

Greinargerð um könnun á legu vatnaskila Skaftár og Hverfisfljóts og stöðugleika þeirra þegar jökullinn hörfar

Finnur Pálsson
Eyjólfur Magnússon
Helgi Björnsson

júní 2016
RH-06-2016



HÁSKÓLI ÍSLANDS
JARÐVÍSINDASTOFNUN

Efnisyfirlit:

| | |
|--|---|
| Inngangur | 1 |
| Mælingar | 2 |
| Gagnavinnsla | 3 |
| Stafræn hæðarlíkön | 3 |
| Afmörkun vatnasviða | 6 |
| Vatnskil Skaftár og Hverfisfljóts nærri Byrðu: | 9 |

Viðaukar:

| | |
|----------------------------------|----|
| I. Íssjár- og yfirborðsmælisnið. | 11 |
| II. Fjárhagsskilgrein | 17 |

Myndir:

| | |
|--|---|
| 1. mynd. Lega íssjárniða á Síðujökli. Svörtu línurnar sýna mælisnið frá árunum 1990 og 1991, ljósbláar 2003, fjólubláar 2013 og loks rauðar mælingar ársins 2015 (7. maí 2015). Í bakgrunni er kort með 5 m möskvum, byggt á LiDAR mælingum úr flugvél síðsumars 2012 (sjá Tómas Jóhannesson ofl. 2012 , hluti svæðisins utan jökuls var ekki kortlagður með LiDAR en í þær eyður er fyllt með ýmsum öðrum kortagögnum). Fjallið Byrða er merkt með bókstafnum B. | 2 |
| 2. mynd. Yfirborð Síðujökuls árin 1998, 2003, 2010, 2012 og metin lögun yfirborðs 5 og 10 árum síðar. Jaðarinn 1998 er sýndur öll árin til viðmiðunar. | 3 |
| 3. mynd. Efri:Botn Síðujökuls unninn eftir íssjarmælingum frá 1990, 1991, 2003 og 2013. Neðri: Botn Síðujökuls unninn eftir íssjarmælingum frá 1990, 1991, 2003 og 2013 auk mælinganna 2015. Utan jökuljaðars er landhæðarlíkan að mestu LiDAR. Í botni og yfirborði eru hæðarlínur á 10 m fresti, í botni eru hæðarlínur á heilu hundraði þykkari. Bláu línurnar eru jafnhæðarlínur yfirborðs 2012 skv. LiDAR hæðarlíkani. | 5 |
| 4. mynd. Farvegir og kvíslar frá Síðujökli. Með bláum línunum eru sýndir farvegir sem hnitaðir voru af Landsat 8 gervitunglamynd frá 29. júní 2013. Grænu línurnar sýna farvegi og kvíslar af AMS kortum (eftir flugmyndum frá sumrinu 1946). Lega jaðars 1998 (yst), 2003, 2010 og 2012 (innst) er sýnd með appelsínugulri, bleikri, fjólublárrí og rauðri línu. Skyggt hæðarlíkan 2012 (LiDAR) er í bakgrunni. Vatnaskil við jökuljaðar 2012 eru merkt með gulum strikum. | 6 |
| 5. mynd. Vatnsvið Skaftár, Hverfisfljóts, Brunnár og Djúpár unnin eftir mætti vatns við jökulbotn (utan jökuls ræður halli lands eingöngu). Yfirborð hvers árs er sýnt sem skuggamynd í bakgrunni. Bláa boxið afmarkar svæði þar sem vatnaskil Skaftár og Hverfisfljóts verða óljós. | 7 |
| 6. mynd. Vatnasvið helstu fallvatna frá suðvestur Vatnajökli, afmörkuð eftir æstæðu vatnsmætti við jökulbotn (reiknað eftir bestu gögnum um lögun jökulbotnsins og LiDAR hæðarlíkani yfirborðsins). Bláar línur utan jökuls sýna helstu kvíslar ána, en bláar línur innan jökuljaðars legu helstu rennislíleiða við jökulbotn. Í bakgrunni er skyggt mynd jökulbotnsins og landsins utan jökuls. Jafnmættislínur eru dregnar hvítar á vinstri myndina. Lega Skaftárkatla er sýnd með appelsínugulum hringjum. Rauðar línur sýna vatnaskil helstu vatnsfalla á jökli, en lituðu flákarnir vatnasviðin. Á hægri myndinni er sýnd fínni skipting vatnsviðanna og rennislíleiðir undir jökli í meiri smáatriðum. Rennislíleið Skaftárhlaupa er innan vatnasviðs Skaftá-N en Svörtu ferningarnir sýna hvar líklegt er að vatn geti slegið sér yfir til vatnasvið Skaftá-S. Hvíti ramminn afmarkar svæðið sem skoðað er betur hér aftar. | 8 |
| 7. mynd. Vatnasvið afmörkuð eftir mættiskortum árána 1997, 2003, 2010, 2012 einnig 5 og 10 árum seinna, eftir áætluðu yfirborði þá. Vatnskil Skaftár og Hverfisfljóts árið 2012 eru sýnd á öllum myndunum til viðmiðunar. Lituðu flákarnir eru á vatnasviðum Skaftár (efri flákinn) en hinn á vatnssviði Hverfisfljóts. | 9 |

Inngangur.

Vel þekkt er að vatnsföll sem spretta undan jökli geta fluttst til þegar jökull hörfar, bæði getur landslag sem undan jökli kemur beint vatni annað en einnig getur breyting ísfargs breytt rennislisleiðum undir jökli og þá einnig útfall við jökuljaðar fluttst til. Vegagerðin hefur byggt brýr á þjóðvegum yfir vatnsföll (Hverfisfljót, Brunná og Djúpa) sem eiga uppruna í Síðujökli. Það getur valdið verulegum vandræðum ef stór vatnsföll flytjast til, fara í nýjan farveg eða sameinast öðrum. Þetta getur bæði orðið til þess að brýr standi yfir þurrum farvegi, eða verði skyndilega of litlar fyrir mjög aukið vatnsmagn.

Einar Hafliðason verkfræðingur hjá Vegagerðinni kom að máli við Jöklahóp Jarðvísindastofnunar í árslok 2012. Erindið var að kanna hvaða þekking og gögn lægju þegar fyrir til að meta líkindi þess að fallvötn frá Síðujökli flyttu sig til í nálægri framtíð. Upplýst var að jöklahópur kortlagði meginrætti landslags við botn Síðujökuls með íssjá árin 1990, 1991 og Skaftárjökuls 2003, en smáatriði botns nærri jökuljaðri eru ekki vel þekkt.

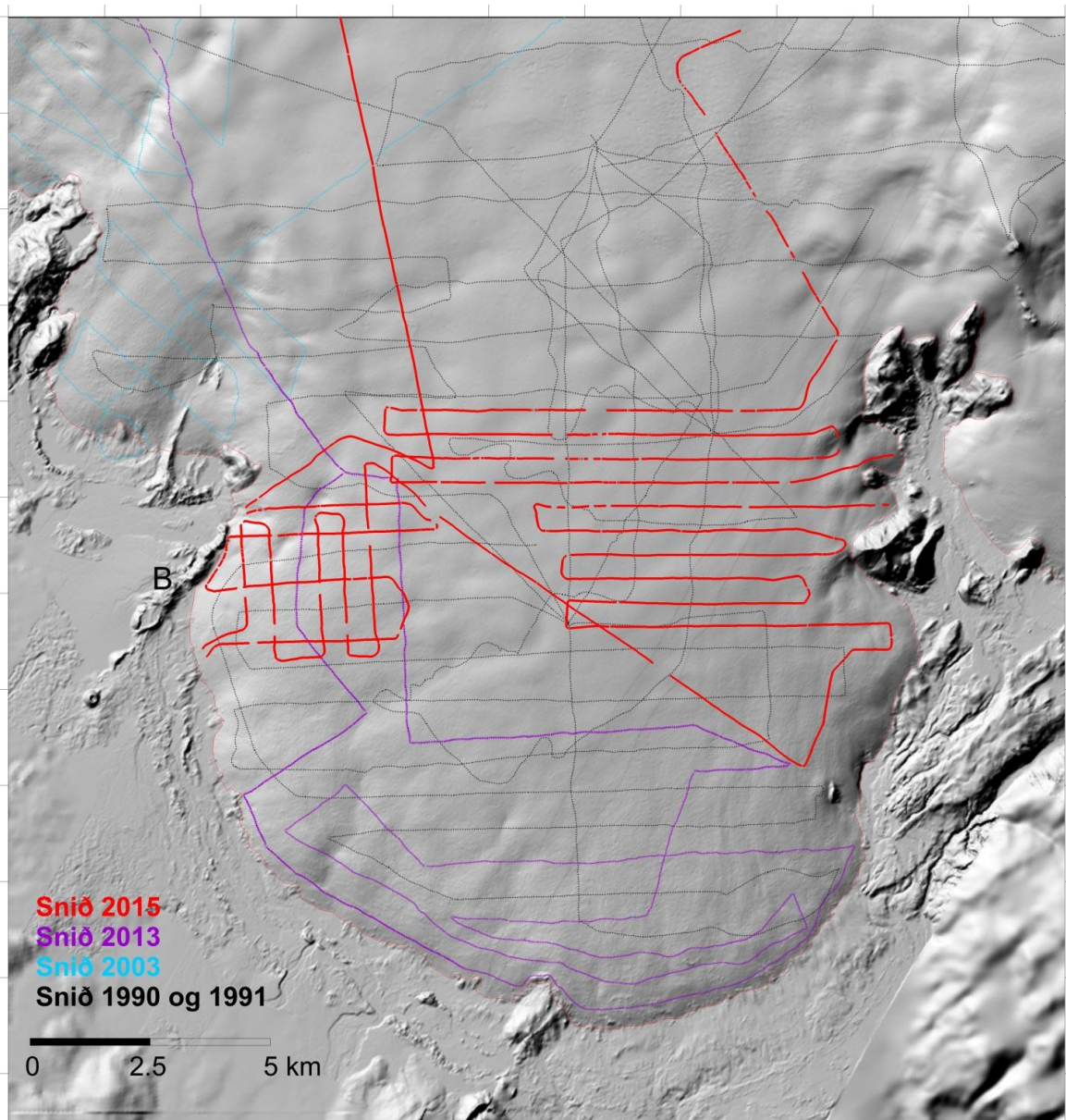
Vorið 2013 voru nokkur ísþykktarsnið mæld meðfram jökuljaðri Síðujökuls til að auka upplausn og nákvæmni botnkortsins þar. Botnkort Síðujökuls var endurbætt eftir þessum mælingum og ný yfirborðskort voru notuð til að kanna rennislisleiðir vatns við jökulbotn. Einföldum aðferðum (sem byggja á þekkingu á rýrnun Síðujökuls síðustu ár) var síðan beitt til að meta lögun jökulyfirborðsins eftir 5 og 10 ár frá síðasta mælda yfirborði (~2017 og 2022). Skýrsla um niðurstöður þeirrar vinnu var unnin fyrir Vegagerðina árið 2014.

