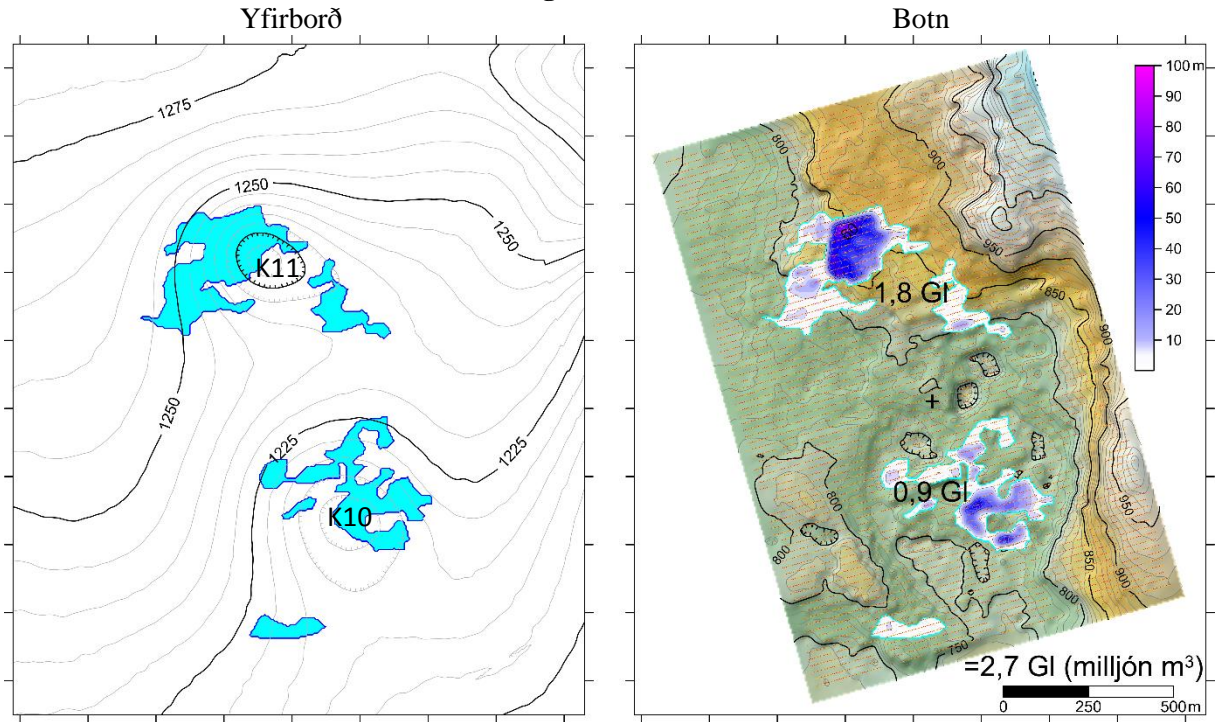
háöklinum. Í lok júní 2019, þegar úrvinnsla gagna frá maí var lokið, hafði sumar verið fremur hlýtt og það talið líklegt til að flýta frekar fyrir hlaupi. Því var talið allt eins líklegt að hlaupvatn undan kötlum 10 og 11 myndi skila sér í Múlavísl jafnvel fyrripart júlí. Talið var líklegt að hlaupið yrði það stærsta frá stóra hlaupinu 2011. Áætlað 6,0 GJ vatnsmagn er tæplega þriðjungur þess sem áætlað var sem magn vatns í hlaupinu 2011 (~20 GJ; skv. mati Magnúsar T. Guðmundssonar og Þórdísar Högnadóttur byggt á radarsniðmælingum yfir kötlunum 2 dögum eftir hlaup og GPS mælingum skömmu fyrir hlaup). Óvarlegt var talið að gera að ráð fyrir því að einungis 6,0 GJ myndu skila sér í væntanlegu hlaupi, þar sem yfirborðsleysing vegna hlýnda sem og viðbótar botnbráð gæti vel bætt 1-2 GJ við. Í júlí 2011 hljóp að því er virtist úr nokkrum kötlum í einu. Stórt hlaup undan katli 16 kom líklega af stað hlaupi undan fleiri kötlum þ.m.t. kötlum 10 og 11. Íssjármælingar gáfu að undir katli 16 væri um 1 GJ sem má telja eðlilegt ástand (8-9. mynd) og ekki var talið ólíklegt að undir kötlum 9 og 17 leyndust 2-3 GJ samanlagt. Ef atburðarásin yrði svipuð og 2011 var talið vel mögulegt að heildarvatnsmagn í hlaupi næði 10 GJ eða helming þess sem kom fram í hlaupinu í júlí 2011.

Vegna þessa var gefin út aðvörðun um væntanlegt hlaup og Veðurstofa Íslands setti síritandi GPS-stöð í ketil 10 með fjarskiptabúnaði sem gæti gefið viðvörðun um yfirvofandi hlaup í Múlavísl með meira en dags fyrirvara m.v. fyrri reynslu af GPS mælingum í katlinum (10. mynd). En það er erfitt að spá, sérstaklega um framtíðina. Gögn sem aflað var um sumarið og fram á haust sýna að atburðarásin varð talsvört önnur en sú sem varað var við.

Samanburður íssjármælinga og hæðarbreytinga um sumarið og í jökulhlaupi haustið 2019

