



Könnun á legu vatnaskila við jökulbotn milli Skaftár og Hverfisfljóts á Tungnaárjökli sunnan Skaftárvatla

Finnur Pálsson

Eyjólfur Magnússon

Hrafnhildur Hannesdóttir

apríl 2019

RH-01-2019



HÁSKÓLI ÍSLANDS
JARÐVÍSINDASTOFNUN

Efnisyfirlit

Inngangur	1
Mælingar	2
Gagnavinnsla	3
Stafrænt hæðarlíkön botns	3
Jökulyfirborð 1998, 2012 og 2017, gerð eftir mælingum	6
Jökulyfirborð 2023 og 2030, líkleg þróun frá 2107	6
Afmörkun vatnasviða	9
Horfur um vatnaskil til lengri framtíðar, helstu veikleikar í þekkingu	11
Þakkarorð og heimildir	12
Viðaukar:	
I. Fjárhagsskilagrein	13
II. Yfirlitsmyndir íssjársniða 2017 og 2018	14-82

Myndir:

- mynd. Lega íssjársniða sem mæld voru í fyrstu viku júní 2017 og 2018 á vestur Vatnajökli. Grænu línurnar sýna legu mælisniða 2017 en þær rauðu 2018. Í bakgrunni er kort með 25 m möskvum, byggt á lidarmælingum frá 2012.
- mynd. Jökulbotninn sunnan Skaftárkatla unninn eftir íssjarmælingum vorin 2017 og 2018 ásamt mælingum nyrst á svæðinu frá árunum 2013-2016 (20 m jafnhæðarlínur).
- mynd. Jökulbotn SV Vatnajökuls, nýju korti botnsins sunnan hefur verið skipt út fyrir eldri mat á lögun hans. Hæð jökulyfirborðsins 2012 er einnig sýnt með 20 jafnhæðarlínum (grannar bláar línur). Vel má sjá hvernig lögun botns hefur áhrif á lögun yfirborðs.
- mynd. Yfirborð vestur Vatnajökuls 1998 (EMISAR), 2012 (Lidar) og 2017 (Arctic Dem).
- mynd. Vinstri: Hraði hæðabreytinga 1998 til 2012. Miðja: Hraði hæðabreytinga 2012 til 2017. Hægri: Útmörk framhlaups Síðujökuls 1993-94 afmörkuð eftir sprungumynstri sem sést á Landsat 5 gerfitunglamynd frá 30. ágúst 1994.
- mynd. Hæðabreytingar á suðvestur Vatnajökli vegna framhlaupa 1993-1996 (vinstri), áætlaðar breytingar á vegna framhlaups Síðujökuls 1993-1995
- mynd. Áætlað yfirborð suðvestur Vatnajökuls 2023 og 2030. Neðri myndirnar eru tilgátur um lögun rétt áður en að framhlaupi líkur (vinstri), en sú hægra þegar jökull hefur jafnað sig nokkuð að framhlaupi loknu.
- mynd. Farvegir og kvíslar frá Síðujökli. Vatnaskil við jökuljaðar milli helstu fallvatna eru sýnd með gulum strikum. Í bakgrunni er Landsat 8 gervitunglamynd frá 23. ágúst 2018, þar sem vel má greina helstu farvegi. Grænu línurnar sýna farvegi og kvíslar af AMS landakortum Bandaríska hersins, gerð eftir flugmyndum frá sumrinu 1946, farvegirnir ná að þáverandi jökuljaðri.
- mynd. Vatnsvið á suðvestur Vatnajökli gerð eftir mætti vatns við jökulbotn fyrir yfirborð áranna 1998, 2012, 2017 og mati á yfirborði 2023, 2030 og ef Síðujökull hleypur ~2023. Vatnaskil Skaftár og Hverfisfljóts eru sýnd með þykkri rauðri línu. Yfirborðskort hvers árs er sýnt sem skuggamynd í bakgrunni, og jaðarinn 1998 er sýndur (grönn rauð lína) til viðmiðunar.
- mynd. Botninn á neðri hluta suðvestur Vatnajökuls, yfirborð 2017 sýnt með grönnum bláum línum. Rauður feringur afmarkar svæði þar sem vafi leikur á hvort hæð nokkurra skarða (staðsetning sýnd sem rauðir +) sé rétt ákvörðuð.

Inngangur.

Markmið verkefnisins er að endurmeta legu og kanna stöðugleika vatnaskila Skaftár og Hverfisfljóts ofarlega á Tungnaárjökli sunnan Skaftárkatla. Samkvæmt eldra mati á vatnaskilunum eru þau óglögg á þarna. Í Skaftárhlaupum, einkum frá eystri Skaftárkatli, fer vatn um þetta svæði. Breytt lögun eystri Skaftárketils eftir jökulhlaup þaðan haustið 2015 og viðvarandi breytingar á lögun yfirborðs Tungnaárjökuls hafa áhrif á legu vatnaskilanna. Allur vestur Vatnajökull þynnist nú hratt á leysingasvæðinu en ofanvert, á safnsvæðinu, þykkar og hækkar jökullinn. Hann hreyfist ekki nægjanleg til að bera fram ársafkomu frá safnsvæði til leysingasvæðis enda eru allir vestur skriðjökurnir frá Sylgjujökli í norðri til Síðujökuls í suðri framhlaupsjökla. Síðujökull hefur haft 30 ára framhlaupalotu en Tungnaárjökull um 45 ár. Síðujökull hljóp síðast 1993-94 en Tungnaárjökull 1995 og Skaftárjökull og Sylgjujökull strax í kjölfarið. Samkvæmt þessu er líklegt að Síðujökull hlaupi uppúr 2020 en Tungnaárjökull um 15 árum seinna. Í framhlaupum flyst verulegt magn íss af safnsvæði á leysingasvæði og oftast gengur sporðurinn fram um hundruði metra jafnvel nokkra kílómetra. Við þetta lækkar safnsvæðið um tugi metra. Safnsvæði Tungnaárjökuls, Skaftárjökuls og Síðujökuls er sameiginlegt að hluta (hliðrast til um sama svæði vegna framhlaupanna). Þannig mun framhlaup Síðujökuls hliðra ísaskilum ofanvert til norðurs og halli yfirborðs safnsvæðisins verða suðlægari.

Rennslisleiðir vatns við jökulbotn ræðst af lögun bæði botns og yfirborðs. Nú eru fyrirbyggjandi nýleg mjög nákvæm hæðarlíkön af yfirborði vestur Vatnajökuls og fyrirséð er að auðvelt verður að afla nýrra yfirborðshæðarlíkana (t.d. frá gervitunglamælingum) og fylgjast þannig með breytingum. Þó botn alls Vatnajökuls hafi verið kortlagður með íssjá og allir megindrættir þekktir skortir víða á þéttleika mælinga til að hægt sé að greina finni drætti landslags. Þetta á einmitt við á umræddu svæði sunnan Skaftárkatla og vestan Grímsvatna og Háubungu. Til ítarlegrar könnunar á legu vatnaskila milli Skaftár og Hverfisfljóts hefur nú (vorin 2017 og 2018) verið mæld lögun botnsins með íssjármælingum á kerfisbundnu mælineti (um 500 m milli mæilína), en eldri mæilínur lágu flestar tilviljanakennt um þetta svæði (flestar eru mæling í ferðum milli jökulrandar og Grímsfjalls en ekki hluti mælinets).

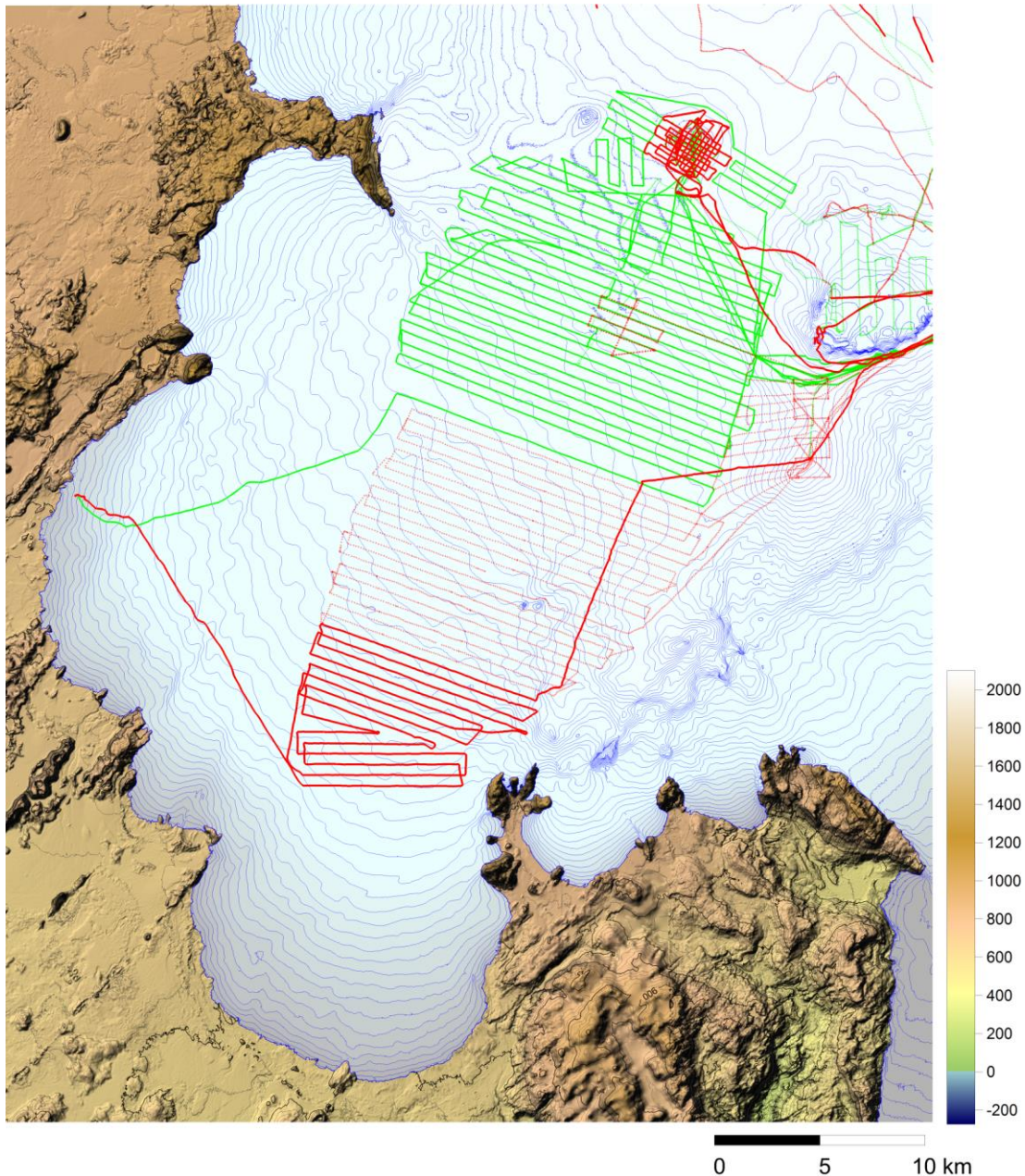
Í fyrstu viku júní 2017 og 2018 var með stuðningi Rannsóknasjóðs Vegagerðarinnar mæld rífleg 600 km löng íssjárnsnið hvort ár (sjá 1. mynd), á tæplega 600 km² svæði sunnan Skaftárkatla. Úrvinnslu yfirborðshæðarsniða, tengingu þeirra við botnsniðin, og tímafrekri fyrstu meðhöndlun mæligagna (kvörðun, sköpun, vörpun (enska: migration)) var lokið haustin 2017 og 2018. Nú hefur botnkortið verður unnið eftir botnendurkastssniðunum, og einnig yfirborðshæðarlíkön mæliáranna, eftir GPS sniðmælingunum og kortagögnum úr ArcticDEM safni Bandaríkjanna (<http://arcticdemapp.s3-website-us-west-2.amazonaws.com/explorer/>). Til er stafræn útgáfa DMA korta af jökulyfirborðinu sem byggð eru á flugmyndum frá um miðjan níunda ártuginn. Yfirborðskort hafa verið unnin eftir mælingum úr flugvélum með SAR 1998 (Eyjólfur Magnússon, 2003) og lidar 2012 (Tómas Jóhannesson o.fl., 2013). Kortið frá 2012 var aðlagð að GPS sniðmælingum í október 2012. Þá hafa verið unnar tillögur að lögun jökulyfirborðs árin 2023 og 2030 sem byggð eru á rýrnun jöklanna í nálægri fortíð, og einnig tillaga að lögun yfirborðs ef Síðujökull hleypur fram á næstu árum. Ef hlauplota Síðujökuls er nú svipuð og verið hefur, 30 ár, verður næsta framhlaup nærri miðjum næsta áratug (~2023).

Hér verða öll þessi gögn notuð til að rekja legu vatnaskila Skaftár við jökulbotn frá. Einnig verða könnuð áhrif líklegra hæðarbreytinga jökulsins bæði vegna afkomu næstu árin og ef Síðujökull hleypur fram á næstu árum.

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

Mælingar

Mælingar á ísþykkt voru gerðar með íssjá. Mælibúnaðinum 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 Eyjólfur Magnússon og Finnur Pálsson en ýmsir þáttatakendur í Vorferðum Jöklarannsóknafélags Íslands (JÖRFÍ) aðstoðuðu við verkið, en mælingar voru unnar í vorferðum JÖRFÍ í fyrstu viku júní árin 2017 og 2018. Þannig samnýttist ýmiss búnaður og ferðakostnaði var haldið í lágmarki. Mæld voru ríflega 600 km snið í hvorum leiðangri (1. mynd). Bil milli mælilína var nærri 500 m og þannig um tvöfalt þéttara en venja var í eldri íssjármælinga verkefnum, ferðabúnaður og mælitæki leyfa nú



1. mynd. Lega íssjárnsniða sem mæld voru í fyrstu viku júní 2017 og 2018 á vestur Vatnajökli. Grænu línurnar sýna legu mælisniða 2017 en þær rauðu 2018. Í bakgrunni er kort með 25 m möskvum, byggt á lidarmælingum frá sumri 2012.

margfalt meiri afköst en áður var. Bæði árin voru skilyrði til mælinga ákjósanleg, veður stillt og færi fyrir vélsleða ágætt. Fyrri árið varð bilun í mælibúnaði sem tafði fyrir, en með þrautseigju og góðri hjálp Magnúsar Þórs Karlssonar (JÖRFÍ) tókst að klára verkið. Bæði árin var einnig íssjármælt í og umhverfis Eystri-Skaftárketil til að auka skilning á jökulhlaupum þaðan (Magnús T. Guðmundsson o.fl. 2018); þau gögn eru nýtt í þessu verki.

Gagnavinnsla

Úrvinnsla yfirborðs (GPS mælinga) og botnsniða íssjár er tímafrek handa- og tölvuvinna sem verður ekki lýst hér, en markmiðið er að ákvarða sem nákvæmast staðsetningu, yfirborðshæð (GPS) og fjarlægðina frá yfirborði að jökulbotni, ísþykkt. Óvissa í mælingu yfirborðshæðar og staðsetningar er að jafnaði fáir tugir sentimetra. Þar sem botnendurköst eru skýr í íssjármælingum er óvissa í ákvörðun fjarlægðar að jökulbotni nær eingöngu vegna óvissa í ferðahraða rafsegulbylgjunnar, sem ræðst m.a. af vatnsinnihaldi í ísnum. Sú skekkja er nær línulegt fall af ísþykktinni þannig að hún veldur hliðrun sem er fall af ísþykkt. Þessi skekkja er af stærðargráðu tugur m, en hefur sáralítill áhrif á mat á legu vatnskila við jökulbotn sem er aðalviðfangsefnið hér. Á stöku stað eru botnendurköst óskýr og gætu villur í ísþykkt verið talsvert meiri þar. Þetta á aðalega við svæði sem var mælt bæði vorin ofarlega á Tungnaárjökli (1. mynd) og hefur einnig óveruleg áhrif á vatnaskil. Yfirlitsmyndir mælisniða úr íssjónni 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 grafist hafa í jökulinn.

Stafræn hæðarlíkön (kort)

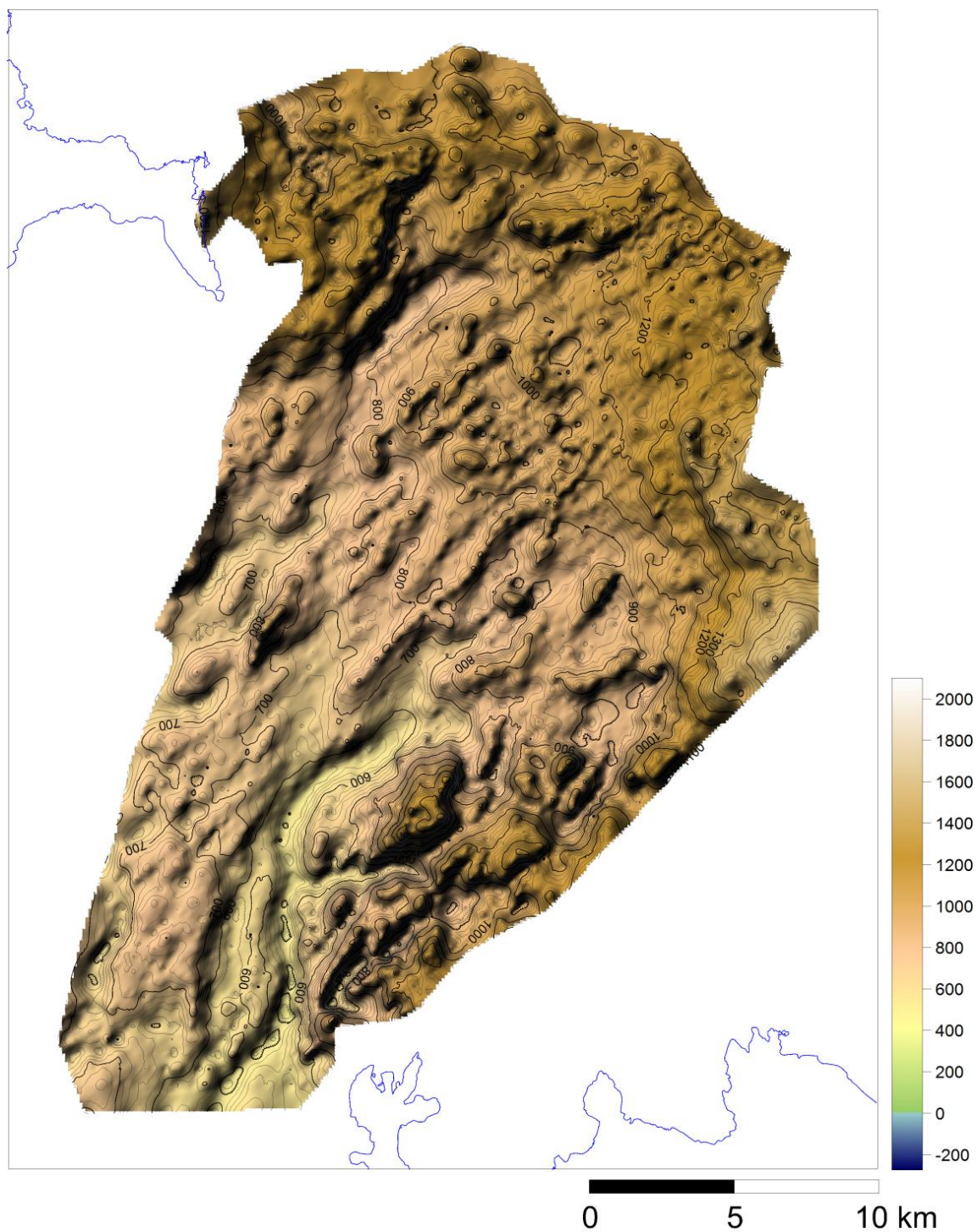
Jökulbotn:

Eins og sagt er hér að ofan hefur svæðið sem hér er til skoðunar ekki allt verið mælt áður kerfisbundið með íssjá. Kort af jökulbotni þess var áður unnið eftir ýmsum sniðum sem flest hafa orðið til á ferðum milli mælisvæða og ferðum milli Jökulheima og Grímsfjalls þar sem íssjá hefur verið með í för, elstu mælisniðin frá fyrstu árum íssjármælinga á níunda áratug síðustu aldar. Oft var reynt að hliðra til ferðaleiðum þannig að mæling fengist á ferð um áður ómæld svæði. Gróft mælinet var þó til, t.d. af Háubungu, beggja vegna Pálsfjalls og víðar.

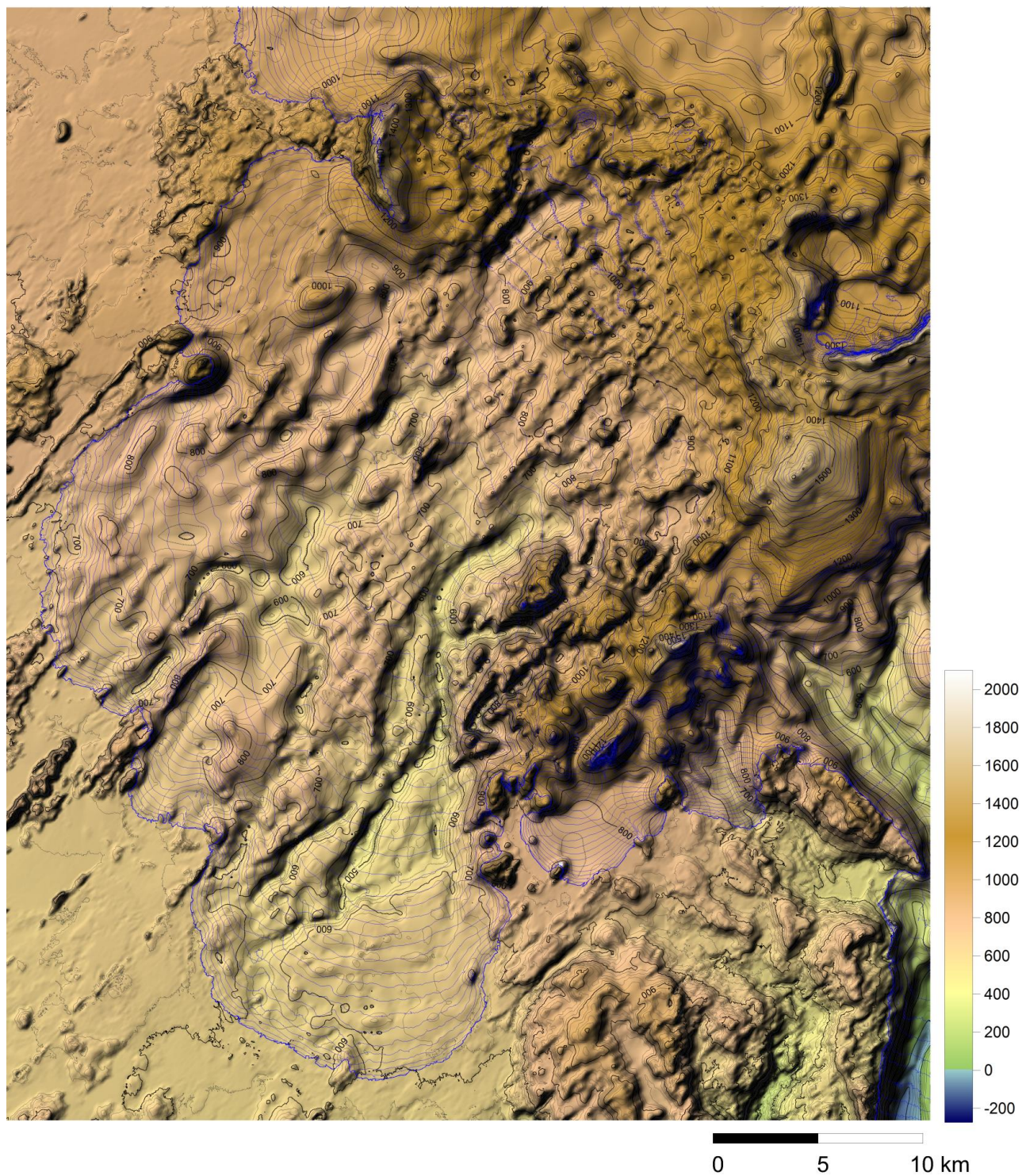
Eftir nýju íssjármælingunum hefur nú verið reiknað stafrænt botnkort í rétthyrndu möskvaneti með 25 metra möskvum með „Kriging“ brúunaraðferð. Landslag er almennt það flókið að ekki er hægt að endurskapa það fullkomlega eftir mælilínunum á 500 m bili. Það hefur einnig áhrif á niðurstöður brúunarinnar frá mælilínunum í stafrænt kort að eitthvert (raunar mjög lítið) innra ósamræmi er í mæligögnunum og einnig að þéttleiki mælinga er mun meiri eftir mælilínunum en á milli þeirra (5 m eftir línunni en ~500 m á milli þeirra). Þannig fæst með brúuninni botnkort sem vissulega sýnir –öll aðalatriði landslags, samhangandi hryggi og dali en er víða með lágum skvompum eða hólum sem raðast eftir legu mælianna, vegna þess að þar er botnhæðin fastbundin mælingunni. Þessi frávík eru af stærðargráðu 10 m á hæð eða dýpt og tugir m á breidd. Hefðbundin aðferð til að losna við þetta er að handteikna kort eftir með reiknaða kortið sem fyrstu tilgátu og brúa nýtt kort eftir handteikningunni. Þetta er mikil og nákvæm handavinna og ekki talið svara kostnaði í þessu verki, enda frávikin lítil vegna þess hve þétt mælinetið er.

Á 2. mynd er sýndur botninn á mælisvæðinu. Í aðalatriðum sýnir botnkortið hallandi land frá hálendi í norðri og austri, frá Hamrinum yfir í Háubungu (~1200-1300 m hæð) til SSV (í um 600-700 m). En þetta land einkennist annars af hryggjum og dölum með megistefnu til SSV, m.a. djúpri lægð í stefnu NNA – SSV vestur með Pálsfjalli. Þarna eru líka 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. Nýja botnskortinu hefur verið skeytt inní eldra kort af botni SV Vatnajökuls og er það sýnt hér á 3. mynd.



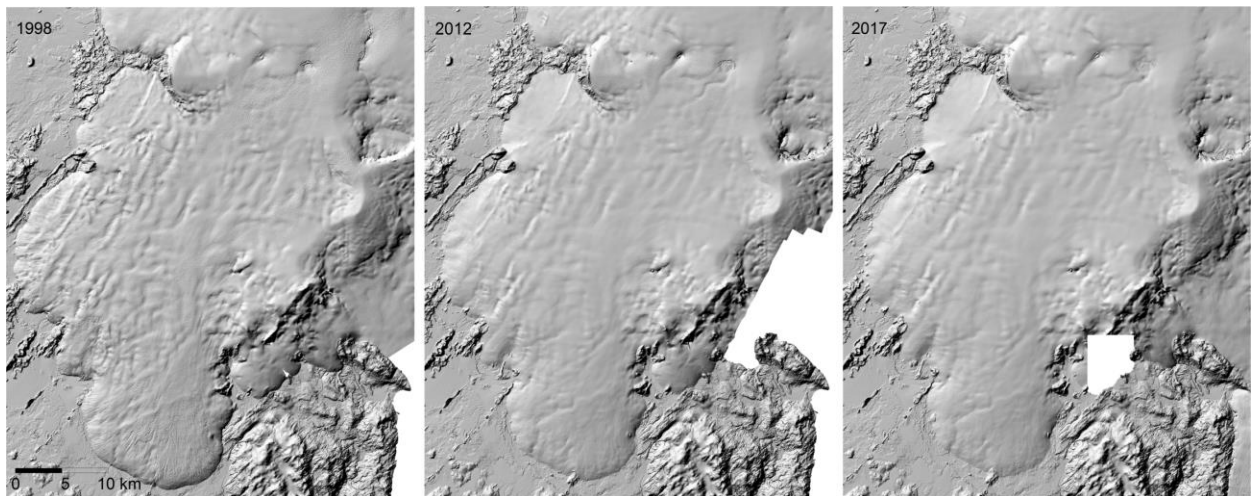
2 mynd. Jökulbotninn sunnan Skaftárvatna unninn eftir íssjármælingum vorin 2017 og 2018 ásamt mælingum nyrst á svæðinu frá árunum 2013-2016 (20 m jafnhæðarlínur).



3. mynd. Jökulbotn SV Vatnajökuls, nýju korti botnsins sunnan hefur verið skipt út fyrir eldri mat á lögun hans. Hæð jökulyfirborðsins 2012 er einnig sýnt með 20 jafnhæðarlínum (grannar bláar línur). Vel má sjá hvernig lögun botns hefur áhrif á lögun yfirborðs.

Jökulyfirborð 1998, 2012 og 2017, gerð eftir mælingum.

Unnin hafa verið nokkur stafræn kort af yfirborði vestur Vatnajökuls. Yfirborðið 1998 var unnið sem hluti MS-náms Eyjólf Magnússonar efir EMI-SAR radargögnum úr flugvél í ágúst 1998 (Eyjólfur Magnússon 2003), LiDAR kortið árið 2012 fékkst sem hluti samvinnuverkefnis Jöklahópa Jarðvísindastofnunar og Veðurstofu auk Landmælinga Íslands og fleiri um nær samtíma nákvæma kortlagningu yfirborðs allra íslenskra jökla (sjá Tómas Jóhannesson o.fl., 2013). Yngsta yfirborðshæðarlíkanið 2017, er unnið eftir kortagögnum úr ArcticDem safni Bandaríkjanna (<http://arcticdemapp.s3-website-us-west-2.amazonaws.com/explorer/>). Hæðarlíkin frá 2012 og 2017, sem að mestu eru byggð á síðsumars og haustgögnum (mælingum eða steríó ljósmyndapörum) hafa verið leiðrétt að hausti (lokum leysingatíma) og til þess notaðar GPS sniðmælingar frá hausti hvers ár (4. mynd)



4. mynd. Yfirborð vestur Vatnajökuls 1998 (EMISAR), 2012 (Lidar) og 2017 (Arctic Dem).

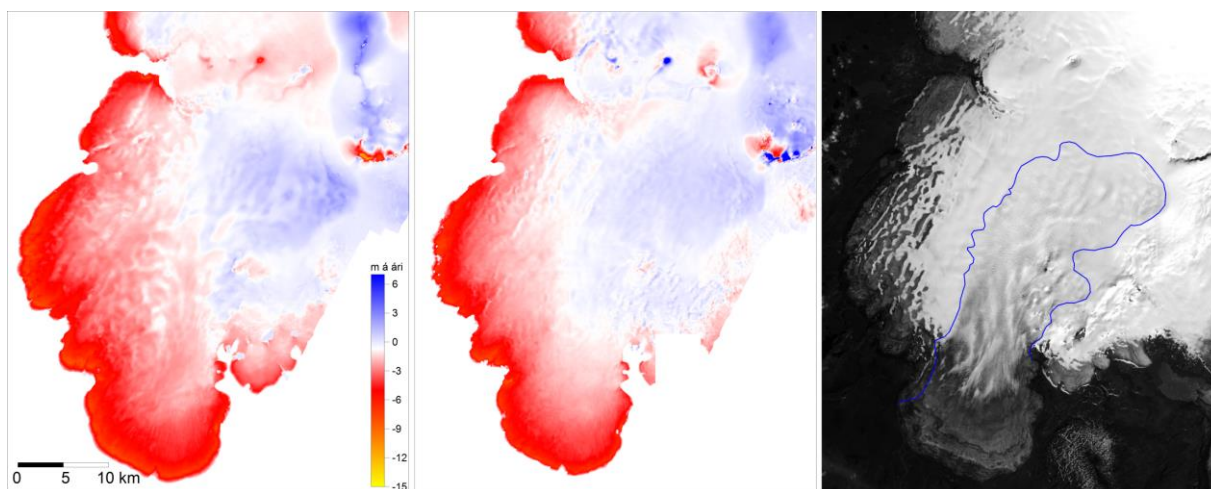
Jökulyfirborð 2023 og 2030, líkleg þróun frá 2017.

Til könnunar á þróun vatnaskila í nálægri framtíð má nálgast líklega þróun útfrá sögunni á undan. Þannig ná nýta mismun yfirborðskortanna frá 1998-2012 og frá 2012-2017 til að meta meðaltal árlegar hæðarbreytinga á hvoru tímabili. Fyrri tímabilið spannar tímabil mikillar rýrnunar (meðalækkun um 2.0 m á ári) en það seinna er rýrnunarhraðinn um helmingur þess (1.1 m á ári) (sjá 5. mynd). Þessar upplýsingar eru notaðar til að giska á lögun jökulsins í nálægri framtíð, sem líta má á sem tilgátur um lögun jökulsins á árunum 2023 og 2030 (6 og 13 árum eftir síðasta mælda korti). Ekki ber að líta á þau sem raunverulega spá um þróun jökulsins, fremur sem einfalt mat á því sem getur verið líkleg þróun yfirborðs næstu árin. Ef byrjað er með yfirborðskort haustsins 2017 og árleg breyting dregin frá hvað eftir annað fæst mat á yfirborði árs 2023 með því endurtaka 6 sinnum en 2030 með því að endurtaka 13 sinnum. Við setjum hér fram tillögu um yfirborðið 2023 þar sem árleg lækkun seinna tímabilsins er notuð, því þetta er stuttur tími og líklegt að veðurfar verði svipað áfram. Fyrir 2030 eru sett fram tilgátu um yfirborð með sem byggir á rýrnunarhraða fyrri tímabilsins (6. mynd), sem tilgátu um frekar hraða þynningu. Ef loftslag hlýnar verulegu á næstu árum, samanborið við síðustu 20 ár, gæti lögun jökulsins orðið svipuð því sem sýnt er fyrir 2030 nokkrum árum fyrir.

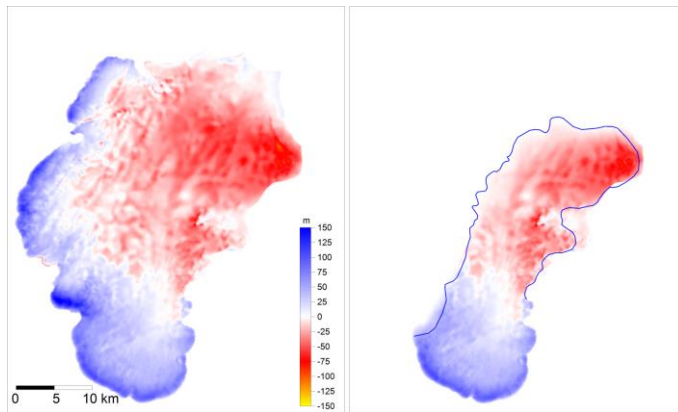
Síðujökull er framhlaupsjökull með framhlaupslotu nærri 30 ár, síðasta framhlaup var 1993-94 og því má gera ráð fyrir næsta framhlaupi nærri miðjum þriðja áratug aldarinnar. Hæðarbreytingar sem verða í framhlaupum eru verulegar, ekki fjarri lagi að safnsvæði lækki að jafnaði um 50 m og leysingasvæði þykkni að sama skapi. Á Landsat mynd (30 m upplausn) frá 30. ágúst 1994, má nota sprungumynstur

á yfirborði til að afmarka áhrifasvæði framhlaupsins (5. mynd). Atburðarás í framhlaupi er þannig (sjá t.d. Helgi Björnsson o. fl. 2003) að aukin hreyfing verður nærri jafnvægislínu (mörkum leysinga og safnsvæða á jökli) nokkrum árum (vart varð við togsprungur á Síðujökul 1990) fyrir mesta massaflutninginn sem tekur nokkra mánuði (á Síðujökli frá hausti 1993 og veturinn 1993-94). Við tilfærslu íss frá safnsvæði til leysingasvæðis, sem oft endar með því að jökulsporðurinn gengur fram hundruði metra jafnvel nokkra km, verður til dæld ofan við miðbik jökulsins. Dældin jafnast að hluta til út með færslu íss frá umhverfi sínu en einkum efsta hluta safnsvæðisins á næstu árum. Út frá InSAR úrvinnslu radarmynda frá árinu 1995 vitum við að mikill hraði var efst á safnsvæði Síðujökuls um vorið en er dottinn niður um haustið. Hæðarlíkanið frá 1998 er um 4 árum eftir að mest gekk á í framhlaupinu, en einnig er til hæðarkort frá því um miðbik 9. áratugar (DMA kort bandaríska hersins), eða nokkru fyrir framhlaup. Jöklahópur hefur gert stafrænt hæðarlíkan eftir þessu korti. Vitað er að frá miðjum 9. áratugnum til 1993 voru köld ár og rýrnun jökla lítil, þannig gefur DMA hæðarlíkanið mynd af jöklinum nærri því sem hann var fyrir framhlaupið. Áætlaðar hæðarbreytingar vegna framhlaupanna í suðvestur Vatnajökli á 10. ártug síðustu aldar eru fengnar með því að taka mismun DMA og 1998 hæðarkortanna og leiðrétta hann með 5-faldri meðalársbreytingu 1998-2012 (6. mynd). Með því móti er heildarbreyting rúmmáls á leysingasvæði jöfn því sem hún er á ákomusvæði með gangstæðum formerkjum (eins og við má búast í þegar um massatilflutning er að ræða) eða um 15 km³. Dregin var fram rúmmálsbreyting í tengslum við framhlaupið Síðujökuls sérstaklega með því að gera ráð fyrir hæðarbreyting vegna þess sé nálægt núlli við áður fengin útmörk framhlaupssvæðisins og hluti hæðarbreytinga á sameiginlegu áhrifasvæði framhlaupa Skaftárjökuls og Síðujökuls efst á ákomusvæði þeirra skipt milli jöklanna þannig að rúmmálsbreyting á ákomusvæði í framhlaupi Síðujökuls sé sú sama (með gangstæðu formerki) og á leysingasvæði hans eða um 7 km³. Þetta er í samræmi við fyrra mat sem byggt var á sömu hæðargögnum (DMA og 1998 hæðarkort) auk gagna um afkomu og hraða (Eyjólfur Magnússon o.fl. 2005).

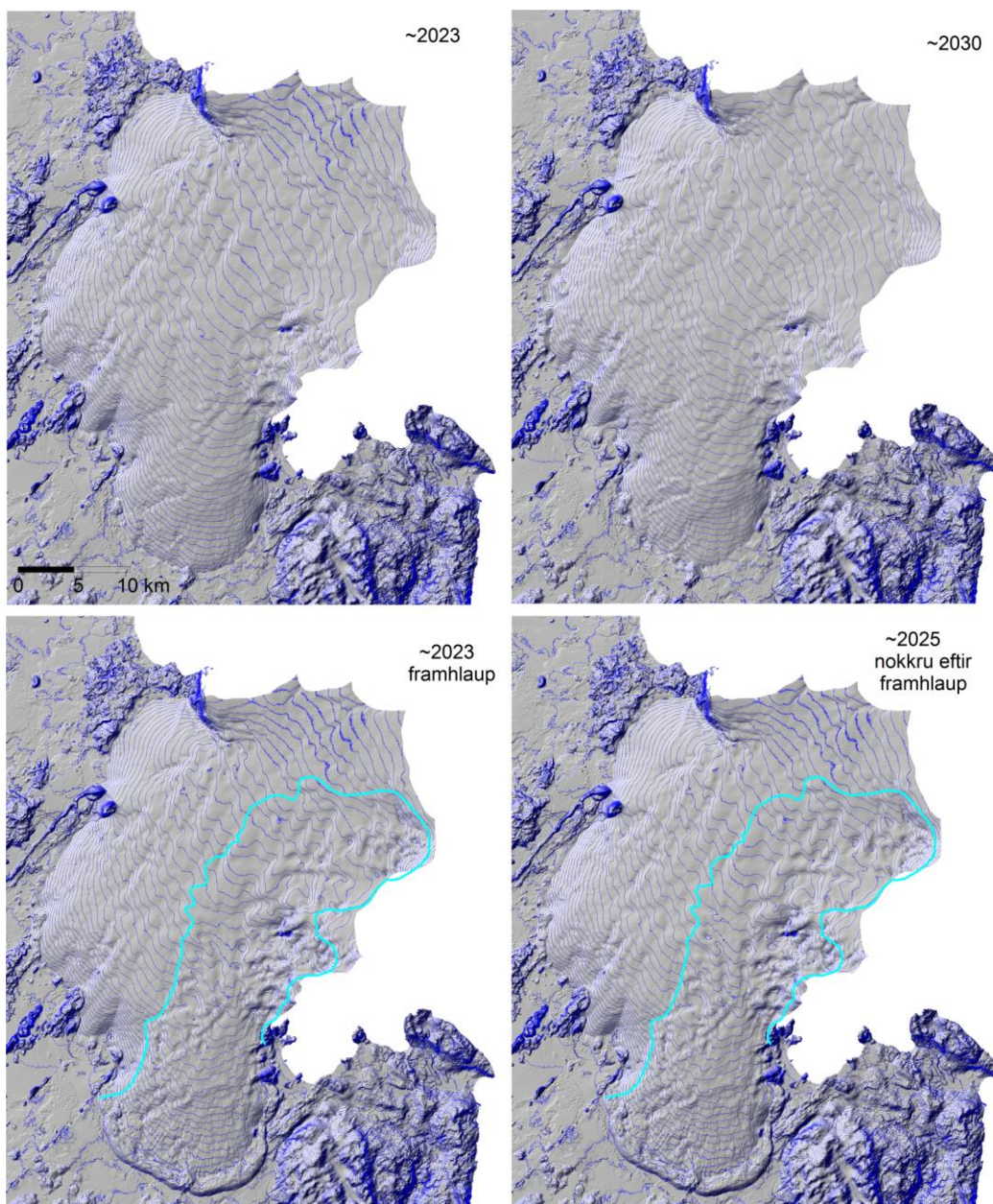
Hér setjum við fram tvær tilgátur um lögun yfirborðs eftir framhlaup: Í báðum er yfirborðshæð 2023 skv. matinu hér að ofan (meðalþynning 1.1 m á ári) en í örðu tilfellingu (eftir framhlaup) er reynt að líkja eftir yfirborði nokkrum árum eftir framhlaup með mestum atgangi á árinu 2023. Áður fengin hæðarbreyting sem varð í framhlaupinu 1993-94 (6. mynd) er síðan bætt við metið yfirborð 2023. Í hinu tilfellingu (Í Framhlaupi) er dregið úr þeim ísmassa sem fluttst hefur frá efsta hluta safnsvæðis að miðbiki þess, þannig að um miðbikið er enn um 30-50 m djúp lægð. Þetta er hugsað sem lýsing á ástandinu á fyrsta árinu, þegar hæðarbreytingar eru enn í hámarki, jökullinn enn lítið náð að jafna út yfirborðið. Á 7. mynd eru tilgátur um lögun yfirborðs 2023 og 2030 skv. ofansögðu sýndar.



5. mynd. Vinstri: Hraði hæðabreytinga 1998 til 2012. Miðja: Hraði hæðabreytinga 2012 til 2017. Hægri: Útmörk framhlaups Síðujökuls 1993-94 afmörkuð eftir sprungumynstri sem sést á Landsat 5 gervitunglamynd frá 30. ágúst 1994.



6. mynd. Hæðarbreytingar á suðvestur Vatnajökli vegna framhlaupa 1993-1996 (vinstri), áætlaðar breytingar á vegna framhlaups Síðujökuls 1993-1995.