Að verklokum var ljóst að veruleg óvissa var um vatnskil milli Skaftár og Hverfisfljóts, og að frekari íssjármælingar þyrfti til að kanna þau betur. Þær mælingar voru gerðar vorið 2015, og raunar einnig mælt stórt svæði austantil á Síðujökli (til að fylla í mælidaginn) þar sem eldri mælingar voru stopular. Botnkort var enn bætt með niðurstöðum þessara nýju mælinga og vatnaskil endurmetin.

Mælingar

Mælingar á ísþykkt voru gerðar með íssjá. Búnaðinum var komið fyrir á tveim sleðum sem dregnir voru með vélsleða eftir jökulyfirborði. Með þessum búnaði var ísþykkt mæld á samfelldum sniðum. Yfirborðshæð sniðanna er mæld samtímis með landmælinga GPS tækjum. Um mælingarnar sáu Finnur Pálsson og Sveinbjörn Steinþórsson. Verkið var unnið í árlegri afkomumælingaferð á Vatnajökul, ýmiss búnaður var samnýttur og ferðakostnaði var haldið í lágmarki. Mæld voru um 180 km löng mælismið á einum degi, 7. maí 2015.

Meginverkefnið var að mæla á svæði austan fjallsins Byrðu rétt sunnan ísaskila Skaftárjökuls og Síðujökuls. En vegna þess að þetta var lítið verk og veður ákjósanlegt til mælinga var líka mælt á austanverðum jöklinum þar sem eldri mæligögn voru slitrótt. Þær mælingar gefa gleggri mynd af þeim hluta jökulbotnsins sem áður var ófullkomin.



1. mynd. Lega íssjárnsniða á Síðujökli. Svörtu línurnar sýna mælismið frá árunum 1990 og 1991, ljósbláar 2003, fjólubláar 2013 og loks rauðar mælingar ársins 2015 (7. maí 2015). Í bakgrunni er kort með 5 m mörskvum, byggt á LiDAR mælingum úr flugvél síðsumars 2012 (sjá Tómas Jóhannesson ofl. 2012, hluti svæðisins utan jökuls var ekki kortlagður með LiDAR en í þær eyður er fyllt með ýmsum öðrum kortagögnum). Fjallið Byrða er merkt með bókstafnum B.

Gagnavinnsla

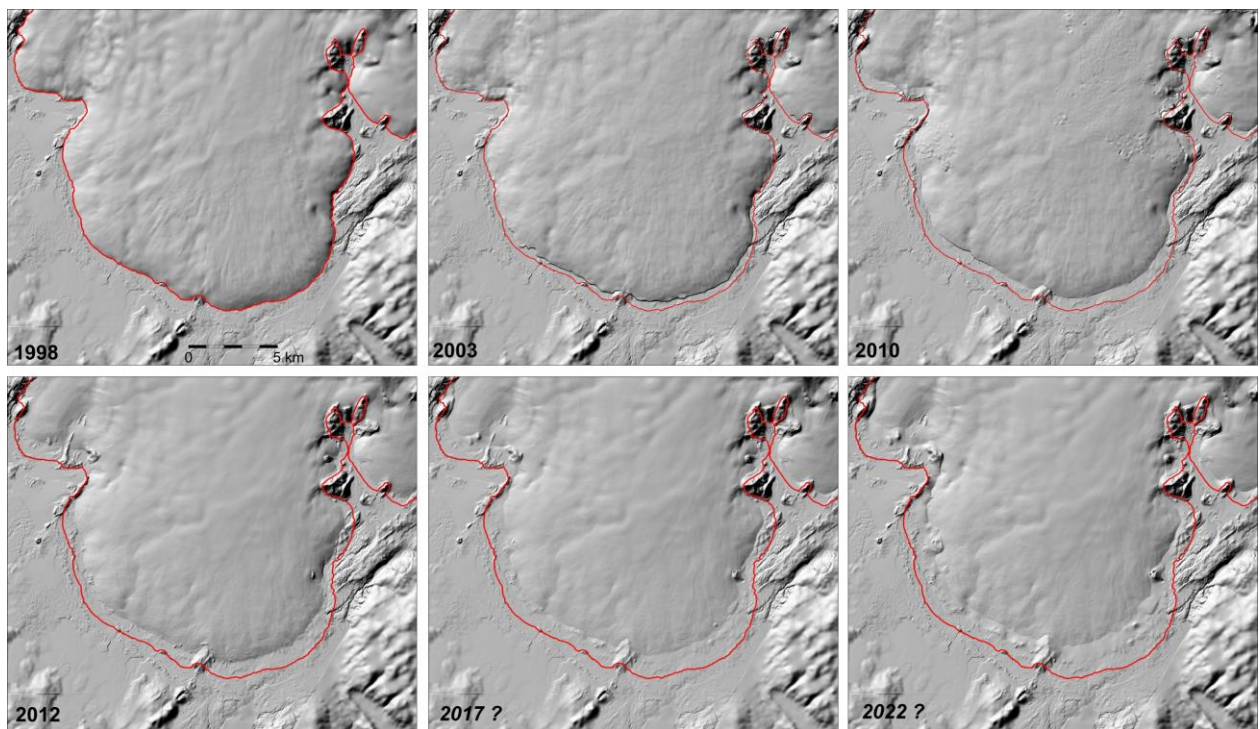
Úrvinnsla yfirborðs (GPS mælinga) og botnsniða íssjár er að tímafrek handa- og tölvuvinna vinna sem verður ekki lýst hér. Yfirlitsmyndir mælisniða úr íssjánni er að finna í viðauka I en í úrvinnslu nú var einungis leitað eftir botnendurköstum en ekki skeytt um ýmis forvitnileg innri endurköst sem sjá má í íssjárnsniðunum, sum eflaust frá öskulögum sem grafið hafa í jökulinn.

Stafræn hæðarlíkön (kort)

Yfirborð:

Jöklahópur hafði þegar aflað eða unnið nokkur stafræn kort af yfirborði Síðujökuls. Elsta kortið sem hér er notað var unnið sem hluti MS-náms Eyjólf Magnússonar efir EMI-SAR radargögnum úr flugvél 1998, kort unnið eftir SPOT5 gervitunglamyndum frá árinu 2003 var unnið af samstarfsmanni jöklahóps Etienne Berthier í Toulouse og kort unnin eftir SPOT5 myndum frá árinu 2010 fengust ófullgerð frá SPOT Image fyrirtækinu sem hlut SPIRIT samvinnuverkefnis, en Finnur Pálsson endurskoðaði og lagfærði villur og eyður í báðum kortunum. LiDAR kortið árið 2012 fékkst sem hluti samvinnuverkefni Jöklahópa Jarðvísindastofnunar og Veðurstofu auk Landmælinga Íslands um nær samtíma nákvæma kortlagningu yfirborðs allra íslenskra jökla en Vegagerðin er einn margra stuðningsaðila þess verkefnis (sjá t.d. Tómas Jóhannesson ofl. 2012).

Auk þessara korta voru unnin stafræn kort sem líta má á sem tilgátur um lögun jökulsins á árunum 2017 og 2022 (5 og 10 árum eftir síðasta mælda korti). Ekki ber að líta á þau sem