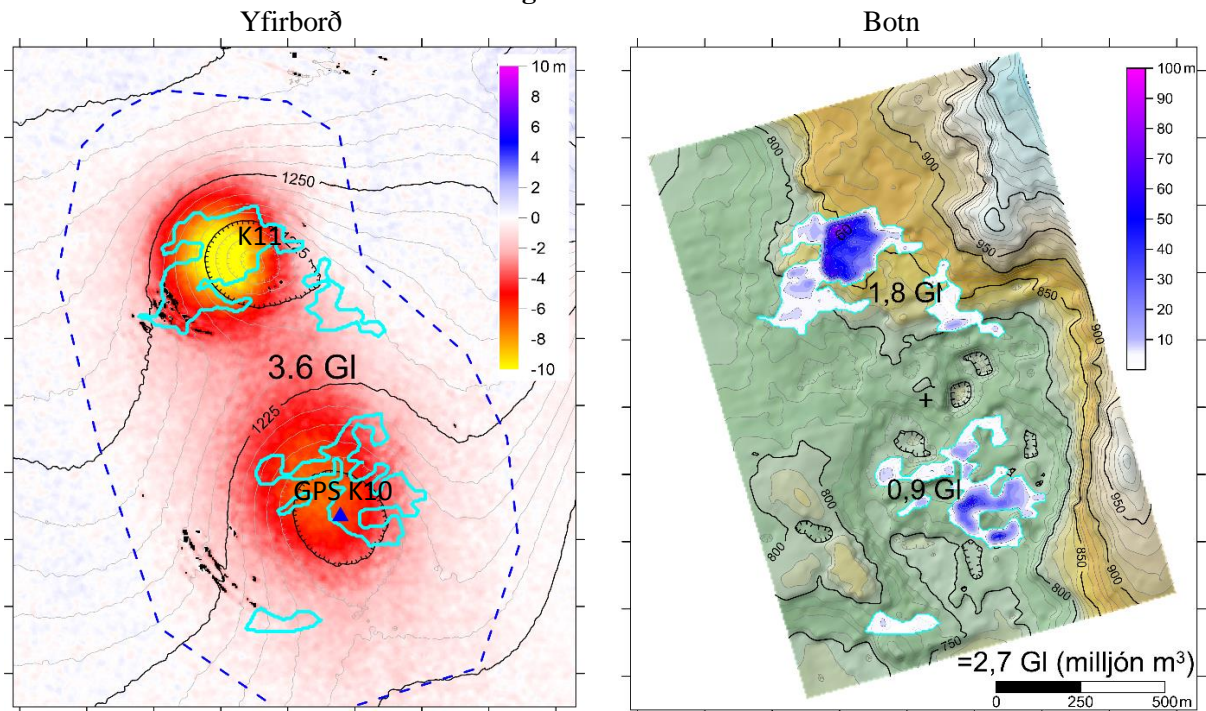
Veðurstofa Íslands setti GPS-stöðina í ketil 10, þann 5. júlí og skráði hún staðsetningu allt til 20. október, skömmu áður en hún var tekin niður. Að auki var aflað Pléiades gervihnattaljósmyndapara sem nýttar voru til að gera stafræn hæðarkort af yfirborði jökulsins í hárrí upplausn (4 m x 4 m möskvastærð). Þessi myndpör voru frá 10. ágúst, 28. september og 23. október og var hægt að gera eftir þeim þrjú nær samfelld hæðarkort af háöklinum þar með talið öllum þekktum sigkötlum í Mýrdalsjökuls.

K-10 og K-11 í maí 2017



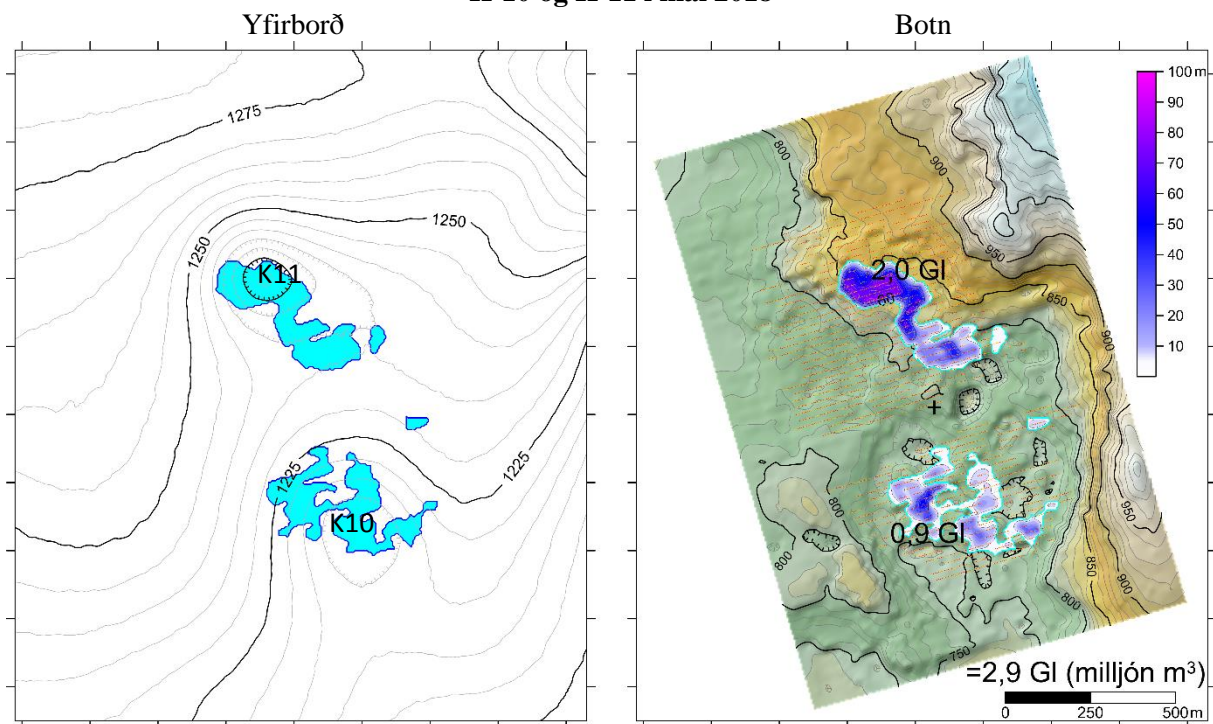
3. mynd. Niðurstöður íssjármælinga í maí 2017. Til hægri sést kort af jökulbotni fengið út frá samtúlkun allra fjögurra mælisafnanna (vorin 2017, 2018 og 2019 sem og haustið 2018) ásamt útbreiðslu, þykkt (gefin með litakvarða) og heildarrúmtaki vatnsgeyma. Rauðir punktar sýna staðsetningu rakinna endurkasta vorið 2017. Til vinstri er sýnt yfirborð ketilsins á sama tíma ásamt vatnsútbreiðslu við botn.