7. mynd. Áætlað yfirborð suðvestur Vatnajökuls 2023 og 2030. Neðri myndirnar eru tilgátur um lögun rétt áður en að framhlaupi líkur (vinstri), en sú hægri þegar jökull hefur jafnað sig nokkuð að framhlaupi loknu.

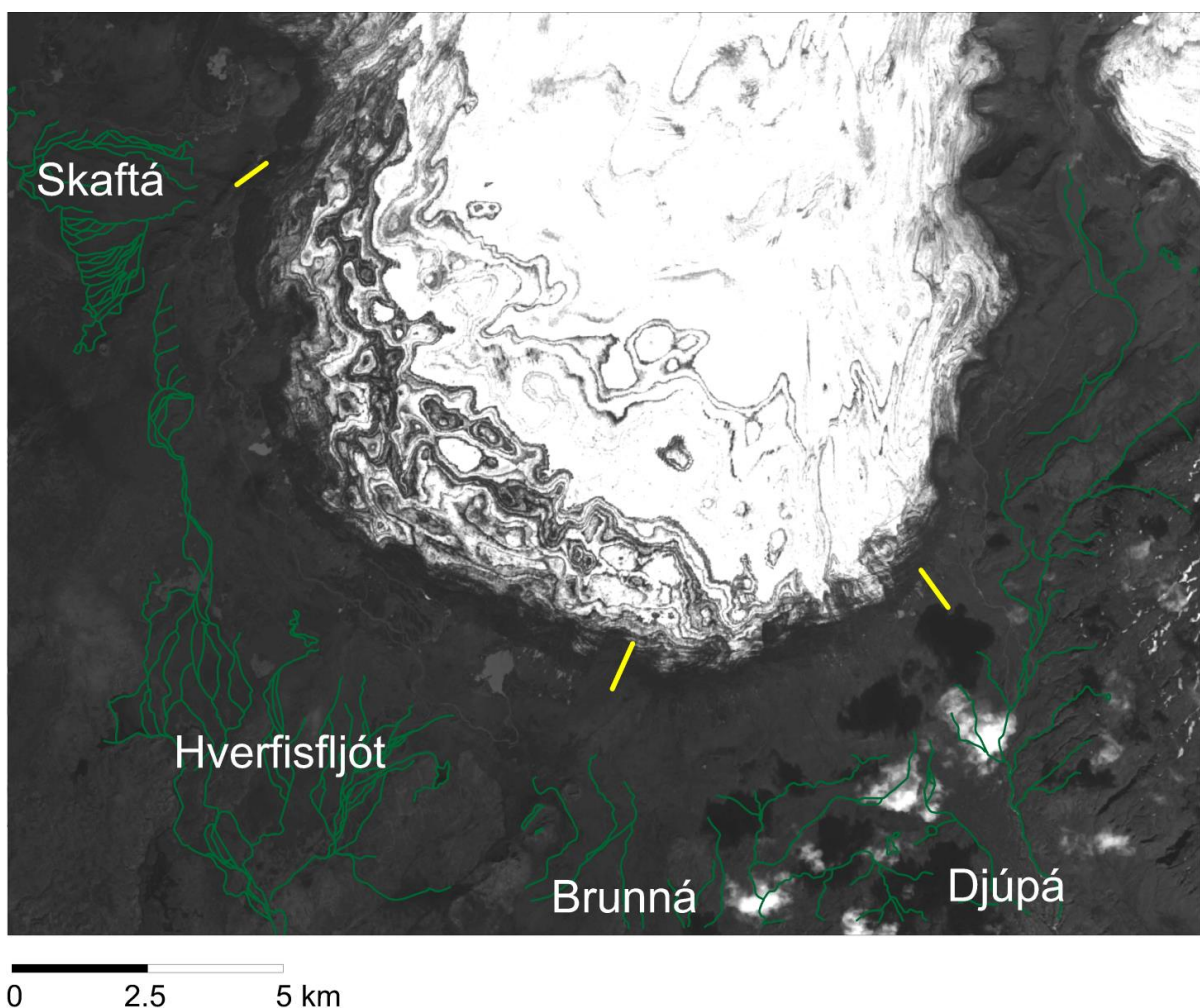
Afmörkun vatnasviða

Þó að fræði um rennislísið 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 nífalt 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 hærri mætti til lægra rennur það hornrétt á jafnmættislínur. Til að kanna hvar skil eru milli fallvatna við jökuljaðar var lega farvega með vatni skoðuð á Landsat 8 gervihnattamynd frá 23. ágúst 2018 (frá NASA), en lega eldri farvega var hnitúð af AMS kortum bandaríska hersins (AMS series C762, blöð 5819-I og II og 5919-I, III og IV). Þessir farvegir eru sýndir á 8. mynd, á Utan jökuls eru 2018, skörp skil milli kvísla sem tilheyra Skaftá, Hverfisfljót, Brunná og Djúpá.

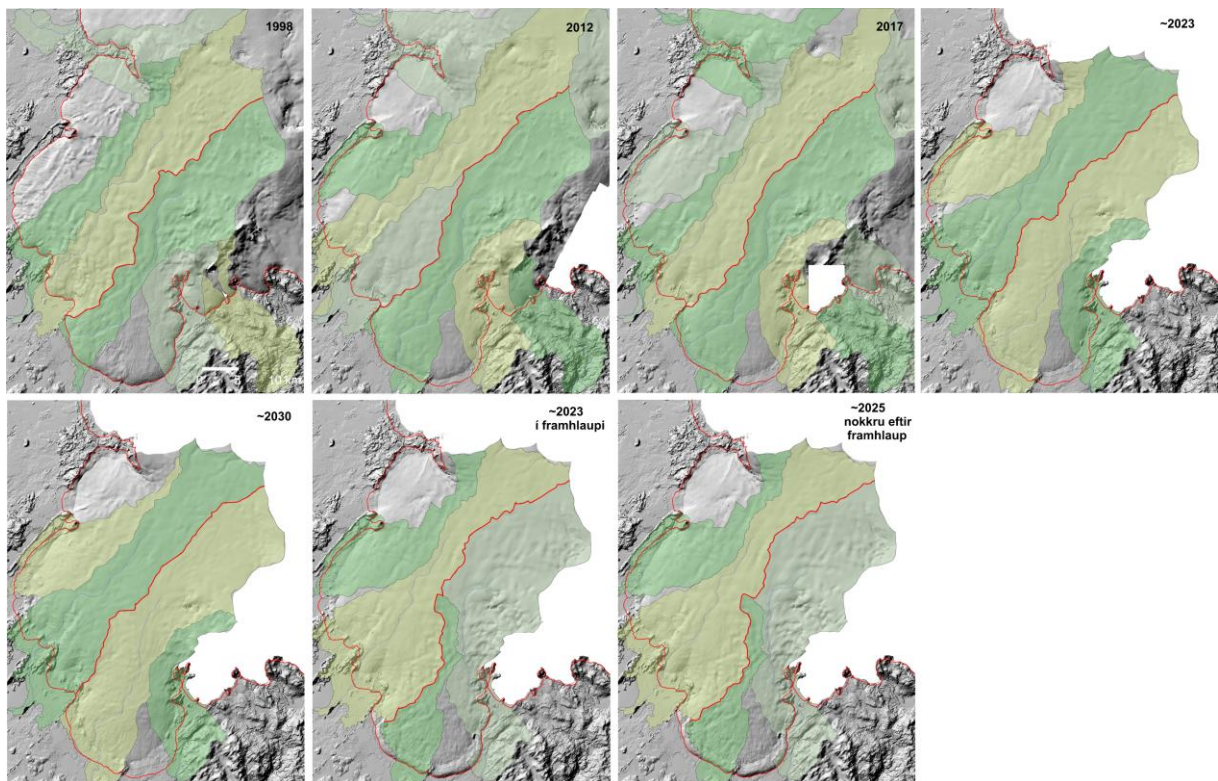


8. mynd. Farvegir og kvíslar frá Síðujökli, vatnaskil við jökuljaðar milli helstu fallvatna eru sýnd með gulum strikum. Í bakgrunni er Landsat 8 gervitunlamynd frá 23. ágúst 2018, þar sem vel má greina helstu farvegi. Grænu línurnar sýna farvegi og kvíslar af AMS landakortum Bandaríska hersins (gerð eftir flugmyndum frá sumrinu 1946), farvegirnir ná að þáverandi jökuljaðri.

Á 9. mynd eru sýnd vatnasvið Skaftár, Hverfisfljóts, Brunnár og Djúpár eins og þau afmarkast út frá reiknuðu mætti vatns við jökulbotn árin 1998, 2012, 2017 og mat yfirborðs 2023 og 2030, auk þess sem yfirborðs í og eftir framhlaup ca. 2023 þegar hlauplota Síðujökuls er liðin frá síðasta framhlaupi. Hér er nýja botnkortið notað við mættisreikningana. Vatnasviðskortin eru unnin með tólinu „watershed“ í SURFER hugbúnaði sem Jöklahópur hefur notað til kortagerðar í ártugi. „Watershed“ rekur rennislíleiðir 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 radíus 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 radíus ~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).

Verkefnið hér var fyrst og fremst að kanna hvort betri upplýsingar um lögun botns breyttu fyrri hugmyndum um stöðugleika vatnaskila milli Skaftár og Hverfisfljóts á safnsvæði jökulsins. Þessi skil metin út frá mættisreikningunum, sýnd með rauðri línu á 9. mynd, breytast sýnilega með breyttri lögun yfirborðs. En það sem skiptir meginmáli hér er að skv. þessu mati eru engar líkur til að verulegt vatna fari til Hverfisfljóts í Skaftárhlaupum. Nú er vitað að í upphafi Skaftárhlaupa fer vatn fram með þrýstibylgju sem lyftir ísnum og dreifir mjög úr sér við botninn. Vísbendingar eru um að vatn dreifist



9. mynd. Vatnasvið á suðvestur Vatnajökli gerð eftir mætti vatns við jökulbotn fyrir yfirborð árunna 1998, 2012, 2017 og mati á yfirborði 2023, 2030 og ef Síðujökull hleypur ~2023. Vatnaskil Skaftár og Hverfisfljóts eru sýnd með þykkri rauðri línu. Yfirborðskort hvers árs er sýnt sem skuggamynd í bakgrunni, og jaðarinn 1998 er sýndur (grönn rauð lína) til viðmiðunar.

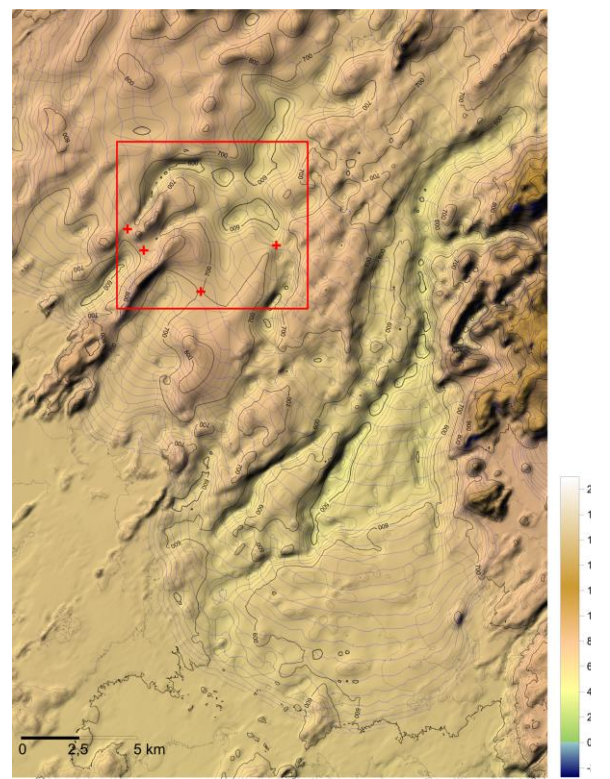
um botninn á allt að 9 km breitt svæði en dregst hratt saman í ísgöng sem verða til við jökulbotn (sjá t.d. Helgi Björnsson 2002, Eyjólfur Magnússon o.fl., 2007, Bergur Einarsson o.fl., 2016,). Þetta skýrir að í einstaka hlaupum hefur dálítið vatn í upphafi hlaupanna komið fram til Tungnaár og einu sinni 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.

Rétt er að vekja athygli á því að við framhlaup Síðujökuls stækkar vatnasvið Skaftár á kostnað Hverfisfljóts á leysingsvæði jökulsins. Þetta er vegna þess að Síðujökull þykknar neðanvert, mest um miðbik tungunnar, verður þar kúptur svo og halli yfirborðs verður lítið eitt meiri bæði til vesturs og austurs frá miðju þykkunarinnar svo vatn leitar í meira mæli í þær áttir. Þannig minnkar tímabundið vatn til Hverfisfljóts en Skaftá, Brunná og Djúpa fá meira.

Horfur um vatnaskil til lengri framtíðar, helstu veikleikar í þekkingu

Samkvæmt núverandi botnkorti mun allt vatn Skaftár og hluti Tungnaár leita í farveg Hverfisfljóts þegar jökullinn hverfur alveg, sem varla verður á næstu 100 árum. Á tilteknu svæði um 10 km frá núverandi jökuljaðri (sjá 10. mynd, svæði merkt með rauðum ferningi) eru nokkur skörð sem stjórna því hvert vatna leitar verði það svæði jökullaust sem vel getur gerst eftir nokkra áratugi haldi fram sem horfir í þróun loftslags. Hæð þessara skarða er ekki vel ákvörðuð, þar sem íssjarmælisnið liggja ekki heppilega um þau eða eldri mælingar falla illa að þeim nýrri (m.a. vegna heldur meiri ónákvæmni í mælingu, sérstaklega í hæð yfirborðs í og staðsetningu eldri mælinganna). Rauðir plúsar á 10. mynd sýna þessa staði, þar sem litlu munar hvort vatn sleppur um skarð til Skaftár eða niður til Hverfisfljóts.

Þessari óvissu má eyða með þéttni íssjarmælinga á þessu svæði til að ákvarða lögun og dýpi skarðanna betur.



10. mynd. Botninn á neðri hluta suðvestur Vatnajökuls, yfirborð 2017 sýnt með grönnum bláum línun. Rauður ferningur afmarkar svæði þar sem vafi leikur á hvort hæð nokkurra skarða (staðsetning sýnd sem rauðir +) sé rétt ákvörðuð.

Þakkir til tæknimanna JH Þorsteins Jónssonar og Sveinbjörns Steinþórssonar fyrir aðstoð í meðferð tækjabúnaðar og í mælileiðöngrum; einnig til marga sjálfboðaliða JÖRFÍ sem aðstoðuðu við mælingarnar, sérstakar þakkir fær Magnús Þór Karlsson fyrir hugkvæmni og ósérhlífni við að láta mælingarnar 2017 ganga upp þrátt fyrir bilun í móðurtölvu íssjár.

Heimildir:

Helgi Björnsson, Finnur Pálsson, Oddur Sigurðsson and Gwenn E. Flowers. 2003. Surges of glaciers in Iceland. *Annals of Glaciology*, 36, 82-90.

Helgi Björnsson (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. 2013. 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.

Eyjólfur Magnússon, Helmut Rott, Helgi Björnsson og Finnur Pálsson, 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).

Eyjólfur Magnússon, Helgi Björnsson, Jørgen Dall og Finnur Pálsson, 2005. Volume changes of Vatnajökull ice cap, Iceland, due to surface mass balance, ice flow, and subglacial melting at geothermal areas. *Geophysical Research Letters*, 32, L05504.

Eyjólfur Magnússon, 2003. Airborne SAR data from S-Iceland: analyses, DEM improvements and glaciological applications. M.Sc. ritgerð, Háskóli Íslands, 130 bls.

Viðauki I.

Fjárhagsskilagrein

Áfallinn kostnaður verkárið 2107-2018

Styrkur til þessa verks var samtals 3800 þ.kr. á árunum 2017 og 2018

Kostnaður vegna vinnu við mælingar var lægri en áætlað var vegna þess að mælileiðangrar voru tvinnnaðir saman við vorferð Jöklarannsóknafélags Íslands: 1800 þ. kr.

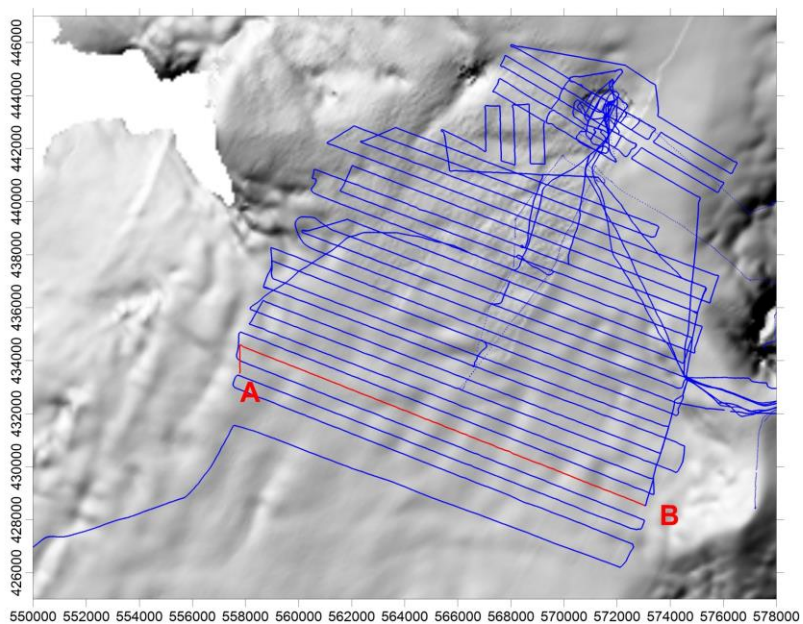
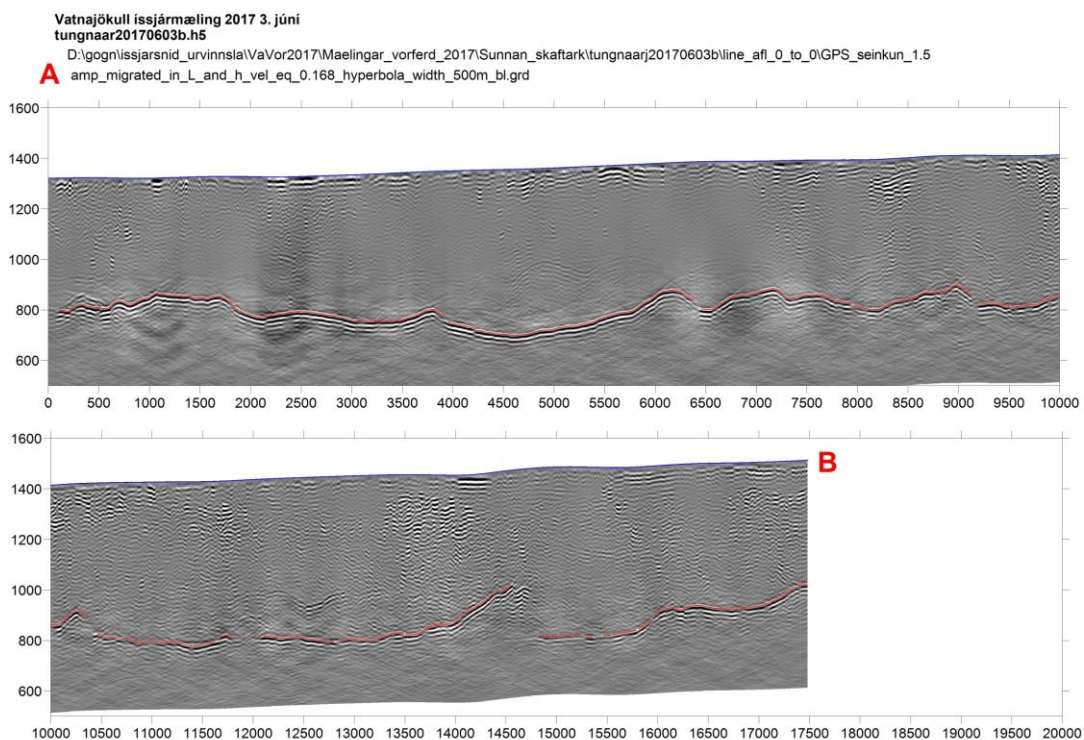
Kostnaður við mælingar var því samtals frumúrvinnslu mælinga 1600 þ. kr.

Laun vegna lokavinnslu túkunar og ritunar skýrslu um niðurstöður 0.75 mannmánuður, 650 þ.kr.

Umsjónargjald Jarðvísindastofnunar er 2.5% , 95 þ.kr.

Heildarkostnaður **4127 þ.kr.**

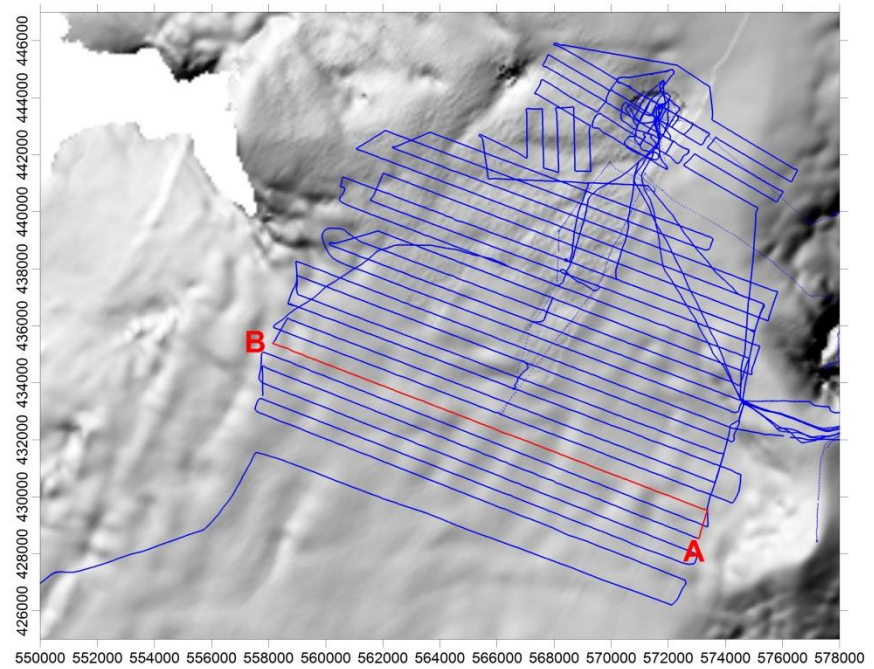
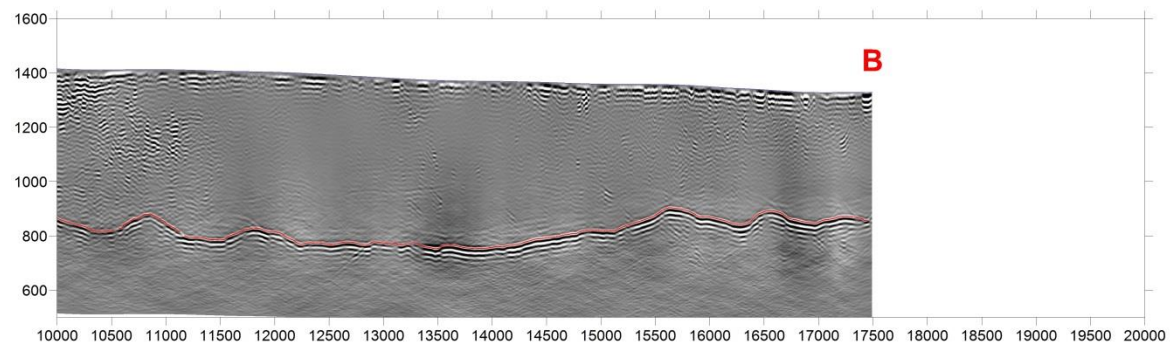
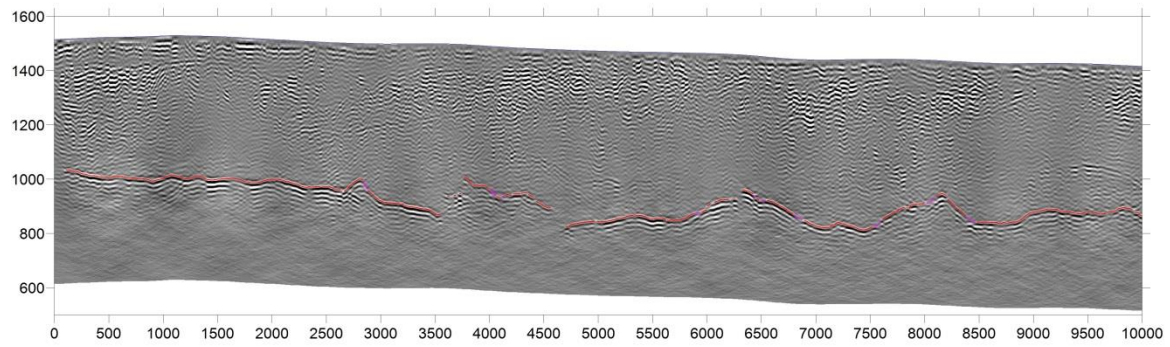
Rauða línan á mælisniðunum sýnir botnendurkast. Vegalengd eftir sniðunum er í metrum og hæðarásinn er í metrum yfir sjó.



Vatnajökull issjarmæling 2017 3. júní
tungnaar20170603b.h5

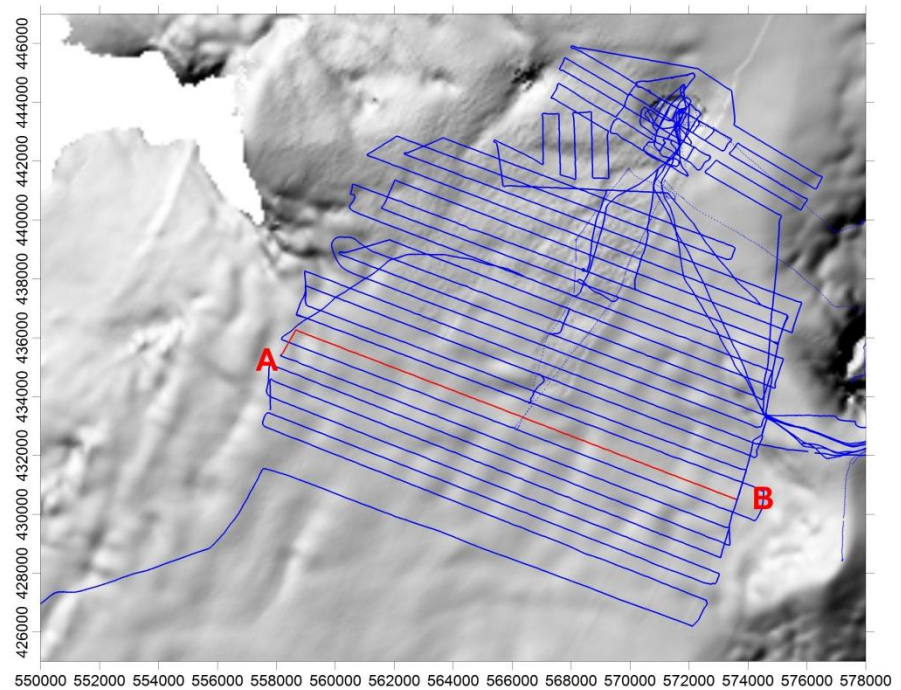
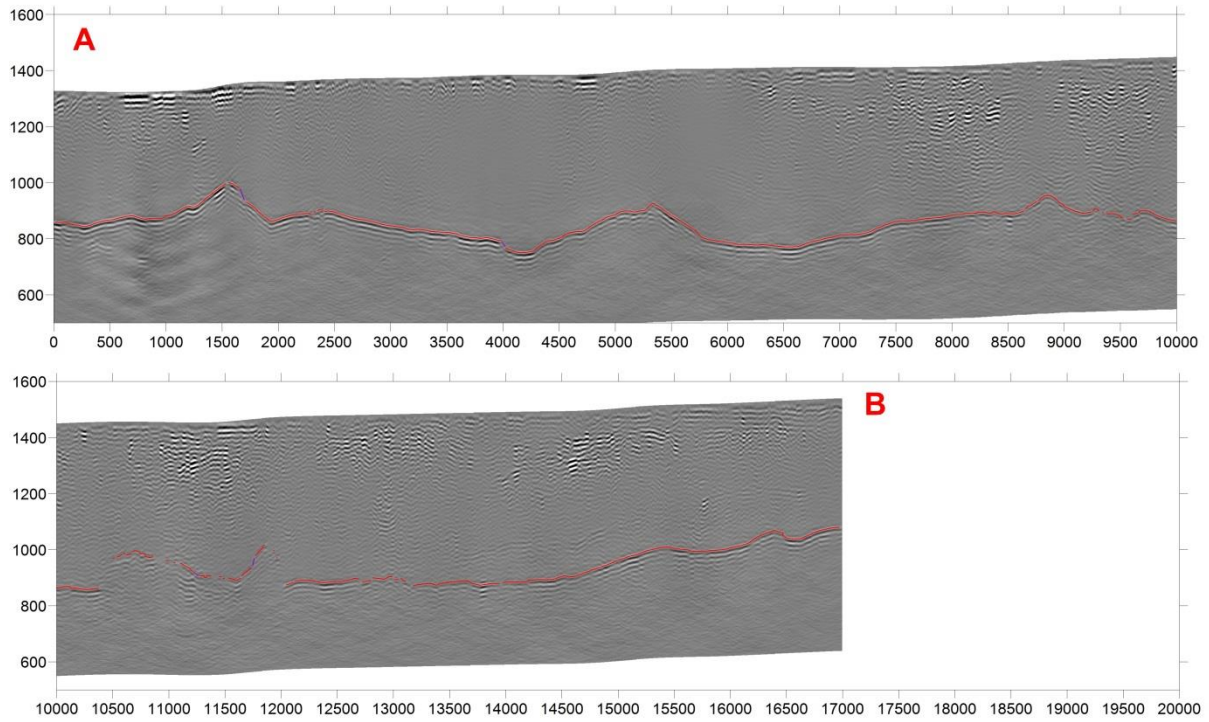
D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftark\tungnaarj20170603b\line_afl_1_to_1\GPS_seinkun_1.5

A amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



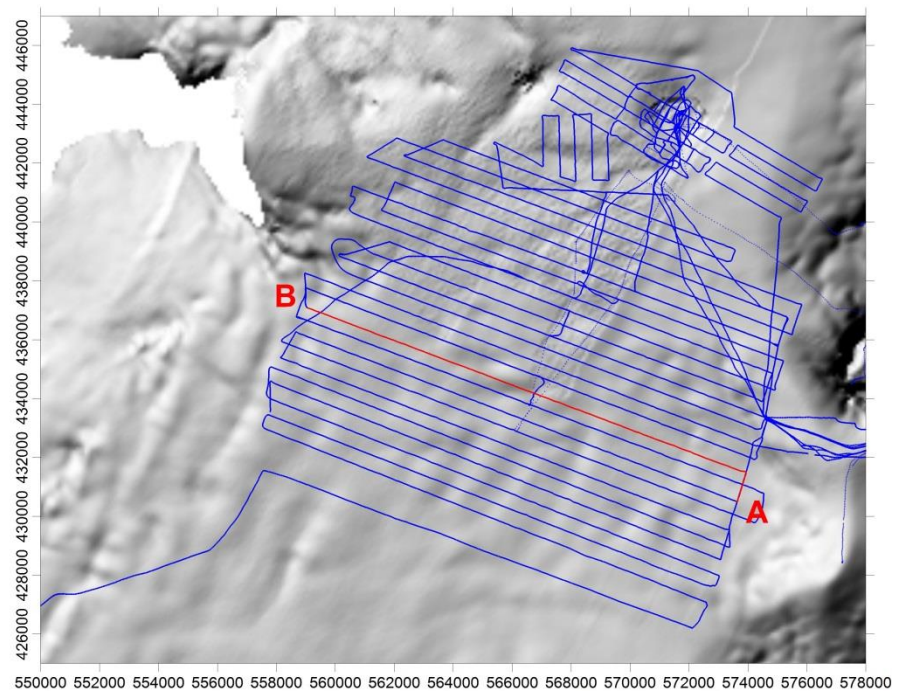
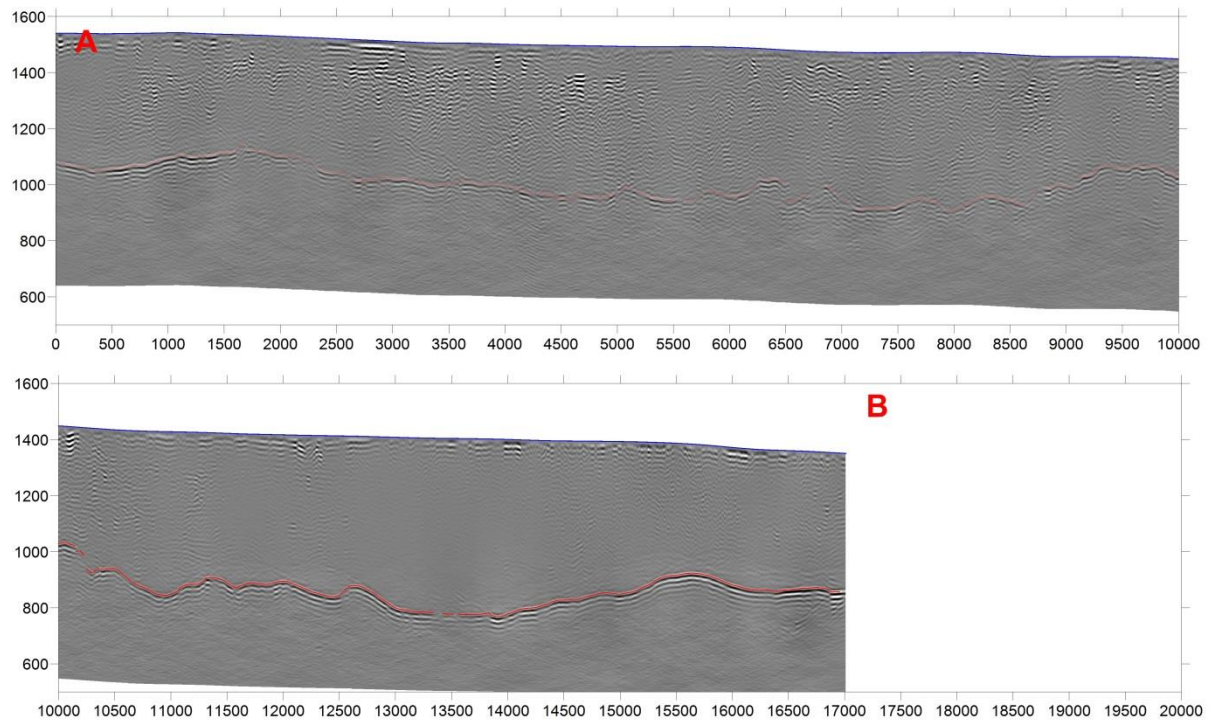
Vatnajökull issjarmæling 2017 3. júní
tungnaar20170603b.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftark\tungnaarj20170603b\line_afl_2_to_2\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



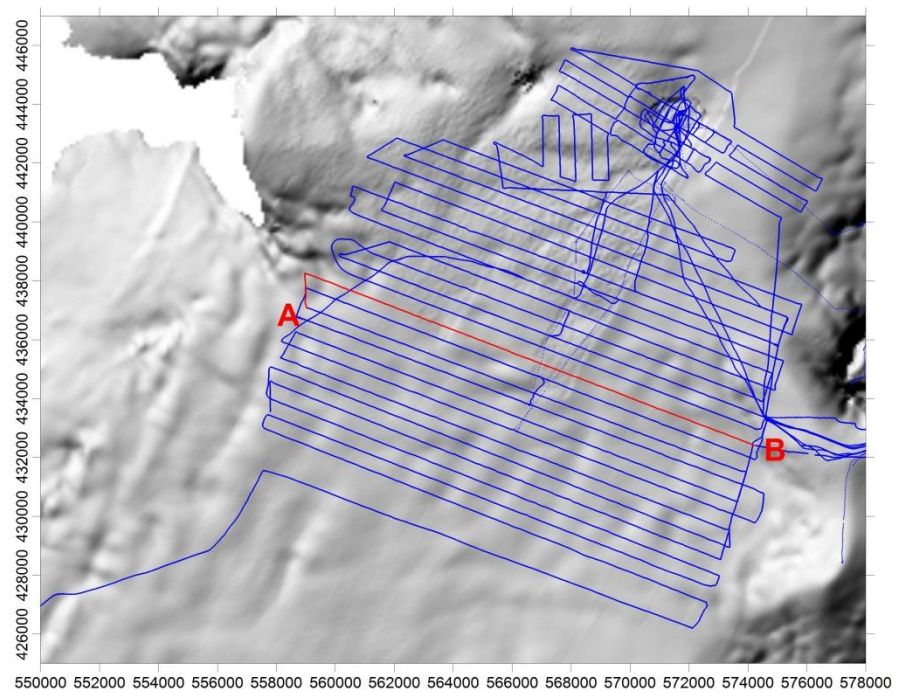
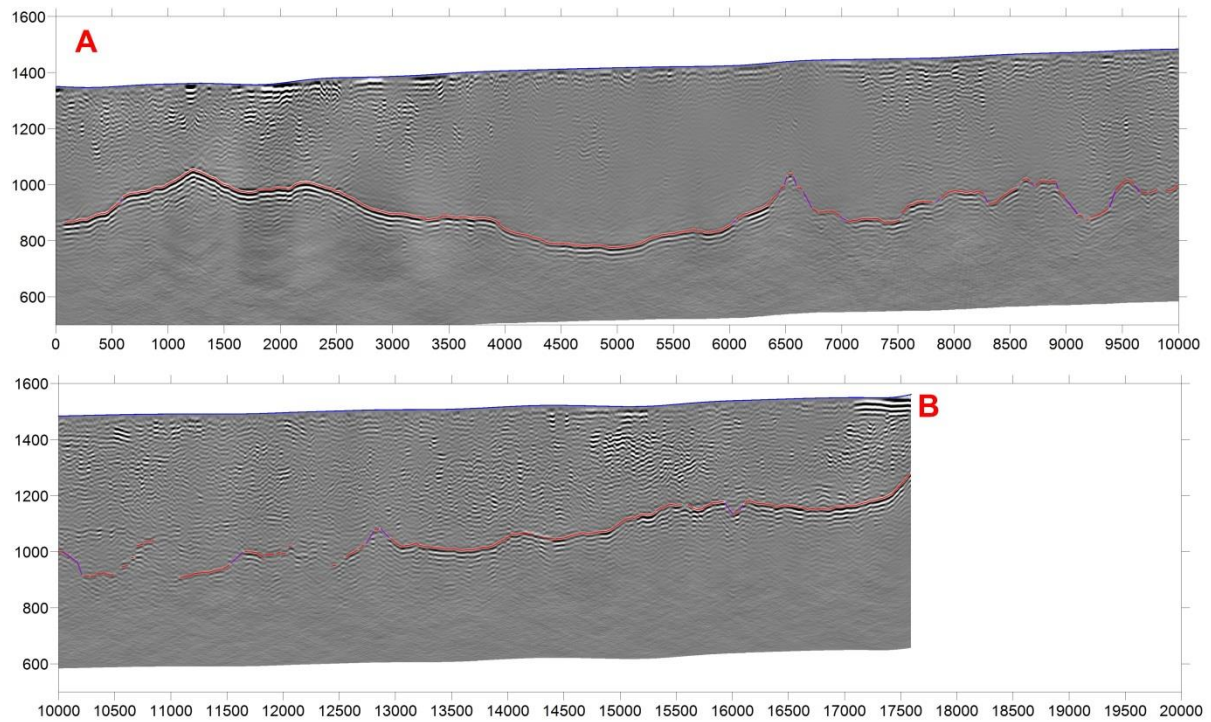
Vatnajökull issjarmæling 2017 3. júní
tungnaar20170603b.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftark\tungnaarj20170603b\line_afl_3_to_3\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



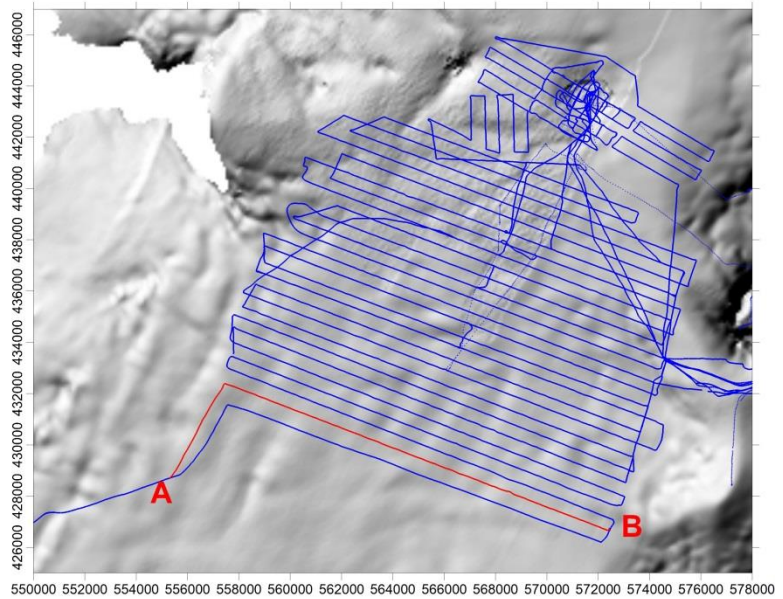
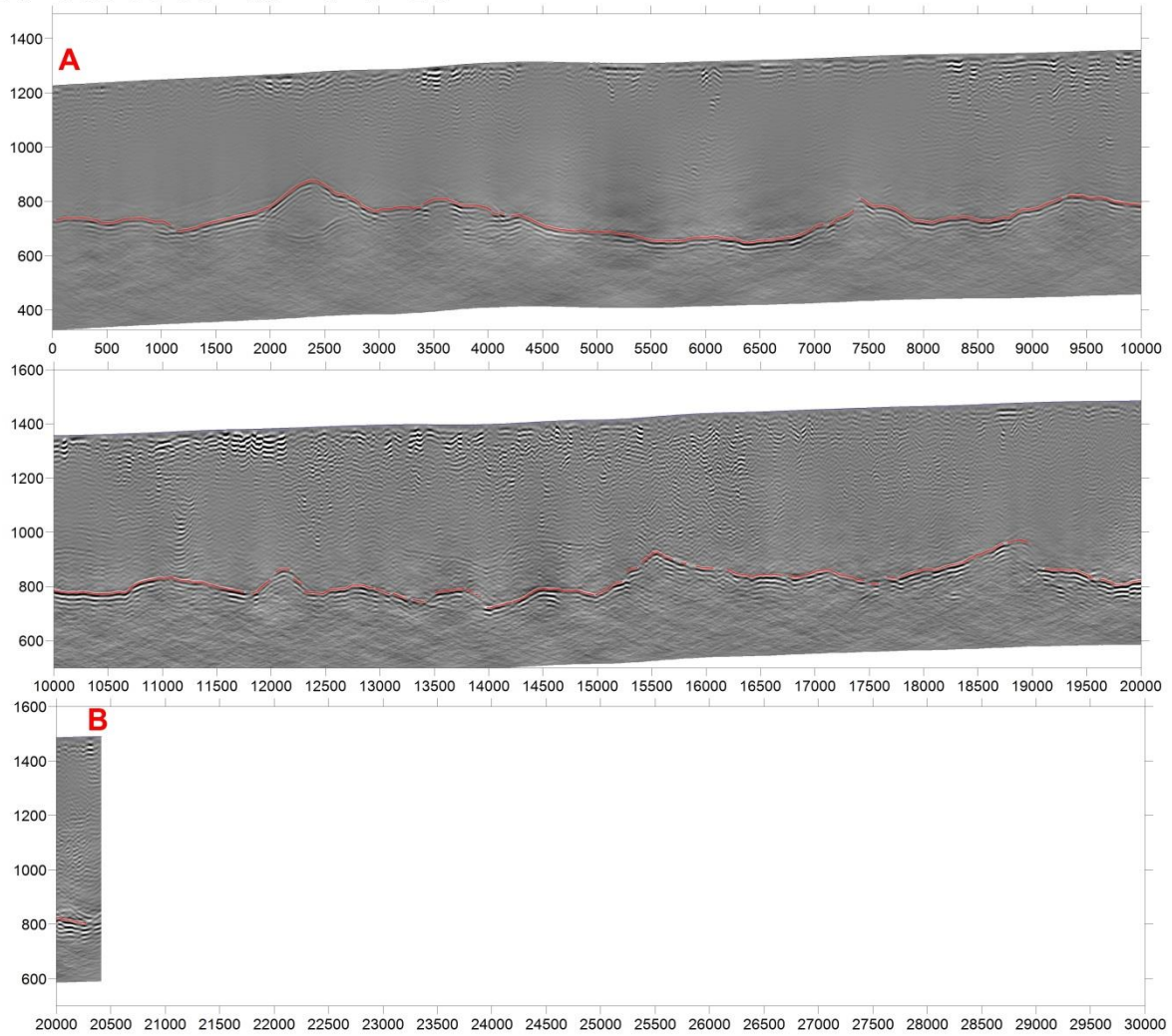
Vatnajökull issjarmæling 2017 3. júní
tungnaar20170603b.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skafartar\tungnaarj20170603b\line_afl_4_to_5\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