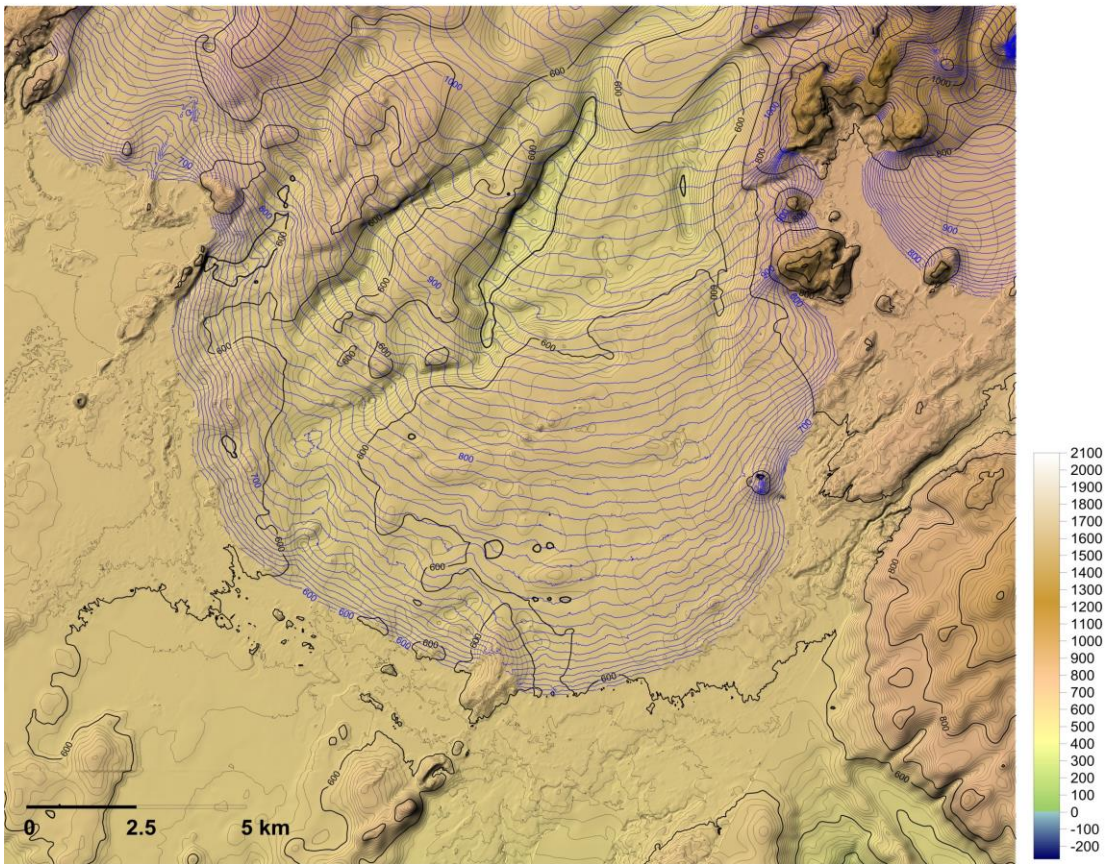
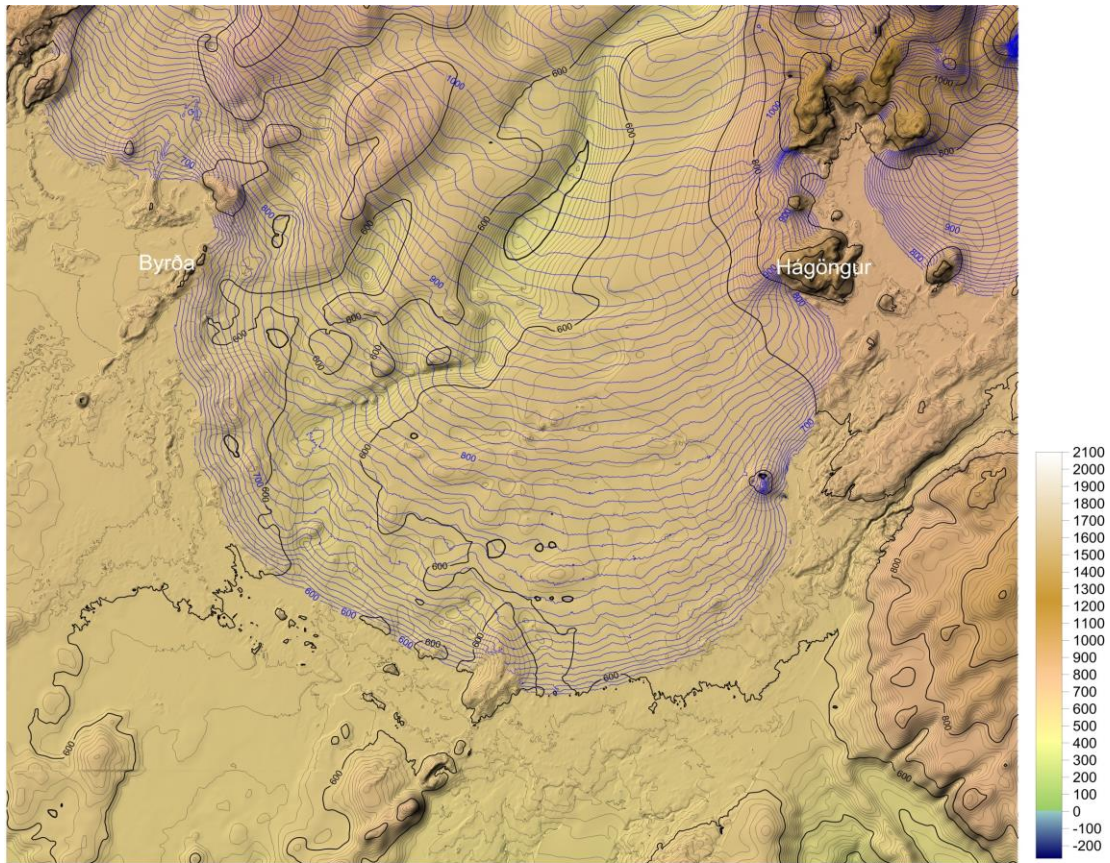
2. mynd. Yfirborð Síðujökuls árin 1998, 2003, 2010, 2012 og metin lögun yfirborðs 5 og 10 árum síðar. Jaðarinn 1998 er sýndur öll árin til viðmiðunar.

raunverulega spá um þróun jökulsins, fremur sem einfalt mat á því sem getur verið líkleg þróun yfirborð næstu árin. Þessi yfirborð eru metin þannig að fundin var hæðarbreyting (nálguð með tveimur beinum línubútum, en stigull afkomu breytist í um 900 m hæð) sem fall af yfirborðshæð útfrá hæðarmismuni yfirborðanna 2003 og 2012, meðalhæðarbreyting á ári er 1/9 hluti þessa (tímabilið er 9 ár). Nú var yfirborð 2012 lækkað sem þessu nam, og litið á það sem yfirborð 2013; það yfirborð lækkað gaf 2014 og þannig koll af kalli. Þessi aðferð er mjög einföld en gefur hugmynd um þróun jökulsins ef loftslag (og þá einnig afkoma) verður svipað næsta áratug og þann síðasta. Síðujökull er framhlaupsjökull með framhlaupslotu um 30 ár, síðasta framhlaup var 1993-94 og því má gera ráð fyrir næsta framhlaupi nærri miðjum þriðja áratug aldarinnar.

Botn:

Þegar hefur verið unnið stafrænt botnkort af Síðujökli eftir eldri íssjármælingum (1990, 1991, 2003 og 2013). Það kort sem birt er í skýrslu til Vegagerðarinnar (Finnur Pálsson o.fl. 2014) er nú endurskoðað með tilliti til nýju íssjármælisniðanna. Endurgerð botnkorts var að mestu unnin þannig að reiknaður var mismunur gamla botnkortsins og botnhæðar í nýju mælisniðunum. Þessi gögn ásamt áætluðum viðbótarpunktum voru notuð til að reikna mismunar hæðargildi í rétthyrndu möskvaneti með 25 metra möskvum með „Kringing“ brúunaraðferð. Þar sem nokkurt innra ósamræmi er í mæligögnunum og einnig vegna þess að þéttleiki mælinga er mun meiri eftir mælinunum en milli þeirra verður reiknað mismunakort óreglulegt og með óraunverulegum hlykkjum. Þess vegna er hnitunum mismunahæðargildum bætt inn; handteiknaðar eru mismunahæðarlínur sem styðjast við reiknaða kortið og lega þeirra hnitunum. Þessum hnitsettu línunum er bætt í gagnasafnið og nýtt kort reiknað. Þetta þurfti að ítreka alloft og snyrta. Stafræna kortið af mismuninum var lagt við gamla kortið. Að lokum fékkst botnhæðarkort þar sem mismunur hæða í kortinu og botnhæða í mælitínum er lítill (~1-5 m) og lögun hæðarlína „eðlileg“. Á 3. mynd er sýndur botn Síðujökuls; efri myndin sýnir botnkort sem unnið var 2014 en það neðra nýja botnkortið.

Botn Síðujökuls er í aðalatriðum hallandi slétta frá ANA (í um 800 m hæð) til VSV (um 600 m hæð), sem er rofin sundur af djúpri lægð í stefnu NNA – SSV frá Pálsfjalli. Að öðru leyti er landslagið ávalir ásar og nokkrir stakir kollar, væntanlega eldstöðvar líkar þeim sem sjást utan jökuls. Nokkrar þessara hæða gætu verið hluti eldvarpa á gossprungum sem jafnvel má tengja út fyrir jökulinn. Auk endurbóta á smáatriðum í botnlandslagi austan fjallsins Byrðu (sem var meginmarkmið mælinganna) sést að brúnir djúpu dalanna úr NNA eru skarpari en áður kom fram í botnkorti og einnig kemur nú í ljós djúpur en breiður dalur austast á Síðujökli norðvestan við Hágöngur. Syðsti hluti þessa dals liggur til VSV með norðurkanti sléttunnar sem nefnd er hér að ofan. Hugsanlegt er að sléttan sé upphleðsla hrauna sem runnið hafa að jaðri jökuls sem þá náði skemmra fram en nú.



3. mynd. Efri:Botn Sídújökuls unninn eftir íssjármælingum frá 1990, 1991, 2003 og 2013. Neðri: Botn Sídújökuls unninn eftir íssjármælingum frá 1990, 1991, 2003 og 2013 auk mælinganna 2015. Utan jökuljaðars er landhæðarlíkan að mestu frá LiDAR mælingum (sjá t.d. Jóhannesson 2012). Í botni og yfirborði eru hæðarlínur á 10 m fresti, í botni eru hæðarlínur á heilu hundraði þykkari. Bláa línurnar eru jafnhæðarlínur yfirborðs 2012 skv. LiDAR hæðarlíkani.