K-10 og K-11 sumarið 2017



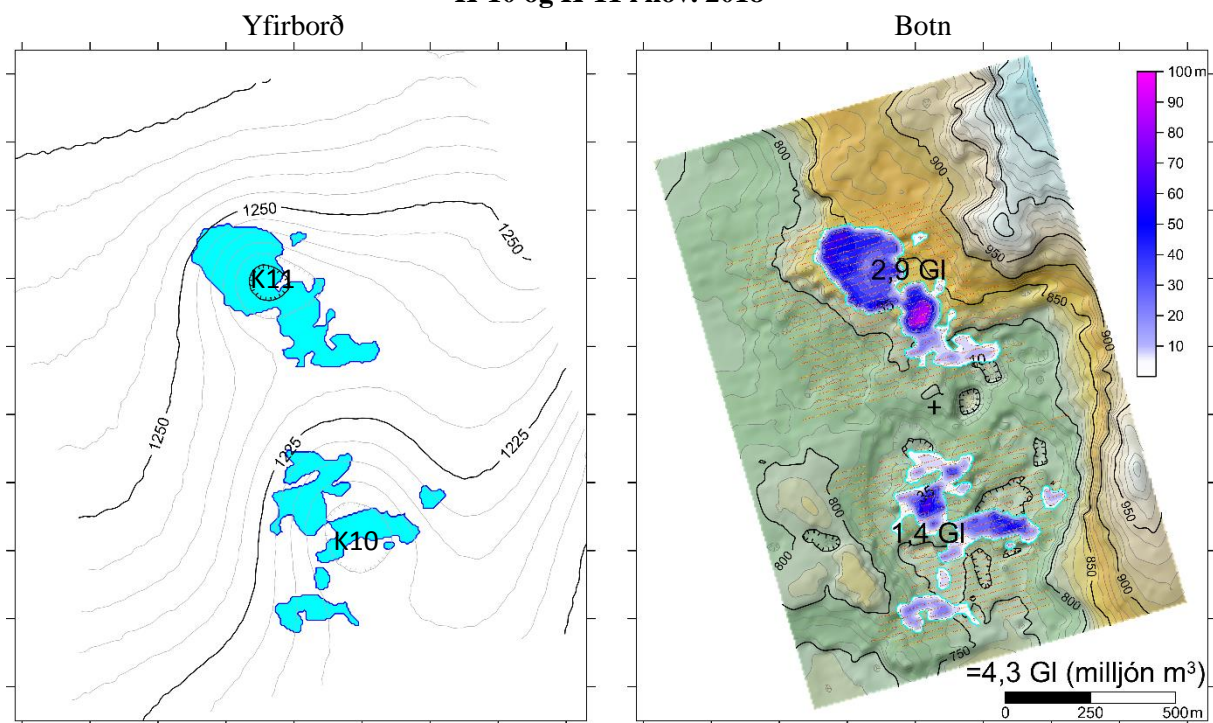
4. mynd. Niðurstöður íssjármælinga í maí 2017 bornar saman við lækku í hlaupi í lok júlí 2017 (vinstri mynd) og áætlað rúmmál hlaups út frá yfirborðslækkun. Hæðarkort og afleiddar hæðarbreytingar eru unnar út frá Pléiades gervihnattaljósmyndum (frá CNES vegna Isis-Pléiades verkefnisins). Flákar á hægri mynd (ljósbláar útlínur) sýna dreifingu vatnsgeyma við jökulbotn skv. íssjármælingum um vorið.

K-10 og K-11 í maí 2018



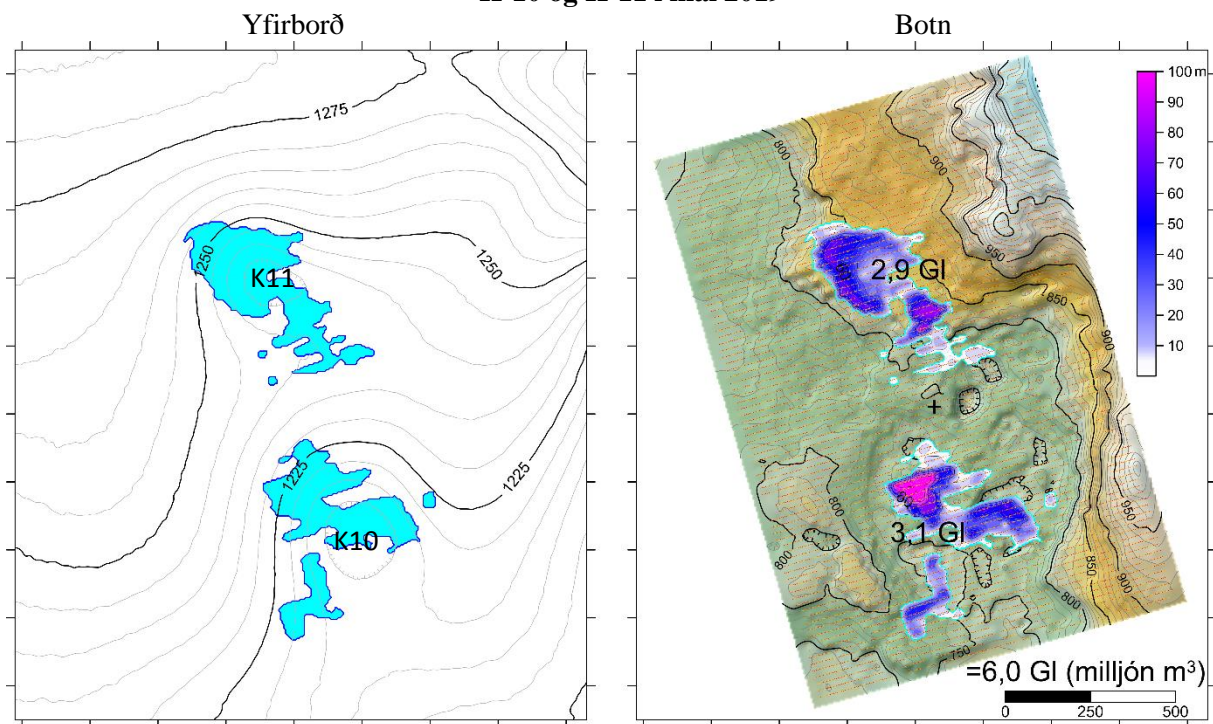
5. mynd. Niðurstöður íssjármælinga í maí 2018. Til hægri sést kort af jökulbotni ásamt útbreiðslu, þykkt og heildarrúmtaki vatnsgeyma. Rauðir punktar sýna staðsetningu rakinna endurkasta vorið 2018. Til vinstri sést yfirborð ketilsins á sama tíma ásamt vatnsútbreiðslu við botn.

K-10 og K-11 í nóv. 2018



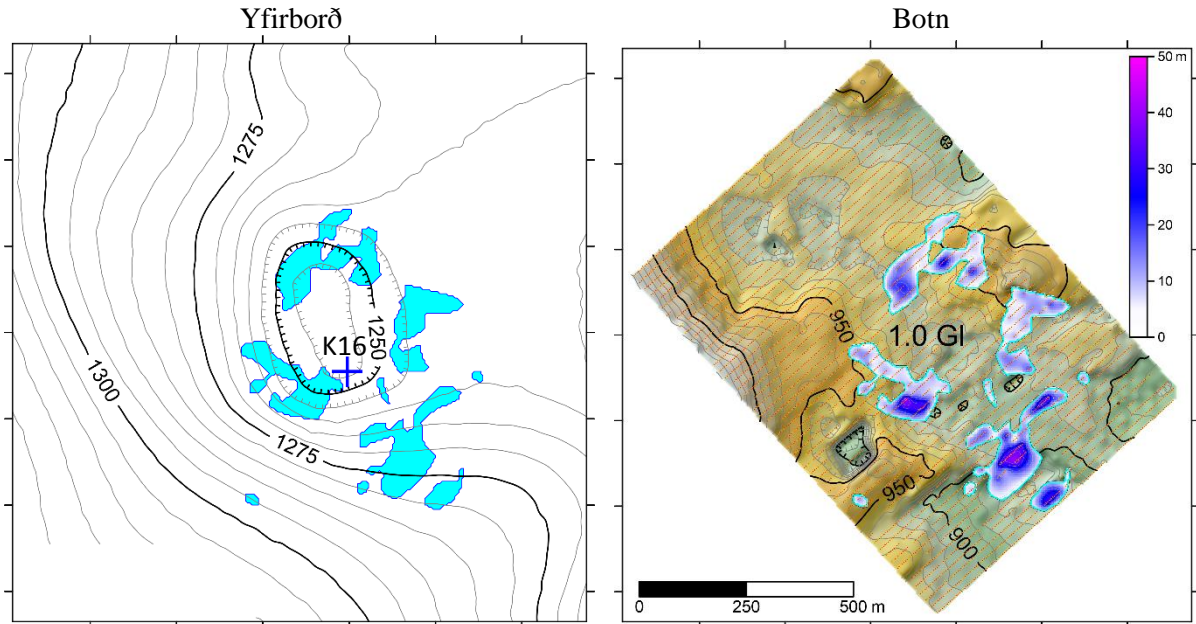
6. mynd. Niðurstöður íssjármælinga í nóvember 2018. Til hægri sést kort af jökulbotni ásamt útbreiðslu, þykkt og heildarrúmtaki vatnsgeyma. Rauðir punktar sýna staðsetningu rakinna endurkasta haust 2018. Til vinstri sést yfirborð ketilsins á sama tíma ásamt vatnsútbreiðslu við botn.