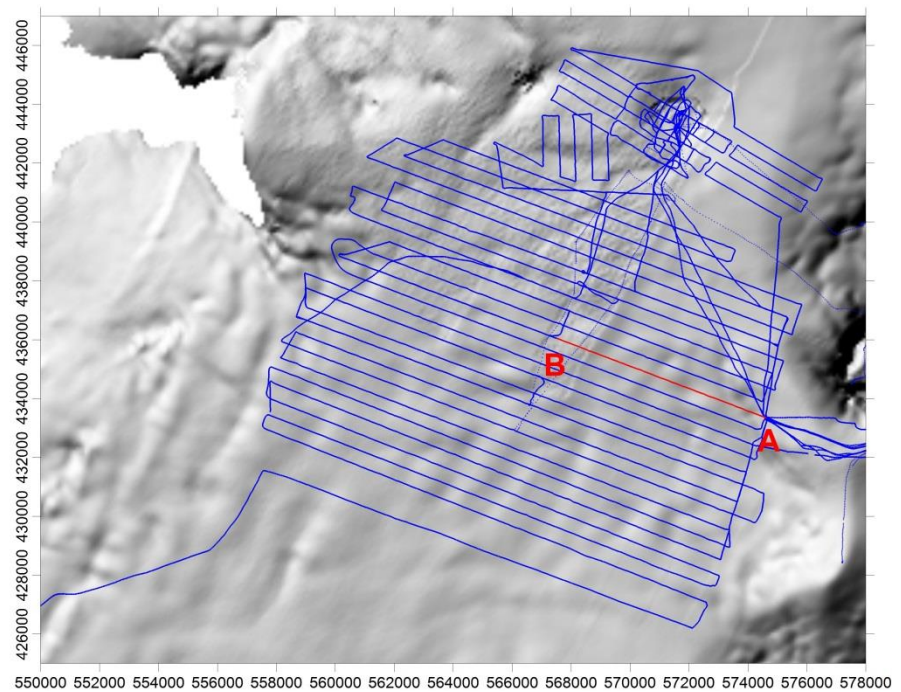
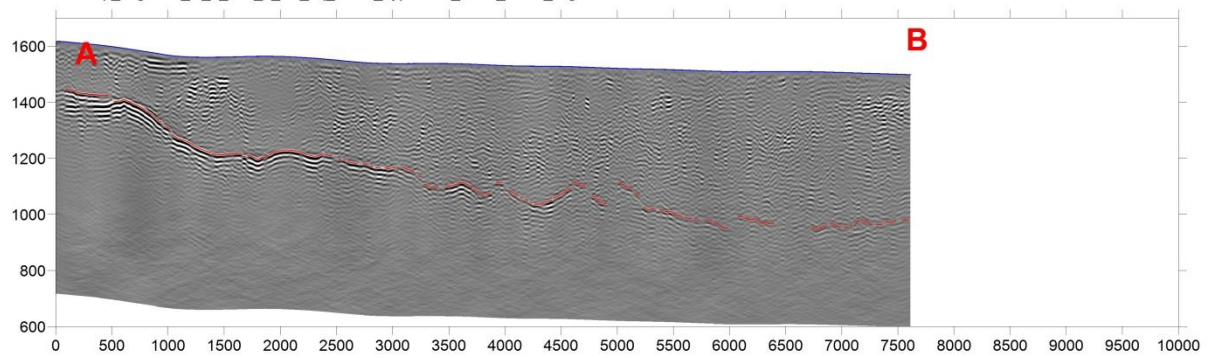
Vatnajökull issjarmæling 2017 3. júní
tungnaar20170603.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftark\tungnaarj20170603\line_afl_0_to_1\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



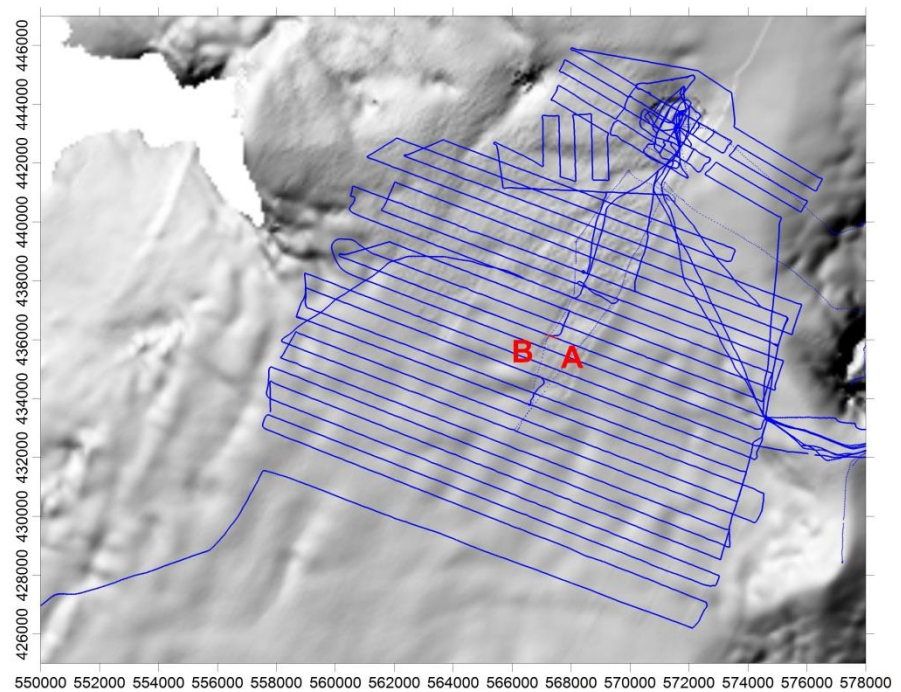
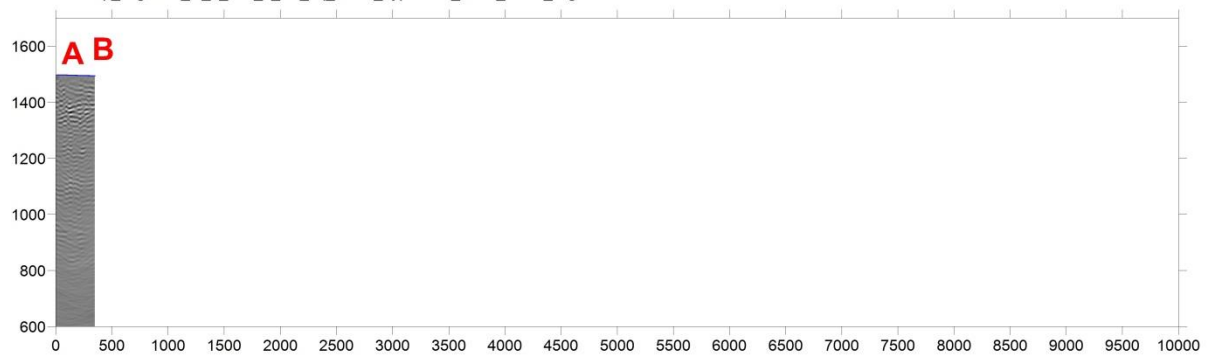
Vatnajökull issjarmæling 2017 5. júní
tungnaar20170605.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftark\tungnaarj20170605\line_afl_0_to_0\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



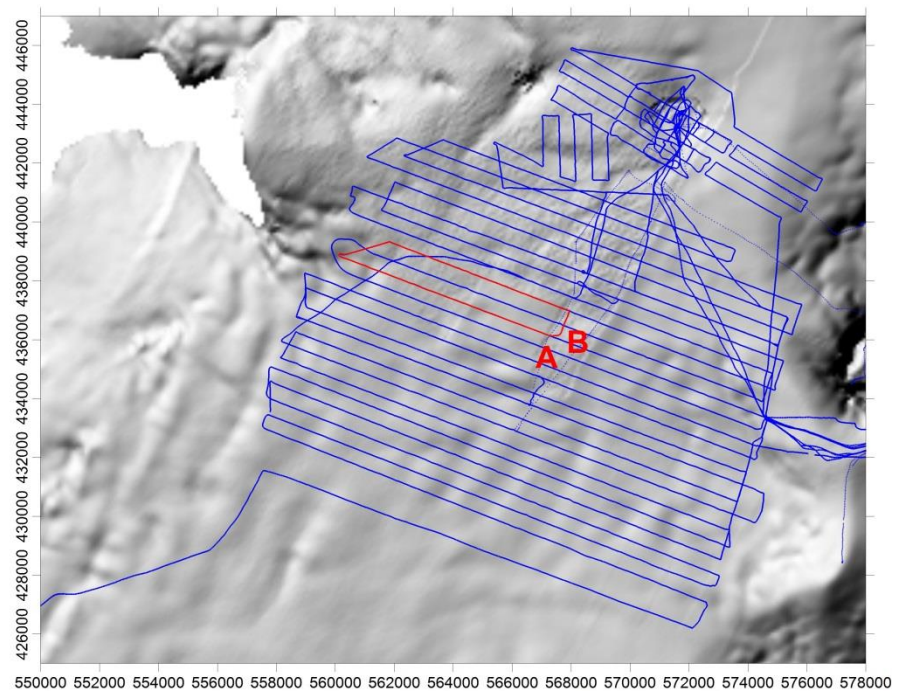
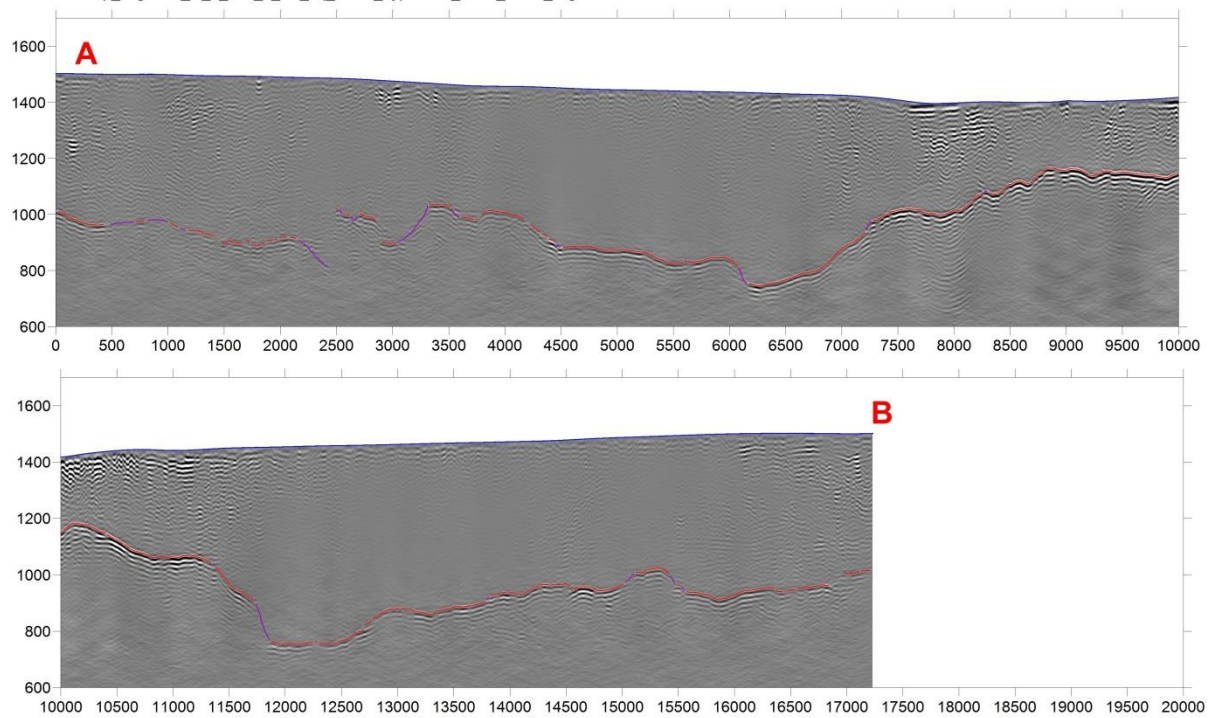
Vatnajökull issjarmæling 2017 5. júní
tungnaar20170605.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftark\tungnaarj20170605\line_afl_1_to_1\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



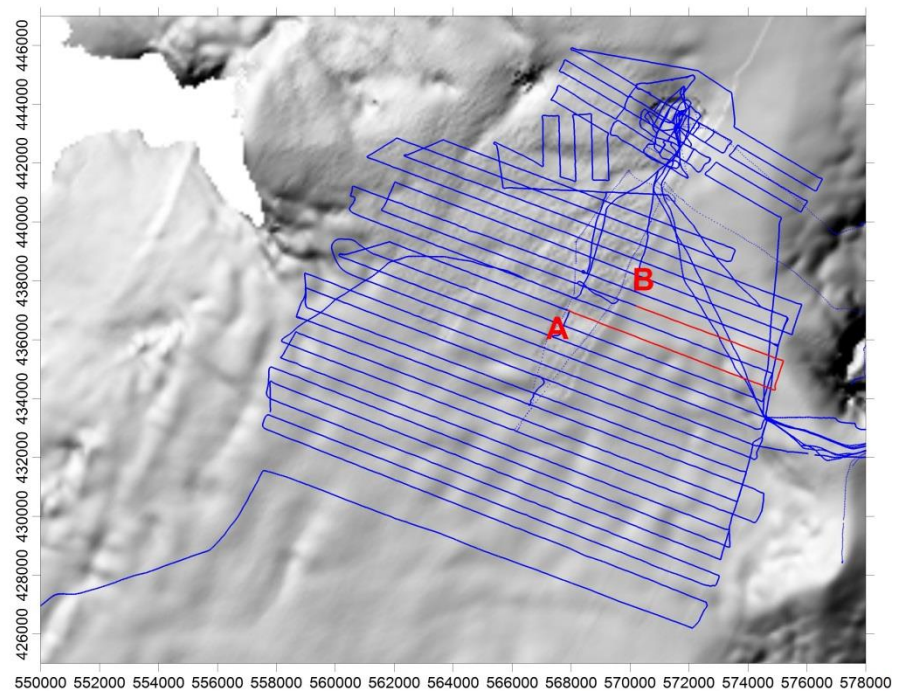
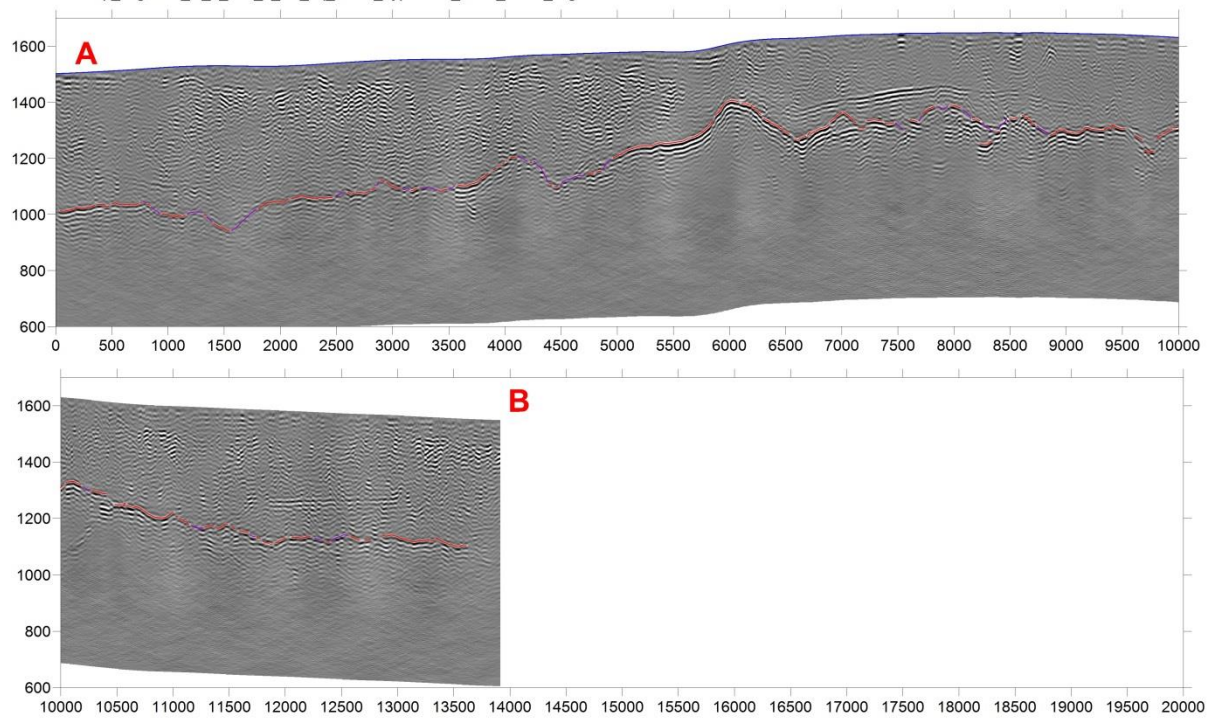
Vatnajökull issjarmæling 2017 5. júní
tungnaar20170605.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftark\tungnaarj20170605\line_afl_3_to_3\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



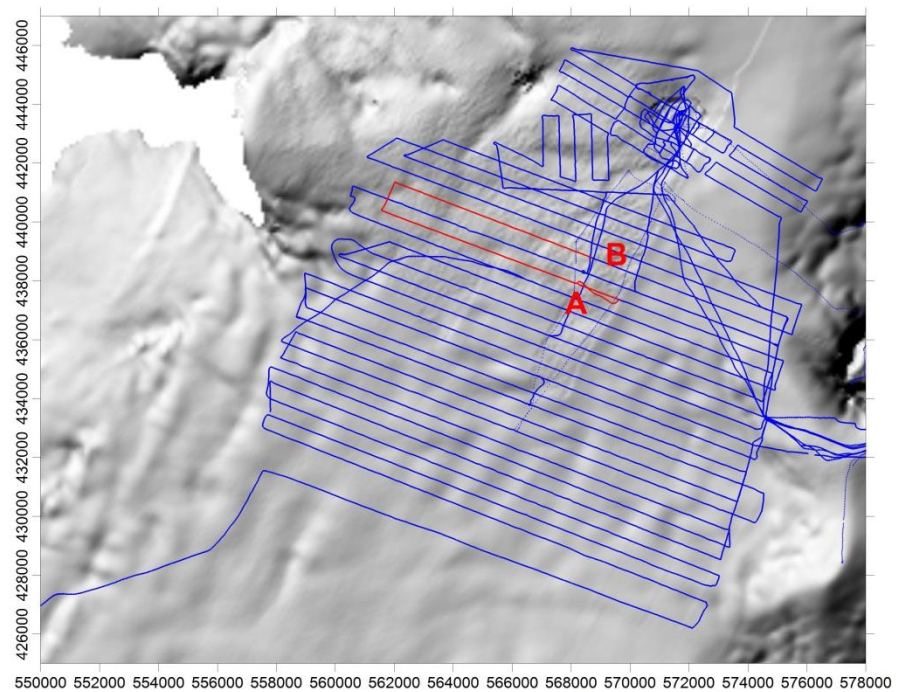
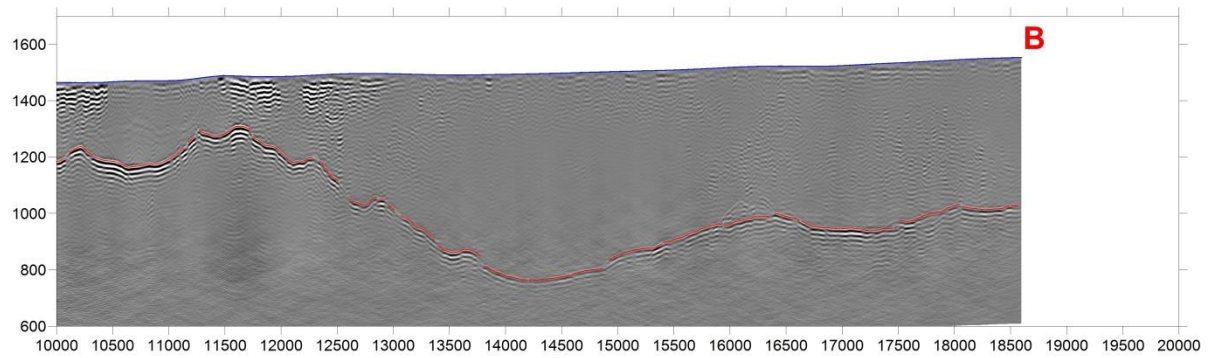
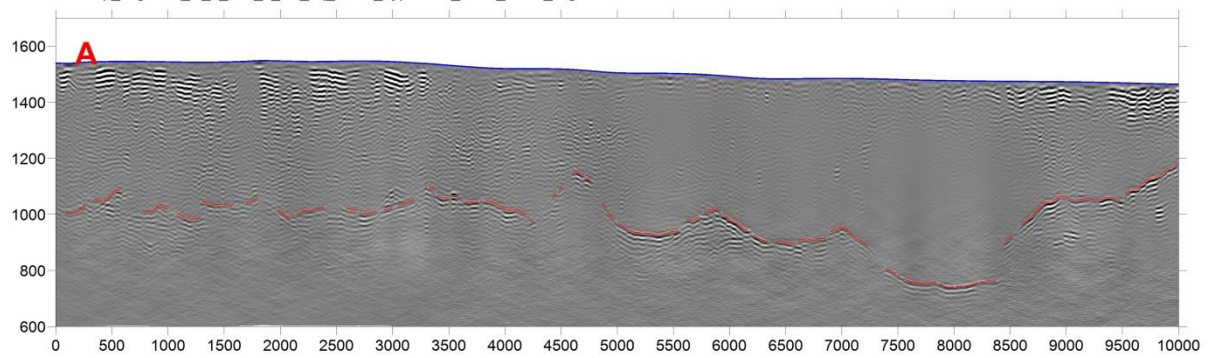
Vatnajökull issjarmæling 2017 5. júní
tungnaar20170605.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftark\tungnaarj20170605\line_afl_4_to_4\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



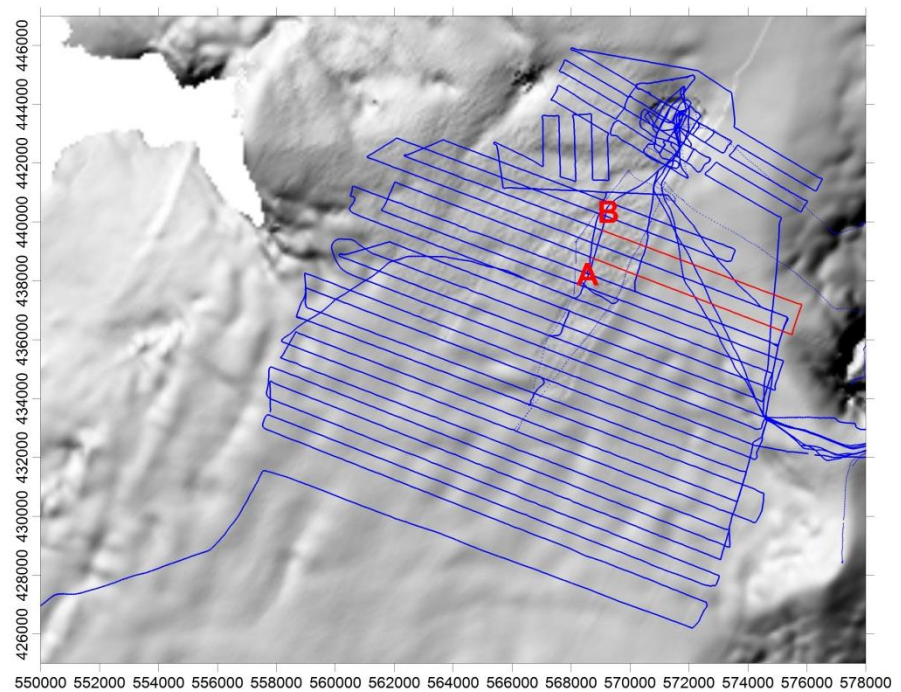
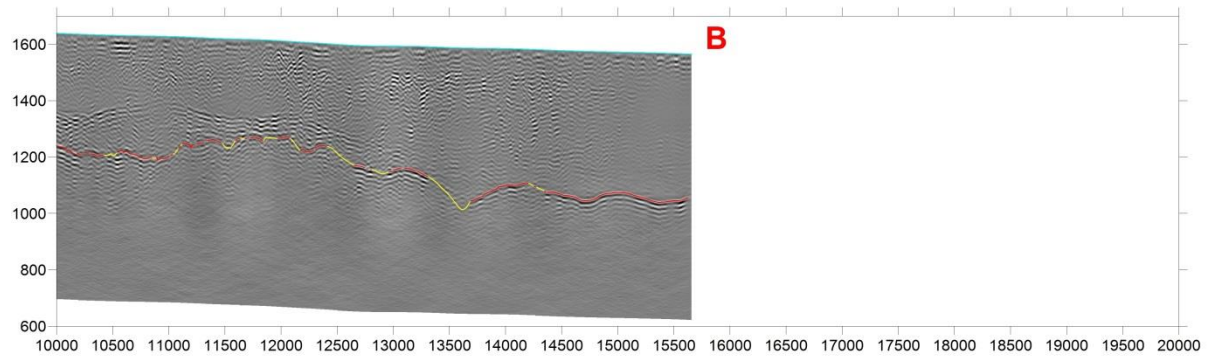
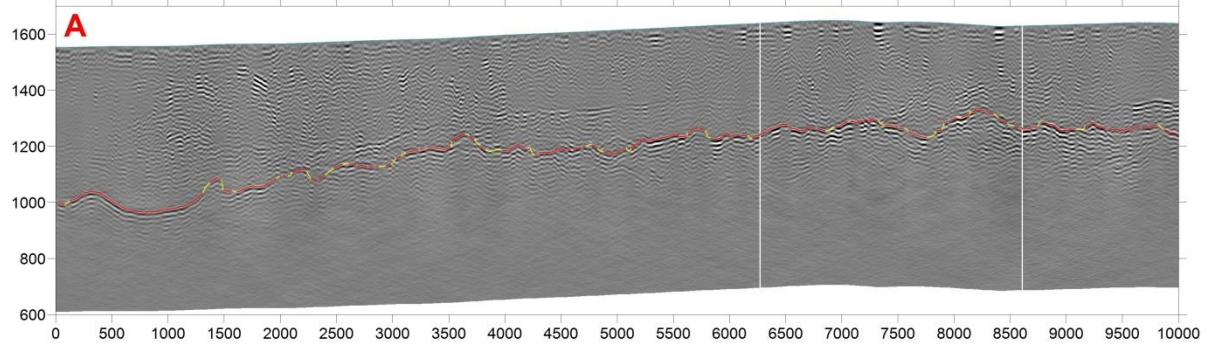
Vatnajökull issjarmæling 2017 5. júní
tungnaar20170605.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skafartark\tungnaarj20170605\line_afl_5_to_5\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



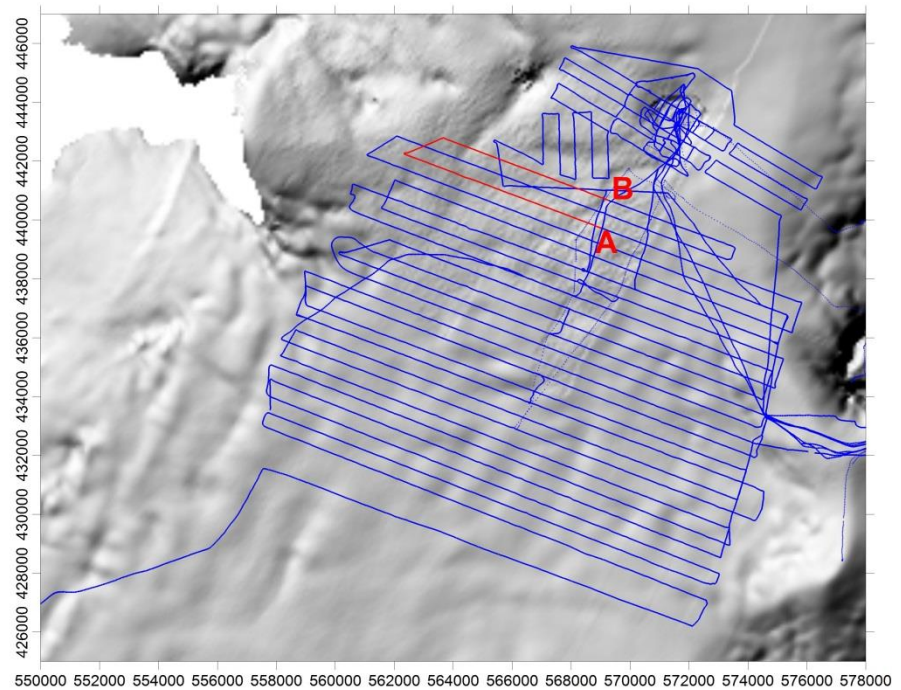
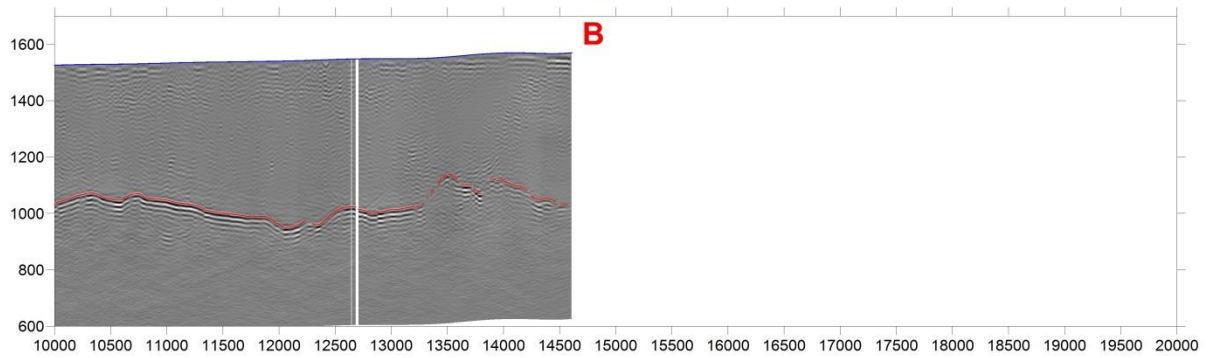
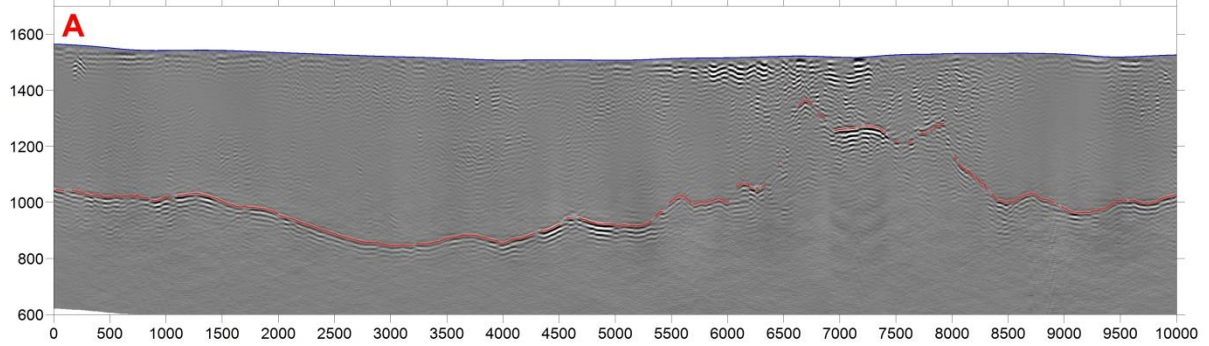
Vatnajökull issjarmæling 2017 5. júní
tungnaar20170605.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skafartark\tungnaarj20170605\line_afl_6_to_6\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



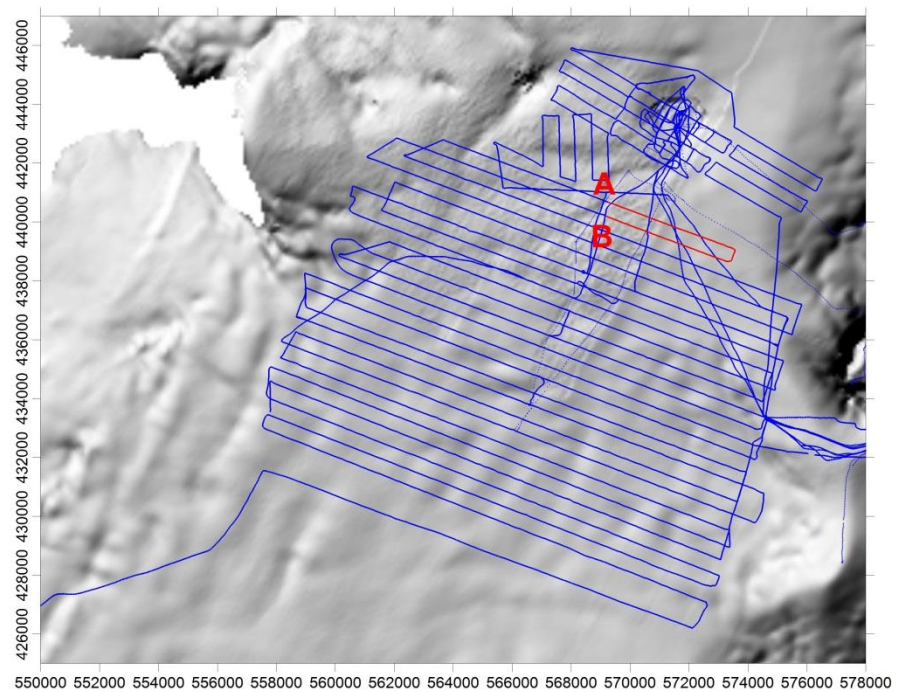
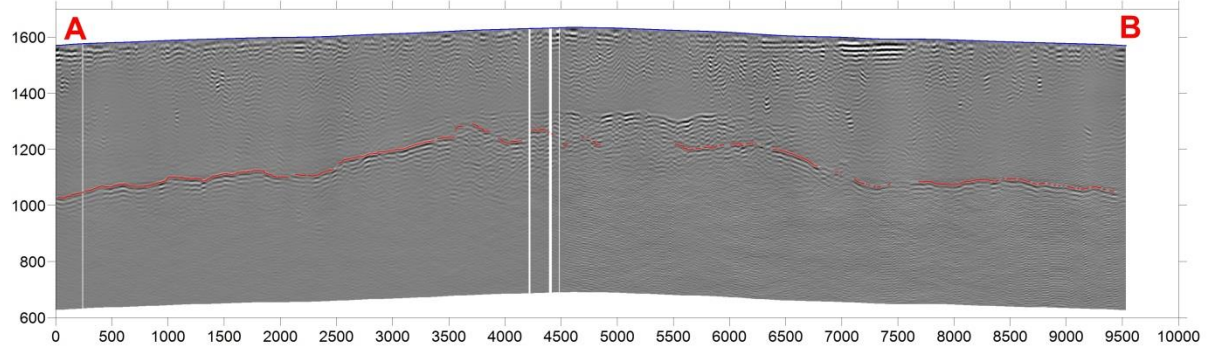
Vatnajökull issjarmæling 2017 5. júní
tungnaar20170605.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftark\tungnaarj20170605\line_afl_7_to_7\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



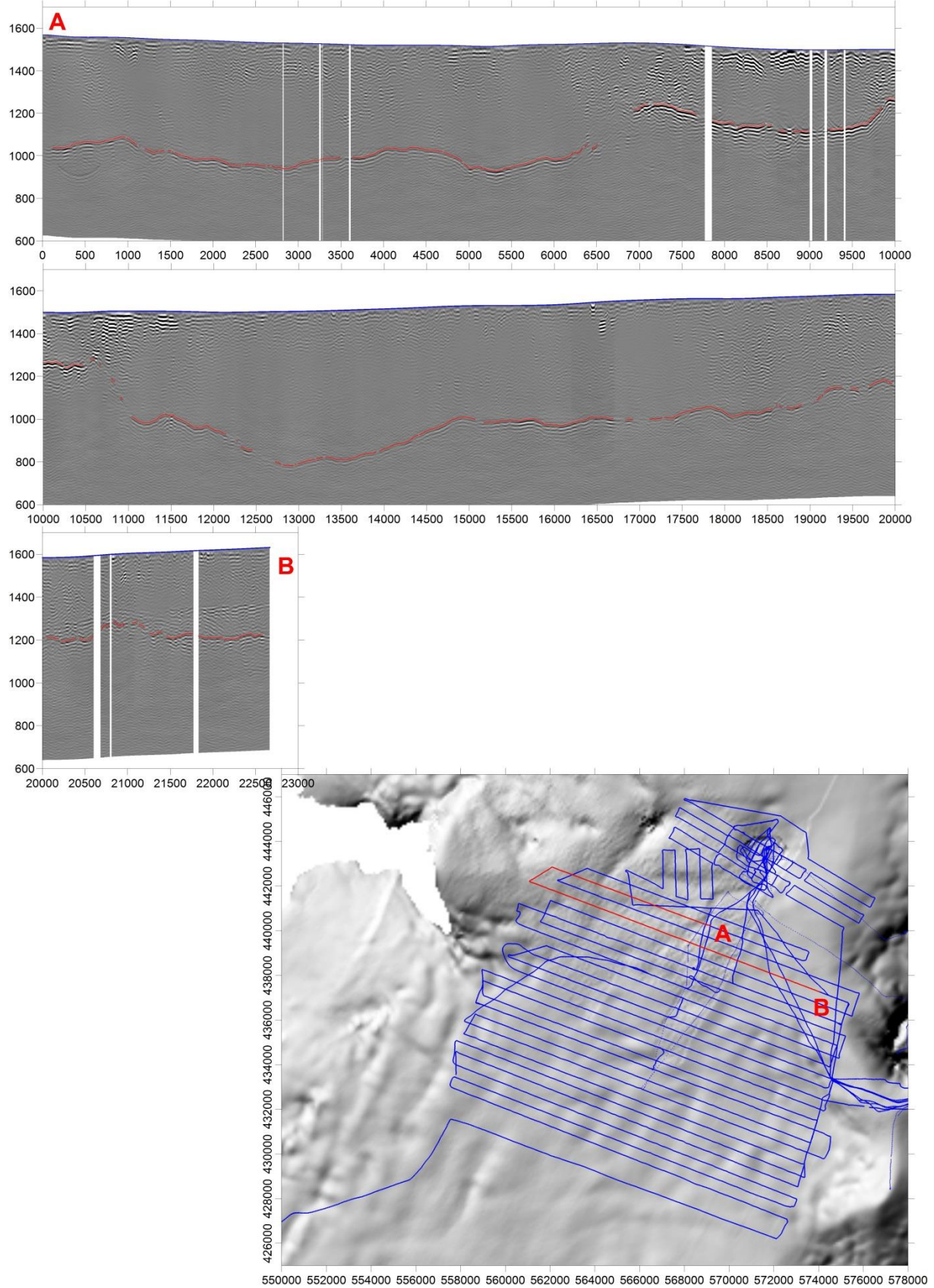
Vatnajökull issjarmæling 2017 5. júní
tungnaar20170605.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftark\tungnaarj20170605\line_afl_8_to_8\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



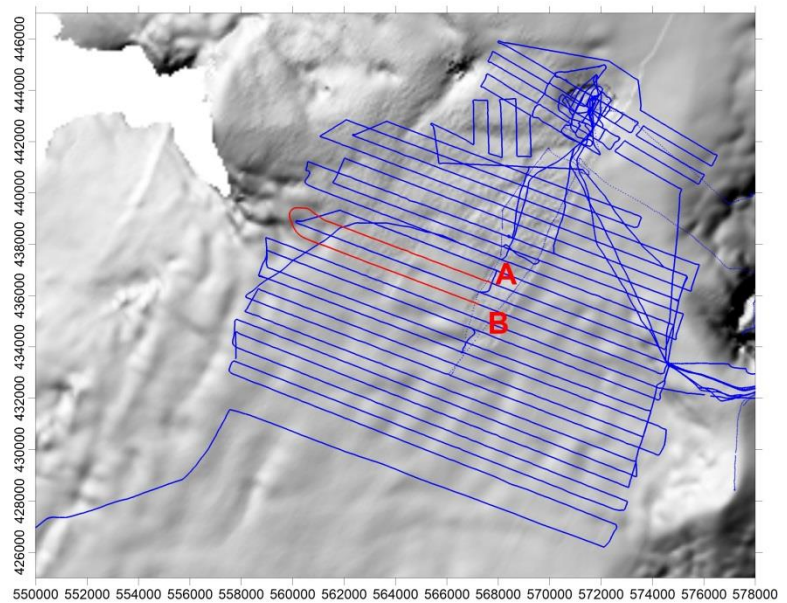
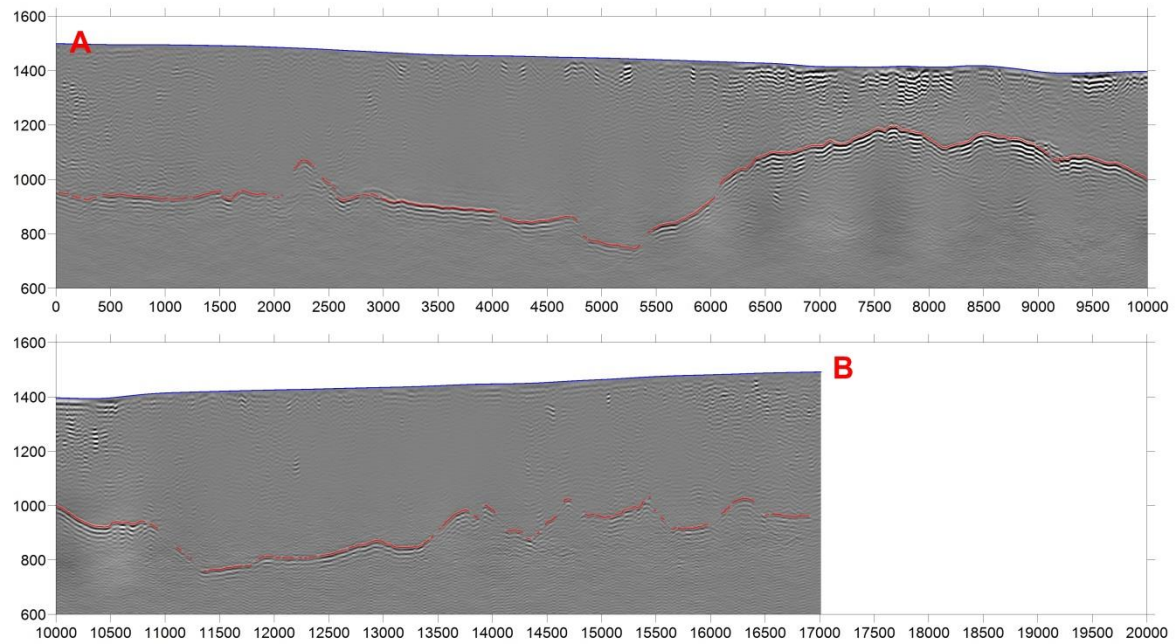
Vatnajökull issjarmæling 2017 5. júní
tungnaar20170605.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftark\tungnaarj20170605\line_afl_9_to_10\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