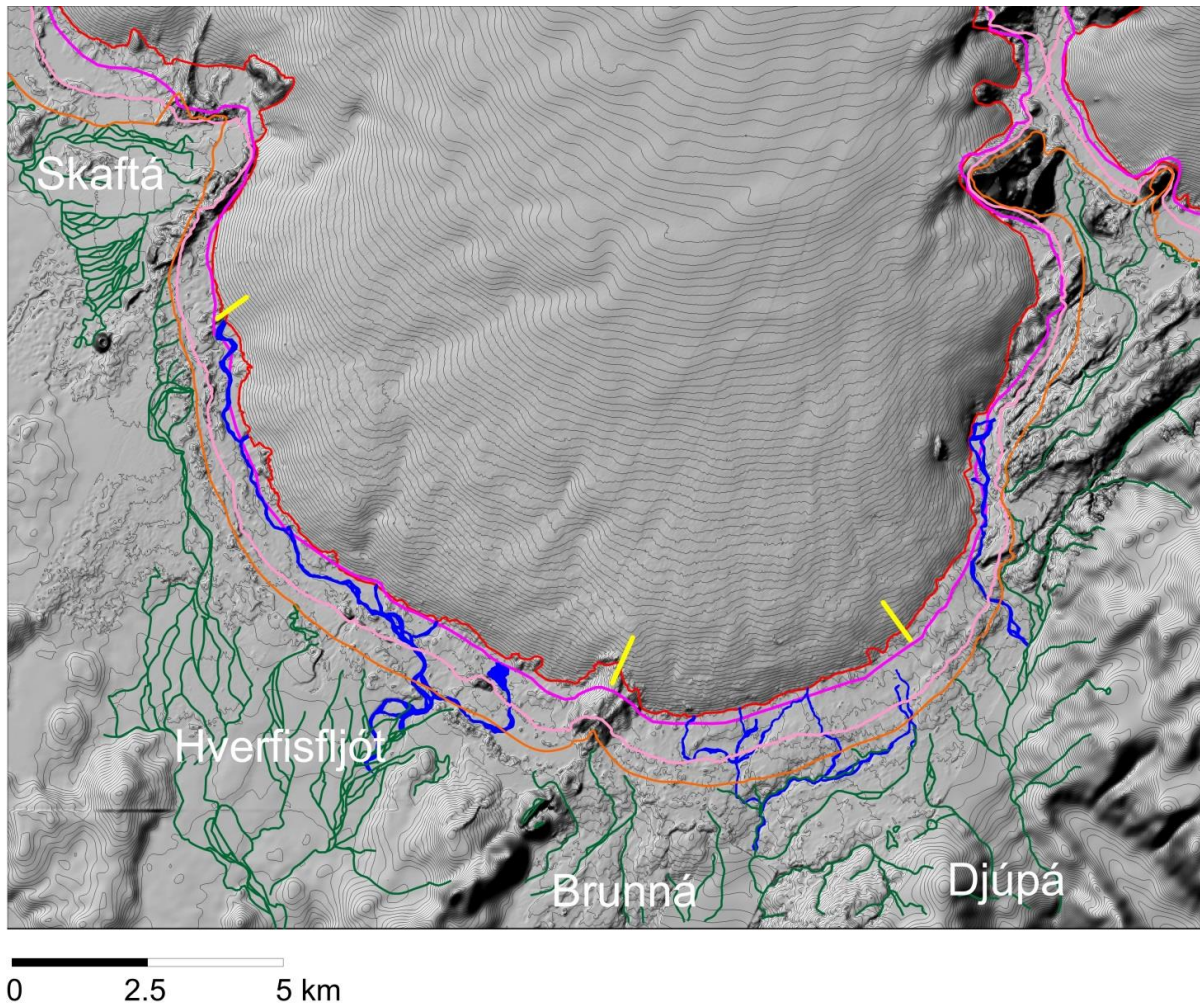
Afmörkun vatnasviða

Þó að fræði um rennslisleiðir vatns við jökulbotn séu enn ófullkomin er vitað að rennsli við botn stjórnast af þyngdarafli og vatnsþrýstingi. Gera má ráð fyrir að þrýstingur ráðist einkum af þykkt íss sem yfir liggur. Mætti (potential) vatns við jökulbotn á þessum forsendum má meta sem

$$\Phi = \rho_{\text{is}} * g * z_y + (\rho_{\text{vatn}} - \rho_{\text{is}}) * g * z_b$$

Þar sem g er þyngdarhröðunin (9.82 ms^{-2}), ρ_{is} er eðlismassi íss (900 kgm^{-3}), ρ_{vatn} er eðlismassi vatns (1000 kgm^{-3}), z_b er botnhæð og z_y er yfirborðshæð.

Af mættisjöfnunni má ráða að yfirborðshalli hefur um nífallt vægi á við halla botns. Stafræn kort mættis fyrir nýja botninn og þau mismunandi yfirborðskort sem lýst var hér á undan voru reiknuð. Þar sem kortin lýsa mætti vatns við jökulbotn og vatn rennur frá herra mætti til lægra rennur það hornrétt á jafnmættislínur. Vatnaskil milli einstakra fallvatna má þá finna með því að draga línu frá jökuljaðri við mót þeirra upp jökul hornrétt á mættislínur. Til að kanna hvar skil eru milli fallvatna við jökuljaðar var lega farvega með vatni hnitúð af Landsat 8 gervihnattamynd frá 29. júní 2013 (frá NASA), en lega eldri farvega var hnitúð af AMS kortum bandaríska hersins (AMS series C762, blöð

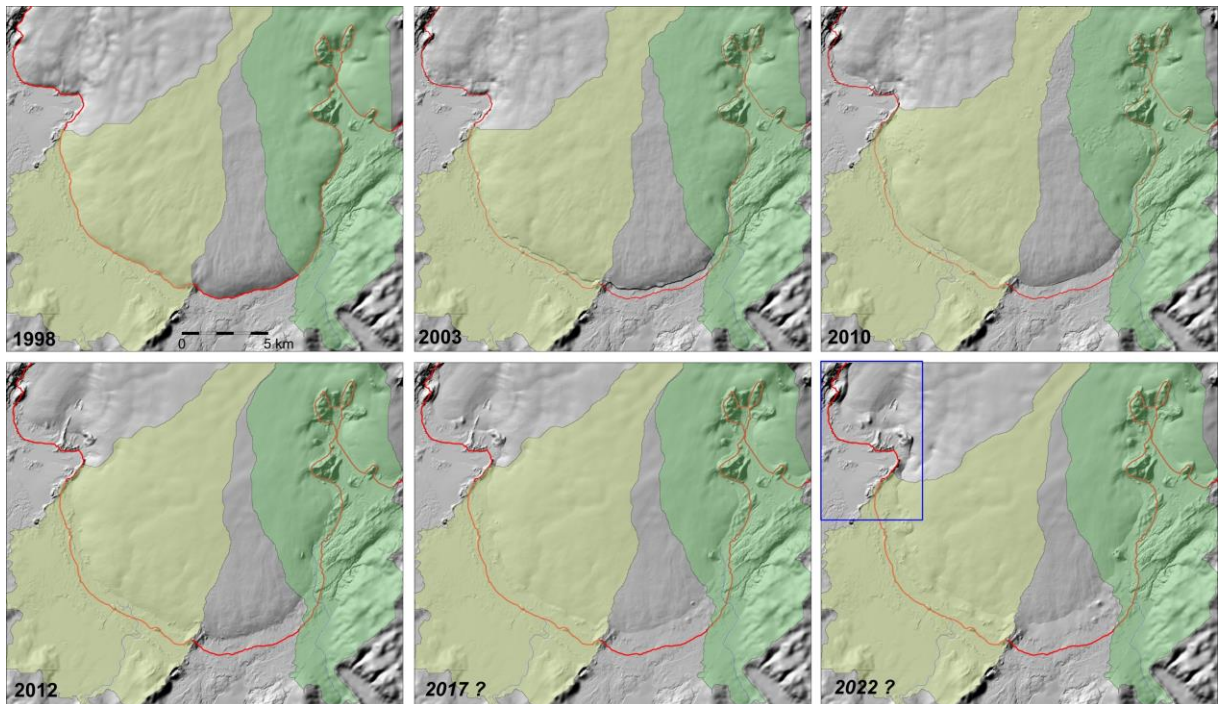


4. mynd. Farvegir og kvíslar frá Síðujökli. Með bláum línur eru sýndir farvegir sem hnitáðir voru af Landsat 8 gervitunlamynd frá 29. júní 2013. Grænu línurnar sýna farvegi og kvíslar af AMS kortum (eftir flugmyndum frá sumrinu 1946). Lega jaðars 1998 (yst), 2003, 2010 og 2012 (innst) er sýnd með appelsínugulri, bleikri, fjólublárrí og rauðri línu. Skyggt hæðarlíkan 2012 (LiDAR) er í bakgrunni. Vatnaskil við jökuljaðar 2012 eru merkt með gulum strikum.

5819-I og II og 5919-I, III og IV). Þessir farvegir eru sýndir á 4. mynd. Utan jökuls eru skörp skil milli kvísla sem tilheyra Skaftá, Hverfisfljóti, Brunná og Djúpá .

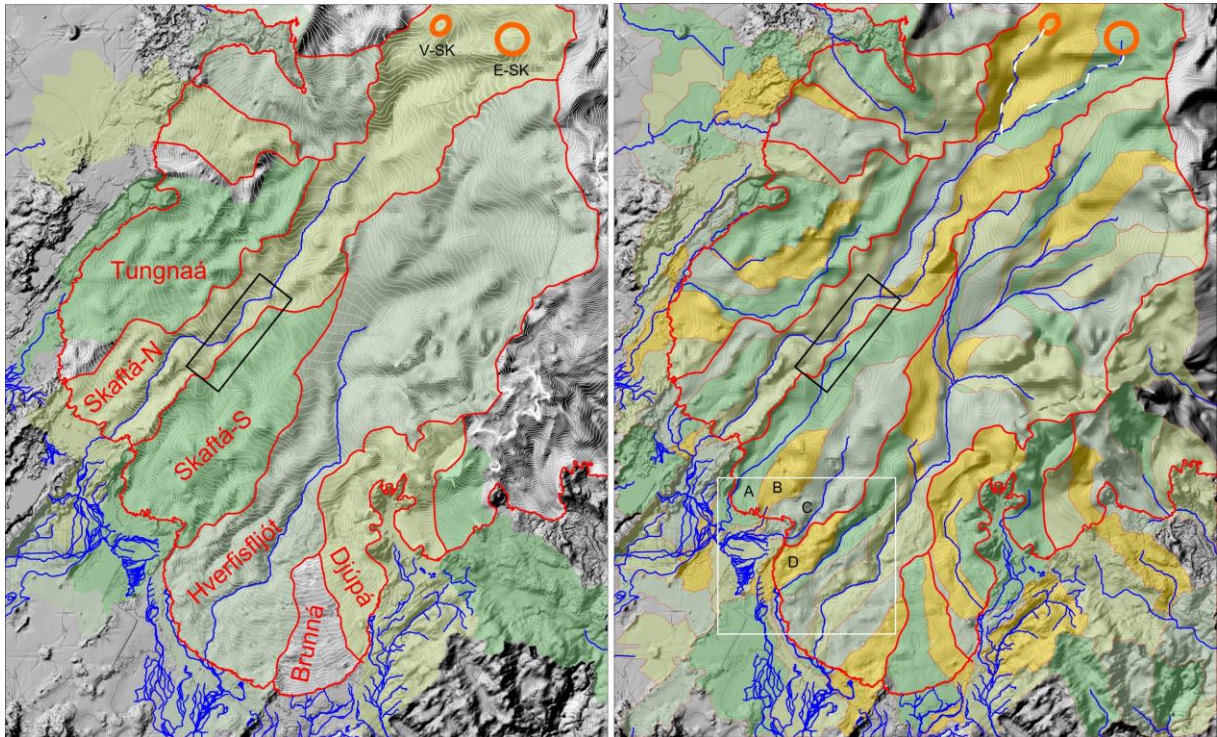
Á 5. mynd eru sýnd vatnasvið Skaftár, Hverfisfljóts, Brunnár og Djúpár eins og þau afmarkast út frá reiknuðu mætti vatns við jökulbotn árin 1998, 2003, 2010 2012 og loks um 5 og tíu árum síðar (eftir 2012). Hér er nýja botnkortið notað við mættisreikningana. Vatnasviðkortin eru unnin með tólinu „watershed“ í SURFER hugbúnaði sem Jöklahópur hefur notað til kortagerðar í ártugi. „Watershed“ rekur rennislleiðir í landslagi út frá halla mættisflatar og tengir saman kvíslar til meginfarvega.