K-10 og K-11 í maí 2019



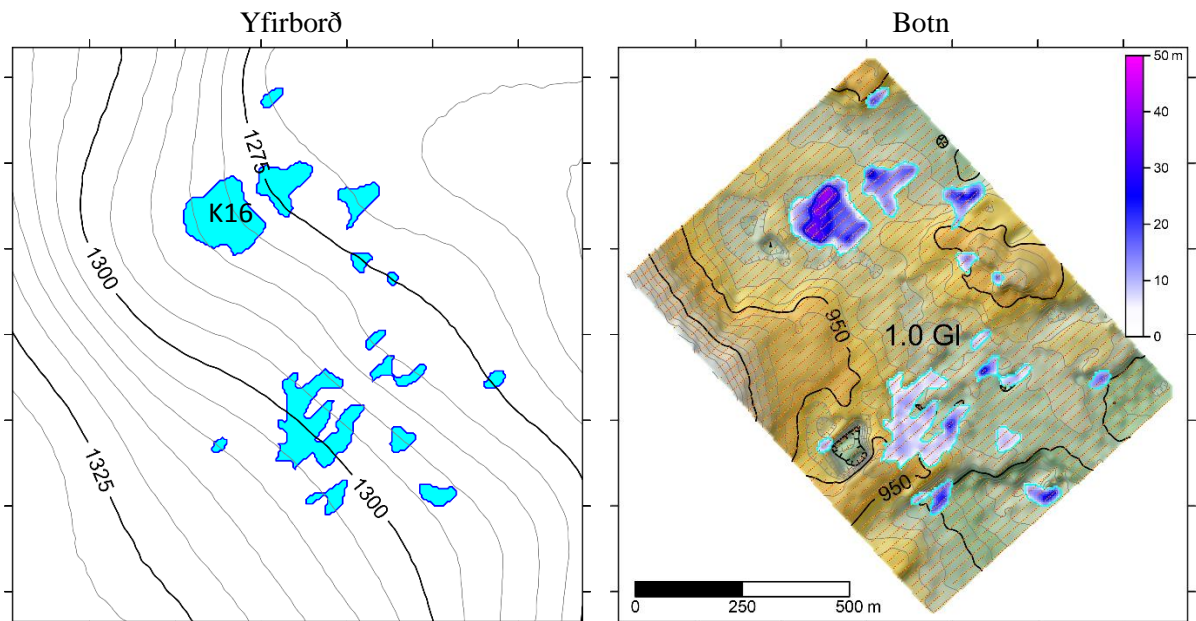
7. mynd. Niðurstöður íssjármælinga í maí 2019. Til hægri sést kort af jökulbotni ásamt útbreiðslu, þykkt og heildarrúmtaki vatnsgeyma. Rauðir punktar sýna staðsetningu rakinna endurkasta vorið 2019. Til vinstri sést yfirborð ketilsins á sama tíma ásamt vatnsútbreiðslu við botn.

K-16 í maí 2013



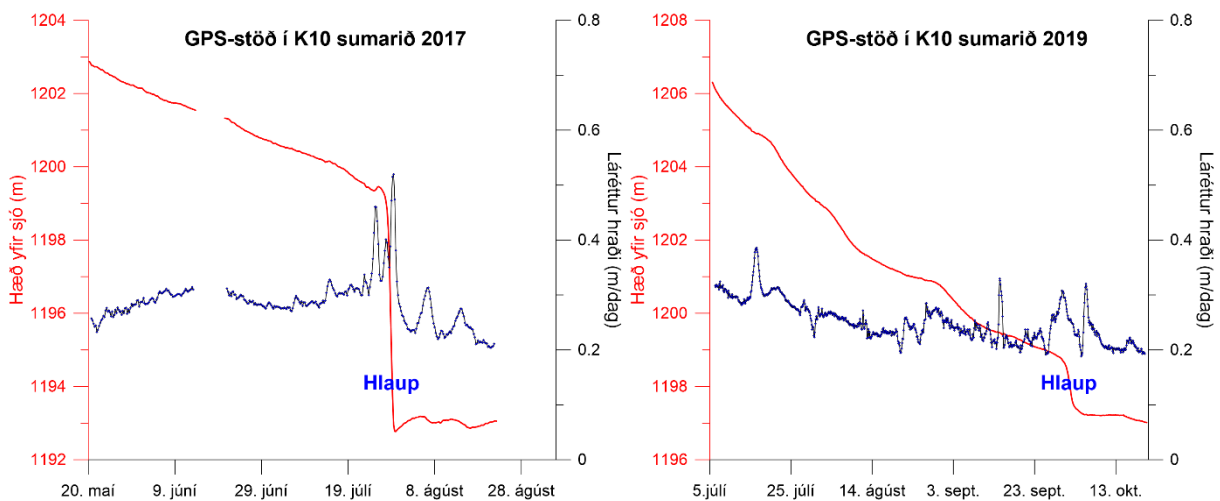
8. mynd. Niðurstöður íssjarmælinga í maí 2013 í katli 16. Til hægri sést kort af jökulbotni ásamt útbreiðslu, þykkt og heildarrúmtaki vatnsgeyma. Rauðir punktar sýna staðsetningu rakinna endurkasta vorið 2013. Til vinstri sést yfirborð ketilsins á sama tíma ásamt vatnsútbreiðslu við botn. Kross sýnir staðsetningu holu sem var boruð niður á jökulbotn þá um vorið án þess að lenda á vatnsgeymi.