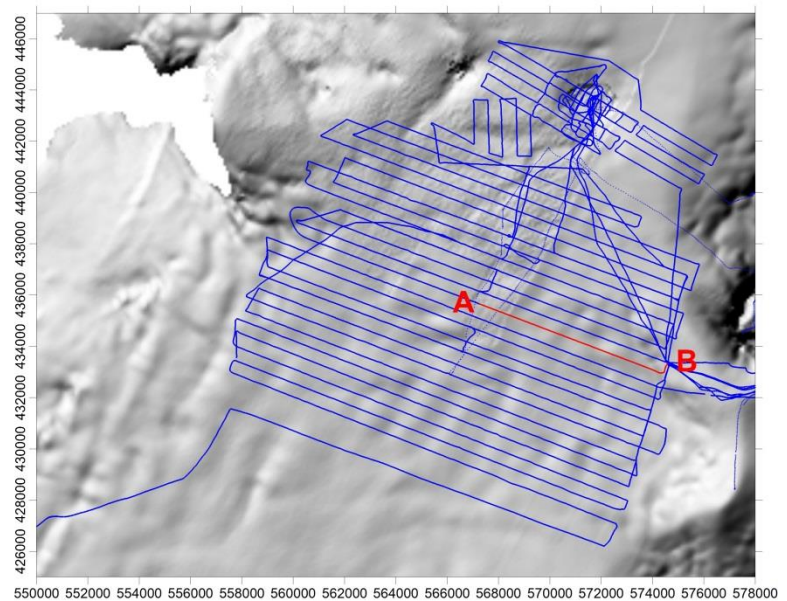
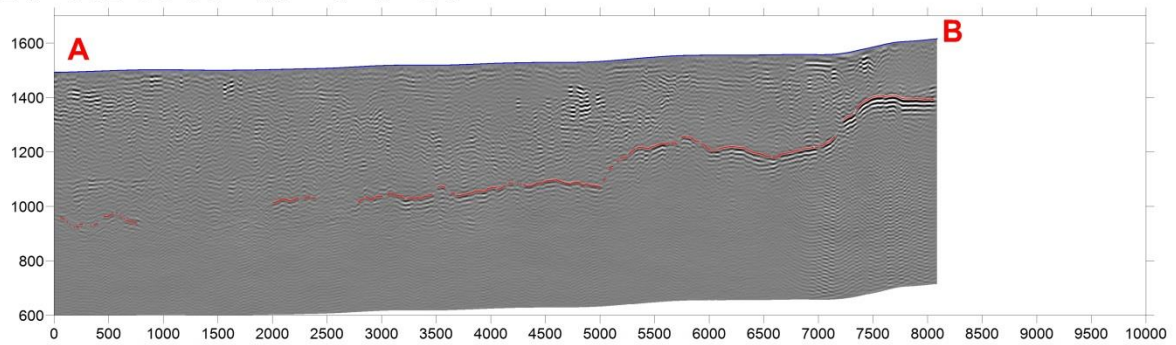
Vatnajökull issjarmæling 2017 6. júní
tungnaar20170606a.h5

D:\gognvissjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftark\tungnaarj20170606b\line_af1_0_to_0\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



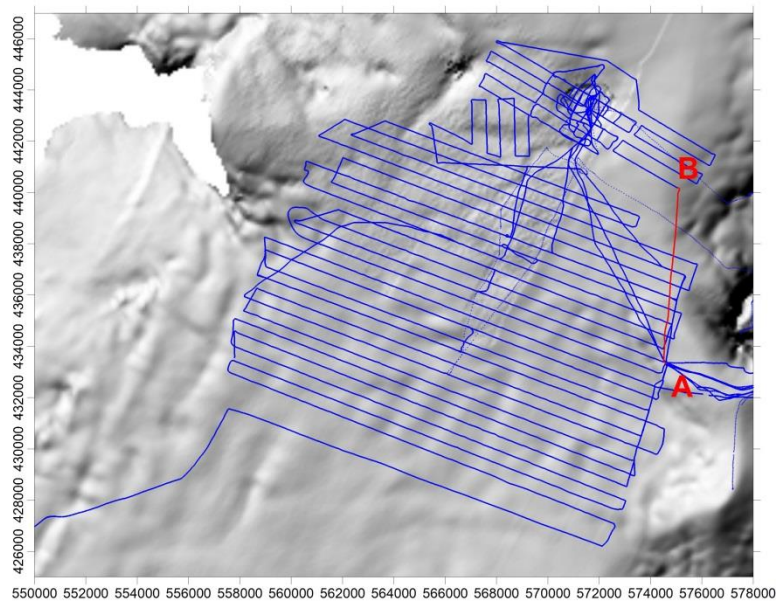
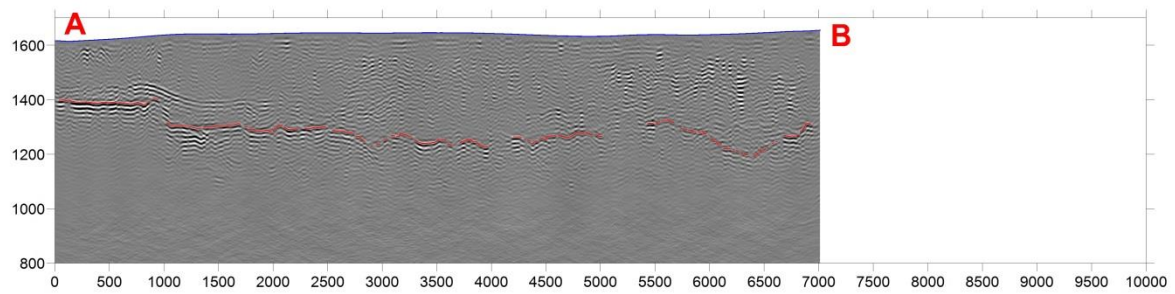
Vatnajökull issjarmæling 2017 6. júní
tungnaar20170606a.h5

D:\gognvissjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftark\tungnaarj20170606b\line_af1_1_to_1\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



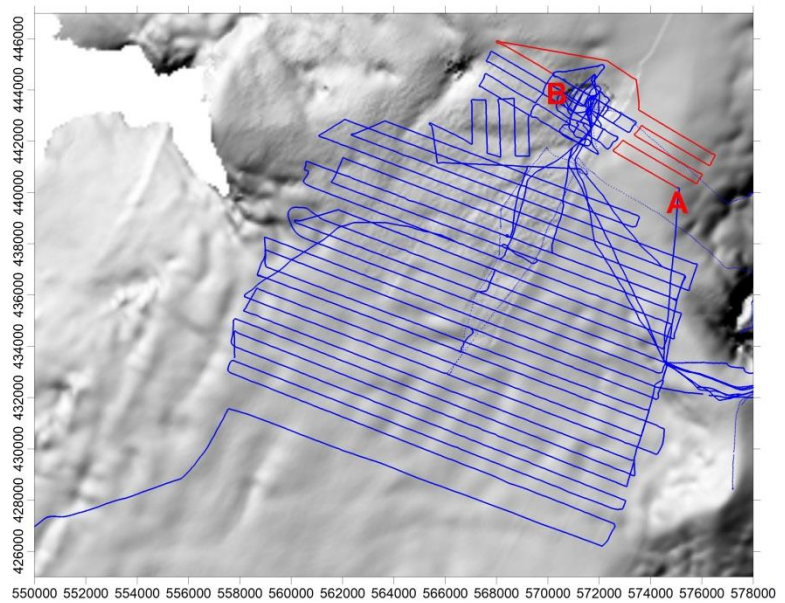
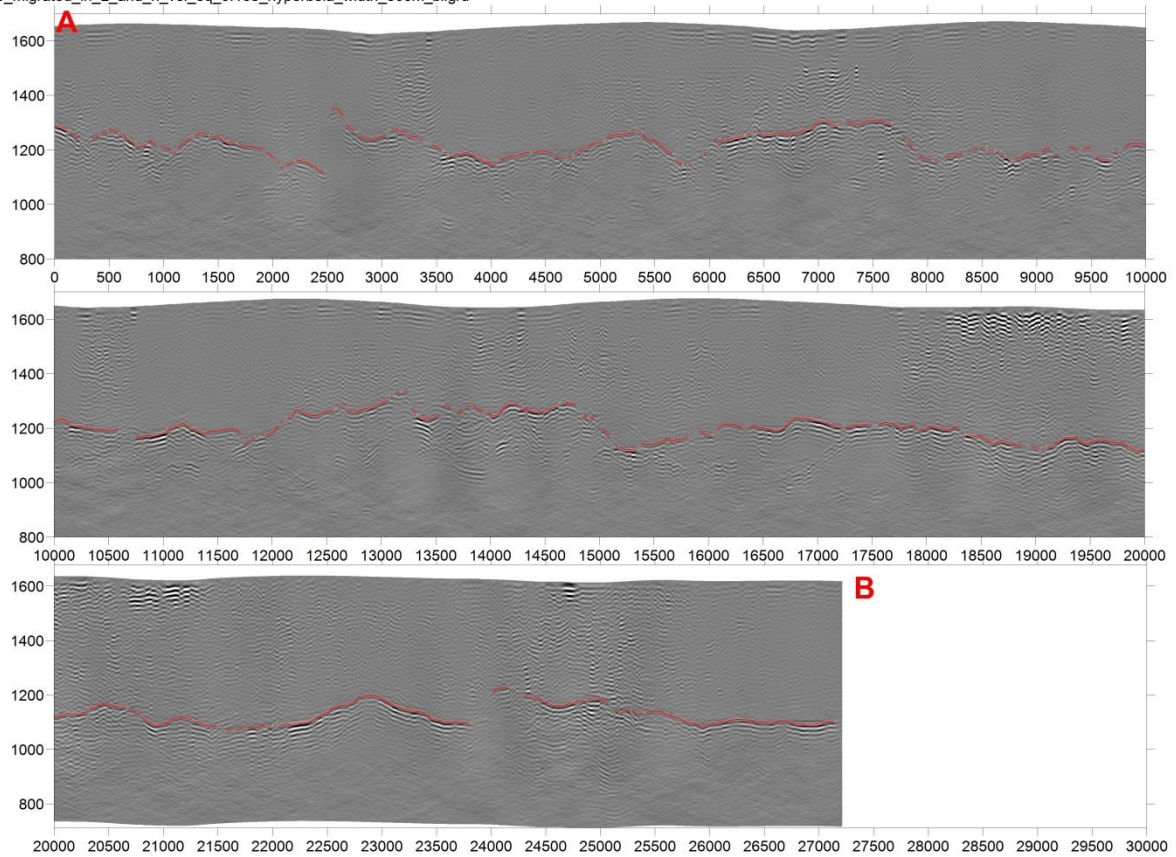
Vatnajökull issjarmæling 2017 6. júní
tungnaar20170606.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftark\tungnaarj20170606\line_afl_0_to_0\GPS_seinkun_2
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



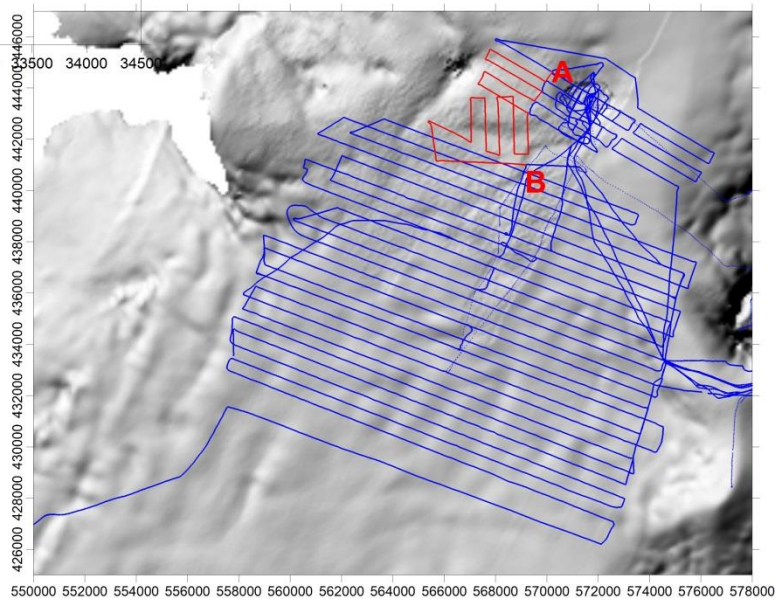
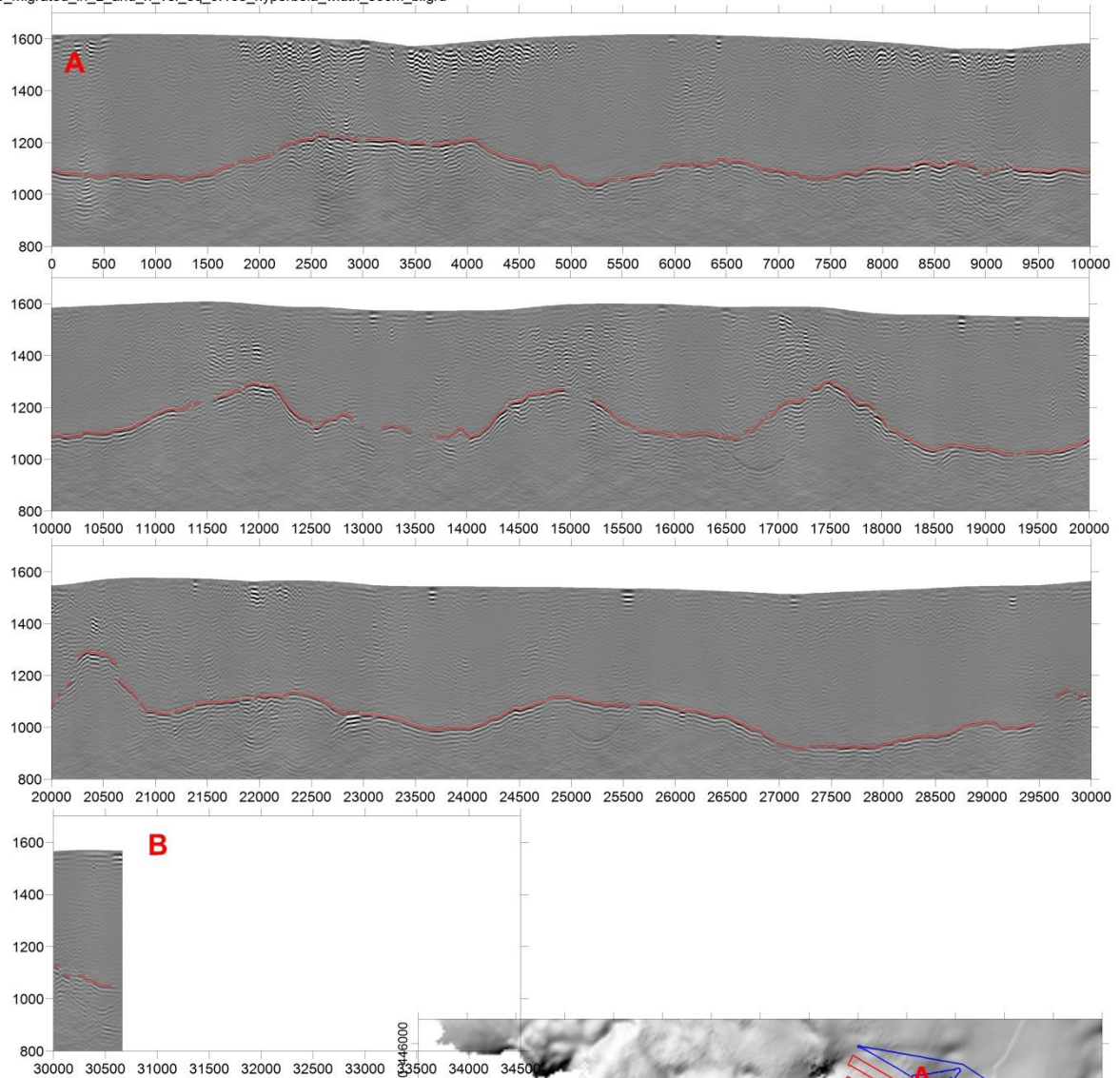
Vatnajökull issjarmæling 2017 6. júní
tungnaar20170606.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinns\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftark\tungnaarj20170606\line afl_1_to_2\GPS_seinkun_2
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



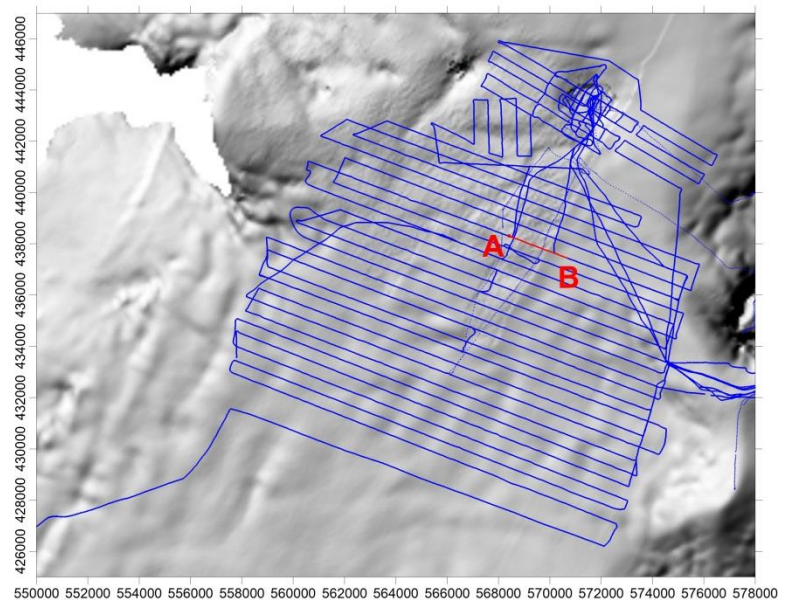
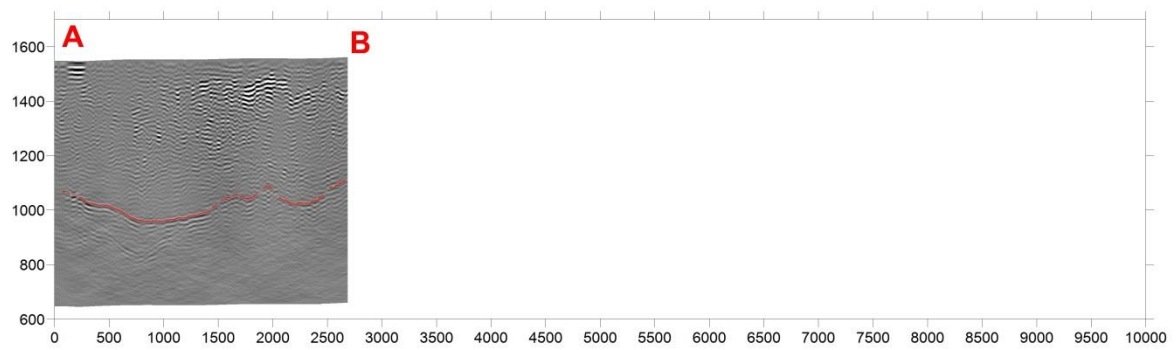
Vatnajökull issjarmæling 2017 6. júní
tungnaar20170606.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftark\tungnaarj20170606\line_afl_3_to_4\GPS_seinkun_2
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



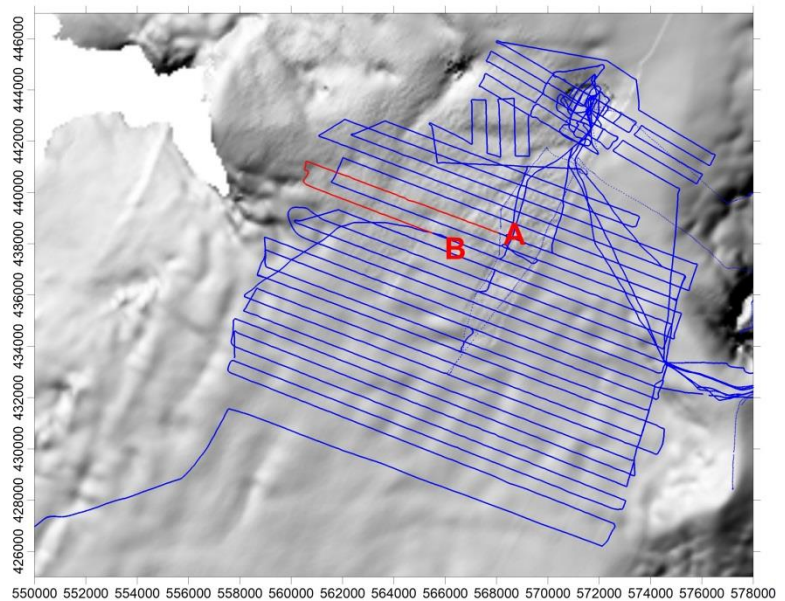
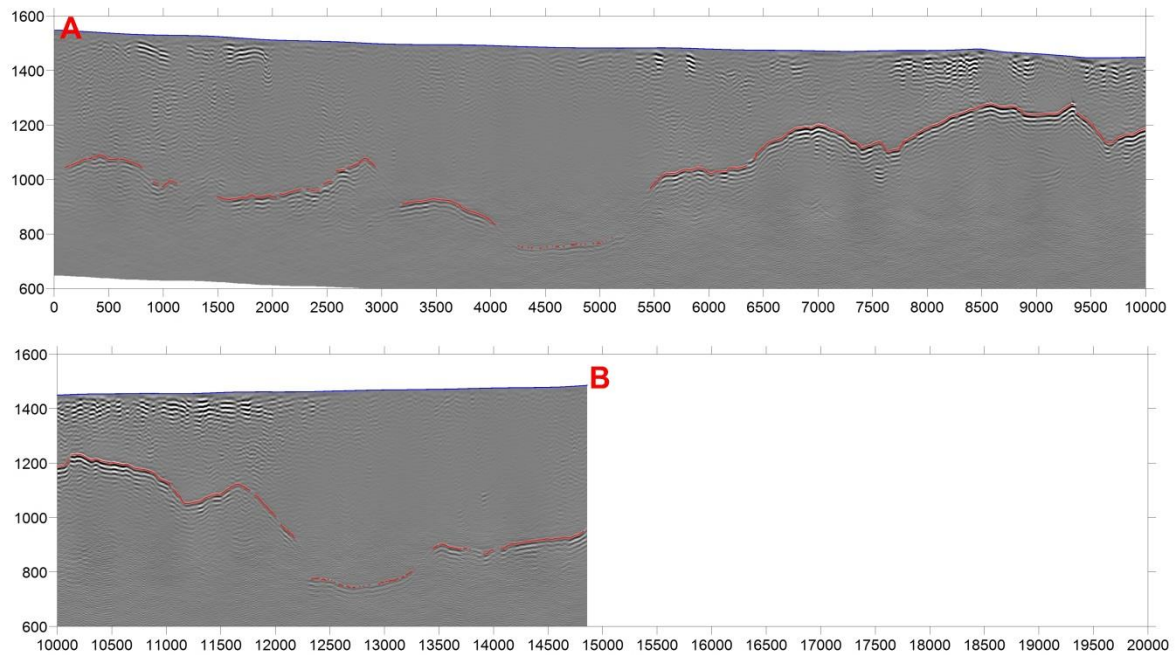
Vatnajökull issjarmæling 2017 6. júní
tungnaar20170606.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftark\tungnaarj20170606\line_afl_6_to_6\GPS_seinkun_2
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



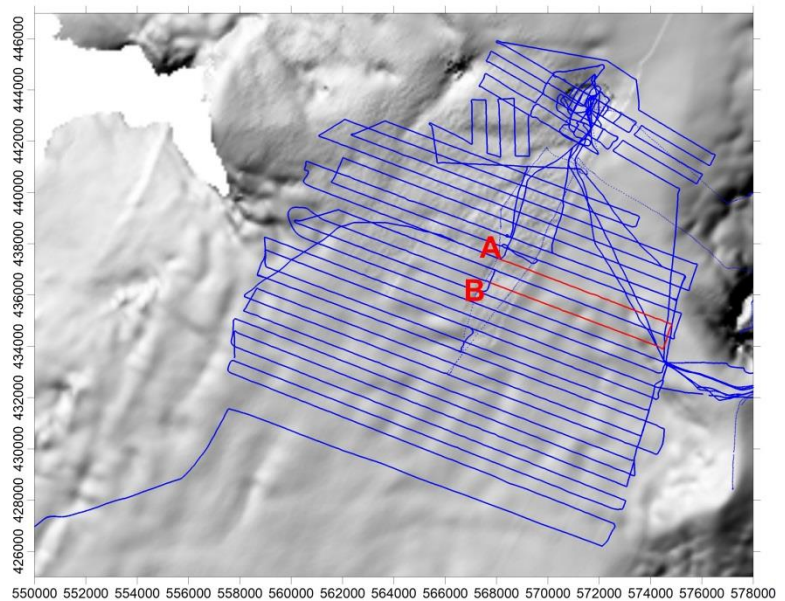
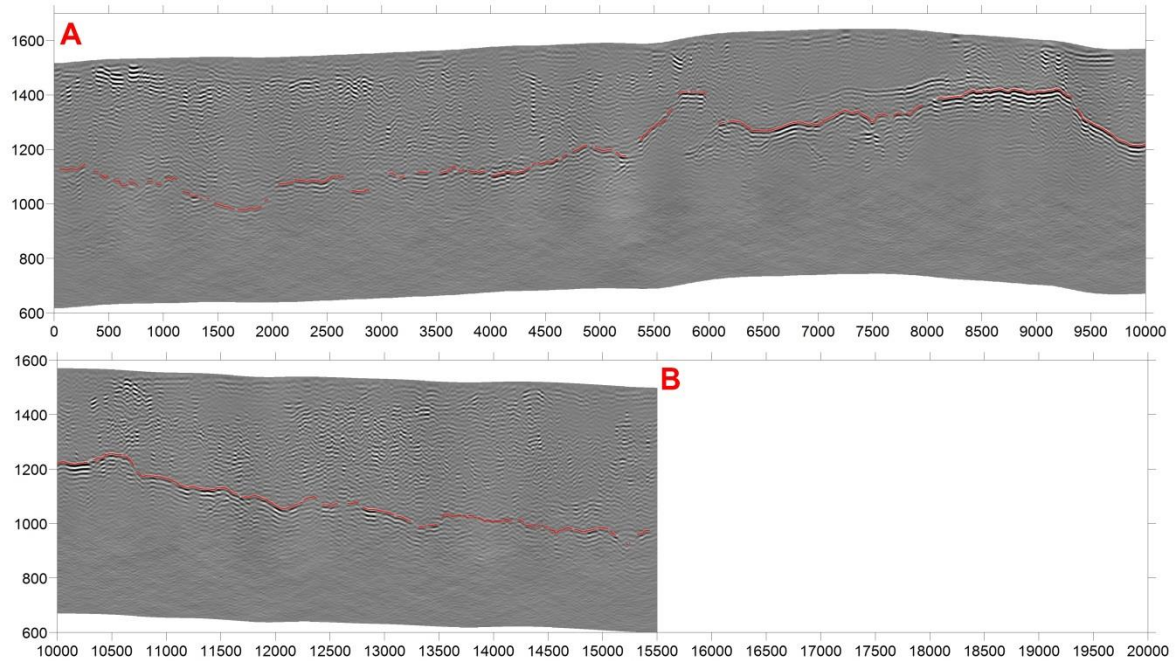
Vatnajökull issjarmæling 2017 6. júní
tungnaar20170606.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftark\tungnaarj20170606\line_afl_7_to_7\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



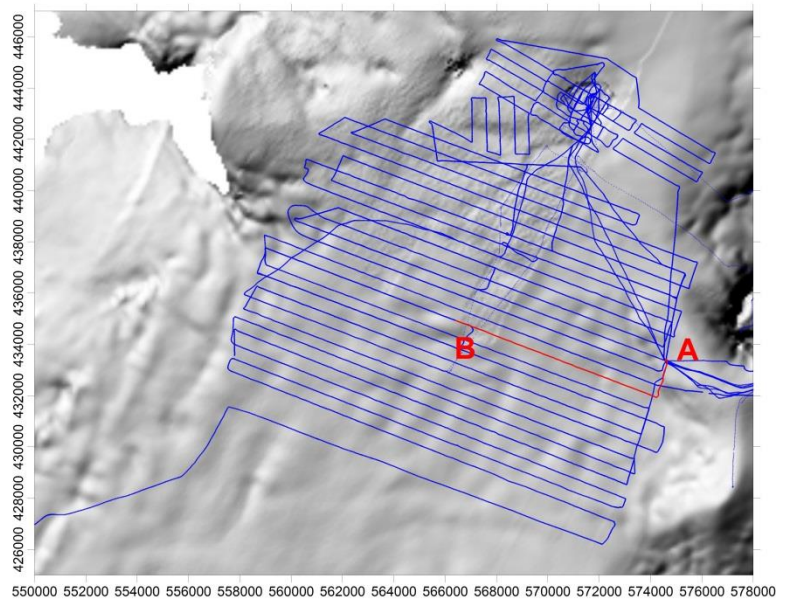
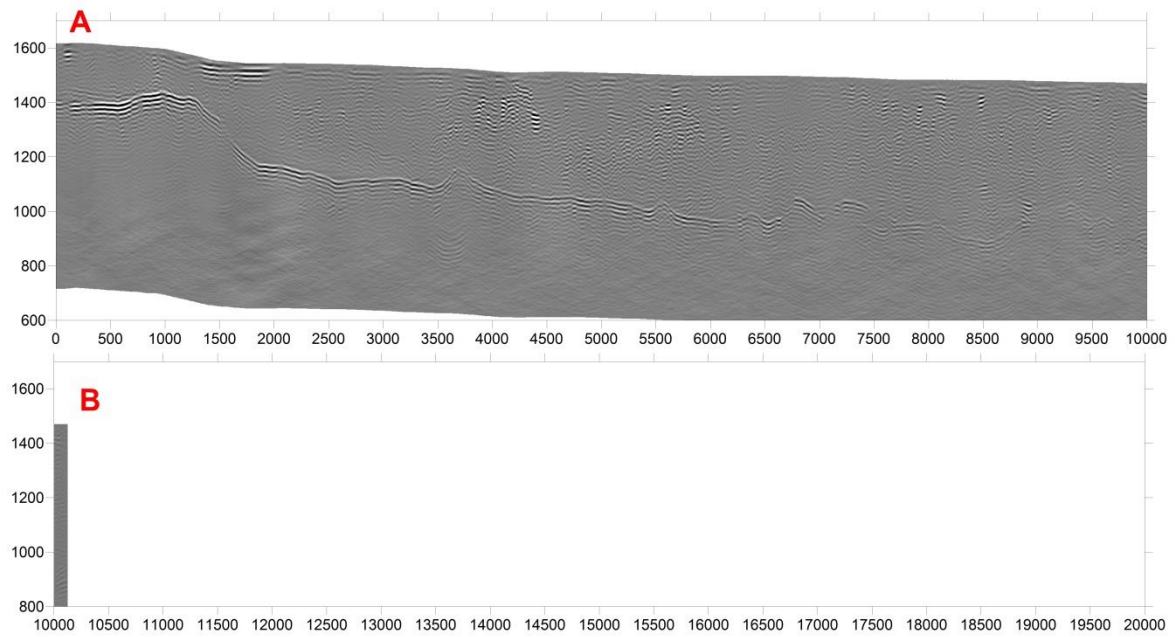
Vatnajökull issjarmæling 2017 6. júní
tungnaar20170606.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftark\tungnaarj20170606\line_afl_8_to_8\GPS_seinkun_2
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



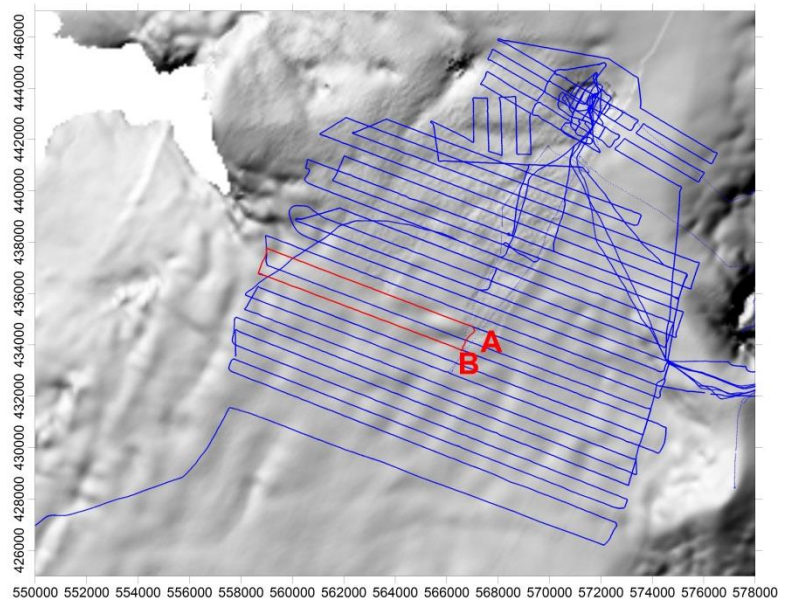
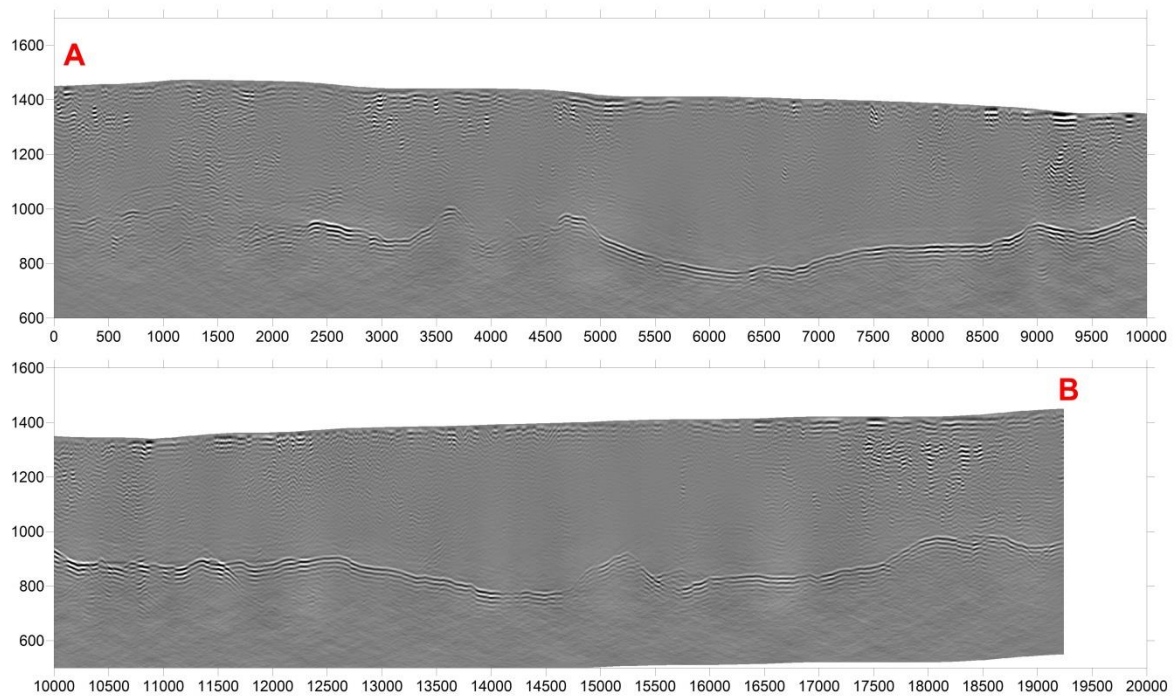
Vatnajökull issjarmæling 2017 7. júní
tungnaar20170607.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftark\tungnaarj20170607\line_afi_0_to_1\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



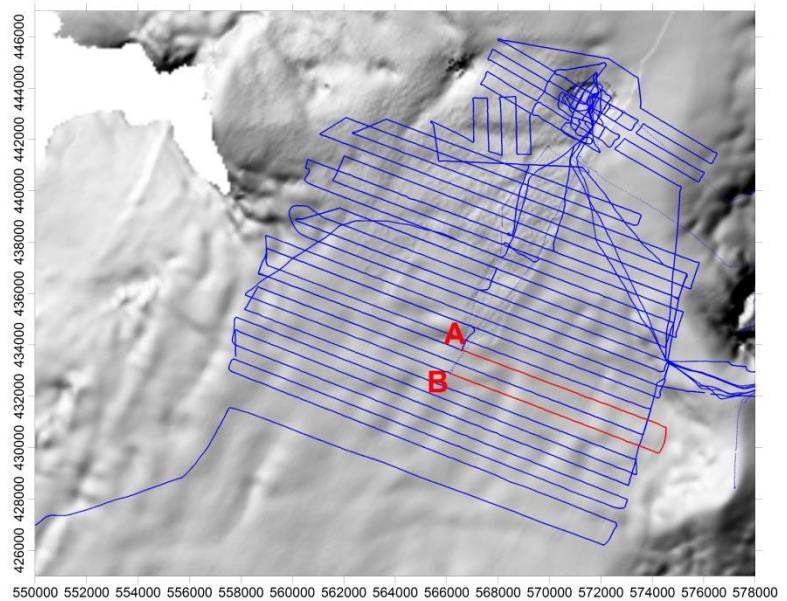
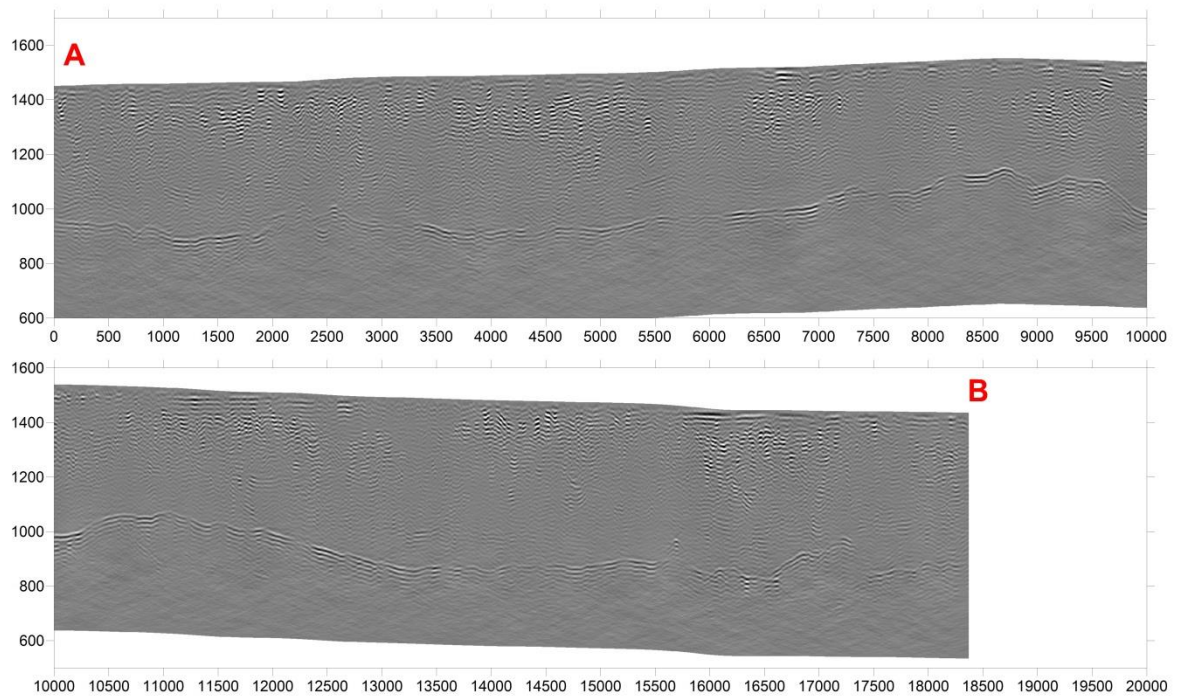
Vatnajökull íssjarmæling 2017 7. júní
tungnaar20170607.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftarkitungnaarj20170607\line_af1_2_to_2\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