Hér er valið að sýna vatnasvið sem afmarkast ef notuð eru óbreytt mæld yfirborðskort við mættisreikningana. Á hverjum stað er ísfarg við botninn háð meðalísþykkt yfir svæði með radius af stærðargráðu ísþykktar á hverjum stað. Eftir þessu má líkja með því að sía (draga úr breytileika) yfirborðs, t.d. með því að reikna hlaupandi meðaltal yfir svæði á yfirborði með radius ~500 m. Mætti reiknað fyrir síað yfirborð gefa mjög svipaða niðurstöðu, en greinileg vik (lægðir) í yfirborði sem líklega fylgja legu vatnsganga við botn verða ógreinilegri. Næst jökuljaðri þar sem jökullinn er þunnur (nokkrir tugir metra) gætir aflögunar íss lítið, hann er sjálfberandi. Þar geta myndast göng sem halda lögun sinni og þrýstingur á vatn sem þar rennur getur verið loftþrýstingur hvers tíma. Óljóst er hvar skil milli þessara svæða liggja og er breytilegt með tíma og vatnsrennsli (þrýstingur eykst á gangaveggi þegar rennsli er meira en göngin bera með góðu móti).



5. mynd. Vatnasvið Skaftár, Hverfisfljóts, Brunnár og Djúpár unnin eftir mætti vatns við jökulbotn (utan jökuls ræður halli lands eingöngu). Yfirborð hvers árs er sýnt sem skuggamynd í bakgrunni. Bláa boxið afmarkar svæði þar sem vatnaskil Skaftár og Hverfisfljóts verða óljós.

Skilin milli Hverfisfljóts - Brunnár og Brunnár - Djúpár eru mjög stöðug bæði undir jökli og eins utan hans nærri jökulsporði. Samkvæmt mættisreikningunum virðist það einnig eiga við milli Skaftár og Hverfisfljóts, einnig eftir að jökull fer að hörfa verulega frá goshrygg (Byrða) sem nú liggur nærri jökuljaðri, það verður skoðað nánar í næsta kafla. Á 6. mynd eru sýnd vatnaskil á SV-Vatnajökli allt frá Skaftárkötlum til syðsta hluta Síðujökuls. Skaftárhlaup sem eiga uppruna sinn í Vestari og Eystri Skaftárkötlum hafa komið fram undan Skaftárjökli síðustu áratugi. Nú er vitað að í upphafi Skaftárhlaupa fer vatn fram með þrýstibylgju sem lyftir ísnum og dreifir mjög úr sér við botninn.

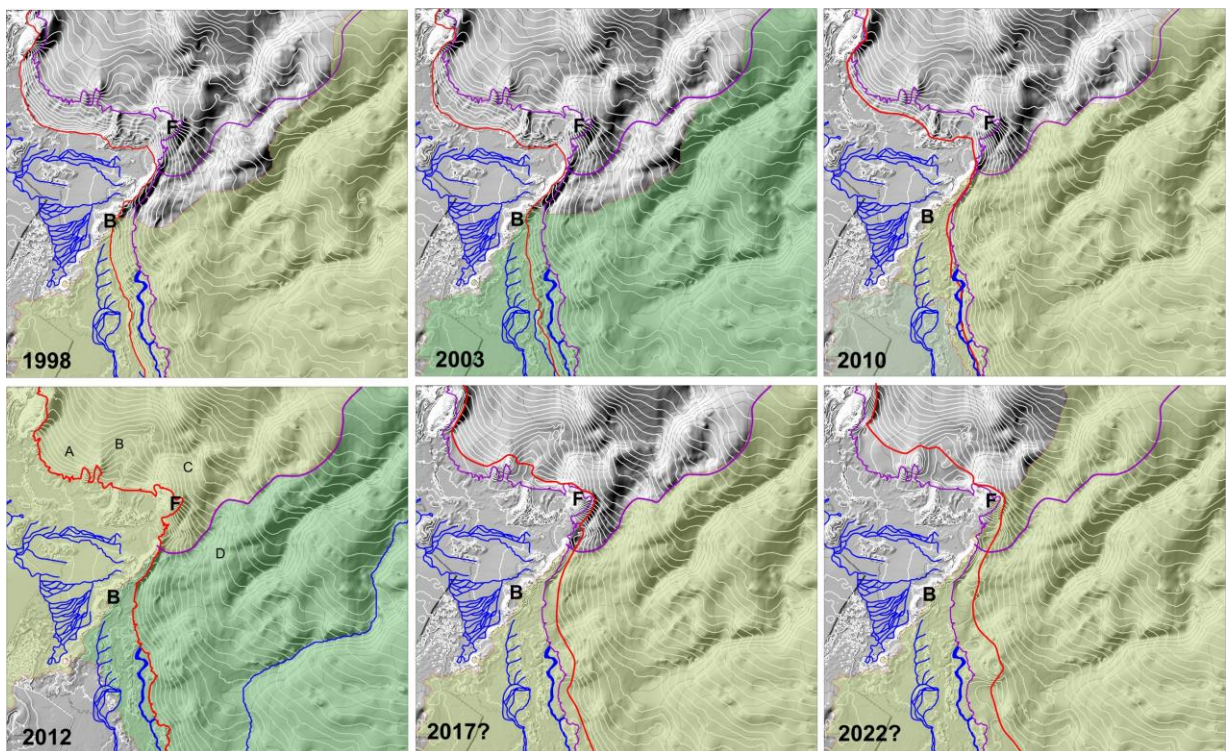


6. mynd. Vatnasvið helstu fallvatna frá suðvestur Vatnajökli, afmörkuð eftir æstæðu vatnsmætti við jökulbotn (reiknað eftir bestu gögnum um lögun jökulbotnsins og LiDAR hæðarlíkani yfirborðsins). Bláar línur utan jökuls sýna helstu kvíslar ána, en bláar línur innan jökuljaðars legu helstu rennislíleiða við jökulbotn. Í bakgrunni er skyggð mynd jökulbotnsins og landsins utan jökuls. Jafnmættislínur eru dregnar hvítar á vinstri myndina. Lega Skaftárkatla er sýnd með appelsínugulum hringjum. Rauðar línur sýna vatnaskil helstu vatnsfalla á jökli, en lituðu flákarnir vatnasviðin. Á hægri myndinni er sýnd finni skipting vatnsviðanna og reiknaðar rennislíleiðir undir jökli í meiri smáatriðum. Rennislíleið Skaftárhlaupa er innan vatnasviðs Skaftá-N en Svörtu ferningarnir sýna hvar líklegt er að vatn geti slegið sér yfir til vatnasvið Skaftá-S. Hvíti ramminn afmarkar svæðið sem skoðað er betur hér aftar.

Vísbendingar eru um að vatn dreifist um botninn á allt að 9 km breitt svæði en dregst hratt saman í ísgöng sem verða til við jökulbotn (sjá t.d. Björnsson 2002, Magnússon o.fl., 2007, Einarsson o.fl., 2016.). Þetta skýrir að í einstaka hlaupum hefur dálítið vatn í upphafi hlaupanna komið fram til Tungnaár og einu sinni er vitað (1995) að vatn slapp í litlum mæli yfir til Hverfisfljóts (þetta var skömmu eftir framhlaup Síðujökuls 1993-94 sem hnikaði halla yfirborðs meira til suðurs, en framhlaup Tungnaárjökuls 1994-95 hnikaði hallanum til vesturs aftur). Á 5. mynd eru sýnd vatnasvið helstu fallvatna frá suðvesturhluta Vatnajökuls. Þau eru afmörkuð eftir æstæðu vatnsmætti við jökulbotn (reiknað eftir bestu gögnum um lögun jökulbotnsins og LiDAR hæðarlíkani yfirborðsins). Rauðar línur sýna vatnaskil helstu vatnsfalla á jökli, en lituðu flákarnir vatnasviðin. Á hægri myndinni er sýnd finni skipting vatnsviðanna og reiknaðar rennislíleiðir undir jökli í meiri smáatriðum. Rennislíleið Skaftárhlaupa er innan vatnasviðs Skaftá-N en svörtu ferningarnir sýna hvar líklegt er að vatn geti slegið sér yfir til vatnasviðs Skaftá-S, en þá í farveg innan vatnasviðs sem merkt er A á myndinni hægra megin, en þarna er einmitt eitt útfall til Skaftár. Athygli er vakin á að reiknuðu farvegirnir við jökulbotn skila sér á staði við jökuljaðar þar sem helstu útföllin eru. Einnig að spor í yfirborði jökulsins frá Skaftárkötlum (rakin eftir LiDAR hæðarlíkani frá 2010 og sýndar sem hvítar brotalínur) falla nær alveg saman við reiknað rennislíleið við botninn.

Vatnaskil Skaftár og Hverfisfljóts nærri Byrðu:

Til að kanna nánar hvort breytingar séu líklegar á legu vatnaskila voru mættiskortin skoðuð betur og afrenniskort dregin eftir þeim á svæði nærri fjallinu Byrðu (merkt B á 7. mynd). Á 7. mynd eru sýnd hluti vatnasviða Skaftár og Hverfisfljóts, afmörkuð eftir vatnsmættiskortum árána 1998, 2003, 2010, 2012 og einnig 5 og 10 árum seinna, eftir áætluðu yfirborði (vinnsla þeirra yfirborða er lýst hér að framan). Þarna eru sterkar vísbendingar um að vatnaskil milli Skaftár og Hverfisfljóts hafi fluttst til norðurs við hop jökulsins frá 1998 til 2012, vatnsvið Hverfisfljóts hefur þannig stækkað lítillega (árið 2012 er vatnsvið Skaftár-S um 120 km², en Hverfisfljóts um 400 km²). Samkvæmt þessu mati verða litlar sem engar breytingar á vatnaskilunum frá 2012 til 2017, en á næstu fimm árum þar á eftir stækkar vatnsvið Hverfisfljóts enn. Hverfisfljót tekur til sín nær allt vatnsvið sem merkt er B á 6. mynd, nærri 40 km². Hafa þarf í huga að fyrir árin 2017 og 2022 er notast við áætluð yfirborð en hin árin eru yfirborðin byggð á mælingum. Um framtíðarþróun er greiningin hér því aðeins vísbendingar.