K-16 í maí 2019



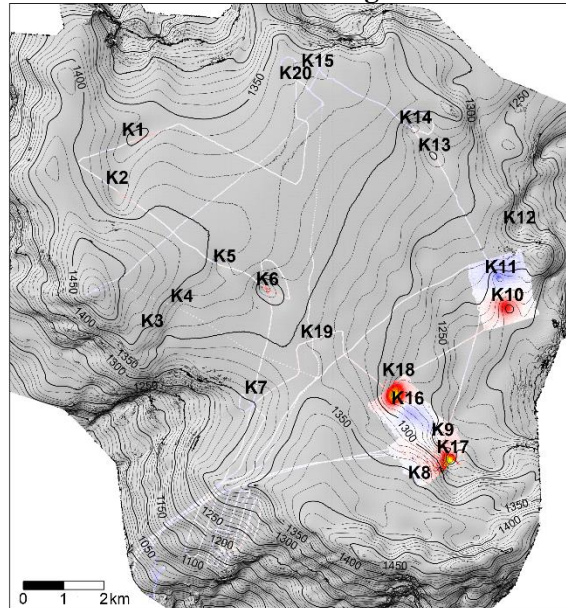
9. mynd. Niðurstöður íssjarmælinga í maí 2019 í katli 16. Til hægri sést kort af jökulbotni ásamt útbreiðslu, þykkt og heildarrúmtaki vatnsgeyma. Rauðir punktar sýna staðsetningu rakinna endurkasta vorið 2019. Til vinstri sést yfirborð ketilsins á sama tíma ásamt vatnsútbreiðslu við botn.

Ef fyrsta hæðarkortið frá 10. ágúst er borið saman við GPS-sniðmælingar frá 19-21. maí (11. mynd) sést að þá hafði sigið í kötlum 1, 2, 6, 16 og 17 en undanfarin ár hafa smáhlaup komið um hásumar frá öllum þessum kötlum líkt og venjan var fyrir ketil 10 og 11. Mesta lækkun í kalti 16 er beint yfir því svæði þar sem meginvatnsgeymir við botn var staðsettur út frá íssjármælingunum (12. mynd). Jarðhitavirknin undir katli 16 hefur verið á talverðri hreyfingu undanfarin ár en staðsetning þessa vatnsgeymis er um 400 m norðvestur af miðju ketilsins sumarið 2013 (8. mynd) en þá var ketillinn enn nokkuð stór og krappur eftir hlaupið 2011. Sigið sem hafði orðið í katlinum frá 20. maí til 10. ágúst svarar til þess að um 2 Gl efnis hafi horfið undan katlinum eða um tvöfalt það vatnsmagn sem áætlað var undir katlinum. Áframhaldandi sig var hins vegar í katlinum fram á haustið (11. mynd) sem bendir til verulegrar virkni á þessu svæði og því ekkert óeðlilegt við að 10. ágúst hafi 1 Gl eða meira bráðnað undan katlinum til viðbótar við það sem var undir honum um vorið.

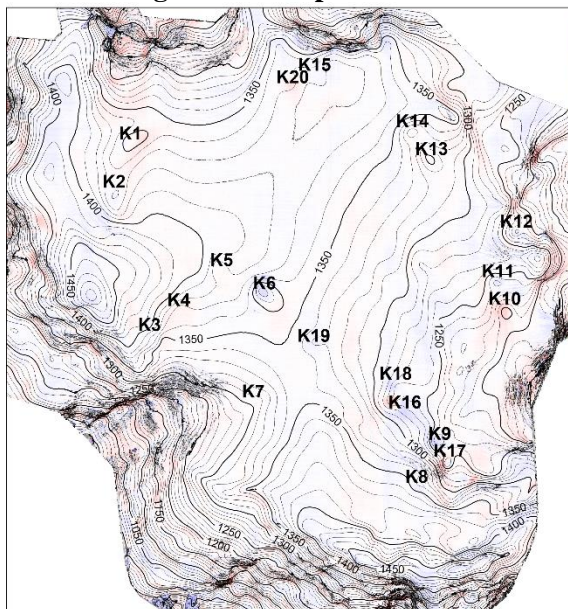


10. mynd. Hreyfing GPS-söðva í katli 10 sumarið 2017 (vinstri) og 2019 (hægri). Staðsetning stöðva er sýnd á 4. mynd fyrir 2017 og 13. og 14. mynd fyrir 2019. Láréttur hraði er reiknaður út frá 24 tíma færslum stöðva. Hæðarbreytingar GPS stöðva inniheldur hvorugt sumarið hæðarbreytingar vegna yfirborðsleysingar. Sumarið 2017 var stöðin á fjórfæti sem snjóaði í kaf rétt eftir uppsetningu og var á kafi til loka júlí. Leiðrétt er fyrir metinni yfirborðsbráðnun undan stöðinni eftir það. Sumarið 2019 var stöðin fest á rör sem var borað niður í jökulyfirborðið og því greindi stöðin ekki lækkun vegna yfirborðsleysingar.

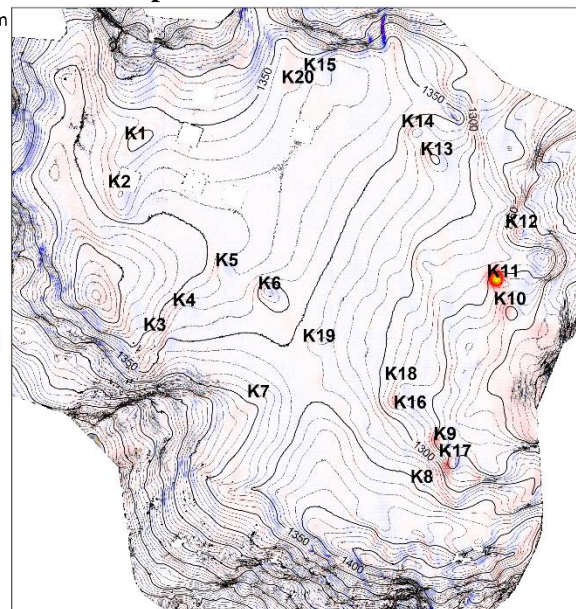
20. maí til 10. ágúst 2019



10. ágúst til 28. september 2019



28. september til 23. október 2019



11. mynd. Hæðarbreytingar 20. maí til 10. ágúst (efsta mynd) og 10. ágúst til 28. september (vinstri mynd) og 28. september til 23. október, 2019 (hægri mynd). Hæðarbreytingar fyrsta tímabilið eru fengnar út frá samanburði GPS-mælisniða frá 19-21. maí og hæðarkorts gert eftir Pléiades gervihnattaljósmyndapari frá 10 ágúst (frá CNES sem stuðningur Committee on Earth Observation Satellites við verkefnið Iceland Volcanoes Supersite). Hæðarbreytingar seinni tvö tímabilin eru í báðum tilfellum mismunur tveggja hæðarkorta reiknuð út frá þörum Pléiades gervihnattaljósmynda. Á öllum tímabilunum hefur meðalhæðarbreyting jökulyfirborðs á tilsvareandi tímabili verið dregin frá. Staðsetningar 20 þekktra katla (K1-K20) eru sýndar.