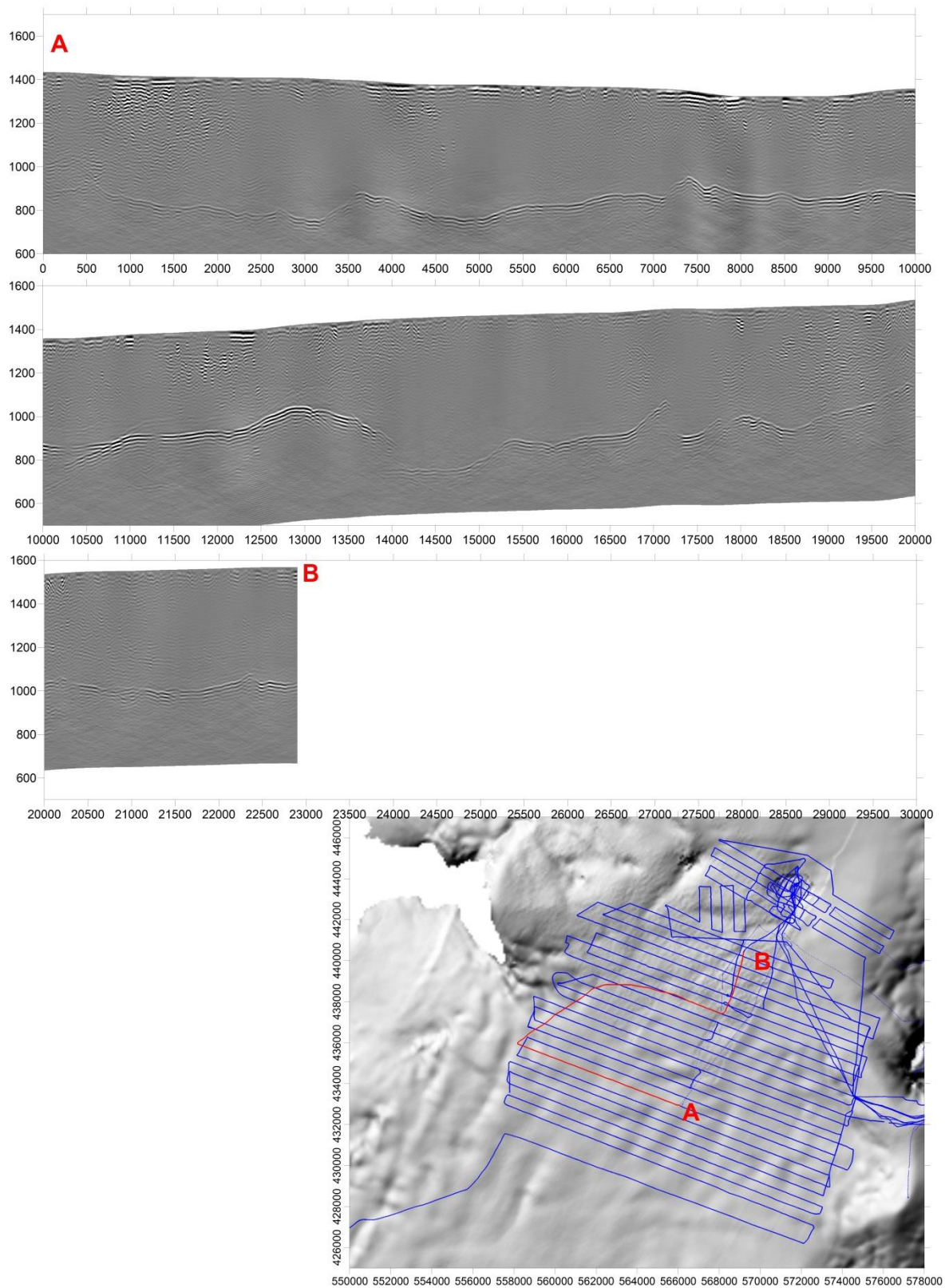
Vatnajökull íssjarmæling 2017 7. júní
tungnaar20170607.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftarkitungaarj20170607\line_afi_3_to_3\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



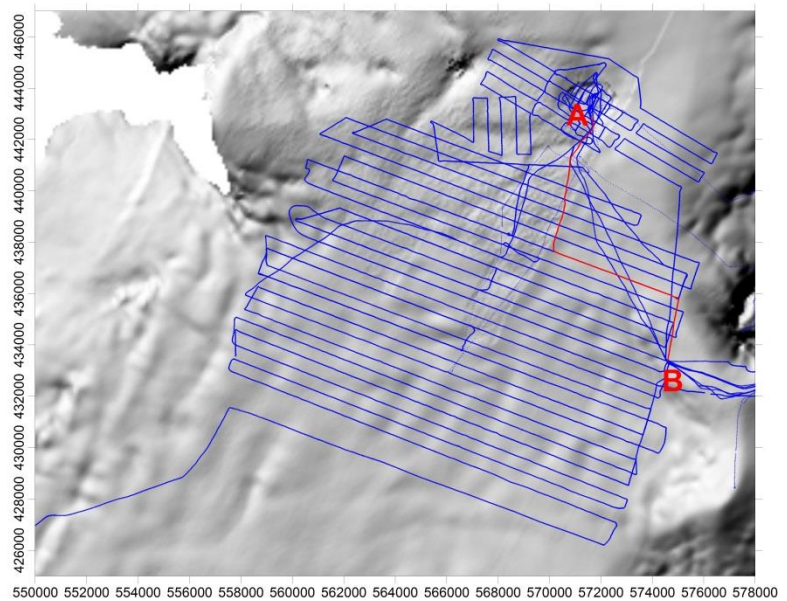
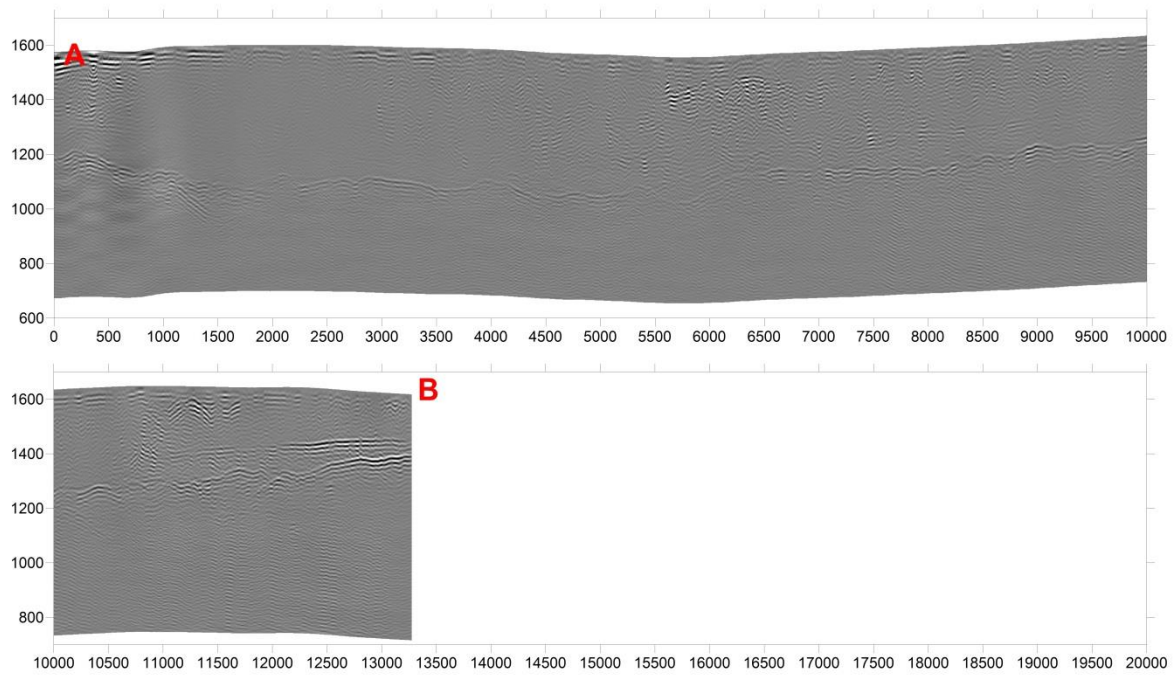
Vatnajökull issjarmæling 2017 7. júní
tungnaar20170607.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftarkitungnaarj20170607\line_afi_4_to_4\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



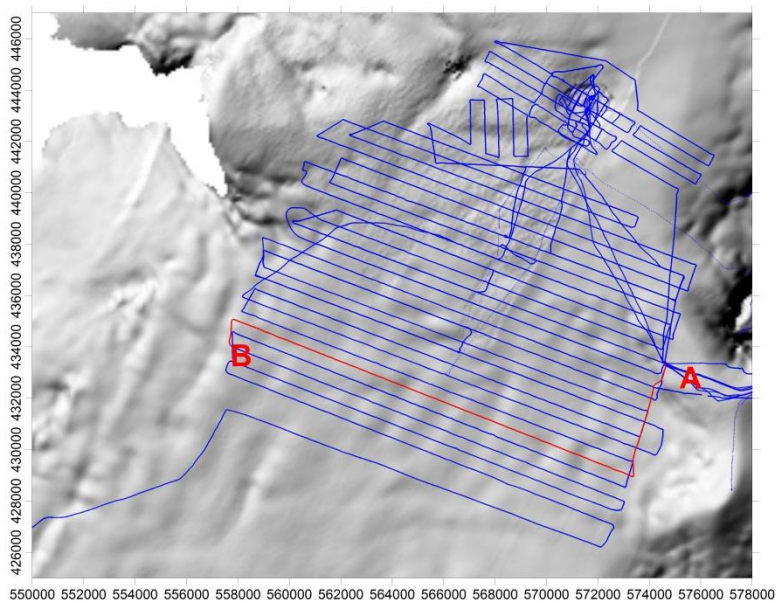
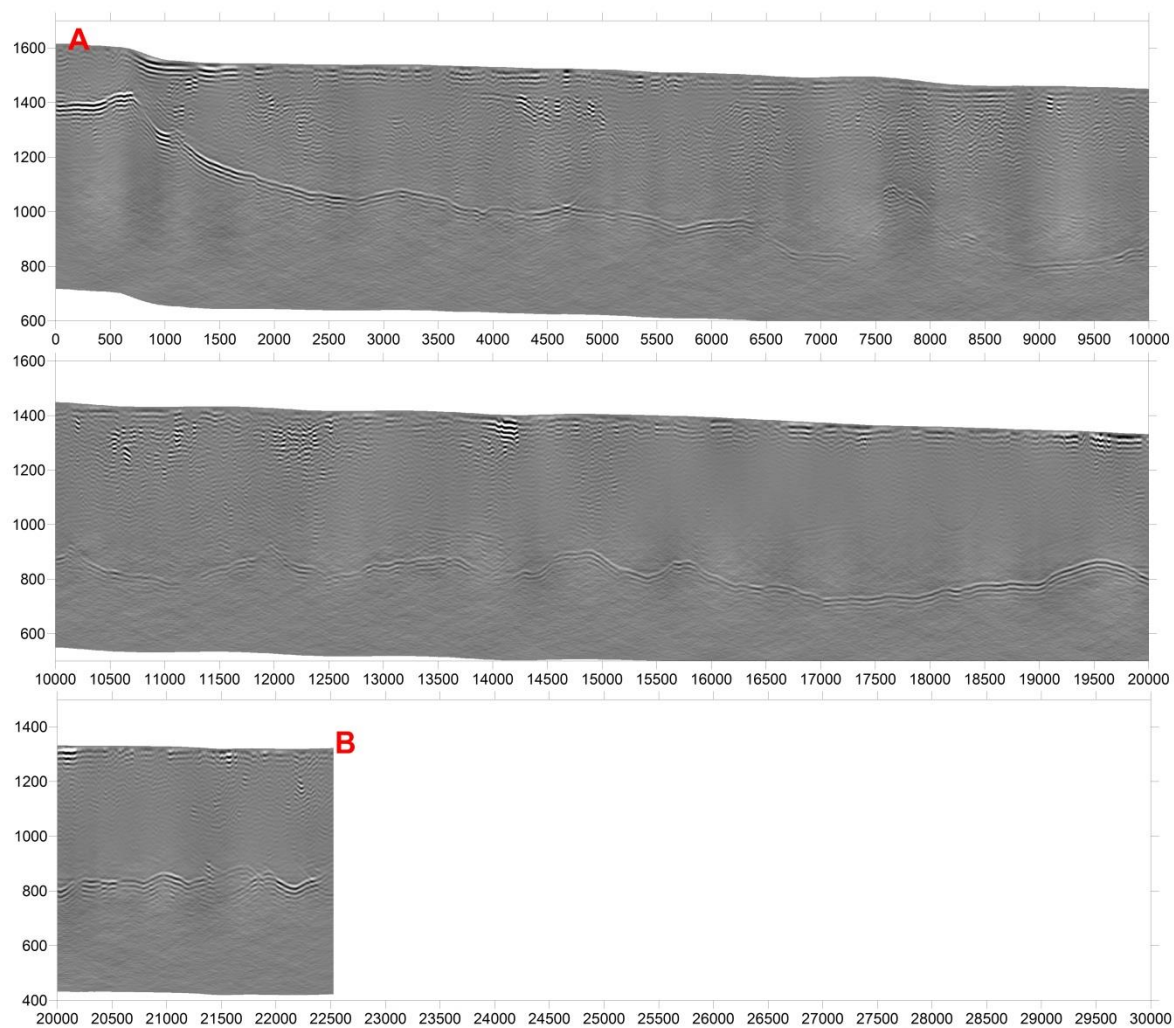
Vatnajökull íssjarmæling 2017 7. júní
tungnaar20170607.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftarkitungnaarj20170607\line_af1_5_to_5\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



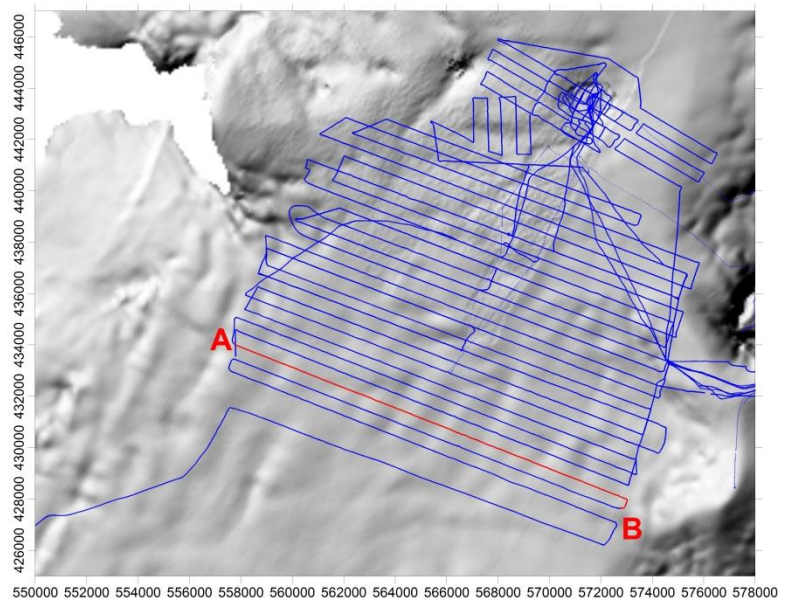
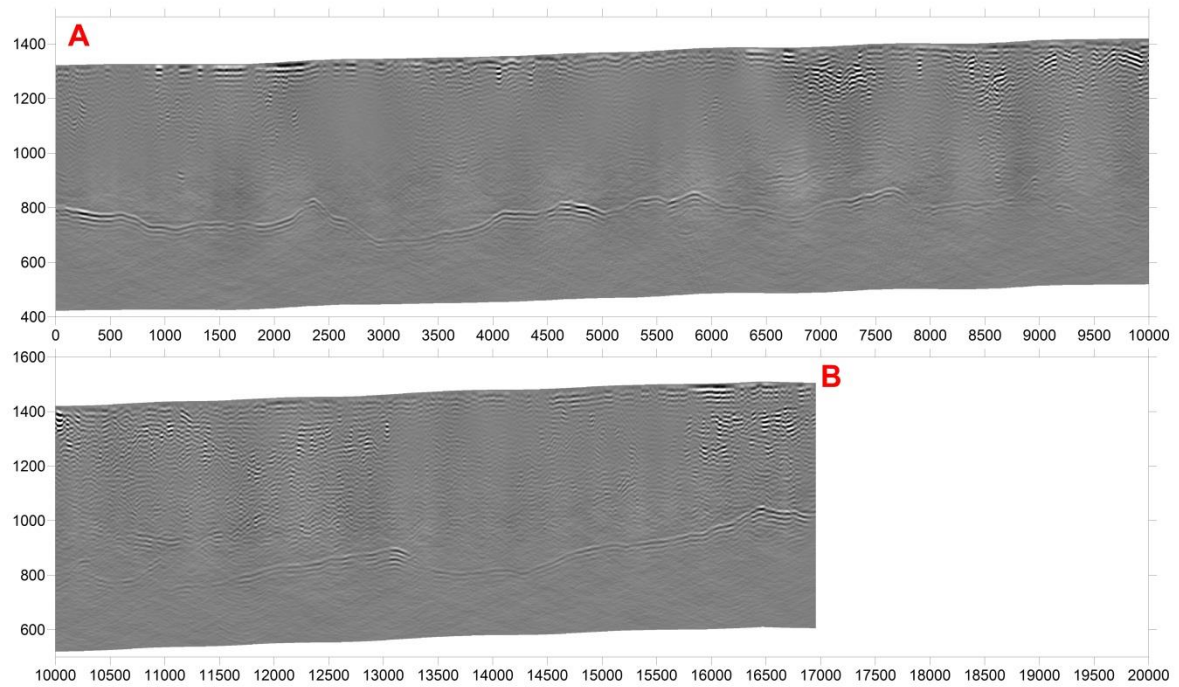
Vatnajökull issjarmæling 2017 7. júní
tungnaar20170609.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftarkitungnaarj20170609\line_afi_0_to_1\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



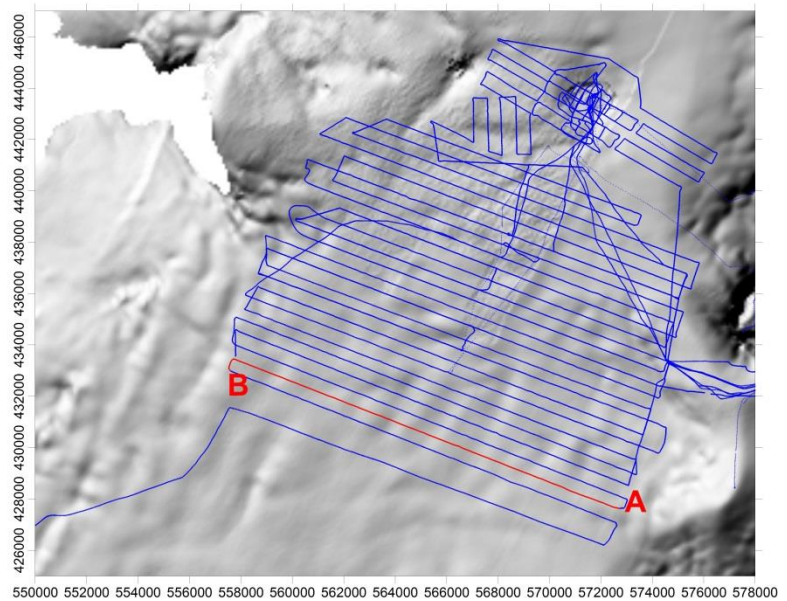
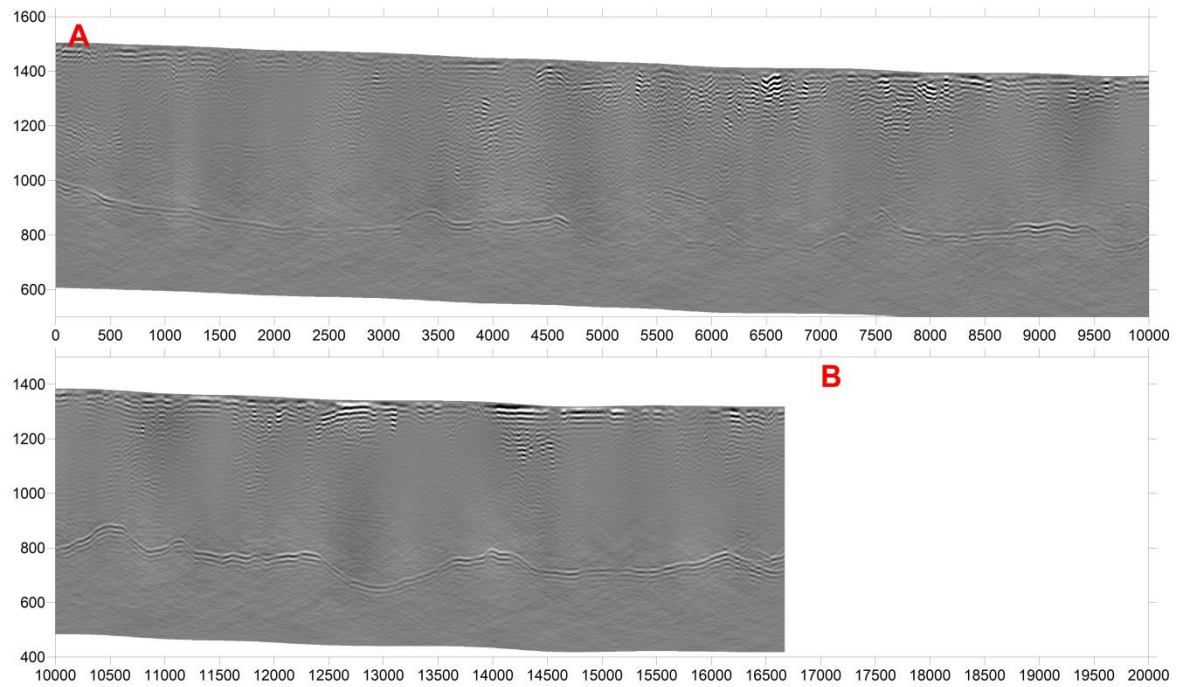
Vatnajökull issjarmæling 2017 7. júní
tungnaar20170609.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftarkitungnaarj20170609\line_afi_2_to_2\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



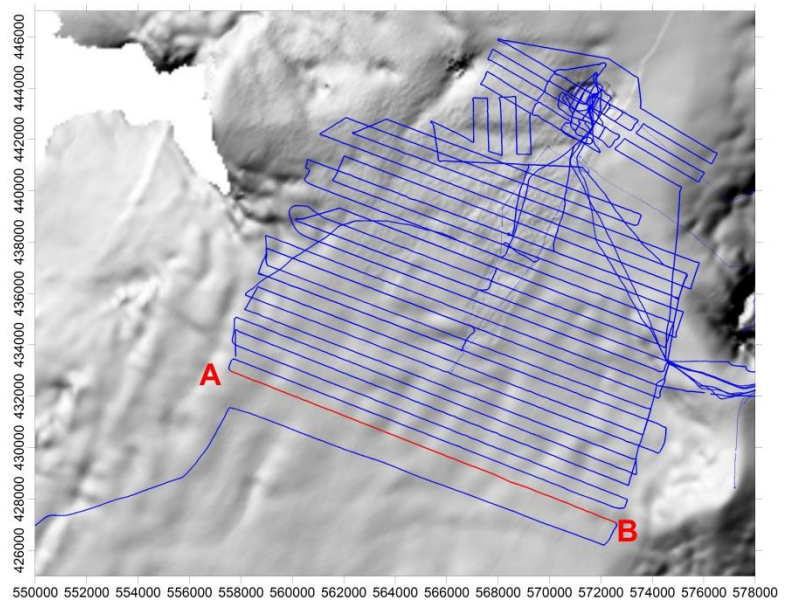
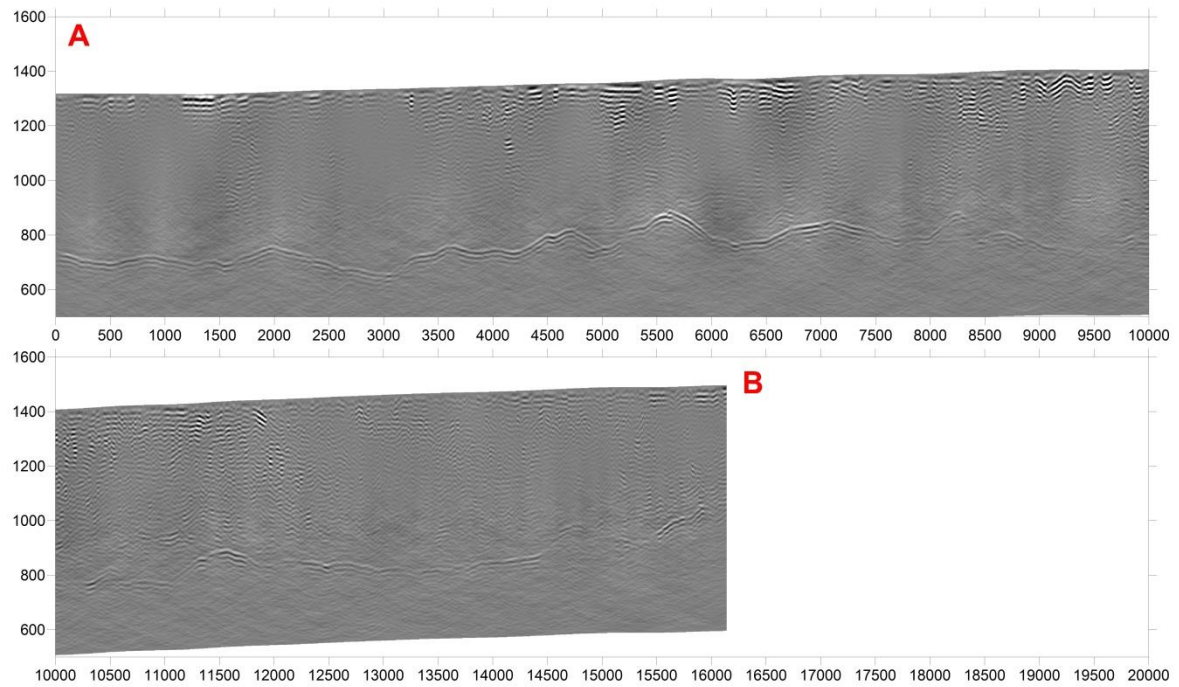
Vatnajökull íssjarmæling 2017 7. júní
tungnaar20170609.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftarkitungnaarj20170609\line_afi_3_to_3\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



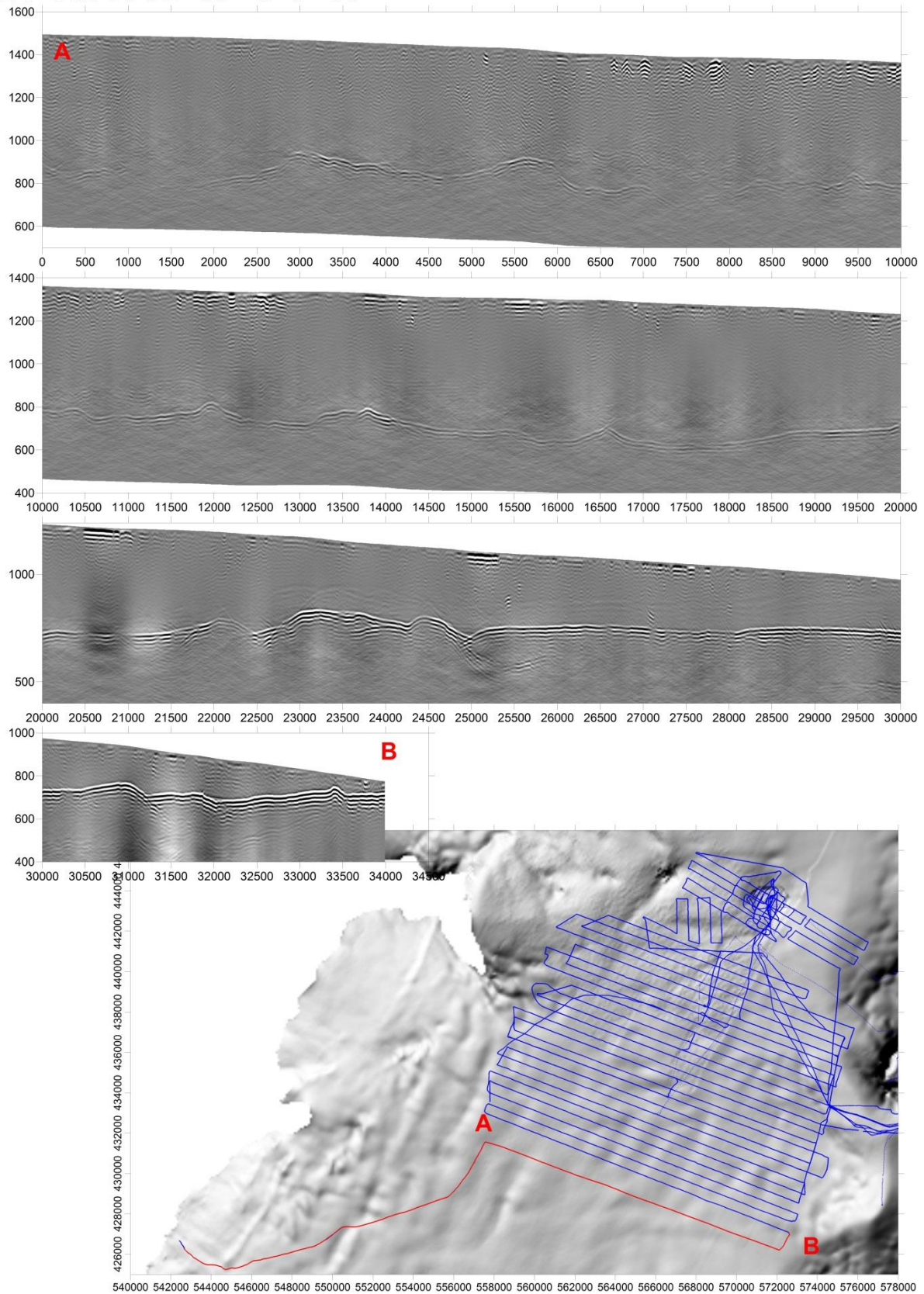
Vatnajökull íssjarmæling 2017 7. júní
tungnaar20170609.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftarkitungnaarj20170609\line_afi_4_to_4\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hypobola_width_500m_bl.grd



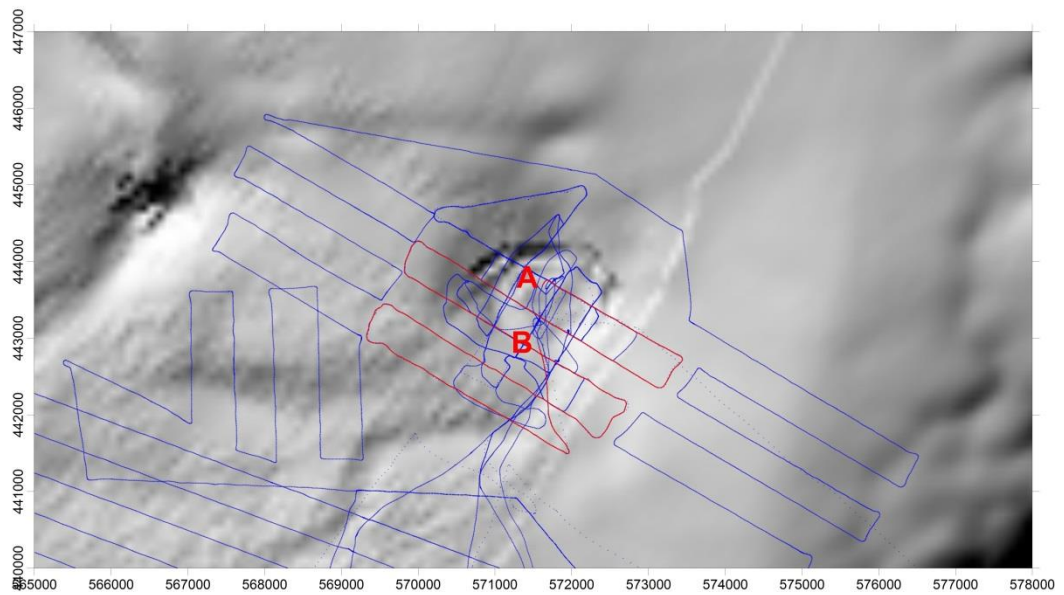
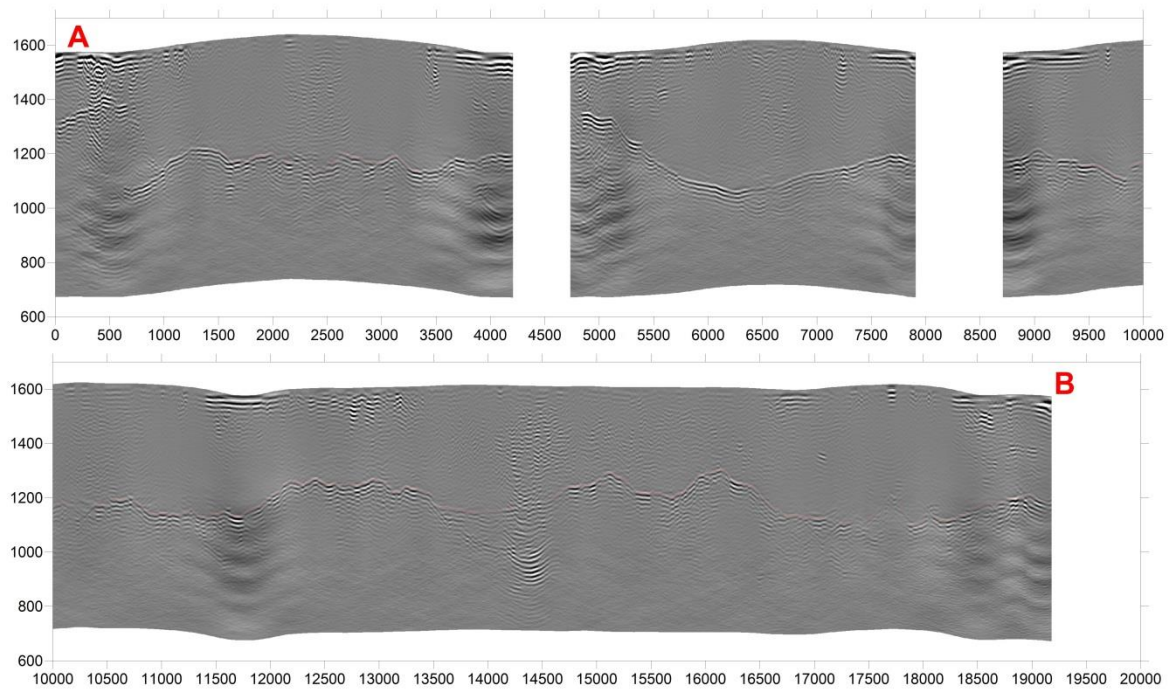
Vatnajökull issjarmæling 2017 7. júní
tungnaar20170609.h5

D:\gognvissjarsnid_urvinnsal\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\Sunnan_skaftark\tungnaarj20170609\line_afl_5_to_5\GPS_seinkun_1.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



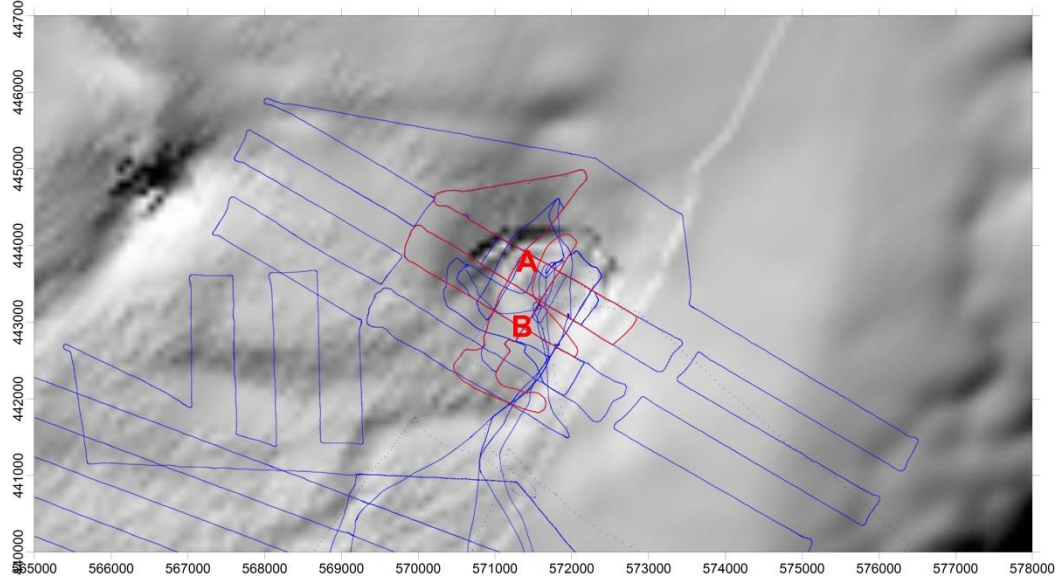
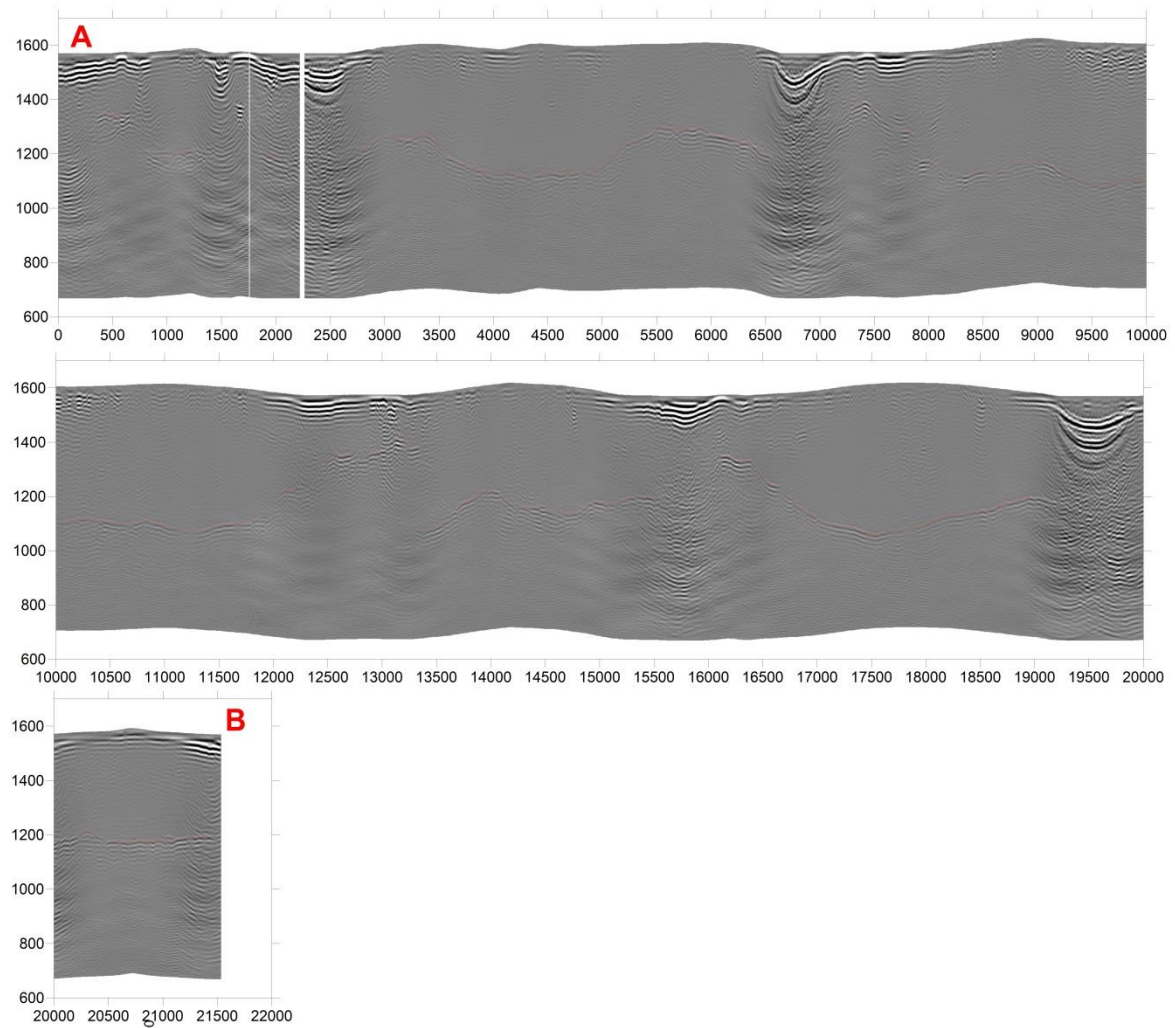
Vatnajökull issjarmæling 2017 7. júní
ESKj20170607b.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\ESK_17\ESKj20170607b\line_afl_0_to_1\GPS_seinkun_2.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



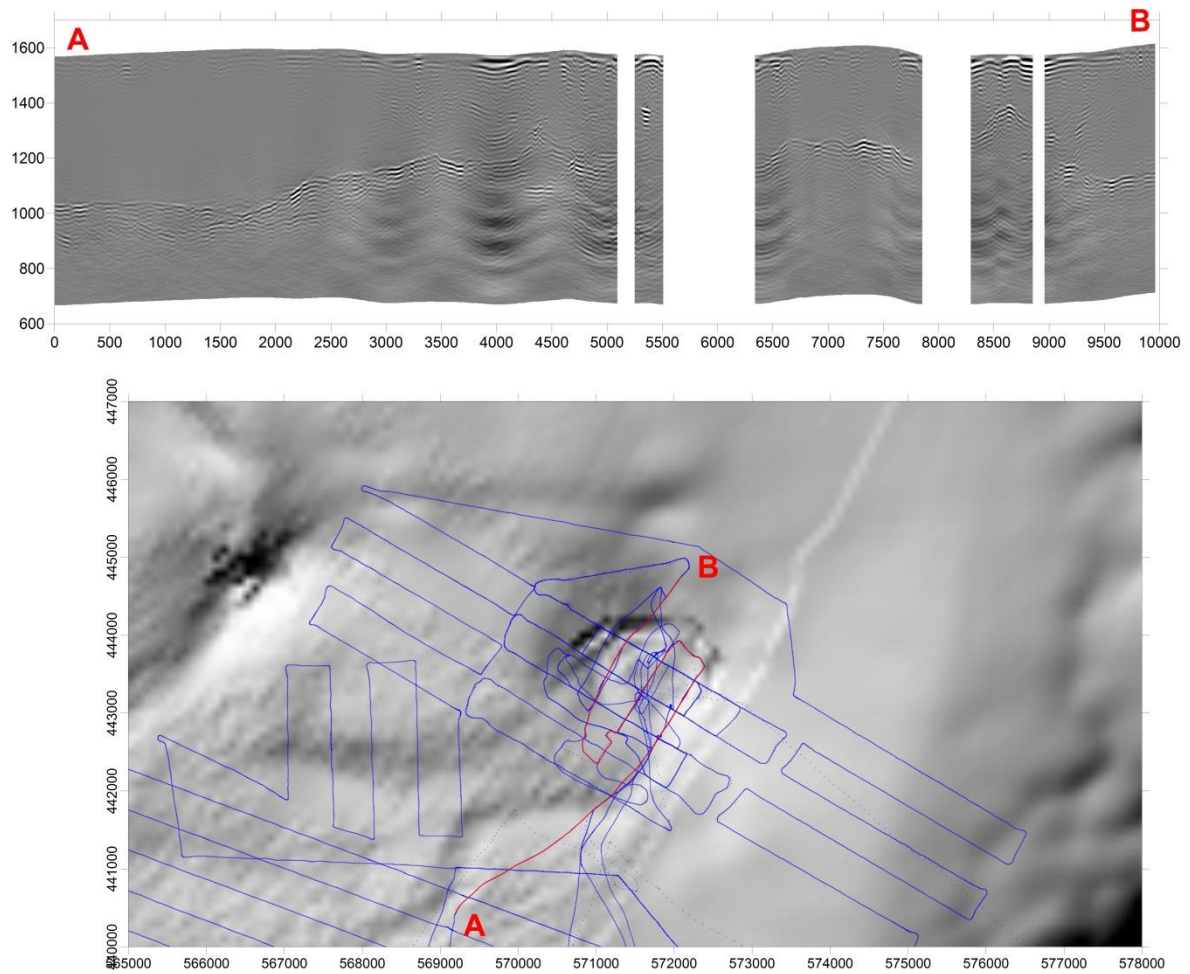
Vatnajökull issjarmæling 2017 7. júní
ESKj20170607b.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\ESK_17\ESKj20170607b\line_afl_1_to_2_uncut\GPS_seinkun_2.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