7. mynd. Vatnasvið afmörkuð eftir mættiskortum árána 1997, 2003, 2010, 2012 einnig 5 og 10 áru seinna, eftir áætluðu yfirborði þá (vinnsla þeirra yfirborða er lýst hér að framan). Vatnaskil Skaftár og Hverfisfljóts árið 2012 eru sýnd á öllum myndunum til viðmiðunar. Litðu flákarnir eru á vatnasviðum Skaftár (efri flákinn) en hinn á vatnssviði Hverfisfljóts.

Meginniðurstaðan hér er að vatn af hluta (um 40 km²) núverandi vatnasviðs Skaftár-S fari smám saman til Hverfisfljóts á næstu árum, vatnsviðið stækki um ~10% en afrennslu um ~20% því stærsti hluti þessa svæðis liggur frekar lágt. Það er hins vegar afar ólíklegt að þær breytingar verði á yfirborði sem leiði til að vatn af vatnasviði sem merkt er A á 6. mynd innan vatnsviðs Skaftár tengist varanlega vatnasviði Hverfisfljóts, en það myndi leiða til þess að verulegt vatn rynni til Hverfisfljóts í Skaftárhlaupum.

Hafa þarf hugfast að matið um framtíðarþróun yfirborðsins byggir á einfaldri nálgun, einnig að óljóst er hvað gerist þegar jökull hörfar af svæðinu austan Byrðu. Lægðin sem þar ætti að myndast við jökuljaðar og beinir vatni suður til Hverfisfljóts gæti fyllst að seti jafnóðum. Þarna gætu nokkrir metrar

í landhæð skipt máli. Aðstæður þarna eru ekki ólíkar því sem var við Skeiðarárjökul þegar vatn fór að renna til Gígju í stað Skeiðarár árið 2009.

Vel þarf að fylgjast með þessu svæði og afla nýrra gagna um lögun yfirborðs á nokkurra ára fresti til að endurmeta aðstæður. Einnig þarf að fylgjast með í Skaftárhlaupum hvort stærri hluti hlaupvatns fer um vatnasvið Skaftá-S og hvort hluti hlaupvatns sleppi yfir til Hverfisfljóts. Smáatriði í lögun botns sem ekki næst að lýsa í núverandi botnkorti, þrátt fyrir nokkuð þéttriðið botnhæðarmælinet, getur haft áhrif á legu vatnaskila og þróun þeirra við rýrnun jökulsins.

Þakkir til Þorsteins Jónssonar JH og Andra Gunnarssonar LV fyrir aðstoð í mælileiðangri og Guðfinnu Aðalgeirsdóttur JH fyrir yfirllestur.

Heimildir:

Björnsson H (2002) Subglacial lakes and jökulhlaups in Iceland. *Glob. Planet. Change*, 35, 255–271 (doi: 10.1016/S0921-8181 (02)00130-3)

Bergur Einarsson, Eyjólfur Magnússon, Matthew J. Roberts, Finnur Pálsson, Thorsteinn Thorsteinsson and Tómas Jóhannesson A spectrum of jökulhlaup dynamics revealed by GPS measurements of glacier surface motion. *Annals of Glaciology*, Available on CJO 2016 doi:10.1017/aog.2016.8

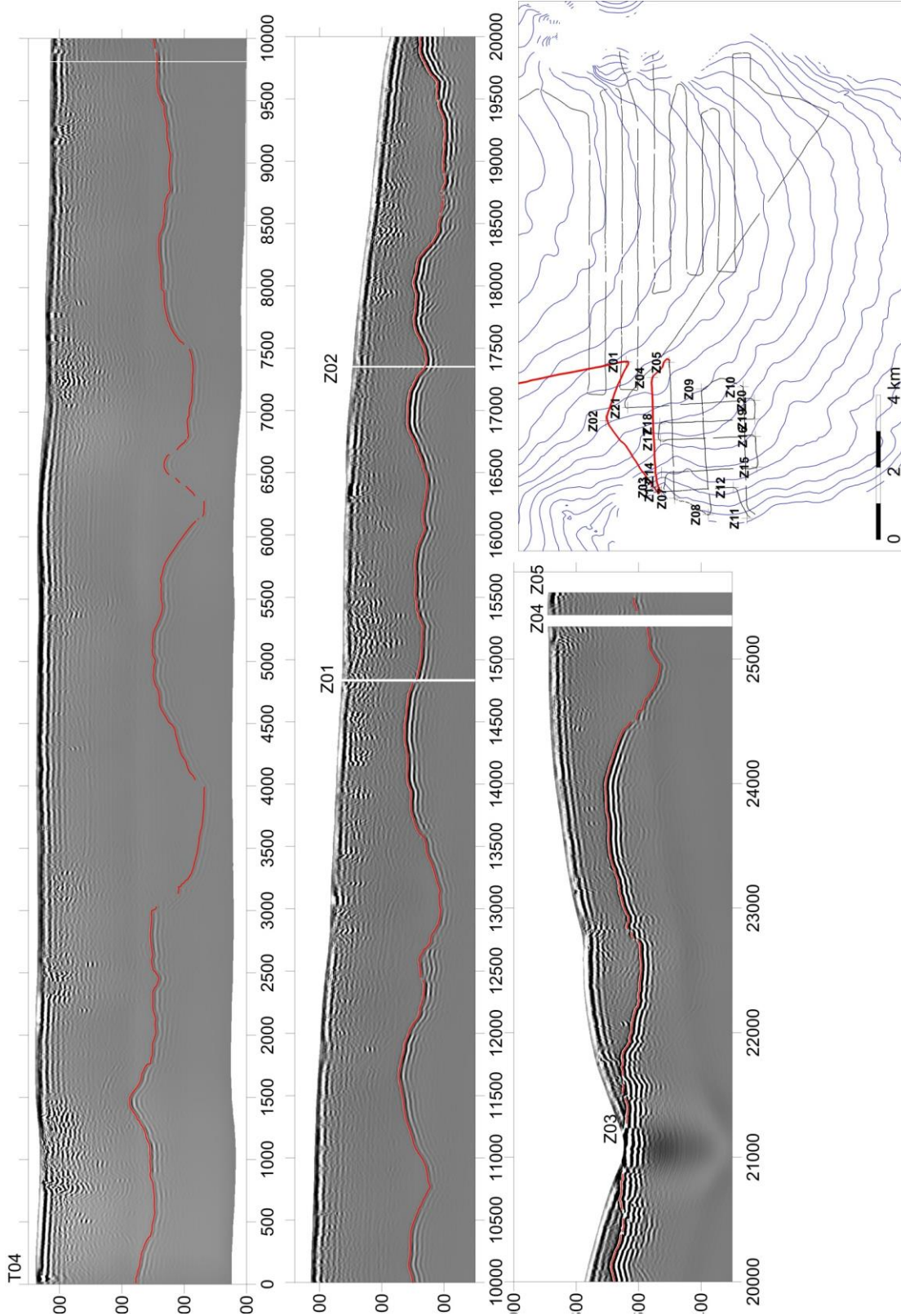
Tómas Jóhannesson, Helgi Björnsson, Eyjólfur Guðmundsson, Sverrir Guðmundsson, Finnur Pálsson, Oddur Sigurðsson, Thorsteinn Thorsteinsson and Etienne Berthier. 2012. Ice-volume changes, bias-estimation of mass-balance measurements and changes in subglacial lakes derived by LiDAR-mapping of the surface of Icelandic glaciers. *Annals of Glaciology* 54, 63A422.

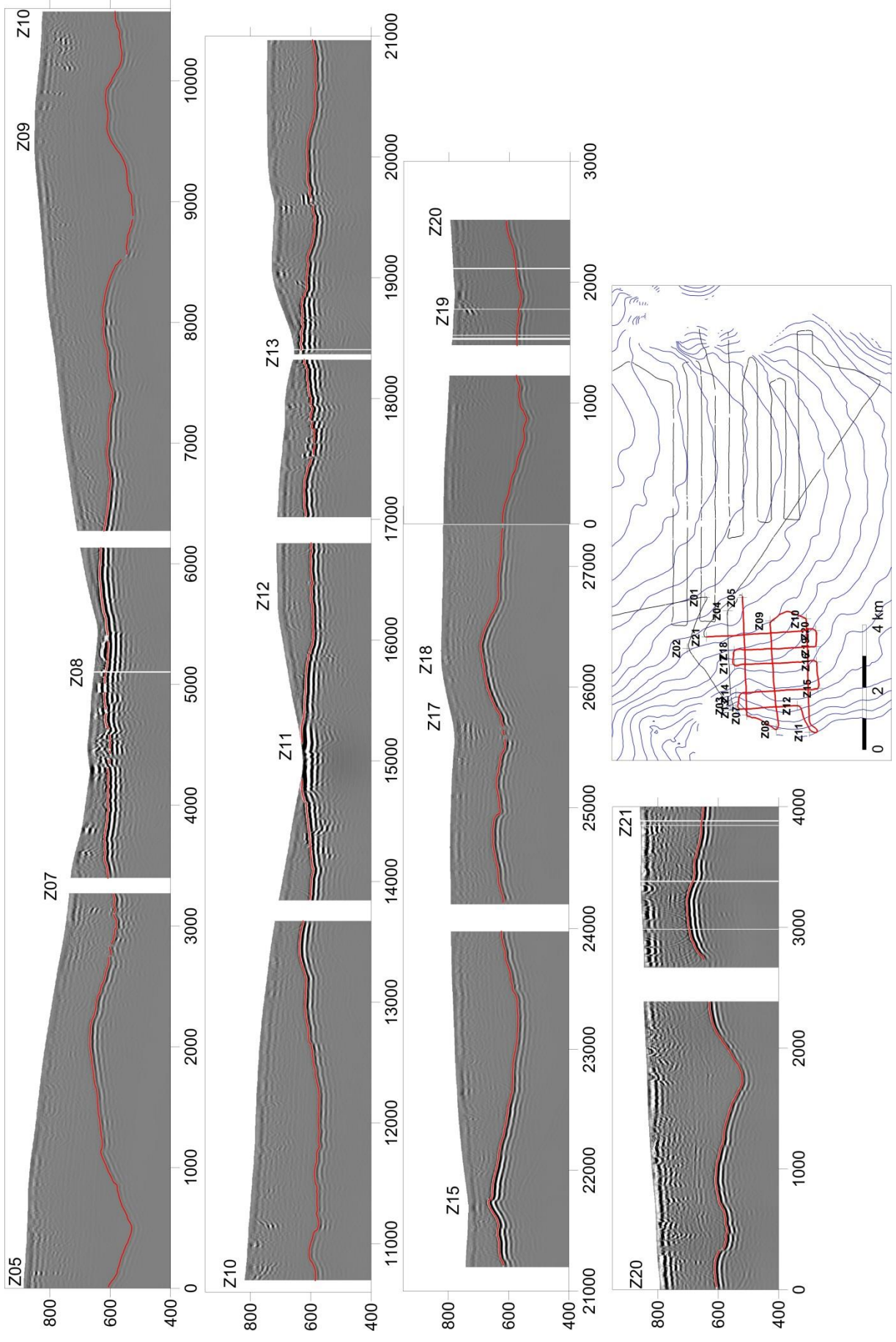
Finnur Pálsson, Eyjólfur Magnússon, Helgi Björnsson, Ágúst Þór Gunnlaugsson, 2014. Greinargerð um könnun á legu útfalla og farvega fallvatna frá Síðujökli og stöðugleika þeirra þegar jökullinn hörfar. 12. Bls.