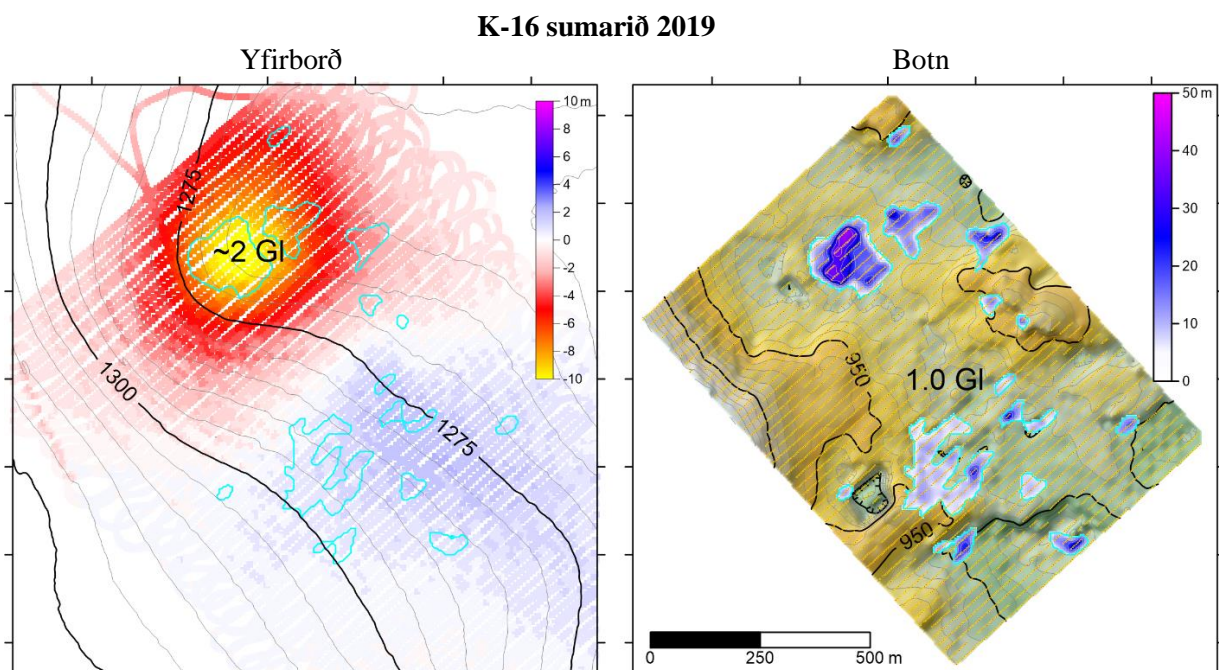
Það vekur athygli að 10. ágúst hafði ketill 10 sigið talsvert og áframhaldandi sig er einnig greinilegt til 28. september (11. mynd). Þrátt fyrir það sjást engin skýr merki um hlaup í GPS-gögnunum (10. mynd). Það er hins vegar ljóst að lækkun stöðvarinnar var mun hraðari sumarið 2019 en sumarið 2017. Þessi hraða lækkun GPS-stöðvarinnar og skýrt sigmerki í katlinum yfir sumarið útfra mismun hæðarkorta og GPS-sniða er erfitt að útskýra öðruvísi en að vatn hafi runnið undan katlinum og að um sírennsli hafi verið ræða alla vega frá því að GPS-stöðin var sett upp. Sigið í katli 10 frá 20. maí til 28. september svarar til þess að ~1,5 Gl efnis hafi horfið undan katlinum (12. mynd). Þetta er þó einungis helmingurinn af því vatnsmagni sem metið var undir katlinum um vorið. Þess ber að geta að á sama tíma leitar ísflæði til þess að jafna út sigketilinn og því má gera ráð fyrir að mat á efnistapi (leka) með þessum hætti yfir rúmlega 4 mánuði sé vanmetið. Á móti kemur hins vegar að meiri ís ætti að hafa bráðnað undir katlinum á sama tíma til viðbótar við það vatnsmagn sem var undir katlinum um vorið. Hæðarbreytingar í katli 11 sýna bara merki uppfyllingar frá 20. maí til 28. september sem líklega er vegna ísflæðis. Á sama tíma og ~1,5 Gl tapast undan katli 10 svarar uppfylling ketils 11 til ~1 Gl (12. mynd).

Í lok september hófst loks hlaupið sem varað var við, en það varð mun minna en búist hafði verið við. Marktæk hröðun lækkunar sést í GPS-gögnunum frá 28. september og samfara því hækkaði leiðnin í Múlakvísl og var komin í 150 $\mu\text{S}/\text{m}$ á hádegi degi síðar við brúnna á Mýrdalssandi skv. vatnamælingum VÍ. Hraðasta lækkun mæld á GPS-stöðinni var frá kvöldi 29. september til kvölds 1. október en þá lækkaði stöðin ~1 m. Hámark leiðni við brúna yfir Múlakvísl (~280 $\mu\text{S}/\text{m}$) varð að kvöldi 1. október. Reynis Ragnarssonar, fyrrum lögreglumaður í Vík í Mýrdal, fer 2 til 3 sinnum í viku fyrir hönd Veðurstofunnar að Múlakvísl. Þar framkvæmir hann samanburðarmælingar við sjálfvirku leiðnimælingarnar auk þess sem hann leggur mat á rennslið í ánni. Þegar Reynir kom að ánni 22. og 26. september voru umtalsverðir vatnavextir í henni. Verulegir vatnavextir, sökum hlýinda og rigninga, voru á sama tíma í ám frá Mýrdalsjökli þar sem Vatnamælingar Veðurstofunnar mæla rennsli (Hólmsá og Markarfljóti). Vatnavöxtum í þessum ám var hins vegar lokið 30. september en þá hafði rennsli í Múlakvísl ekki minnkað samkvæmt athugunum Reynis. Sama dag gerði hann einnig athugasemd um hlauplit á ánni og hlauplykt á svæðinu. Rennsli jókst svo áfram til 1. október og náði hámarki þá en var einnig hátt þann 2. október, samkvæmt sjónrænu mati Reynis. Hann mat hámarksrennslið í hlaupinu á við þrefalt meðalsumarrennsli í ánni. Miðað er við mánuðina, júní, júlí og ágúst fyrir árabilið 1999 til 2018 við mat á meðalsumarrennsli.