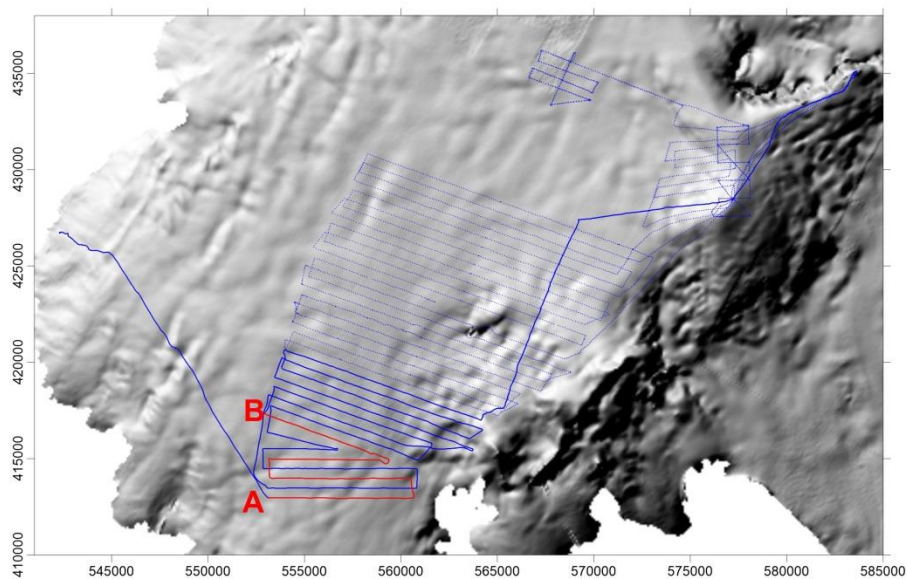
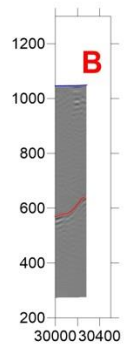
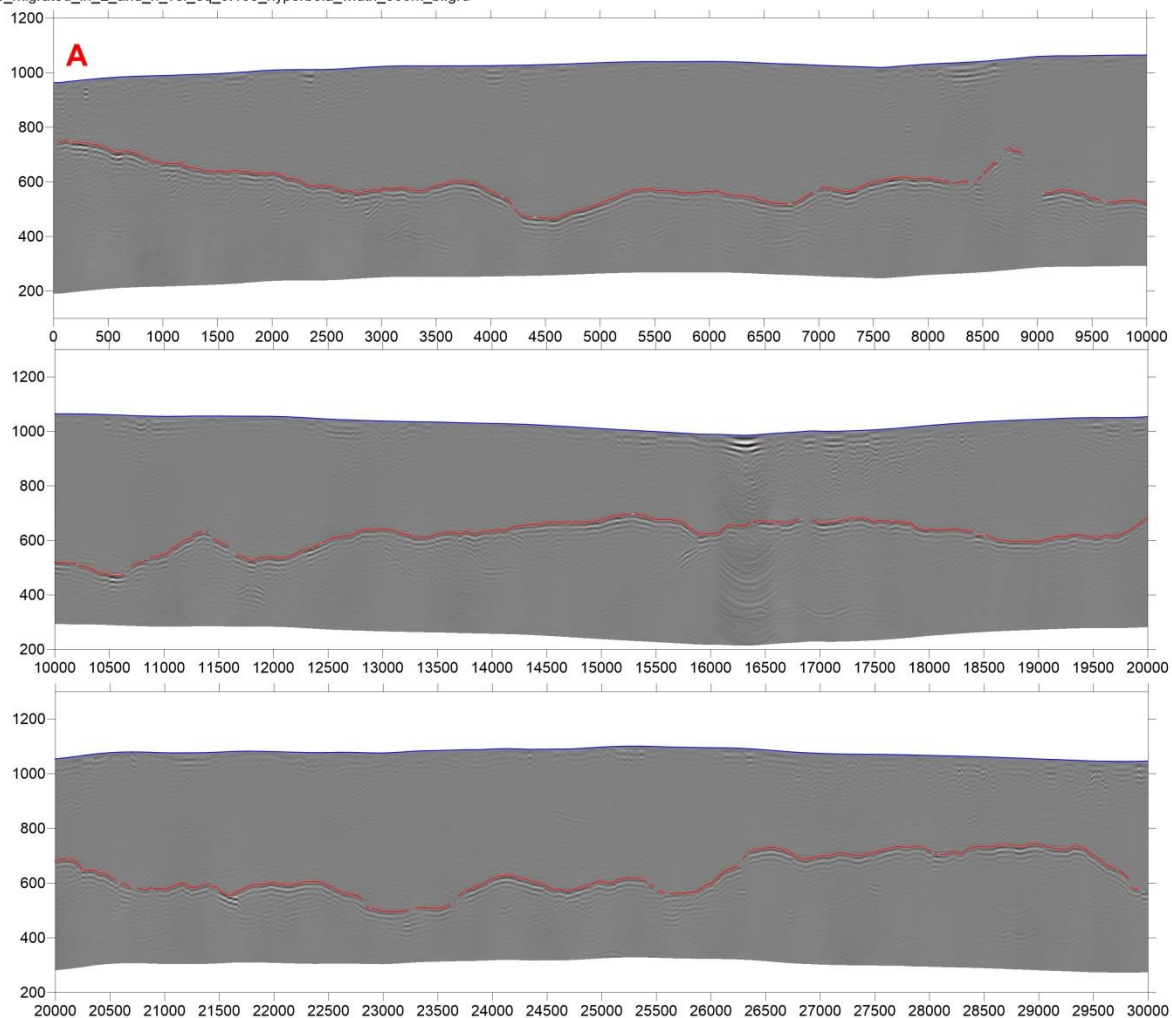
Vatnajökull íssjarmæling 2017 7. júní
ESKj20170607.h5

D:\gognvissjarsnid_urvinnsla\VaVor2017\Maelingar_vorferd_2017\ESK_17\ESKj20170607b\line_afl_0_to_1\GPS_seinkun_2.5
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



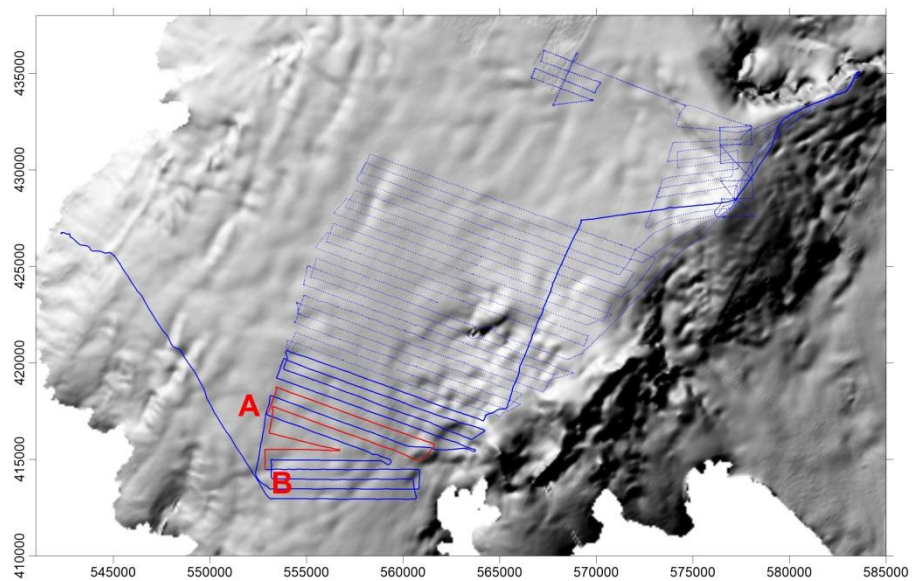
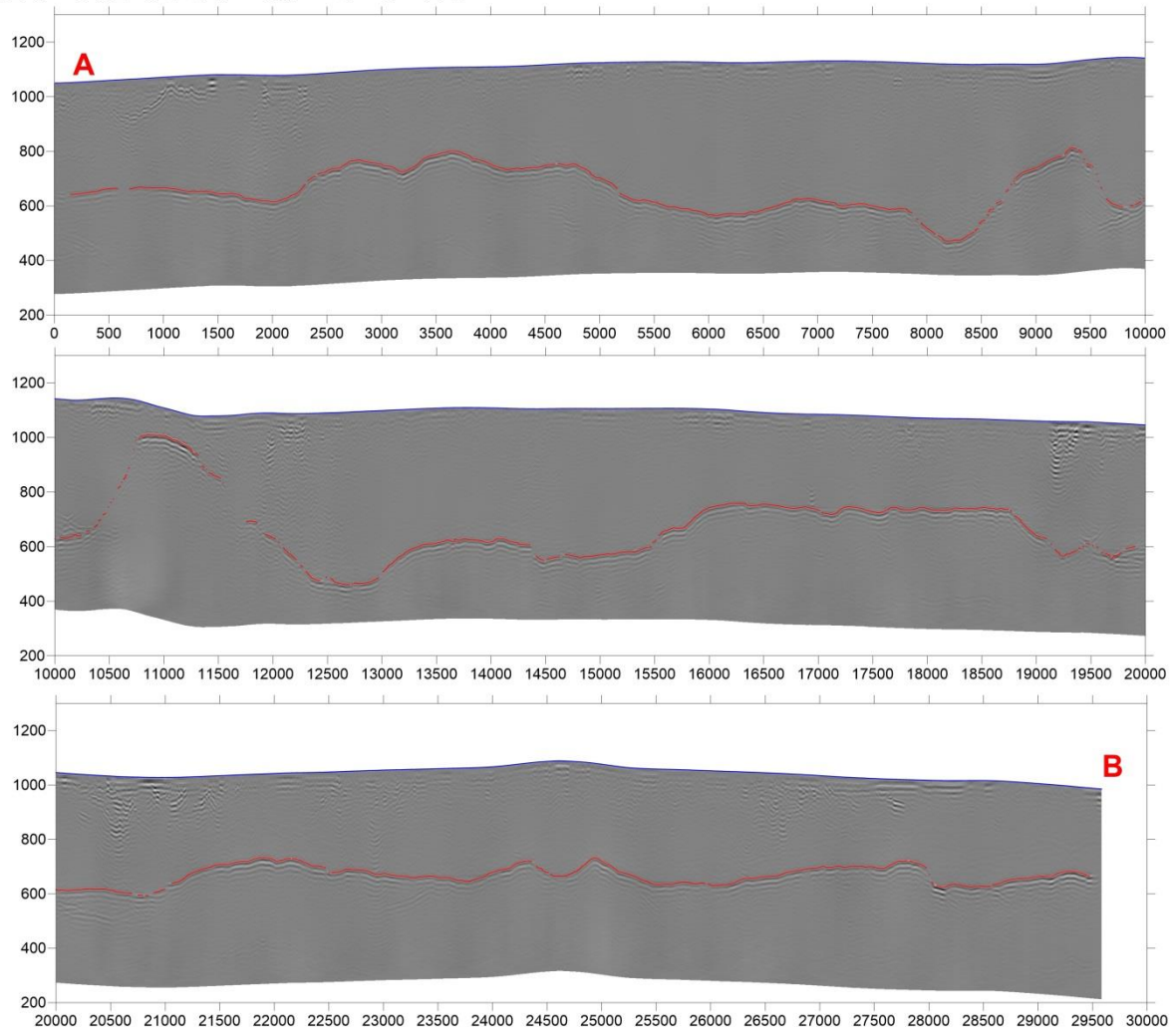
Vatnajökull issjarmæling 2018 2. júní
tungnaar20180602.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180602\line_af1_1_to_2_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



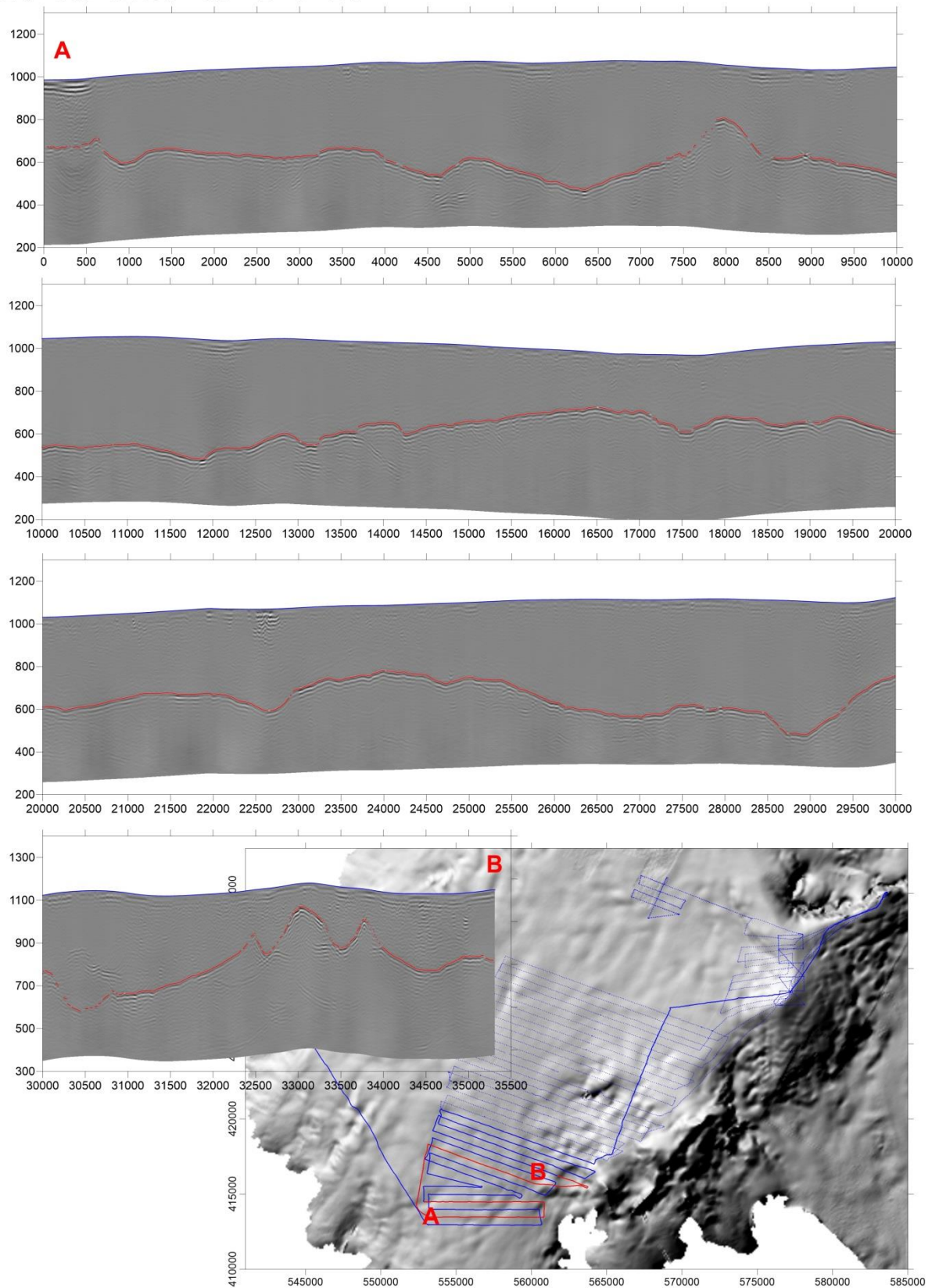
Vatnajökull issjarmæling 2018 2. júní
tungnaar20180602.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180602\line_afl_3_to_4_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



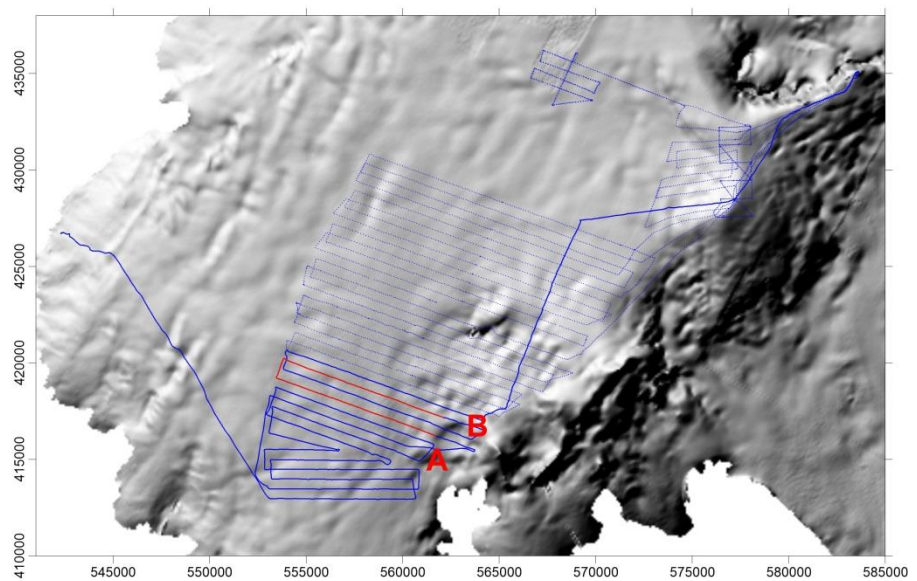
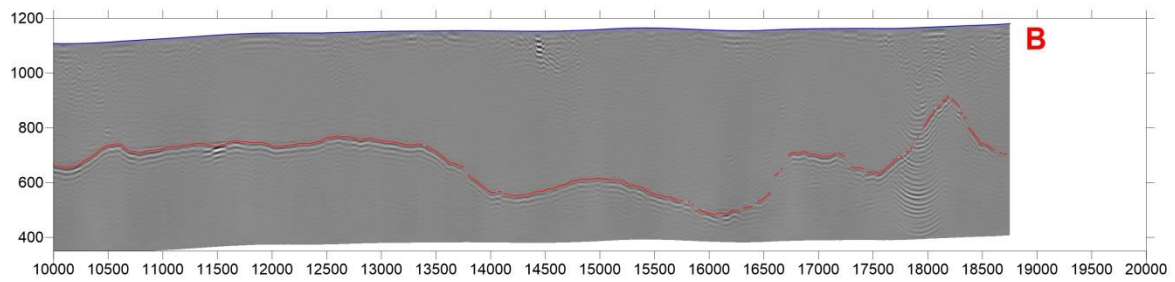
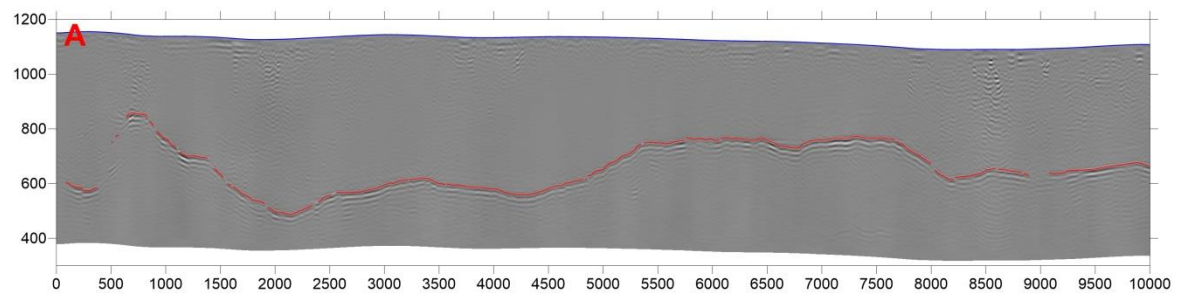
Vatnajökull issjarmæling 2018 2. júní
tungnaar20180602.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180602\line_af1_5_to_6_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



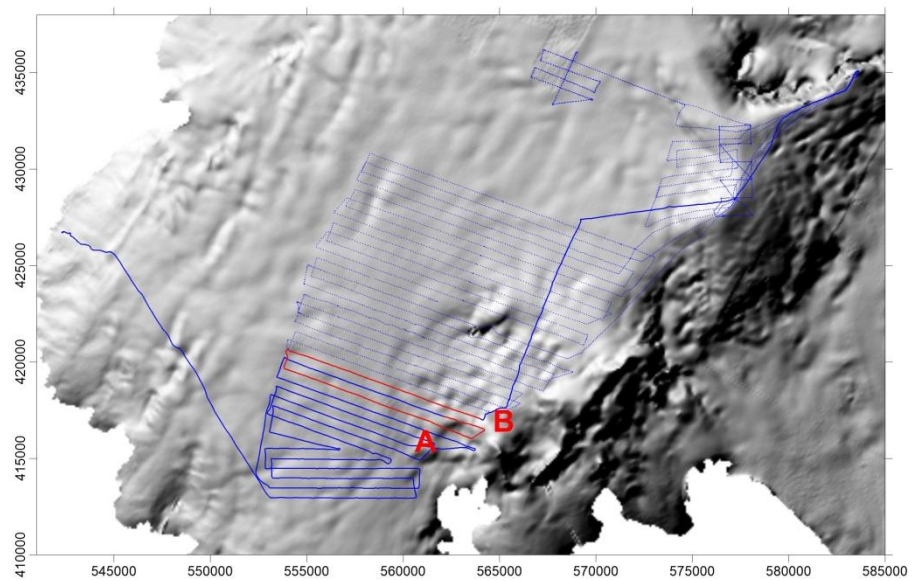
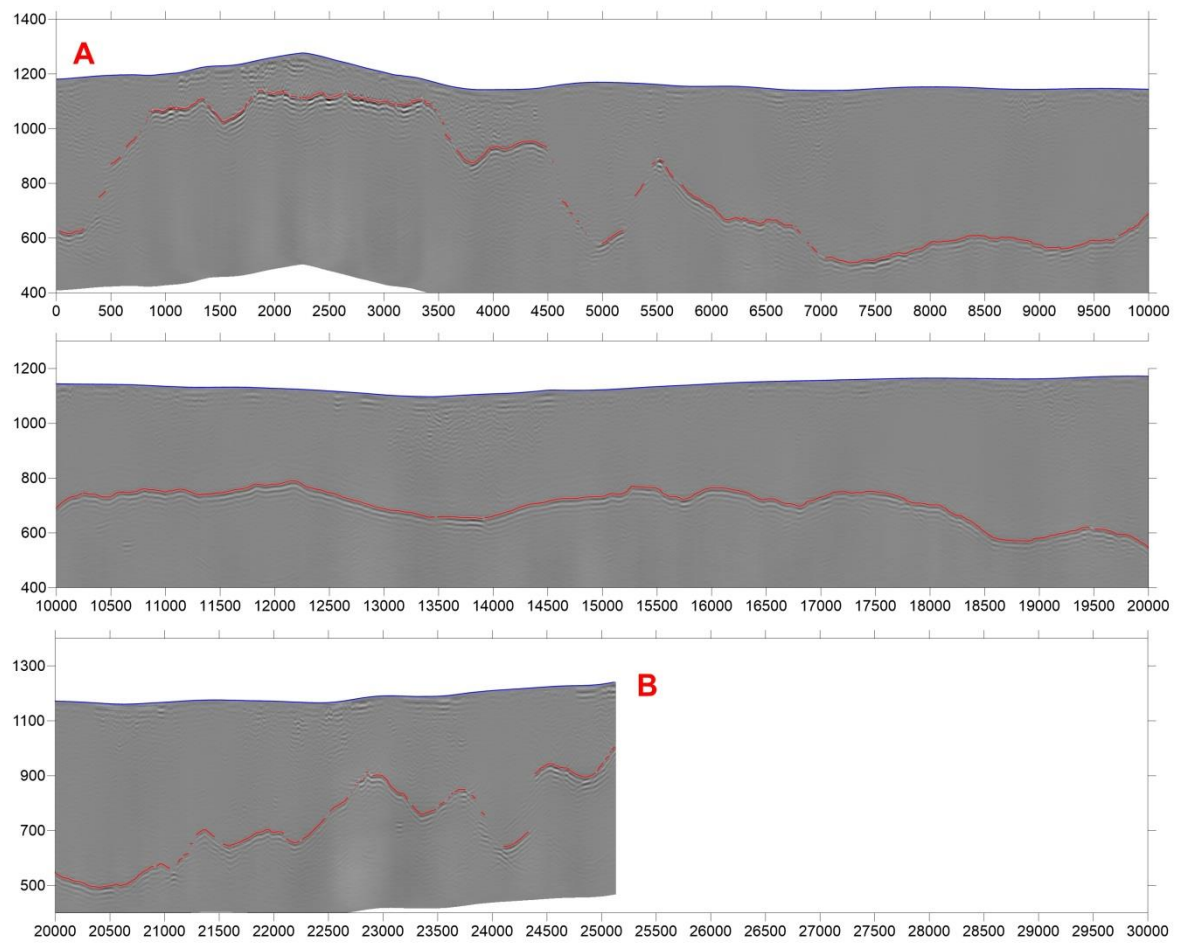
Vatnajökull issjarmæling 2018 2. júní
tungnaar20180602.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180602\line_afl_7_to_7_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



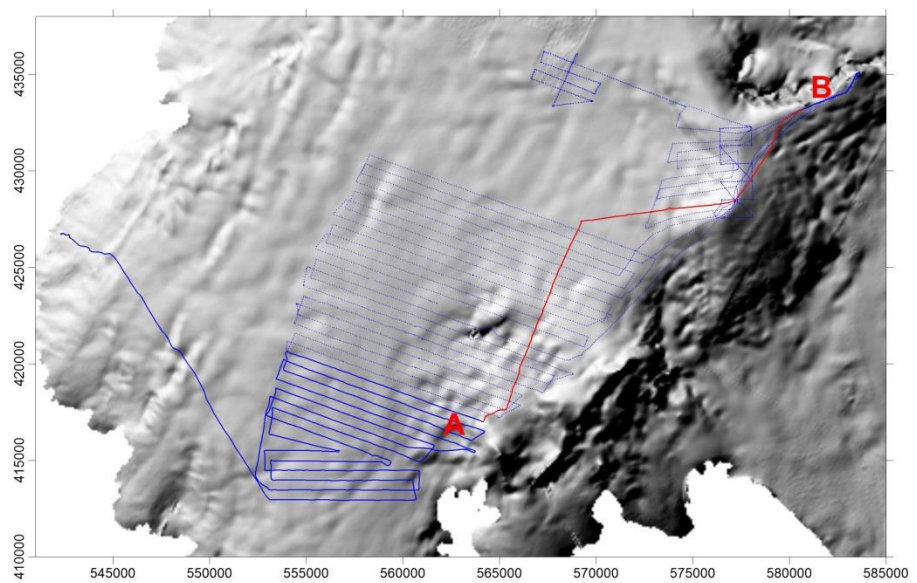
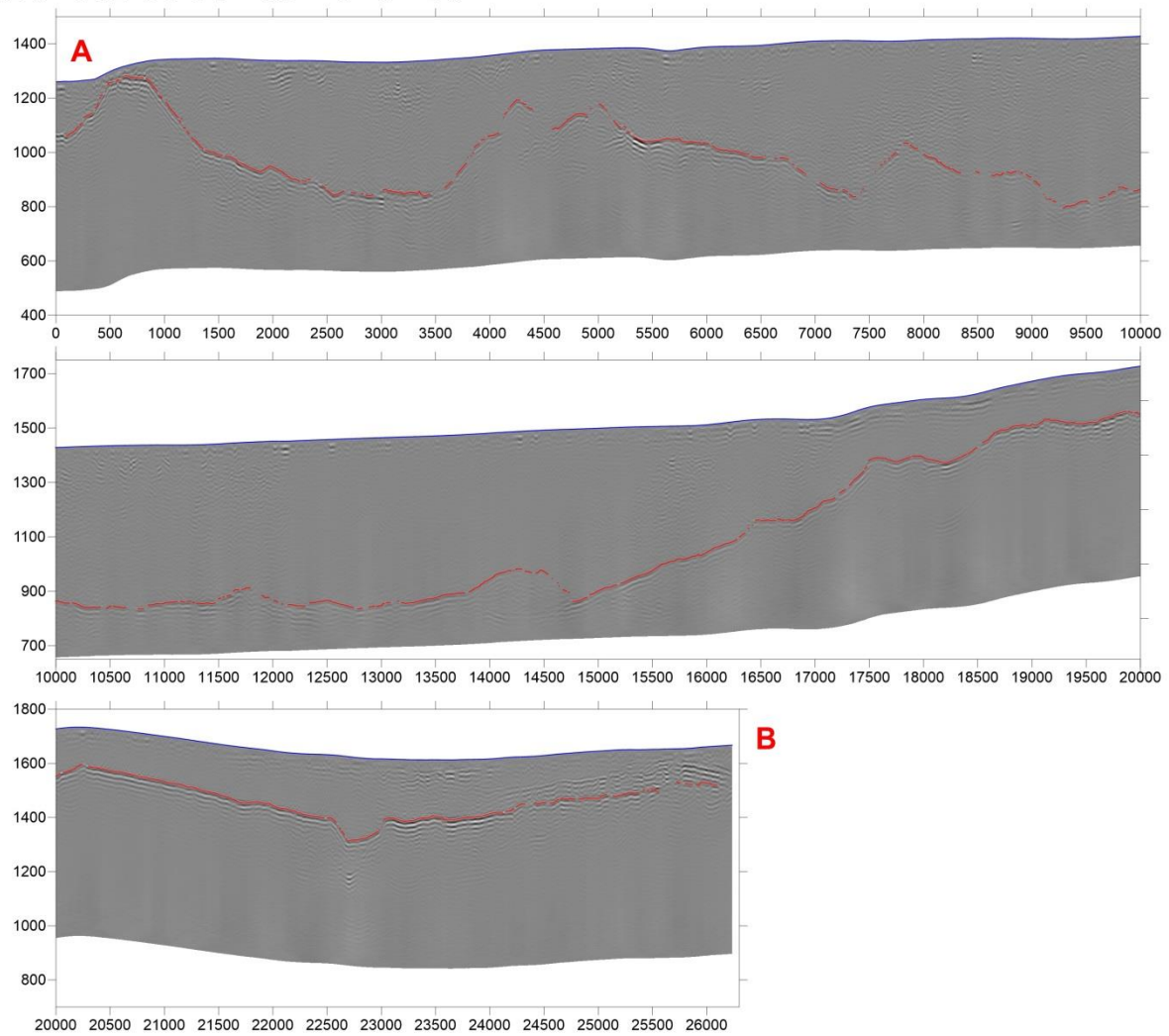
Vatnajökull issjarmæling 2018 2. júní
tungnaar20180602.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180602\line_afi_8_to_8_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



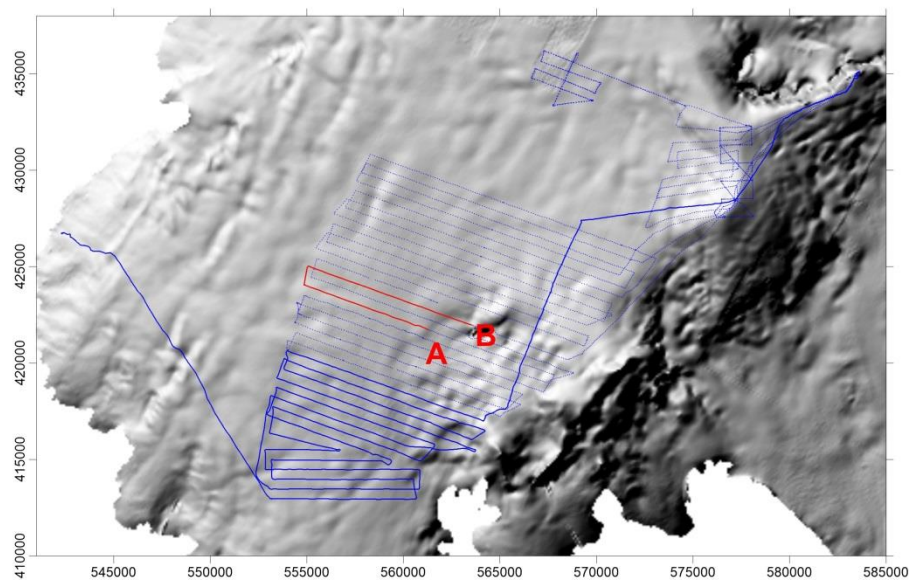
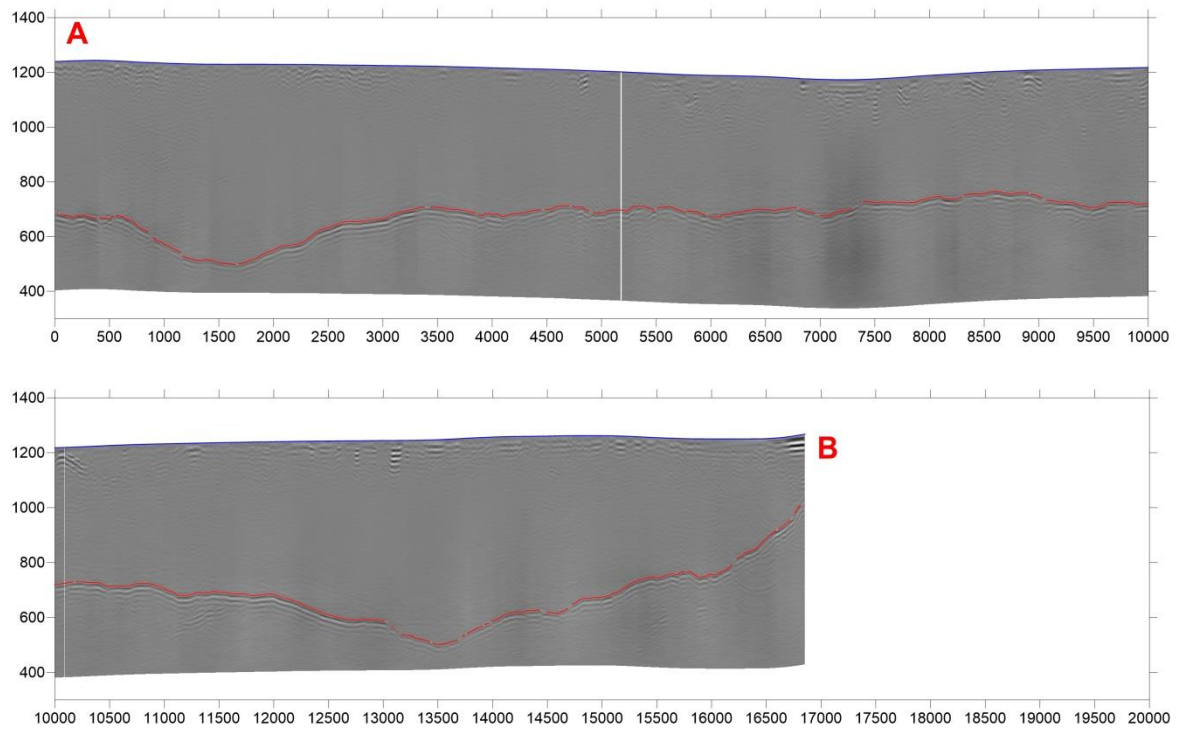
Vatnajökull issjarmæling 2018 2. júní
tungnaar20180602.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180602\line_afl_9_to_10_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



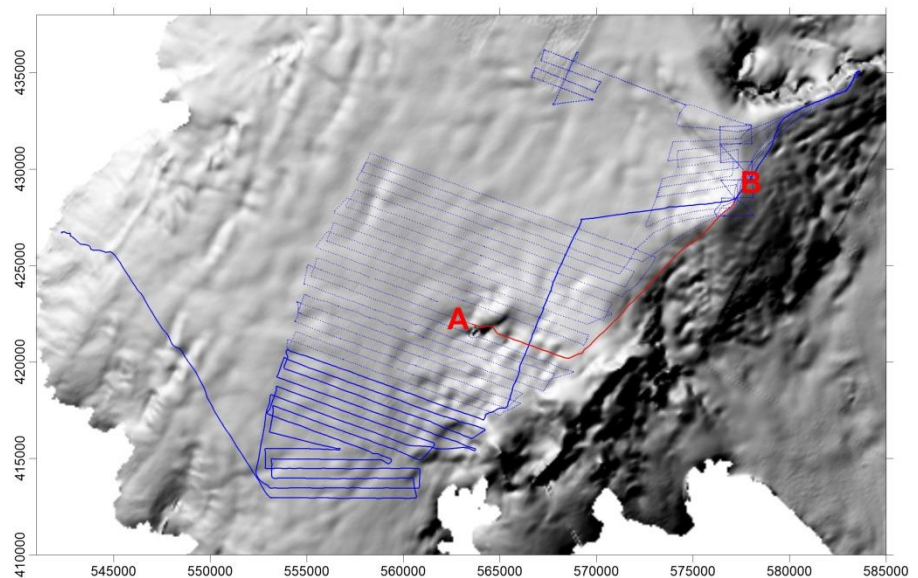
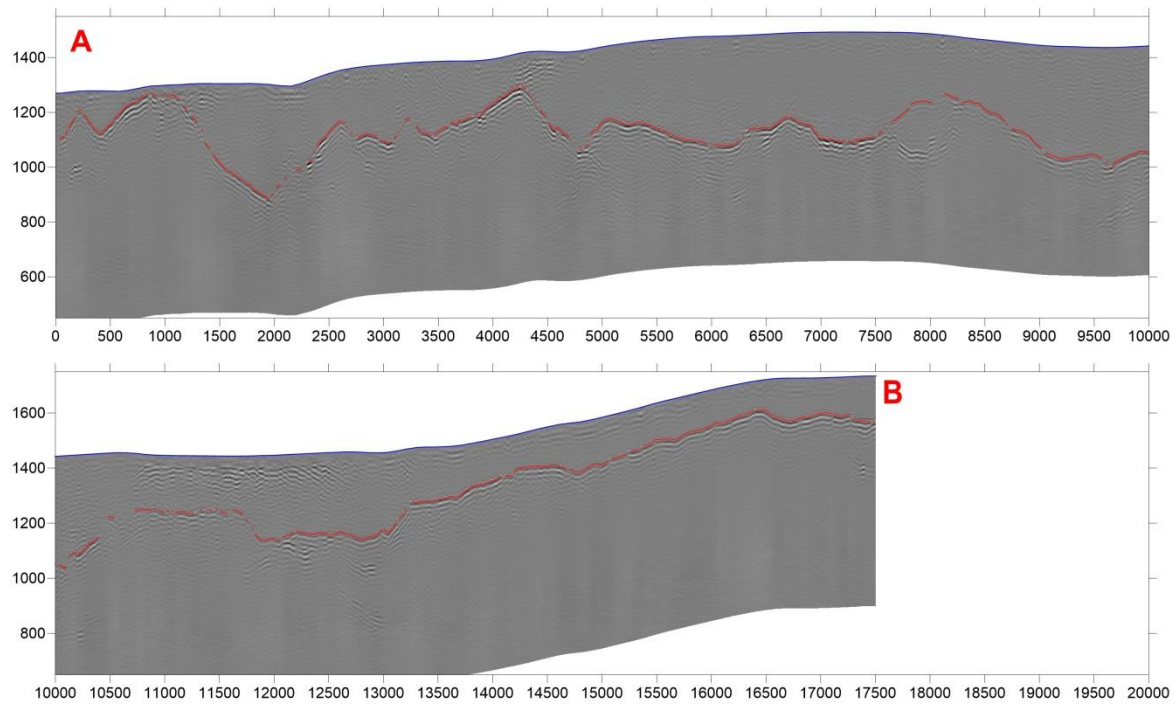
Vatnajökull íssjarmæling 2018 5. júní
tungnaar20180605b.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180605b\line_afl_0_to_0_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



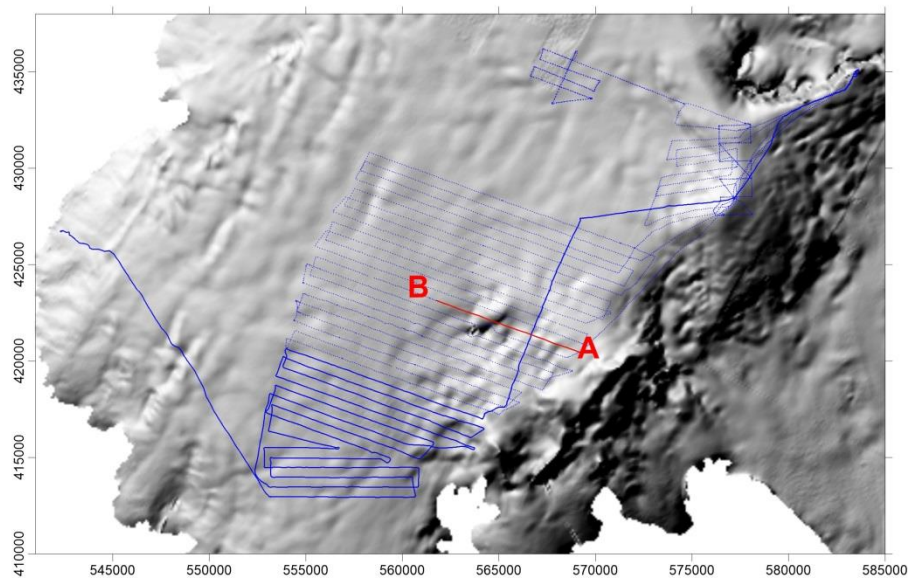
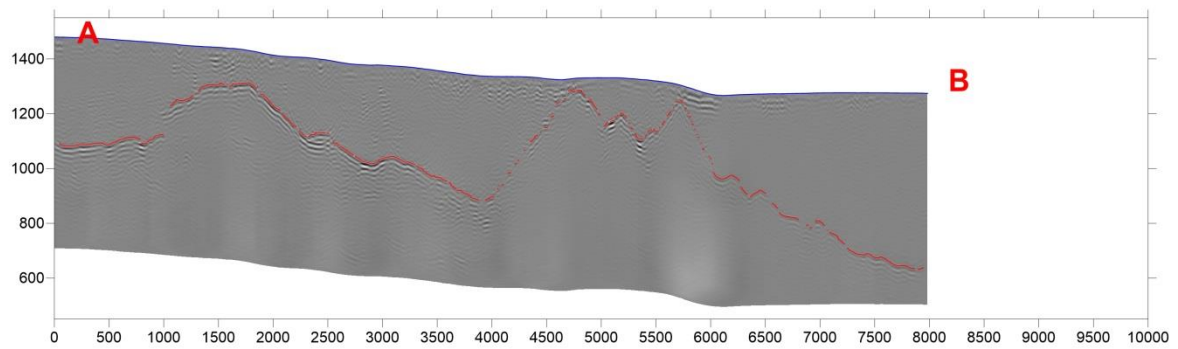
Vatnajökull issjarmæling 2018 5. júní
tungnaar20180605b.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180605b\line_afl_1_to_1_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