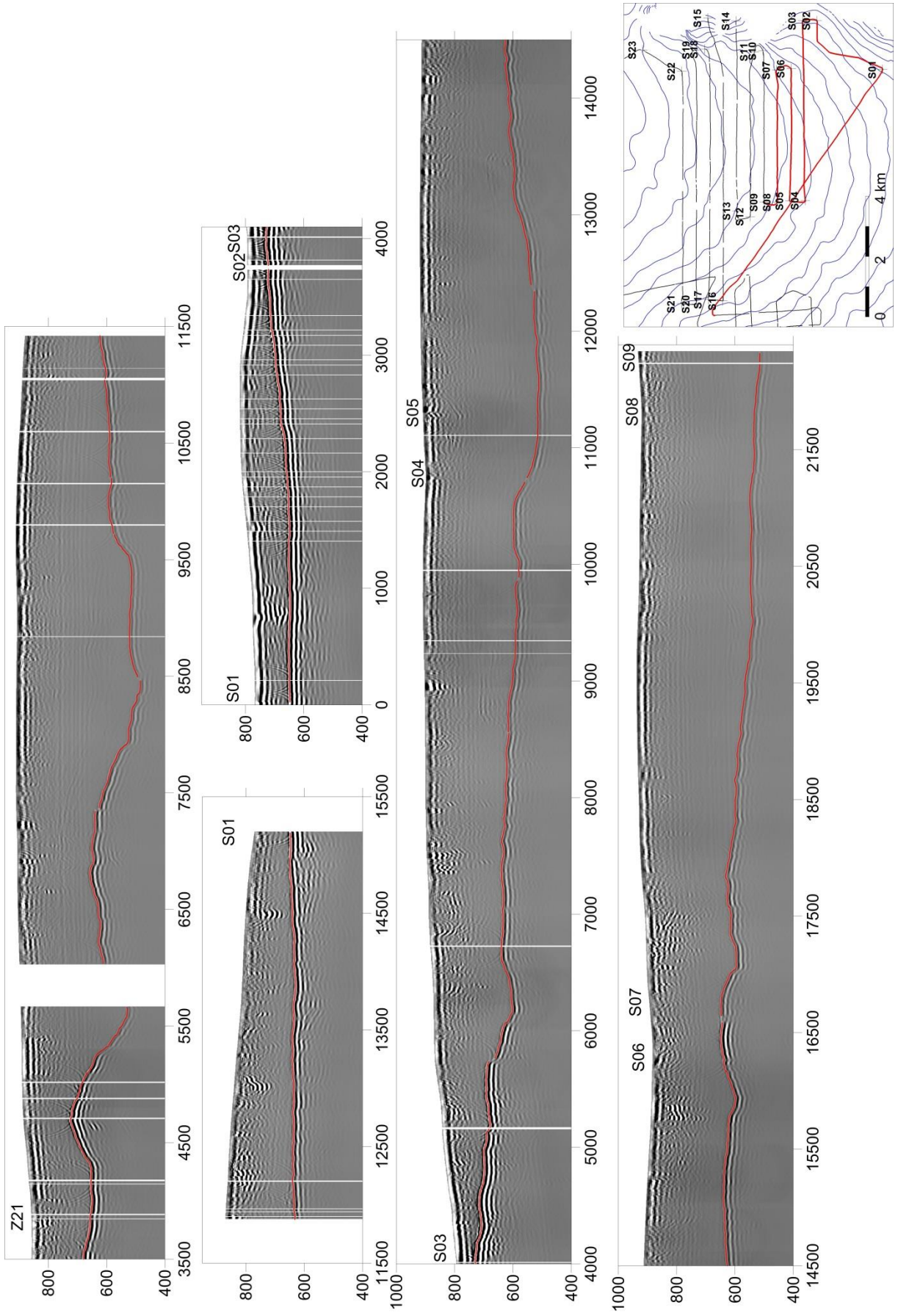
Magnússon E, Rott H, Björnsson H and Pálsson F (2007) The impact of jökulhlaups on basal sliding observed by SAR interferometry on Vatnajökull, Iceland. *J. Glaciol.*, 53(181), 232–240 (doi:10.3189/172756507782202810)

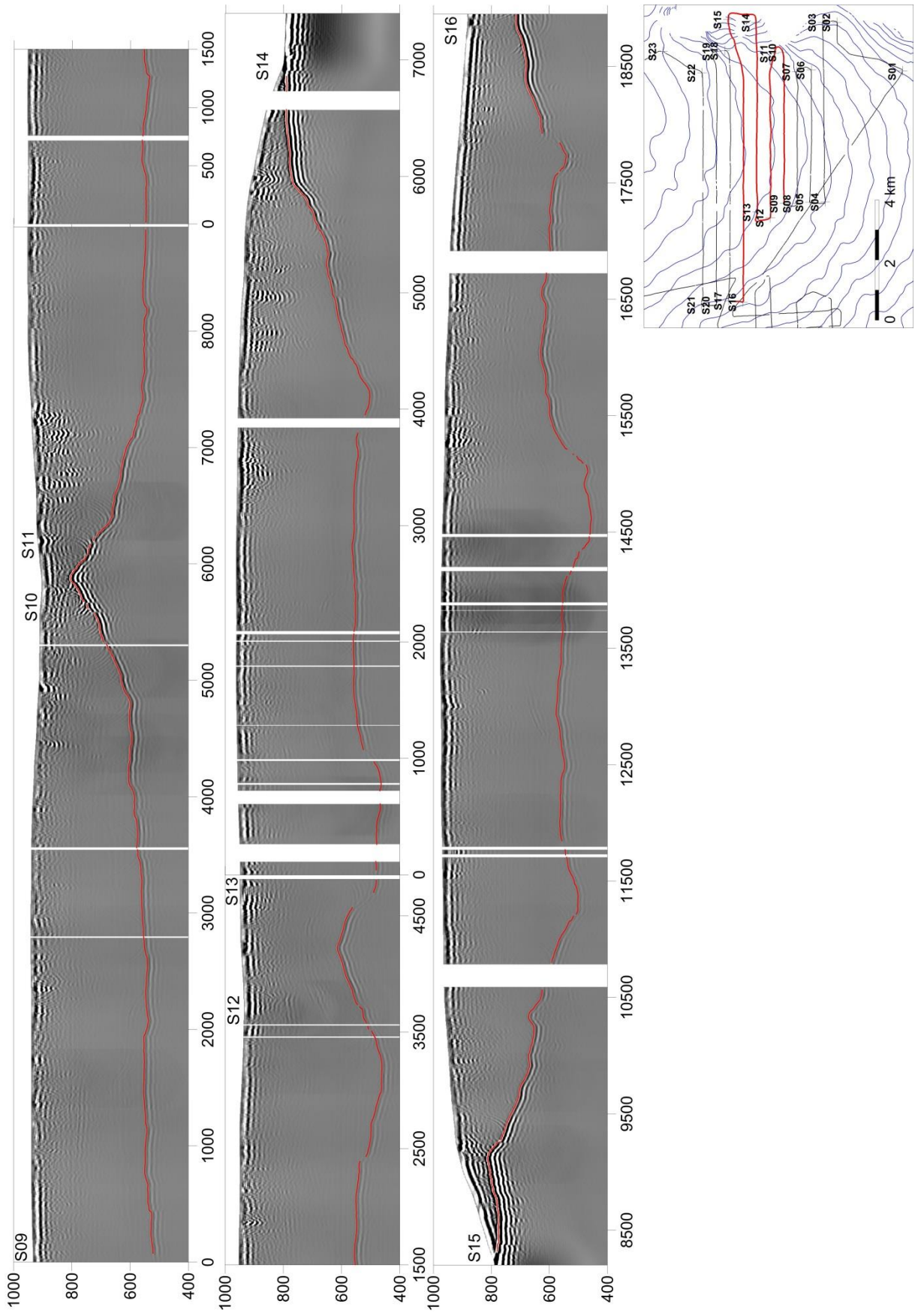
Viðauki I. Íssjár og yfirborðsmælisnið.