Sigið í tengslum við þennan atburð var ekki nema um 1,5 m á tæpum 5 dögum; frá síðdegi 28. september til hádegis 3. október. Til samanburðar var sigið tæpir 7 m á fjórum dögum sumarið

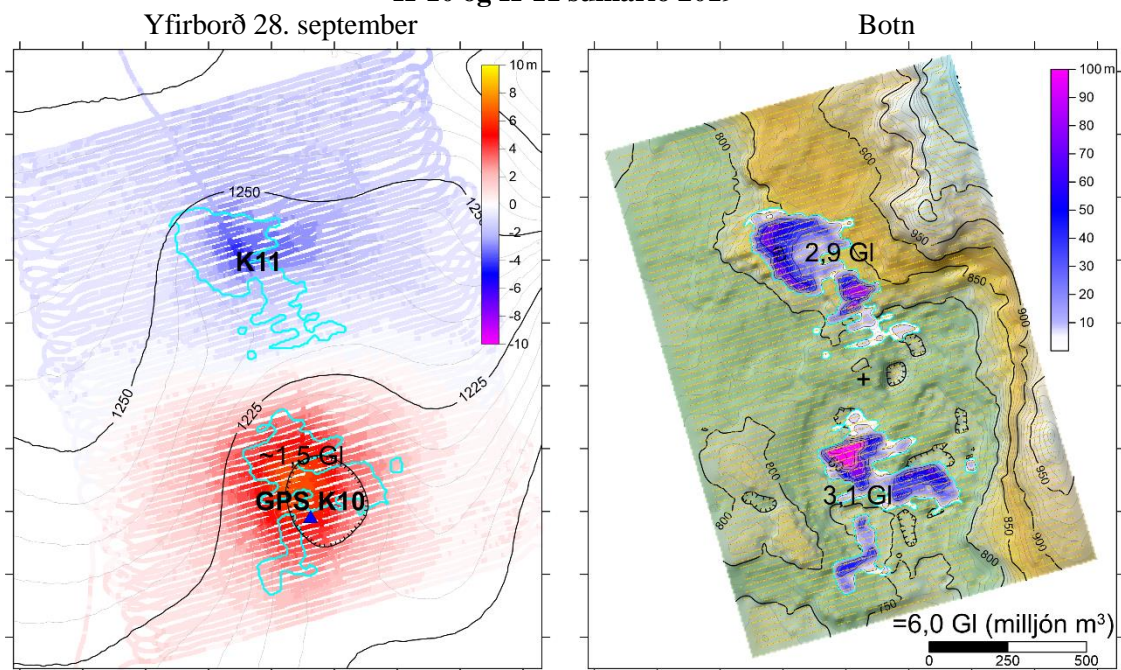
2017. Orsök þessa mismunar er áður nefnt sírennsli undan katlinum sumarið 2019. Hinn skýri sigatburður sem þó sést í tengslum við hlaupið er til marks um að enn var vatnsgeymir undir katli 10 þegar hlaupið varð, þrátt fyrir viðvarandi leka. Mögulega hefði mátt skýra það viðvarandi sig sem var á stöðinni frá því hún var sett upp þannig að vatnsgeymar undir katlinum hefðu þá þegar verið tómir og sigið tengdist viðvarandi bráðnun vegna jarðhita undir katlinum og bráðin rynni undan honum jafnóðum. Sigatburðurinn í katli 10 í hlaupinu sýnir að svo var ekki.

Stærstur hluti hlaupvatns kom þó ekki undan katli 10 heldur katli 11. Af 14. mynd sést að mun meira sig varð í katli 11 eða röskir 10 m skv. þeim hæðarbreytingum sem urðu í katlinum fá 28. september til 23. október sem er nálægt því sem varð hlaupinu sumarið 2017 (tæpir 12 m skv. 4. mynd). Áætlað rúmmál hlaupsins út frá hæðarbreytingum í kötlunum gefur 1,8 GJ sem að langmestu leyti kemur frá katli 11 (14. mynd). Þessi tala er nokkur lægri en metið rúmmál undir katli 11 um vorið. Þrátt fyrir að ketill 11 hafi grynnað talvert yfir sumarið er ekki hægt að útiloka að vatn hafi þrátt fyrir það lekið frá honum. Uppfylling ketilsins vegna ísflæðis gæti í raun verið meiri en mismunur hæðarkorta gefur til kynna. Ef vatn lak undan katli 11 hefur sá leki verið mun minni en undan katli 10.



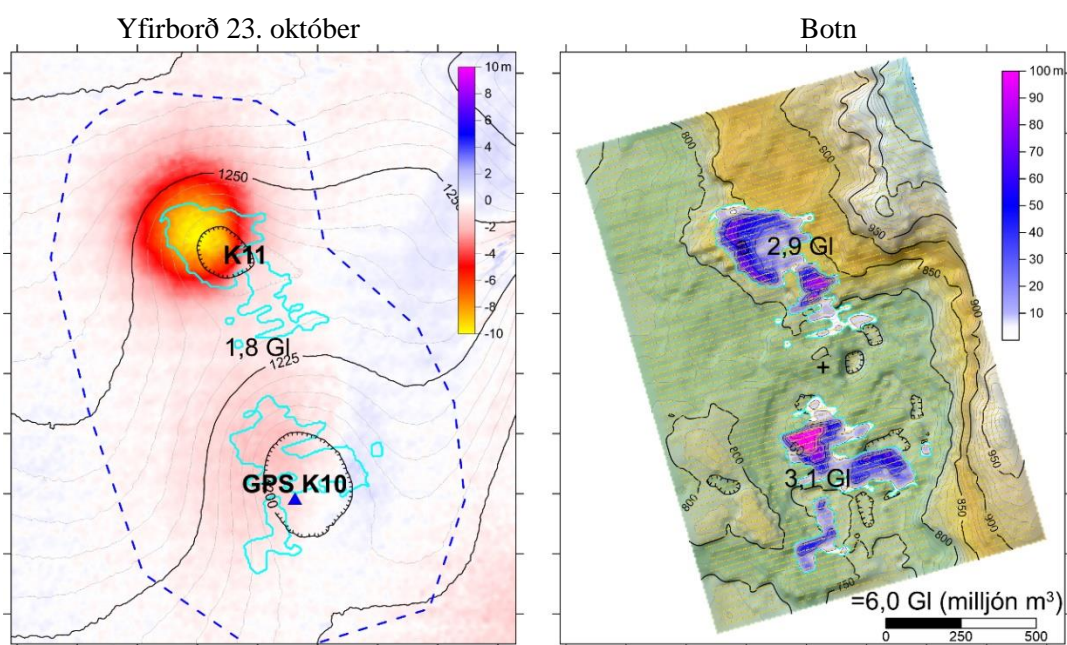
12. mynd. Niðurstöður íssjármælinga í maí 2019 í katli 16 (af 9. mynd) bornar saman við lækkun í katlinum frá 20. maí (GPS-snið) til 10. ágúst (Pléiades hæðarkort) að frádreginni meðalhæðarbreytingu jökulyfirborðs utan ketilsins á sama tíma. Vinstri mynd sýnir einnig heildarrúmtak sigs í katlinum sem er vísbending um hvers mikið vatn rann undan honum á tímabilinu auk dreifingu vatnsgeyma við jökulbotn skv. íssjármælingum í maí (flákar með ljósbláum útlínum).