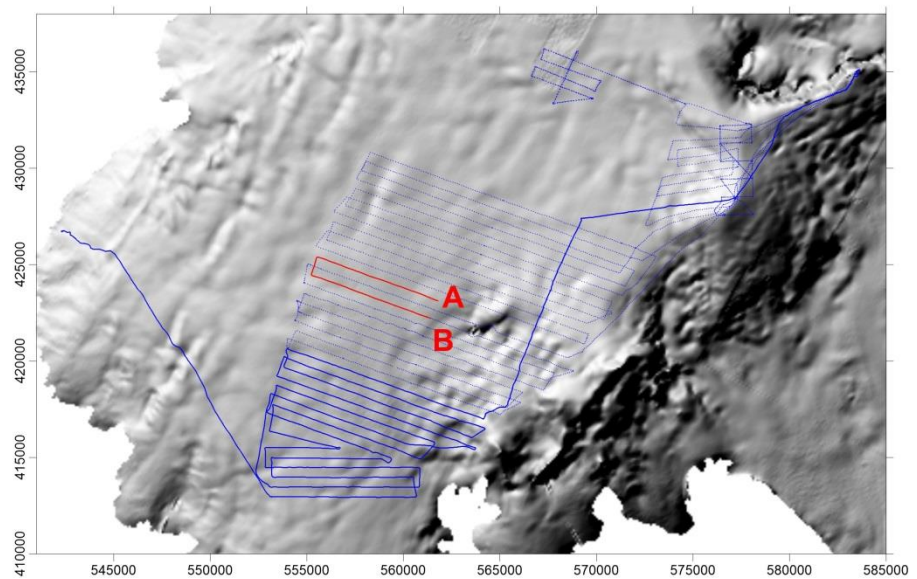
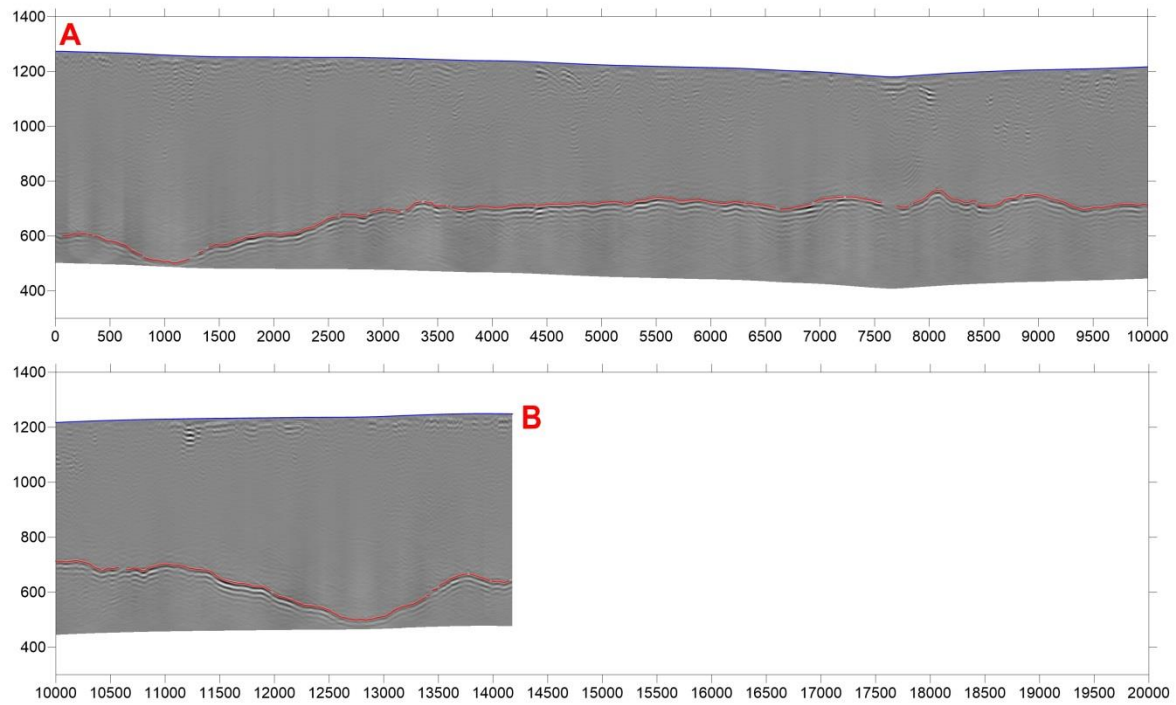
Vatnajökull issjarmæling 2018 5. júní
tungnaar20180605.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180605\line afl_2_to_2_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



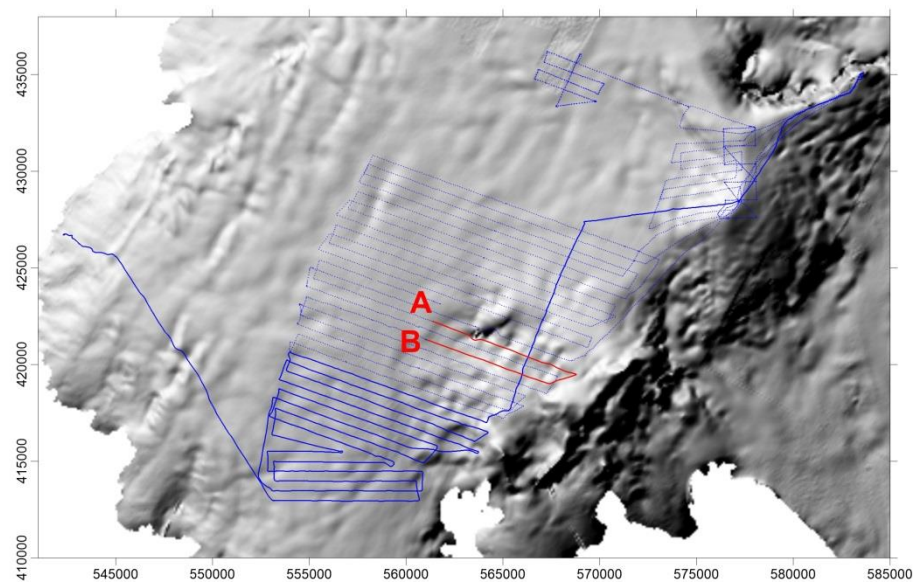
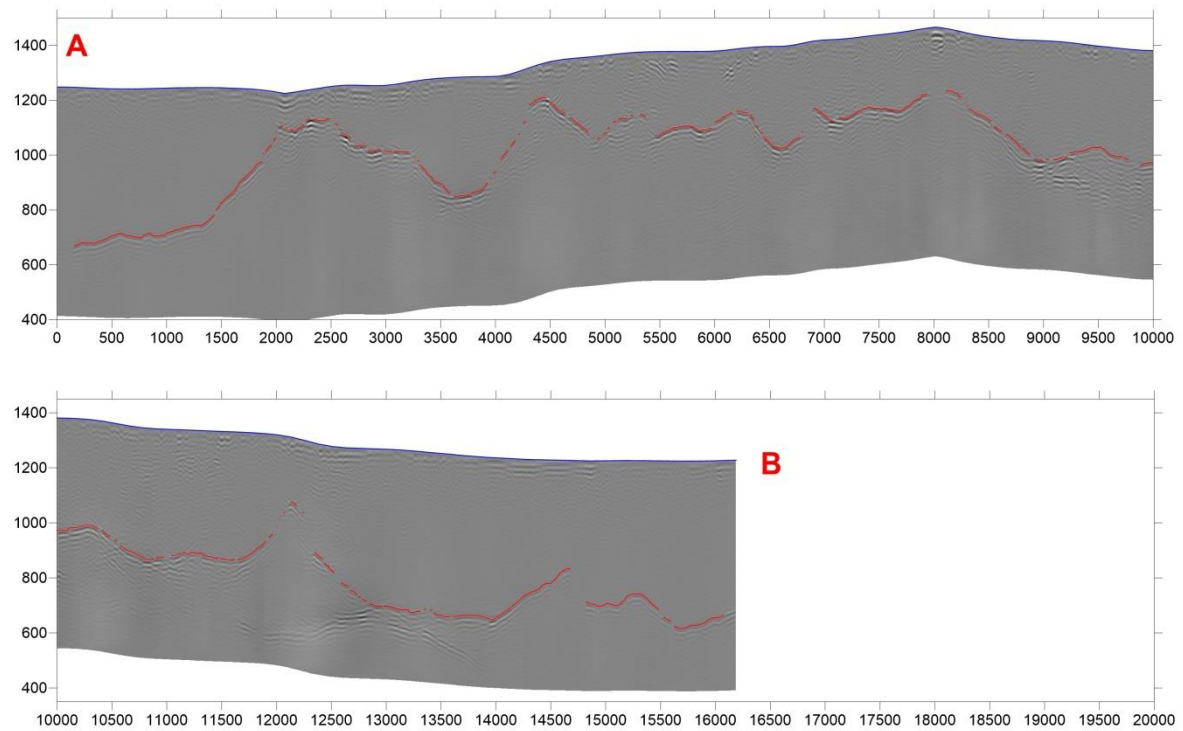
Vatnajökull issjarmæling 2018 5. júní
tungnaar20180605.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180605\line_afl_3_to_3_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



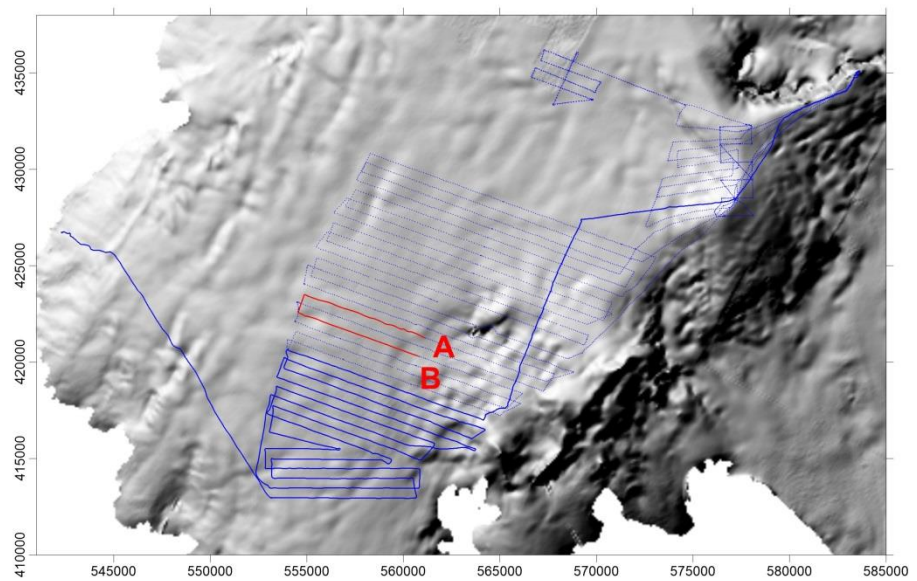
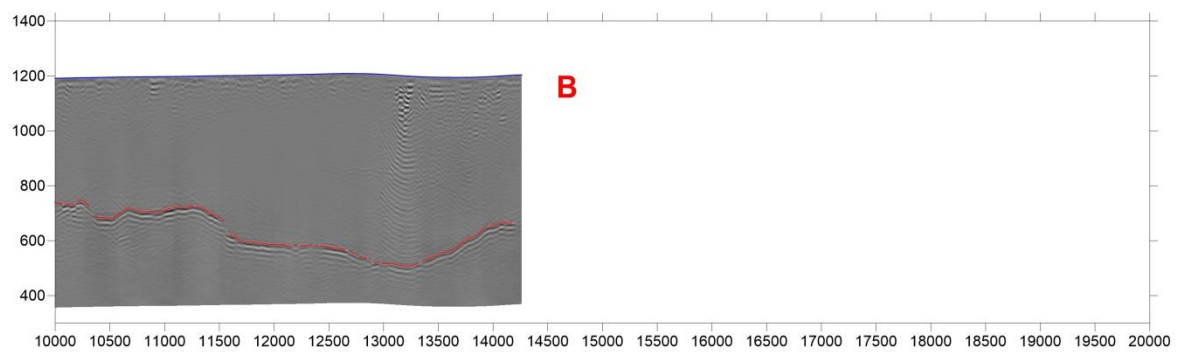
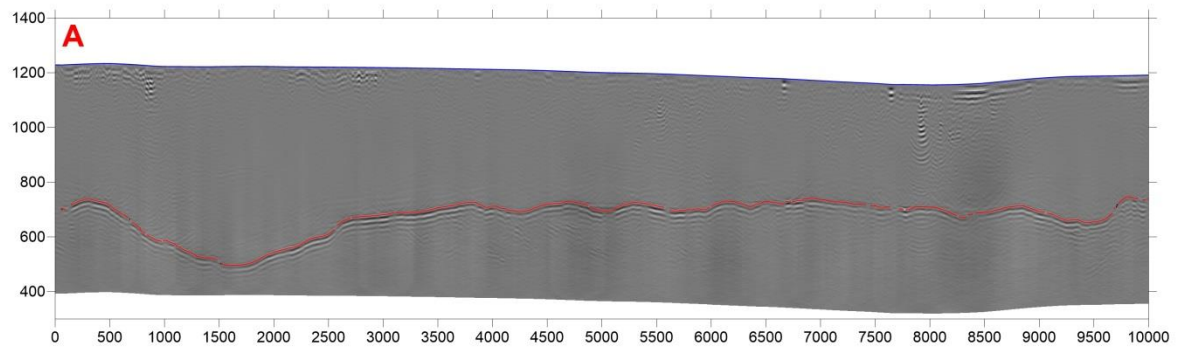
Vatnajökull issjarmæling 2018 5. júní
tungnaar20180605.h5

D:\gognvissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180605\line_af1_4_to_4_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



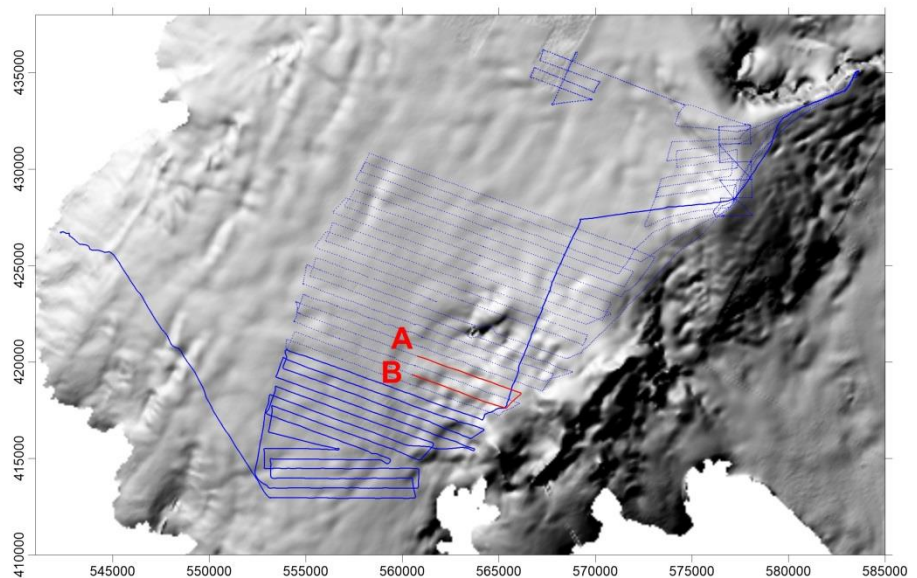
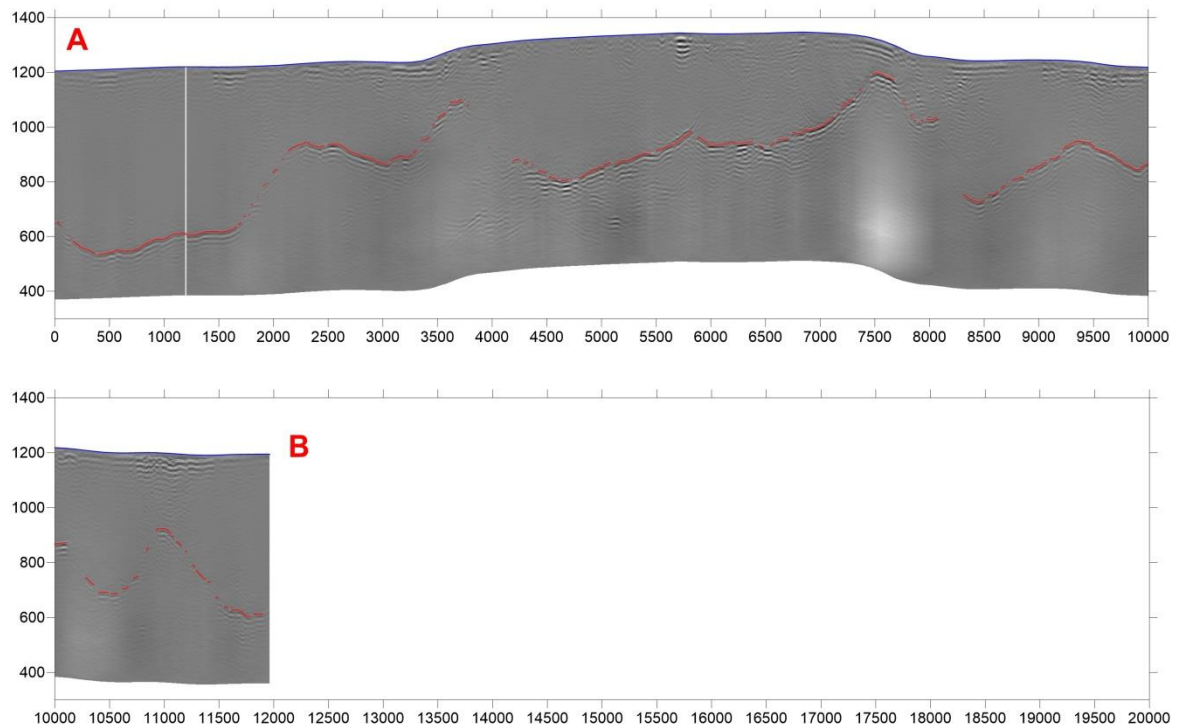
Vatnajökull issjarmæling 2018 5. júní
tungnaar20180605.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180605\line_afl_5_to_5_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



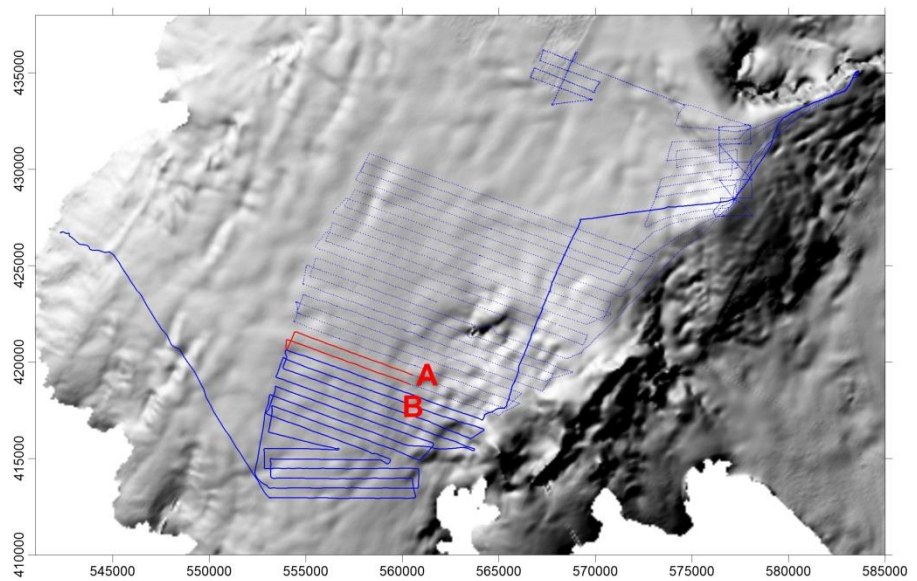
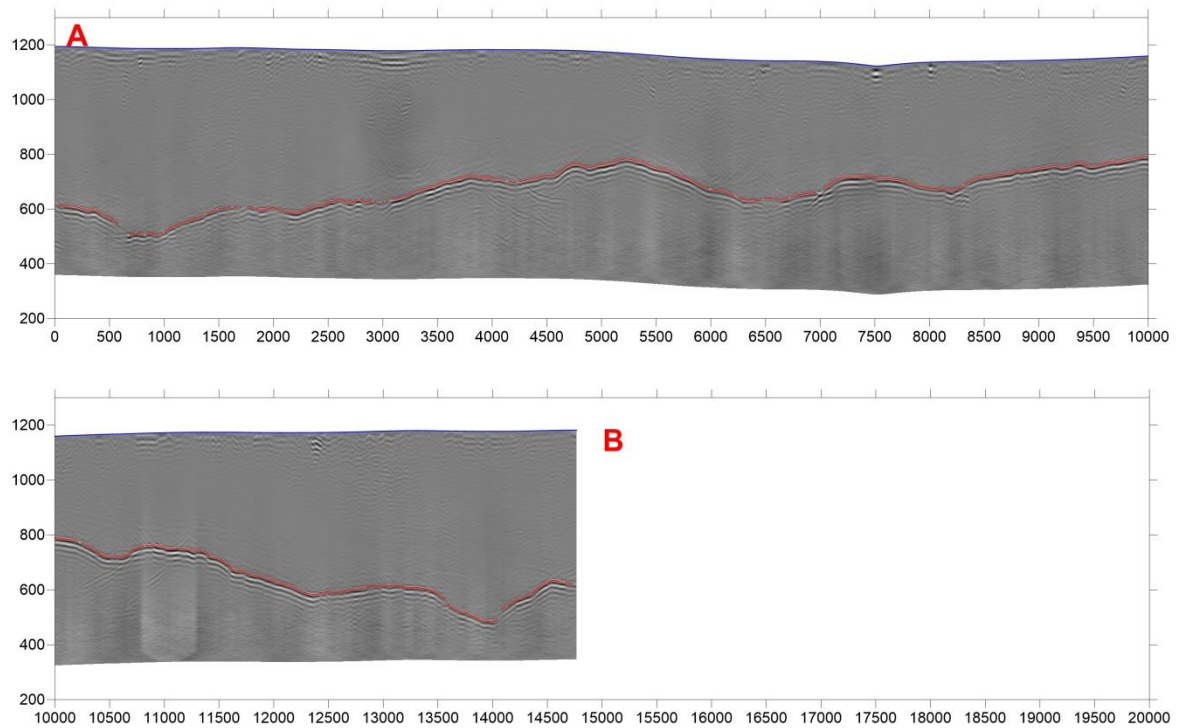
Vatnajökull issjarmæling 2018 5. júní
tungnaar20180605.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180605\line afl_6_to_6_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



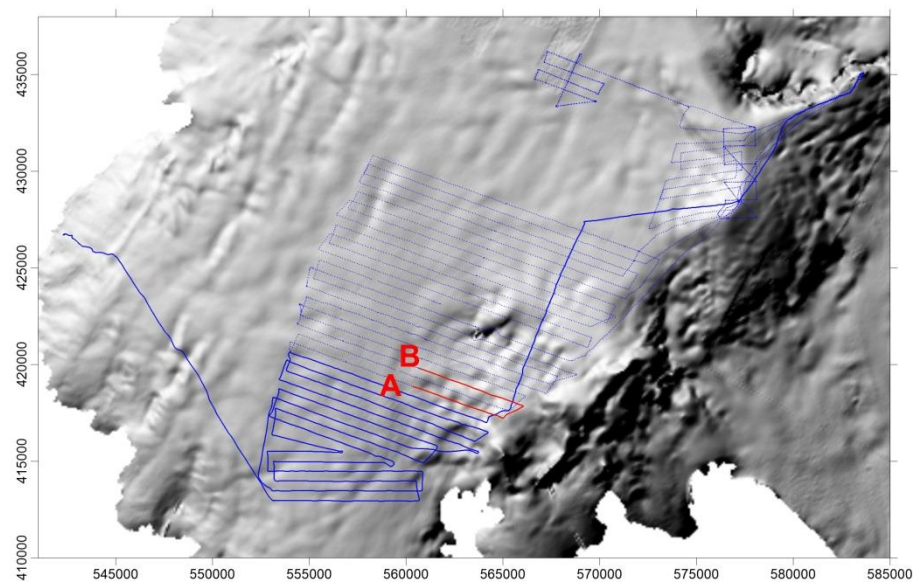
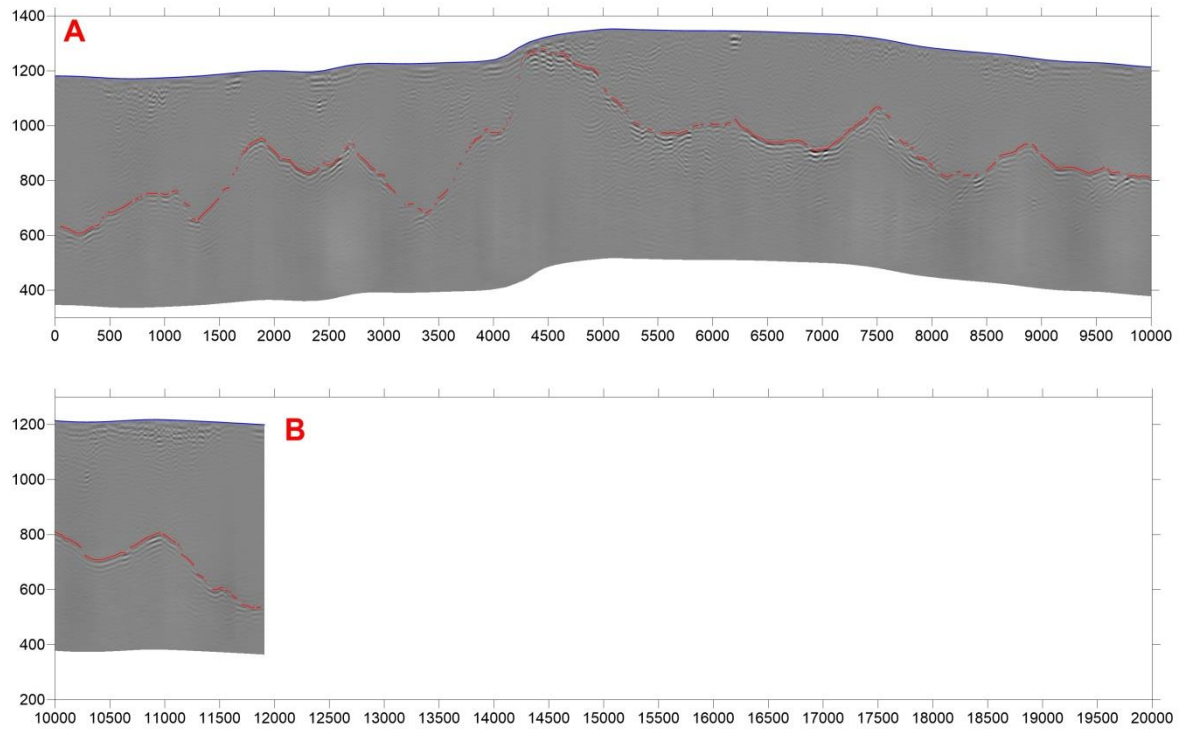
Vatnajökull issjarmæling 2018 5. júní
tungnaar20180605.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180605\line_afl_7_to_7_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



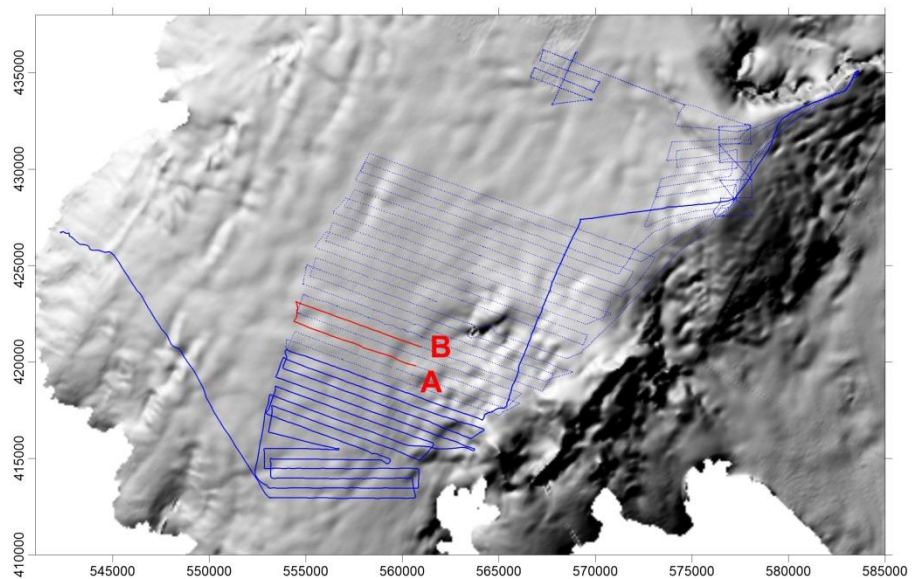
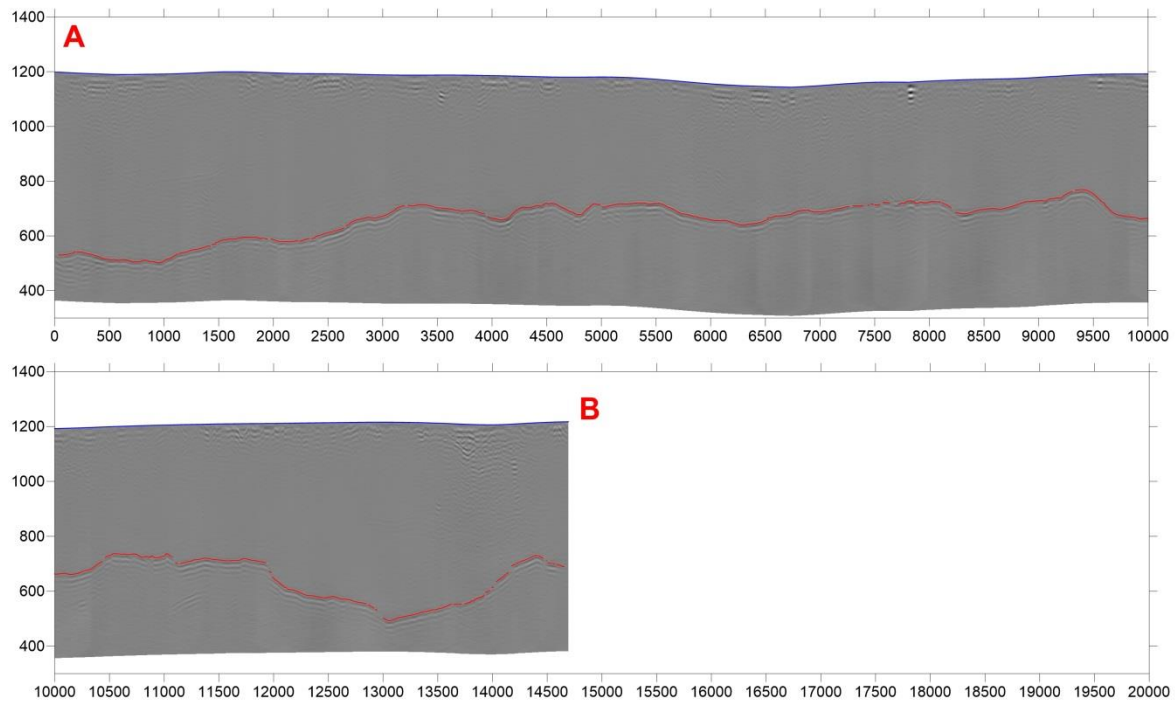
Vatnajökull issjarmæling 2018 5. júní
tungnaar20180605.h5

D:\gognvissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180605\line_8_to_8_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



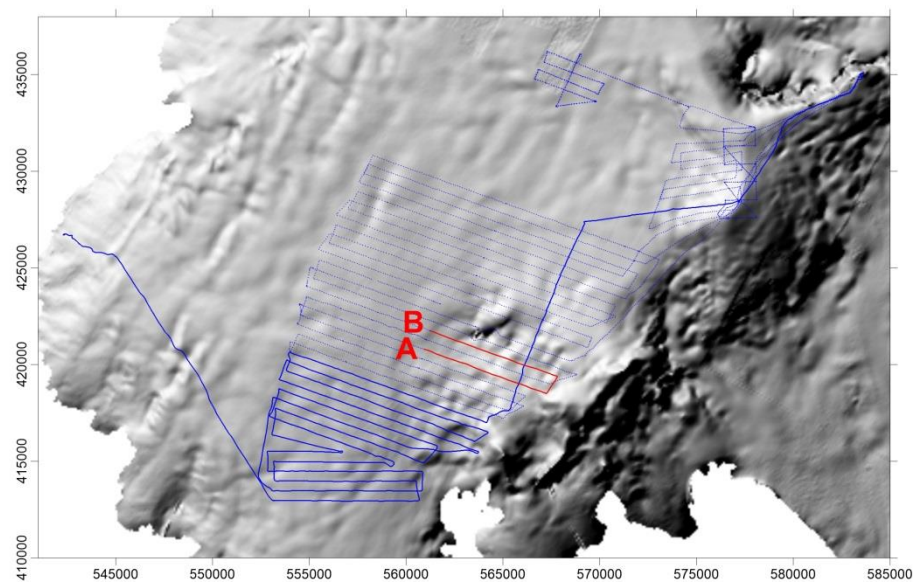
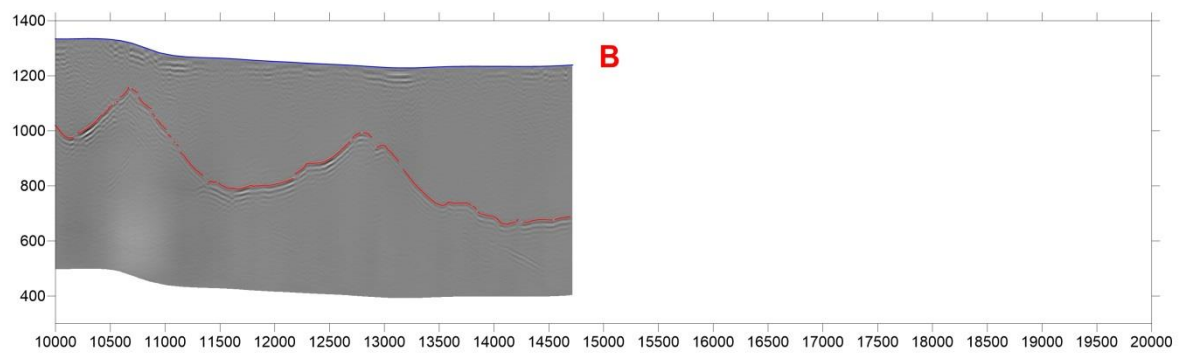
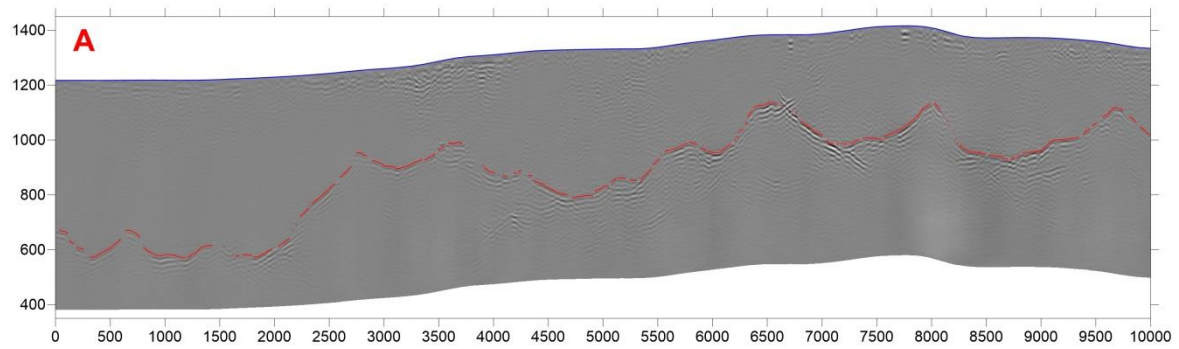
Vatnajökull issjarmæling 2018 5. júní
tungnaar20180605.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180605\line_af1_9_to_9_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



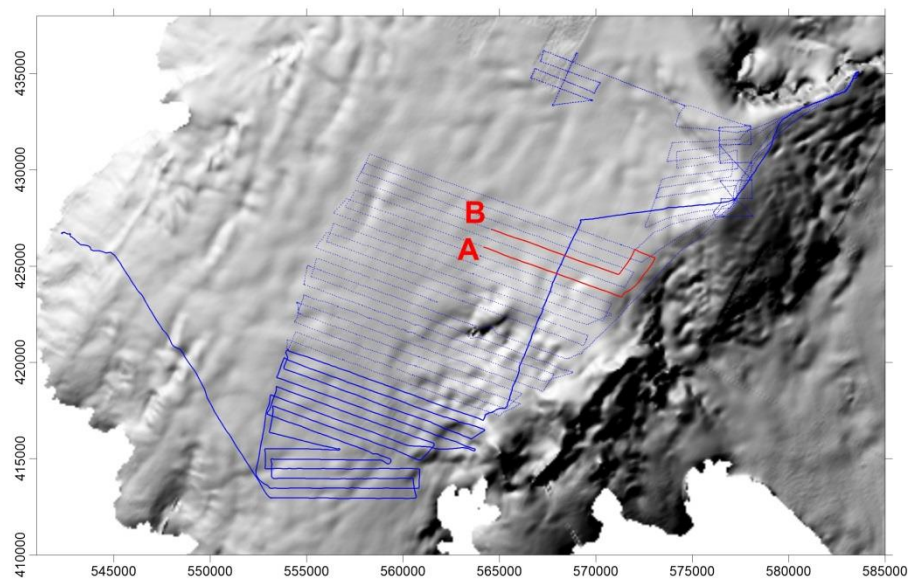
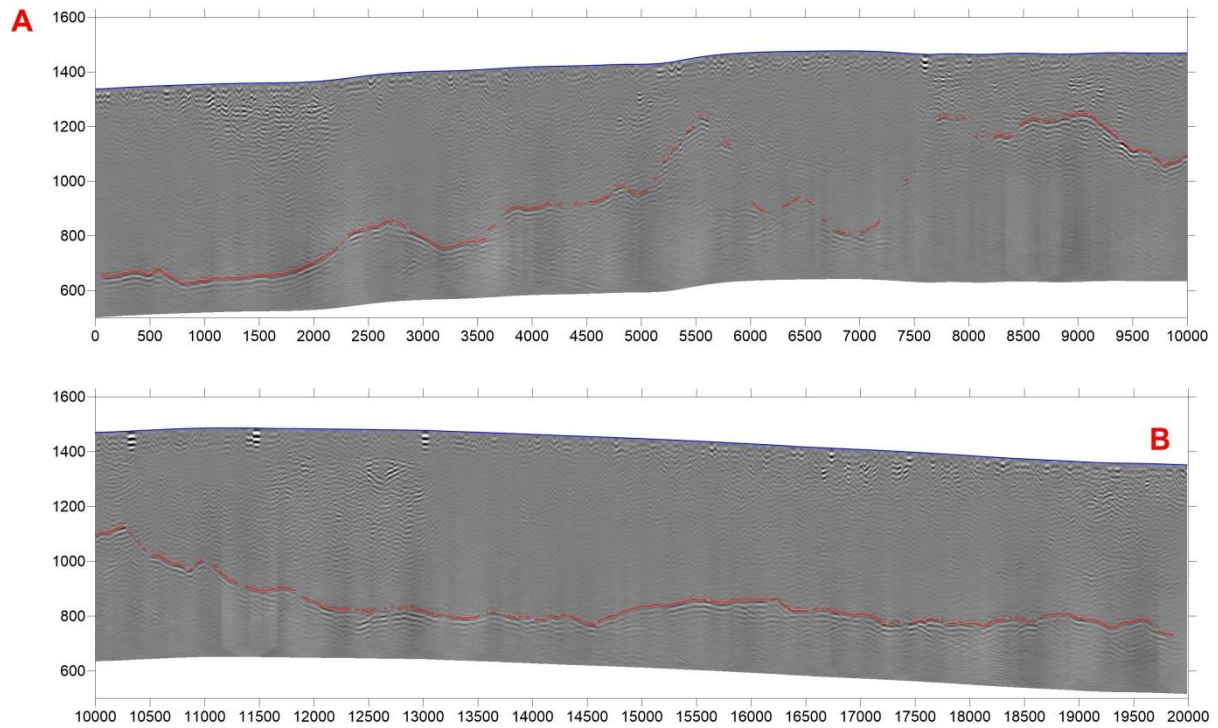
Vatnajökull issjarmæling 2018 5. júní
tungnaar20180605.h5

D:\gognvissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180605\line_af1_10_to_10_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



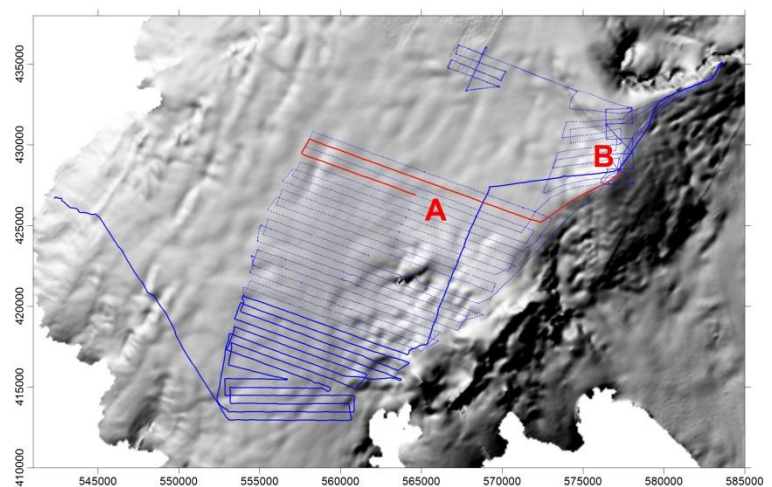
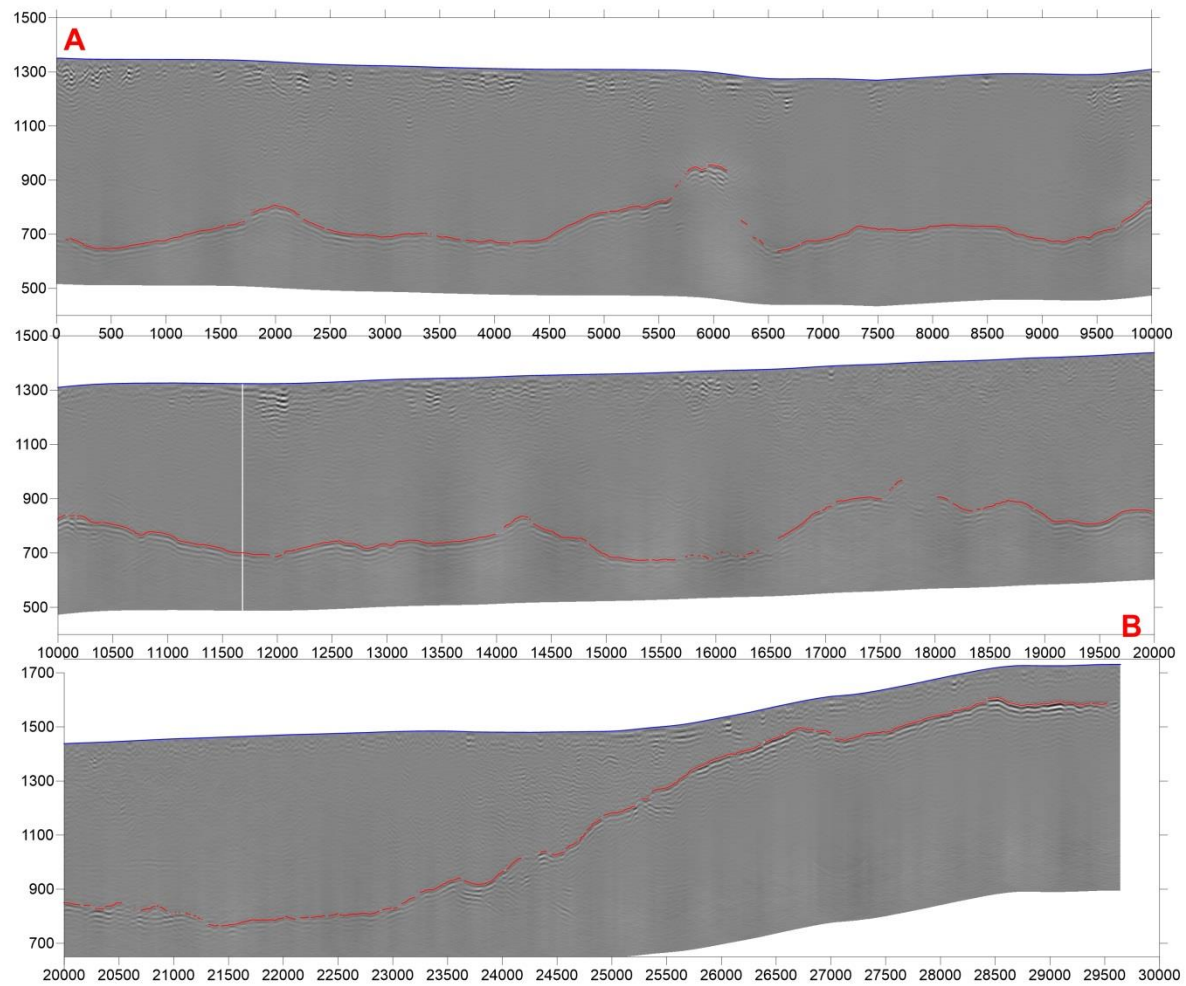
Vatnajökull issjarmæling 2018 6. júní
tungnaar20180606b.h5