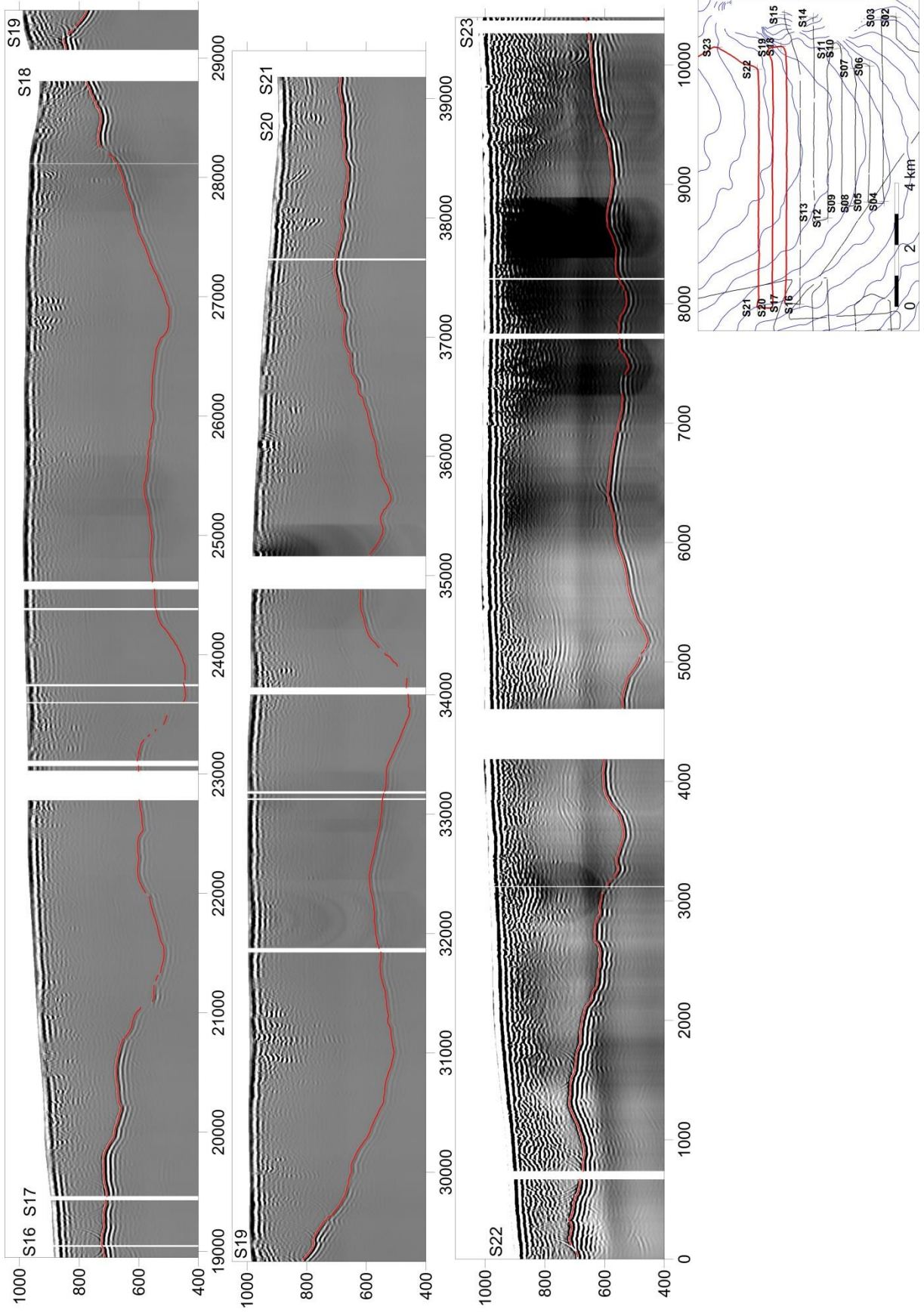
Rauða línan á mælisniðunum sýnir botnendurkast. Vegalengd eftir sniðunum er í metrum og hæðarásinn er í metrum yfir sjó.

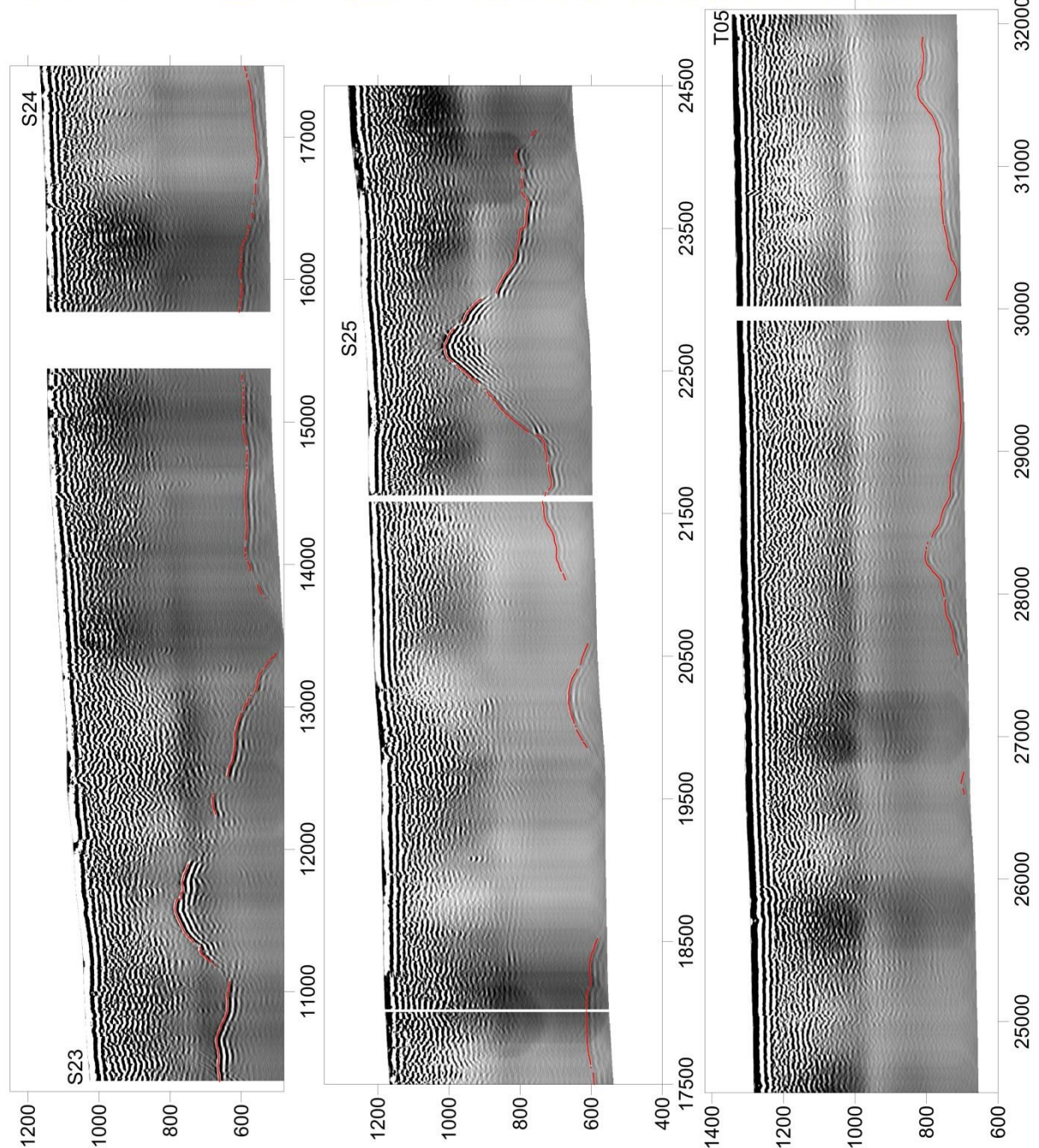
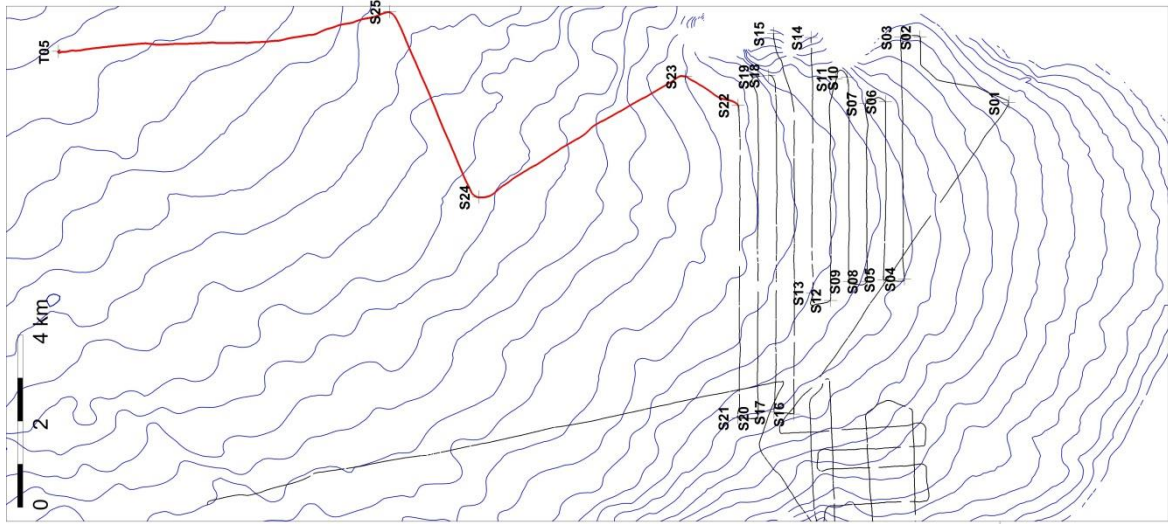












Viðauki II.

Fjárhagsskilagrein

Styrkur til þessa verks var 1500 þ.kr .

Kostnaður vegna notkunar vélsleða JH í mæliferð reyndist 82 þ.kr.

Vegna samlegðar við önnur verkefni lækkaði kostnaður vegna notkunar á torfærubíl

Jarðvísindastofnunar, reyndist 75 þ.kr.

Kostnaður vegna vinnu við mælingar var lægri en áætlað var, verkið var að mestu unnið af tveim mönnum í stað þriggja vegna þess að leiðangrar voru tvinnuðir saman: 480 þ. kr.

Kostaður vegna mælibúnaðar var 75 þkr.

Kostnaður við mælingar var því samtals 712 þ. kr.

Laun vegna úrvinnslu og ritun skýrslu um niðurstöður 1 mannmánuður, 758 þ.kr.

Umsjónargjald Jarðvísindastofnunar er 12.5% , 188 þ.kr.

Heildarkostnaður **1658 þ.kr.**

Að mælingunum unnu Finnur Pálsson og Sveinbjörn Steinþórsson. Eyjólfur Magnússon vann að úrvinnslu íssjarmælisniðanna, Finnur sá um úrvinnslu GPS yfirborðssniða, einnig aðra úrvinnslu, kortagerð, gerð mynda, túlkun og skýrslugerð. Helgi Björnsson kom að túlkun og ritun skýrslu.