K-10 og K-11 sumarið 2019



13. mynd. Niðurstöður íssjarmælinga í maí 2019 (7. mynd) bornar saman við yfirborðshæðarbreytingar í kötlum 10 og 11, 20. maí (GPS-snið) til 28. september (Pléiades hæðarkort), að frádreginni meðalhæðarbreytingu jökulyfirborðs utan katlanna á sama tíma. Vinstri mynd sýnir einnig heildarrúmtak sigs í kotli 10 sem er vísbending um hvers mikið vatn rann undan honum á tímabilinu. Einnig er sýnd dreifing vatnsgeyma við jökulbotn skv. íssjarmælingum í maí (flákar með ljósbláum útlínum).

K-10 og K-11 sumarið 2019



14. mynd. Niðurstöður íssjarmælinga í maí 2019 (7. mynd) bornar saman við yfirborðshæðarbreytingar í kötlum 10 og 11, 28. september (Pléiades hæðarkort) til 23. október (Pléiades hæðarkort), að frádreginni meðalhæðarbreytingu jökulyfirborðs utan katlanna á sama tíma. Vinstri mynd sýnir einnig heildarrúmtak sigs í kötlunum sem er vísbending um hvers mikið vatn rann undan þeim á tímabilinu. Einnig er sýnd dreifing vatnsgeyma við jökulbotn skv. íssjarmælingum í maí (flákar með ljósbláum útlínum).

Stóra hlaupið sem aldrei varð

Ljóst er hlaupið undan kötlum 10 og 11 haustið 2019 var mun minna en varað var við og án nokkurra teljandi afleiðinga. Tveir samverkandi þættir gerðu það eins meinlaust og mögulegt var. Annars vegar kom það ekki fyrr en um haustið ólíkt hlaupum frá þessum kötlum undanfarin ár (að frátöldu sumrinu 2018) og því bættist það ekki ofan á sumarleysingu í Múlakvísl sem var óvenjumikil sumarið 2019 (skv. óbirtum afkomumælingum JÖRFÍ á Mýrdalsjökli). Einnig var lán að hlaupið kom ekki samtímis verulegum vatnavöxtum í Múlakvísl, vegna hlýinda og rigninga, vikuna fyrir hlaupið. Vegna tímasetningar hlaupsins var einnig lítið vatn í öðrum kötlum þar sem hlaupið hafði undan þeim um sumarið. Ef viðbótarvatn kom frá öðrum kötlum í þessu hlaupi líkt og gerðist 2011 var það hverfandi. Lítilsháttar sig var í kötlum 16, 9 og 17, frá 28. september til 23. september (11. mynd), sem mögulega gæti verið merki um slíkt viðbótarvatn í hlaupinu þó líklegra sé að sigið í þessum kötlum hafi verið ótengt hlaupinu í lok september.

Hin meginástæða þess að hlaupið var þetta lítið er einfaldlega sú að mun minna vatn kom undan kötlum 10 og 11 í hlaupinu (1,8 Gl) en áætlað hafði verið að væri undir þeim um vorið (6,0 Gl). Ljóst er að hluti þeirrar ástæðu er sú að talsvert vatn lak undan katli 10 um sumarið og fram á haust. Líklega var það svipuðum mæli og það sem kom undan báðum kötlunum í hlaupinu, jafnvel talsvert meira. Ekki er heldur hægt að útiloka að eitthvert vatn hafi lekið undan katli 11, en það hefur þó verið talsvert minna.

Það skal einnig tekið fram að sú aðferðafræði sem beitt er við að meta vatnsmagn við jökulbotn út frá íssjármælingunum er ekki hafin yfir gagnrýni. Þó svo yfirleitt sé gott samræmi milli staðsetningar helstu vatnsgeyma túlkuð út frá íssjármælingunum og hvar mesta sigið verður í kötlum í næsta hlaupi þar á eftir (t.d í katli 16 sumarið 2019, sbr. 12. mynd) er ekki hægt að útiloka að í sumum tilfellum eigi íssjárendurköst, sem rakin eru í íssjármælingunum og talin koma frá þaki vatnsgeymis við botn, sér aðrar orsakir. Í sumum tilfellum gæti t.d. verið um að ræða vatnsgeymi (eða linsu) inni í ísnum sem ekki hefur tengingu niður á botn. Því er ekki hægt að útiloka að í sumum tilfellum valdi röng túlkun á íssjármælinga umtalsverðu ofmati á stærð vatnsgeyma við jökulbotn.

Þakkir

Sveinbjörn Steinþórsson, tæknimaður á Jarðvísindastofnun Háskólans, og Þorgils Ingvarsson, tæknimaður á Veðurstofu Íslands, fá sérstakar þakkir fyrir aðstoð mælingaferðum sem og þáttakendur í vorafkomumælingaferð Jökklarannsóknafélags Íslands á Mýrdalsjökul. Þessi vinna var styrkt af Rannsóknasóknasjóði Vegagerðarinnar í gegnum verkefnið *Þróun vatnsgeyma undir sigkötlum Mýrdalsjökuls séð með íssjá* (nr. 1800-403) og Rannsóknasjóði Rannís gegnum verkefnið *Katla kalda* (nr. 163391-051). Pléiades gervihnattamyndir fengust frá CNES annars vegar gegnum Isis-Pléiades verkefnið og hins vegar sem stuðningur CEOS (Committee on Earth Observation Satellites) við Iceland Volcanoes Supersite verkefnið.

Kostnaður á árinu 2019

Styrkur var : 600.000 kr.

Styrkur var að fullu nýttur í kostnað við mælingaferðir Jarðvísindastofnunar á Mýrdalsjökul í maí og september 2019, þ.m.t. bíla- og sleðakostnaður, kostnaður við mælitæki og laun tæknimanns. Annar kostnaður við þessa vinnu greiðist af fjárlögum og öðrum styrkjum Jarðvísindastofnunar Háskólans og Veðurstofu Íslands.

Forsíðumynd:

Unnið að uppsetningu GPS-stöðvar í katli 10 í mælingaferð Veðurstofunnar á Mýrdalsjöklu þann 5.júlí, 2019. Mynd tók Bergur Einarsson.

Heimildir

Eyjólfur Magnússon, Finnur Pálsson, Magnús T. Guðmundsson, Joaquín M. C. Belart og Þórdís Högnadóttir. 2017. Hvað sýna íssjármælingar undir sigkötlum Mýrdalsjökuls. Jarðvísindastofnun Háskólans.

Jóhannesson, T., H. Björnsson, E. Magnússon, S. Guðmundsson, F. Pálsson, O. Sigurðsson, T. Thorsteinsson and E. Berthier. 2013. Ice-volume changes, bias-estimation of mass-balance measurements and changes in subglacial water bodies derived by LiDAR-mapping of the surface of Icelandic glaciers. *Annals of Glaciology*, 54(63), 63-74.

Thórarinnsson, Sigurdur. 1957. The Jökulhaup from the Katla Area in 1955 compared with other Jökulhlaups in Iceland. *Jökull*, 7, 21-25.