D:\gognlissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180606b\line_afl_0_to_0_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



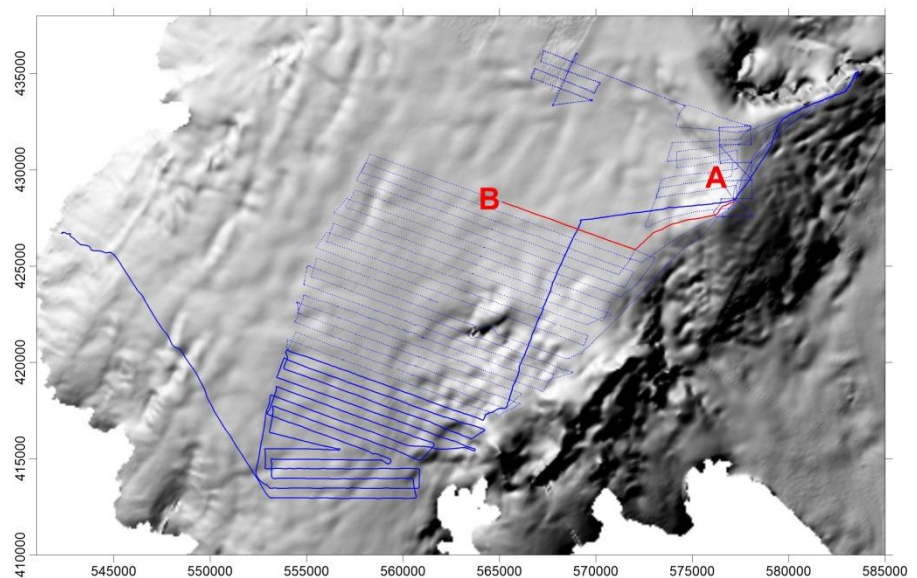
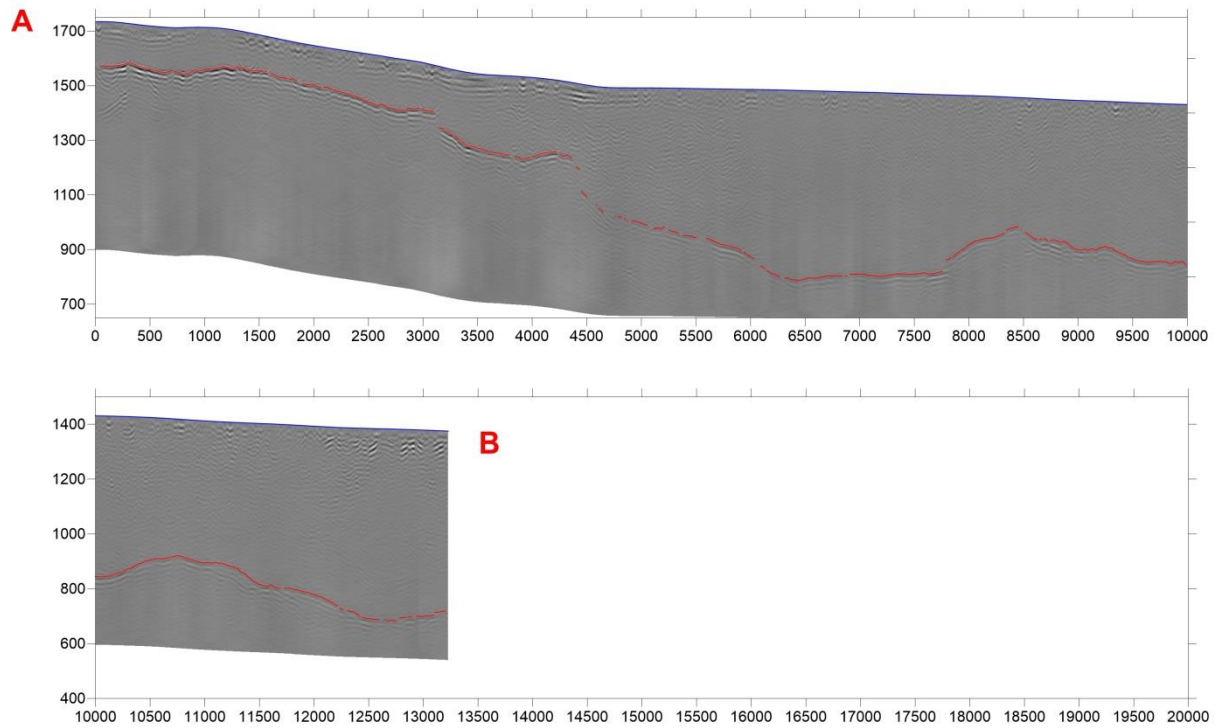
Vatnajökull issjarmæling 2018 6. júní
tungnaar20180606b.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180606b\line_afl_1_to_2_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



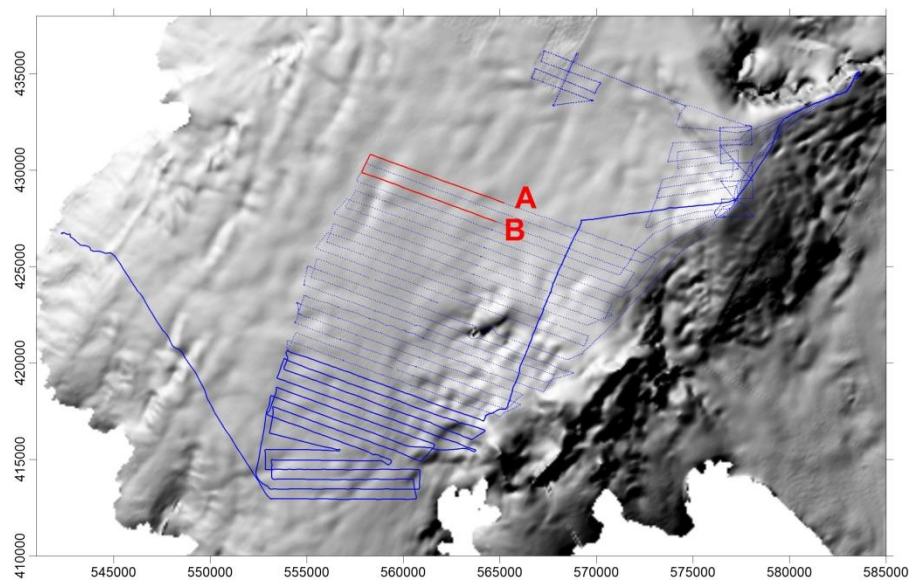
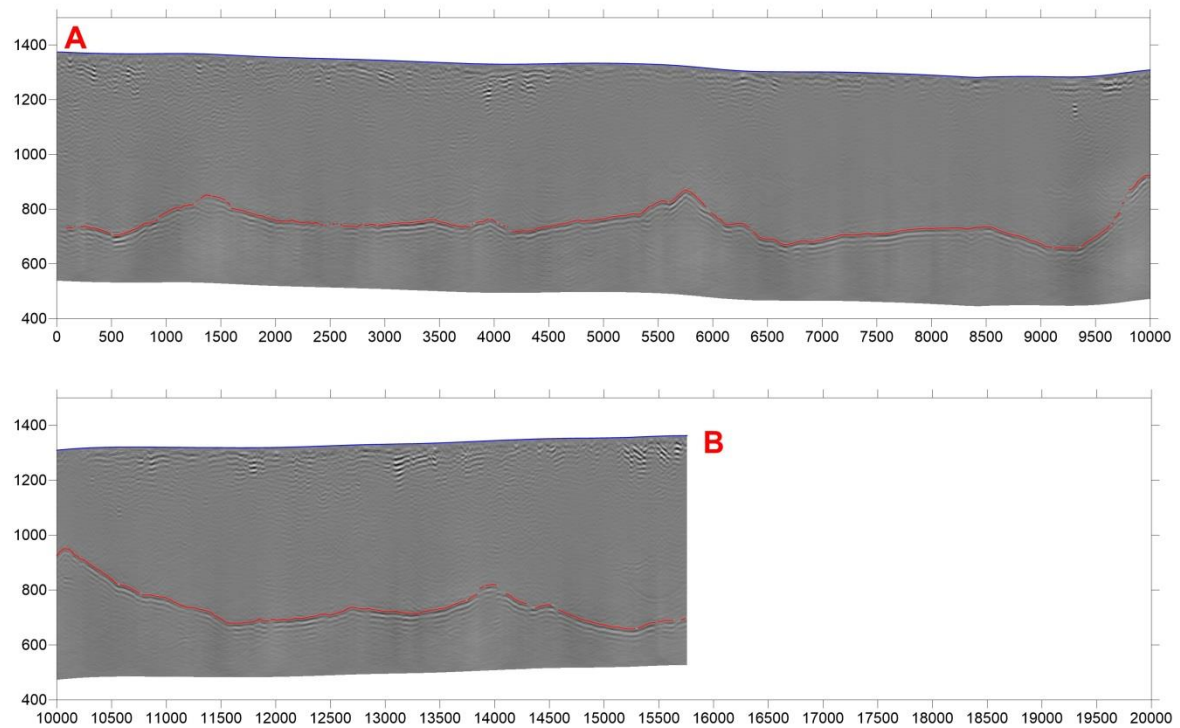
Vatnajökull issjármæling 2018 6. júní
tungnaar20180606.h5

D:\gognlissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180606\line_af1_1_to_1_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



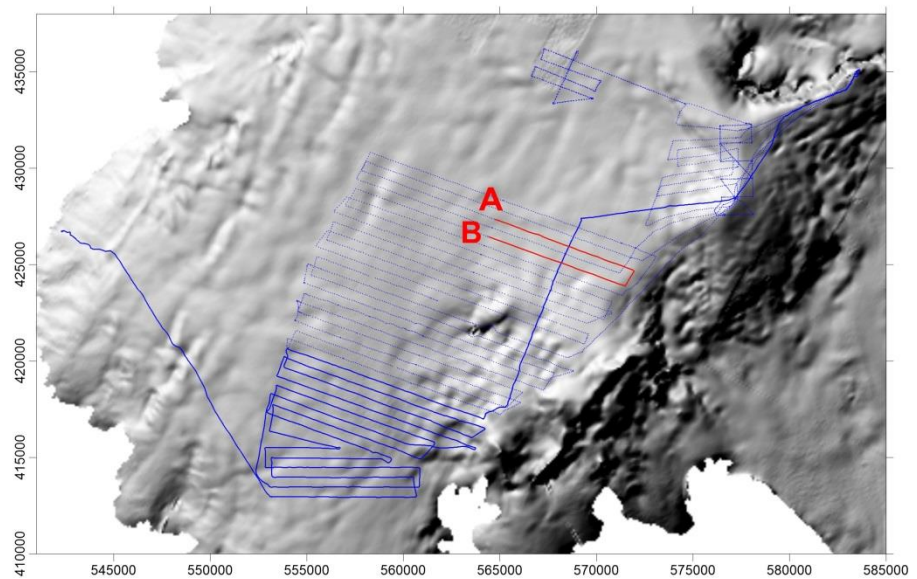
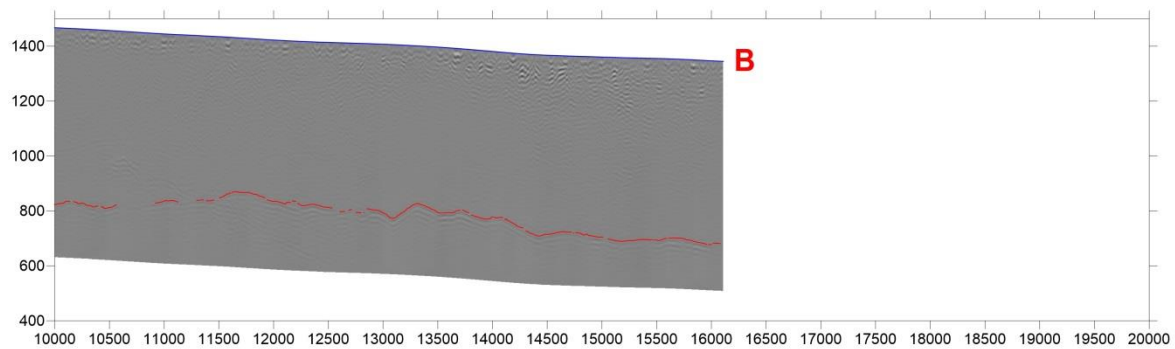
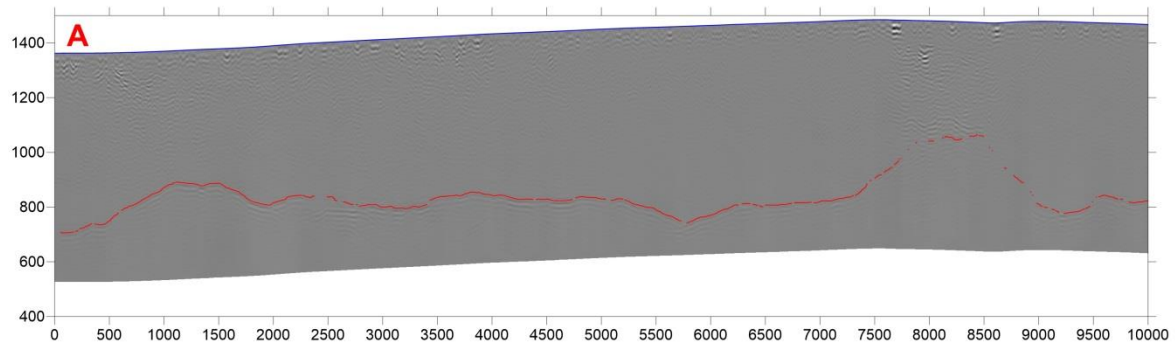
Vatnajökull issjarmæling 2018 6. júní
tungnaar20180606.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180606\line_afl_2_to_2_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



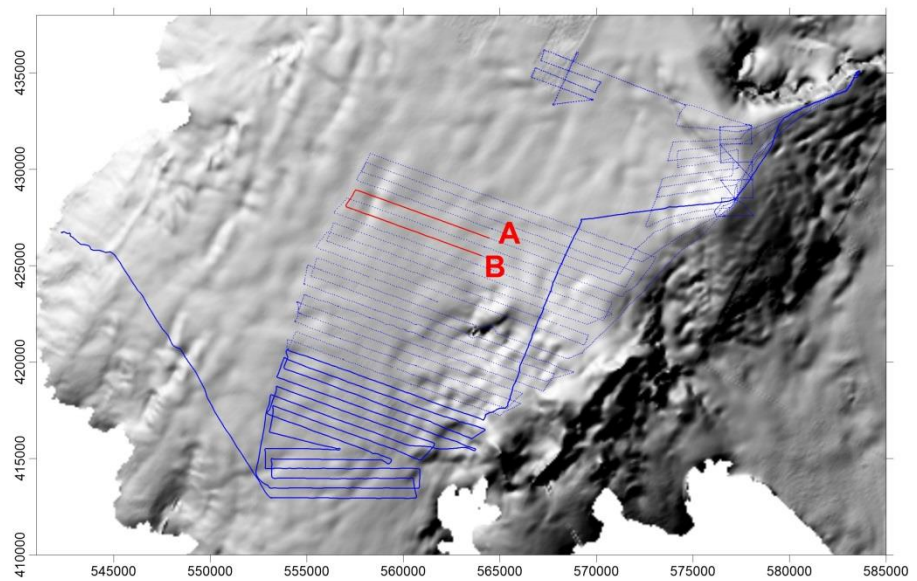
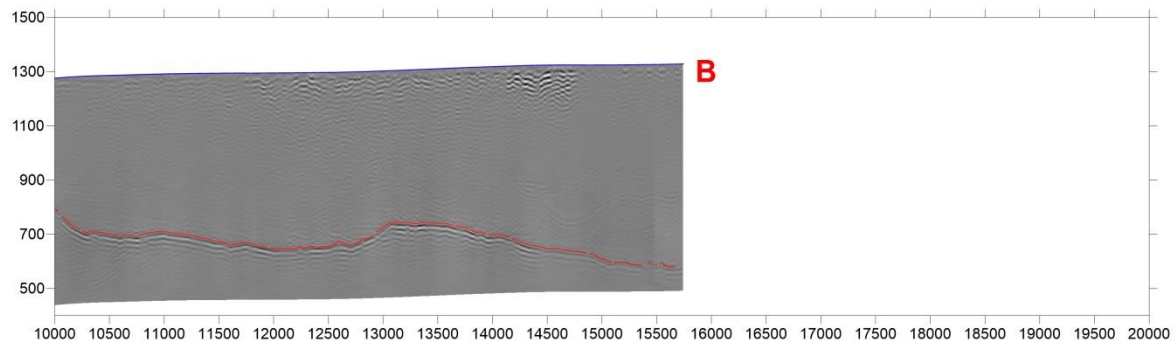
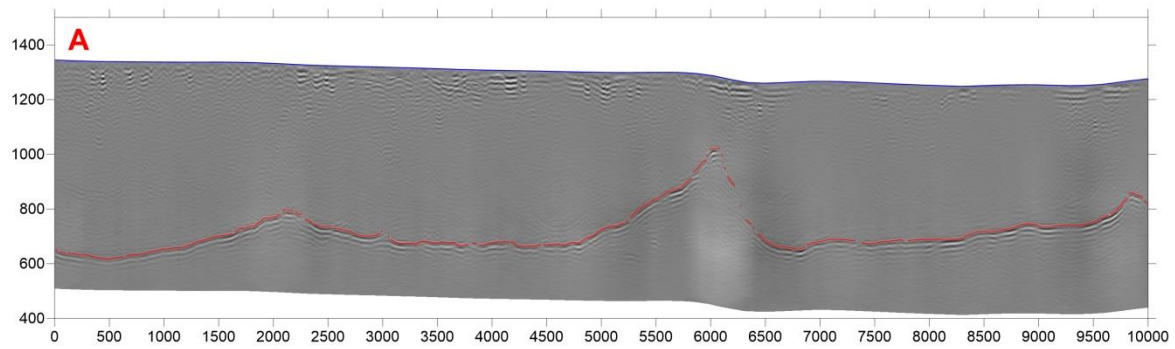
Vatnajökull issjarmæling 2018 6. júní
tungnaar20180606.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180606\line_afl_3_to_3_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



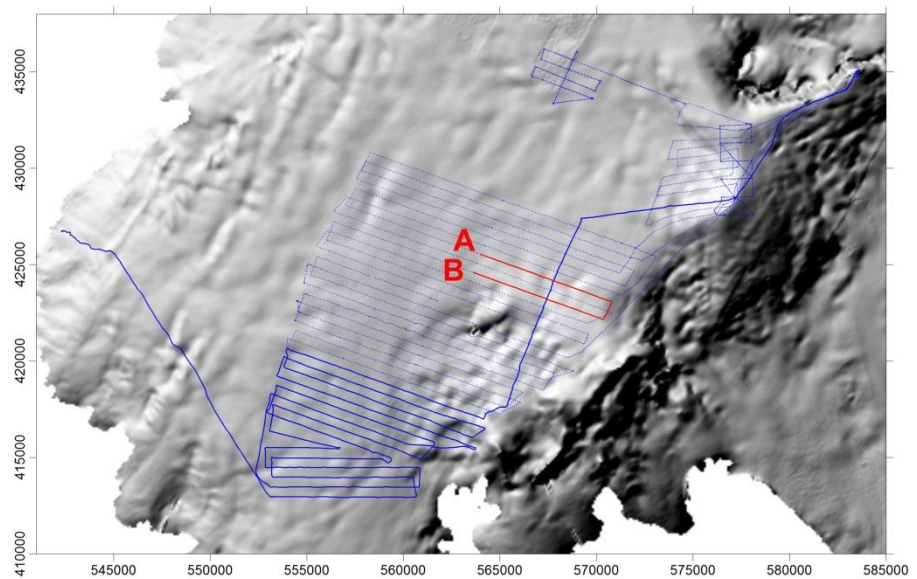
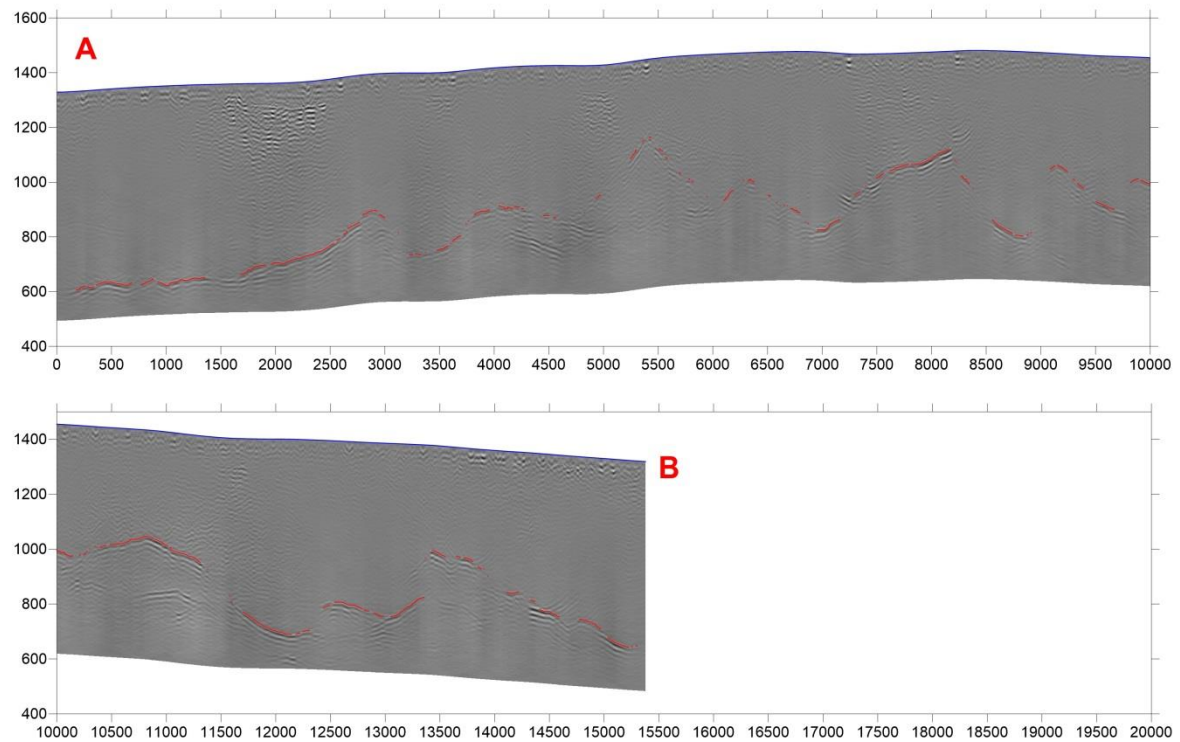
Vatnajökull issjarmæling 2018 6. júní
tungnaar20180606.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180606\line_afl_4_to_4_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



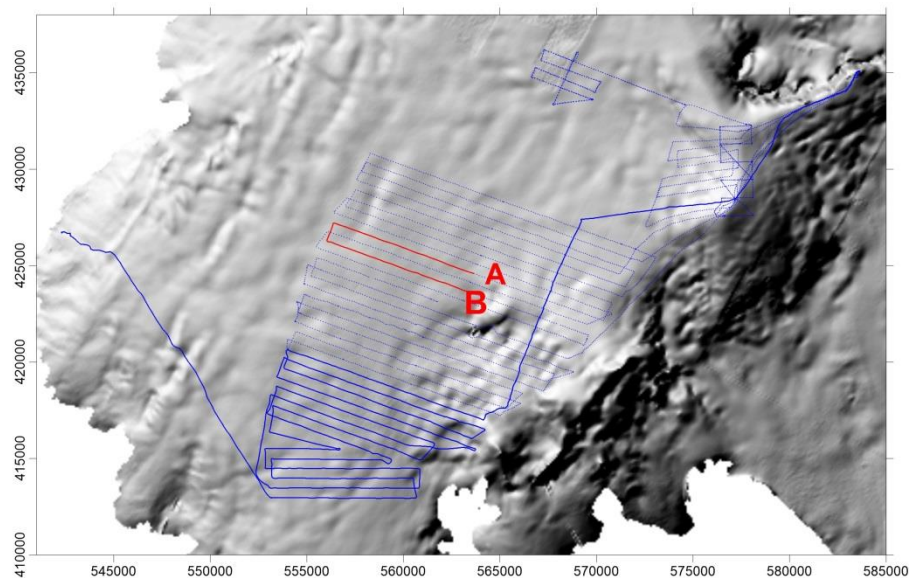
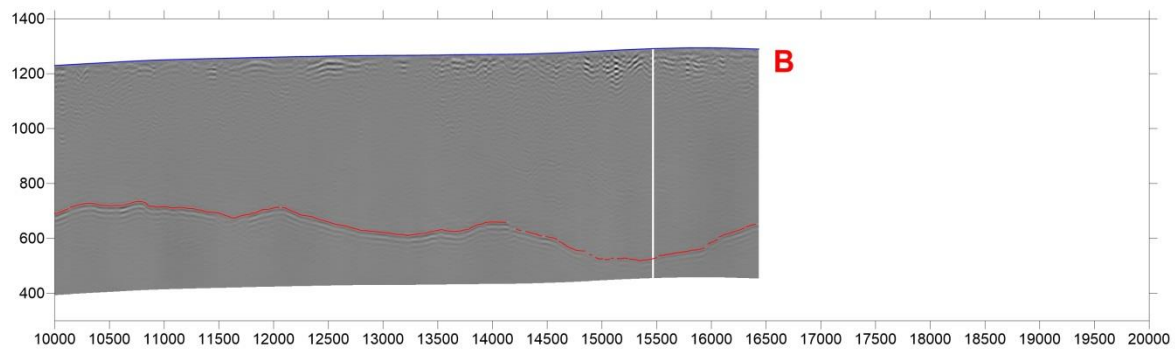
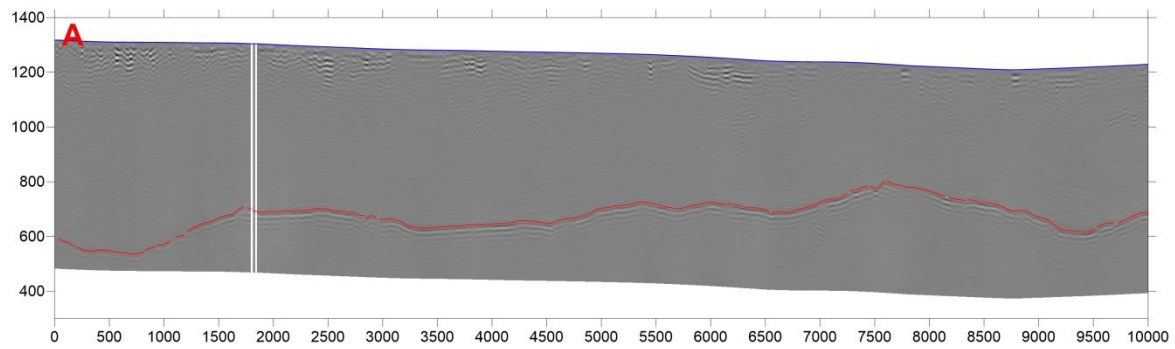
Vatnajökull íssjarmæling 2018 6. júní
tungnaar20180606.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180606\line_afl_5_to_5_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



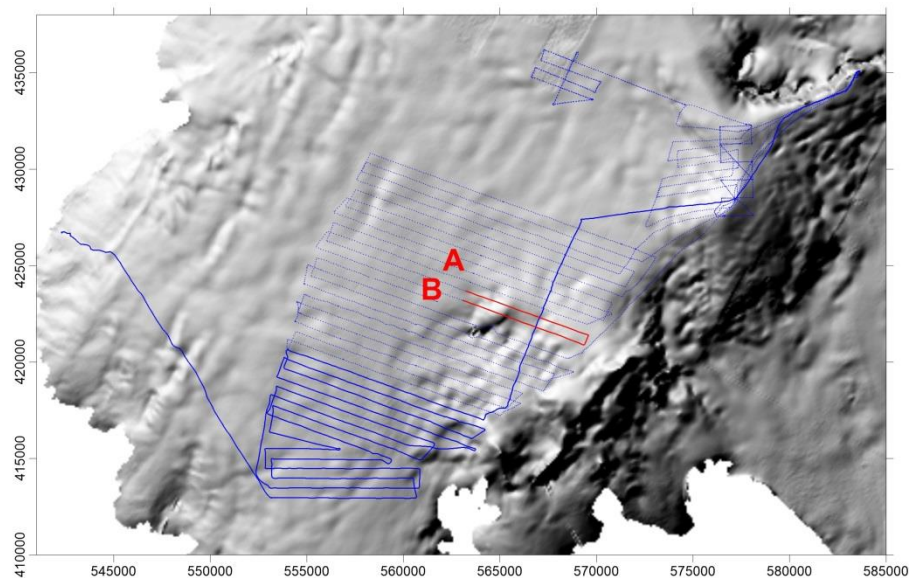
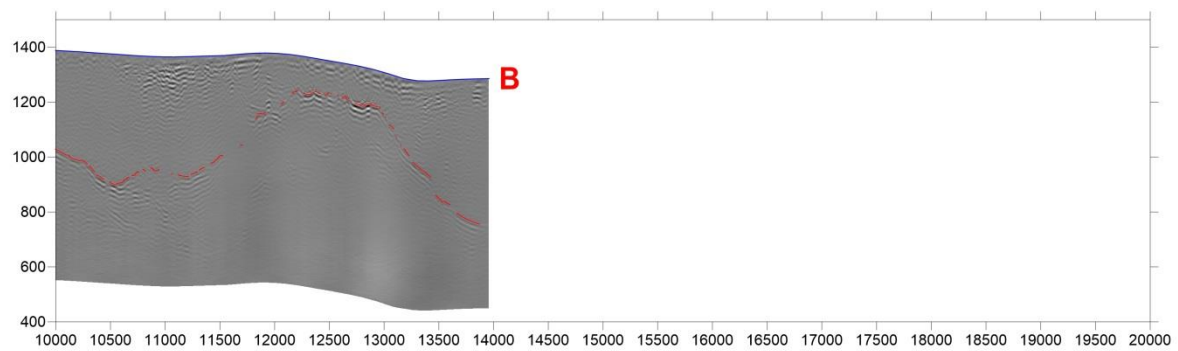
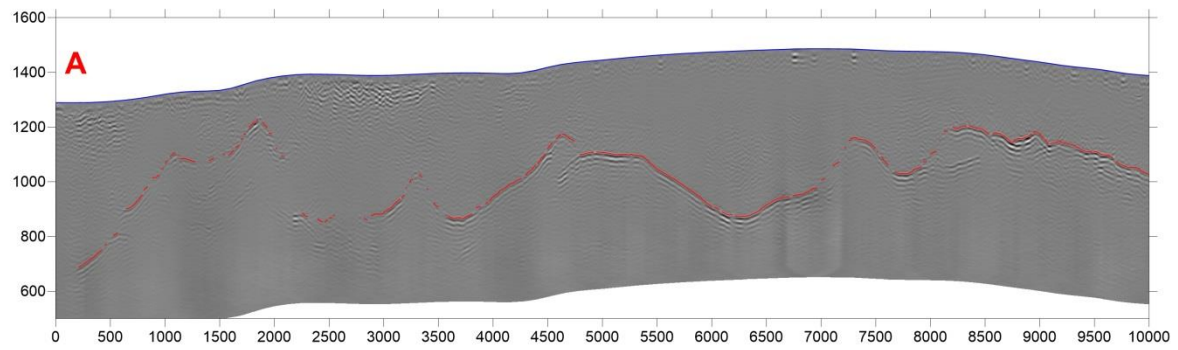
Vatnajökull issjarmæling 2018 6. júní
tungnaar20180606.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180606\line_afl_6_to_6_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



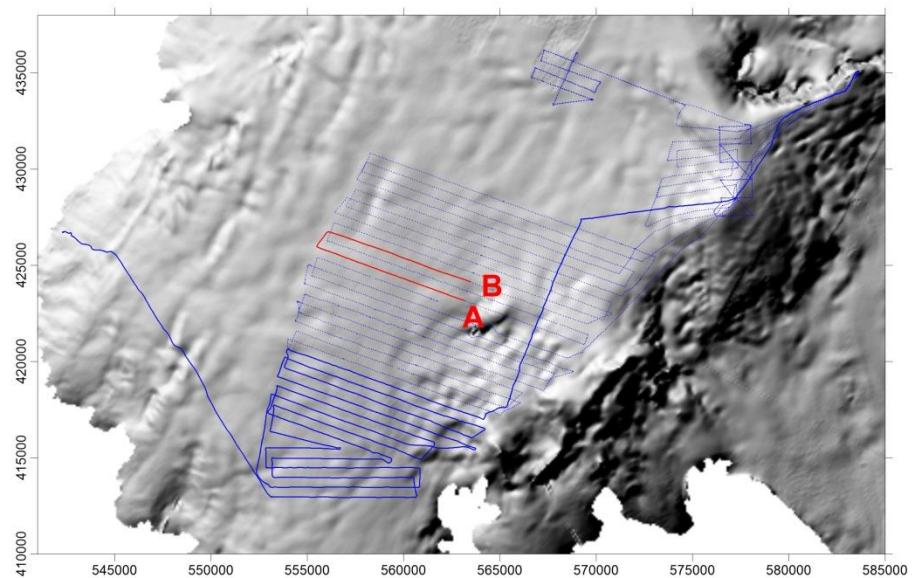
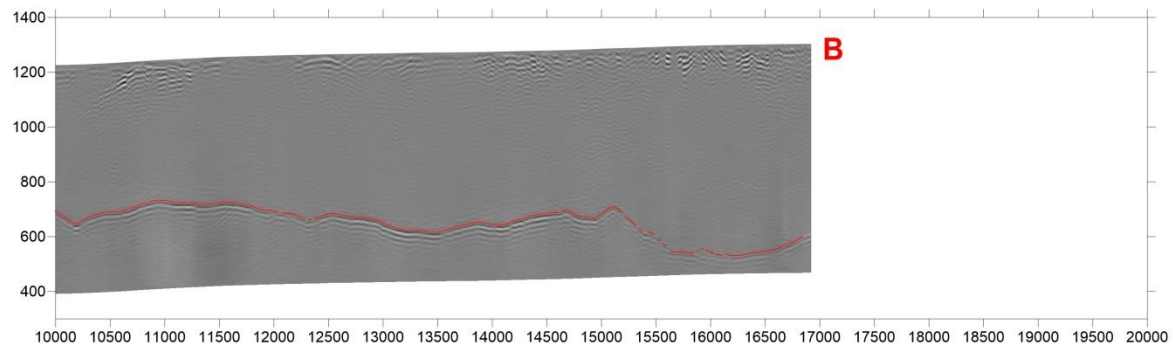
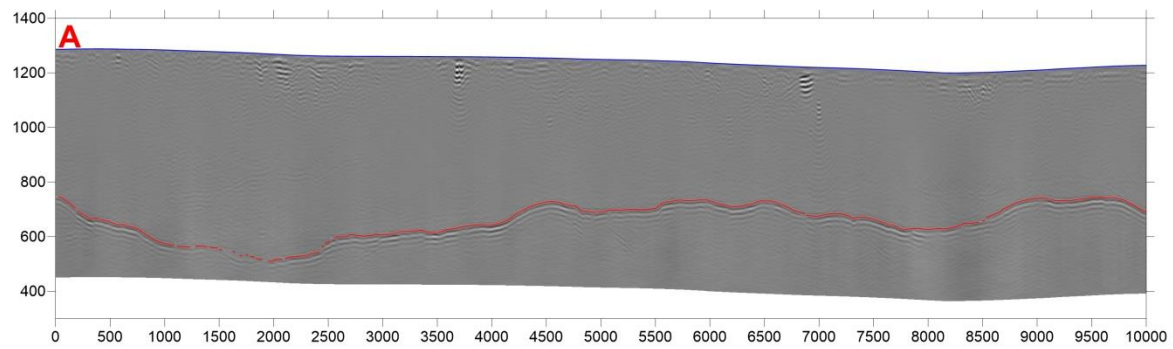
Vatnajökull issjarmæling 2018 6. júní
tungnaar20180606.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180606\line_afl_7_to_7_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



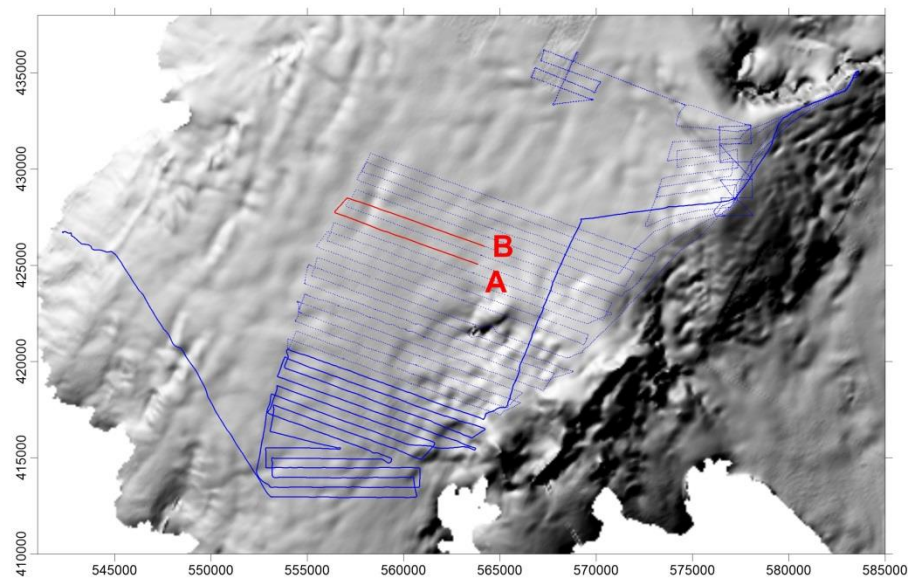
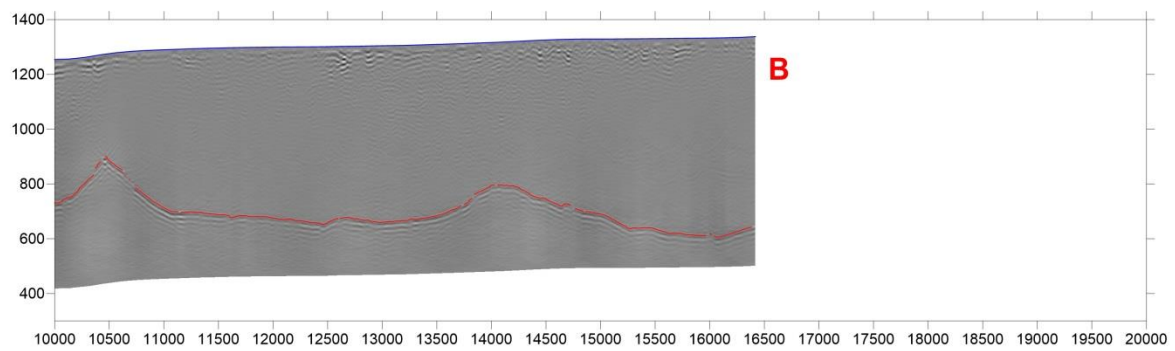
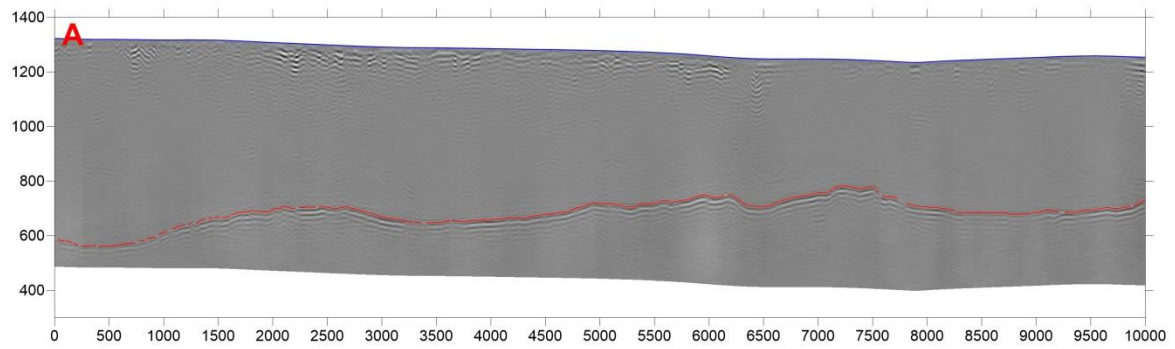
Vatnajökull issjarmæling 2018 6. júní
tungnaar20180606.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180606\line_afl_8_to_8_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



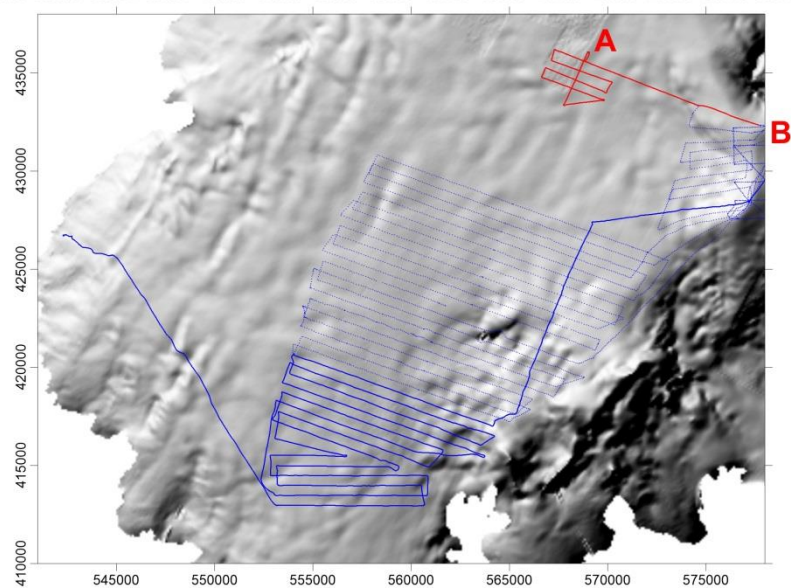
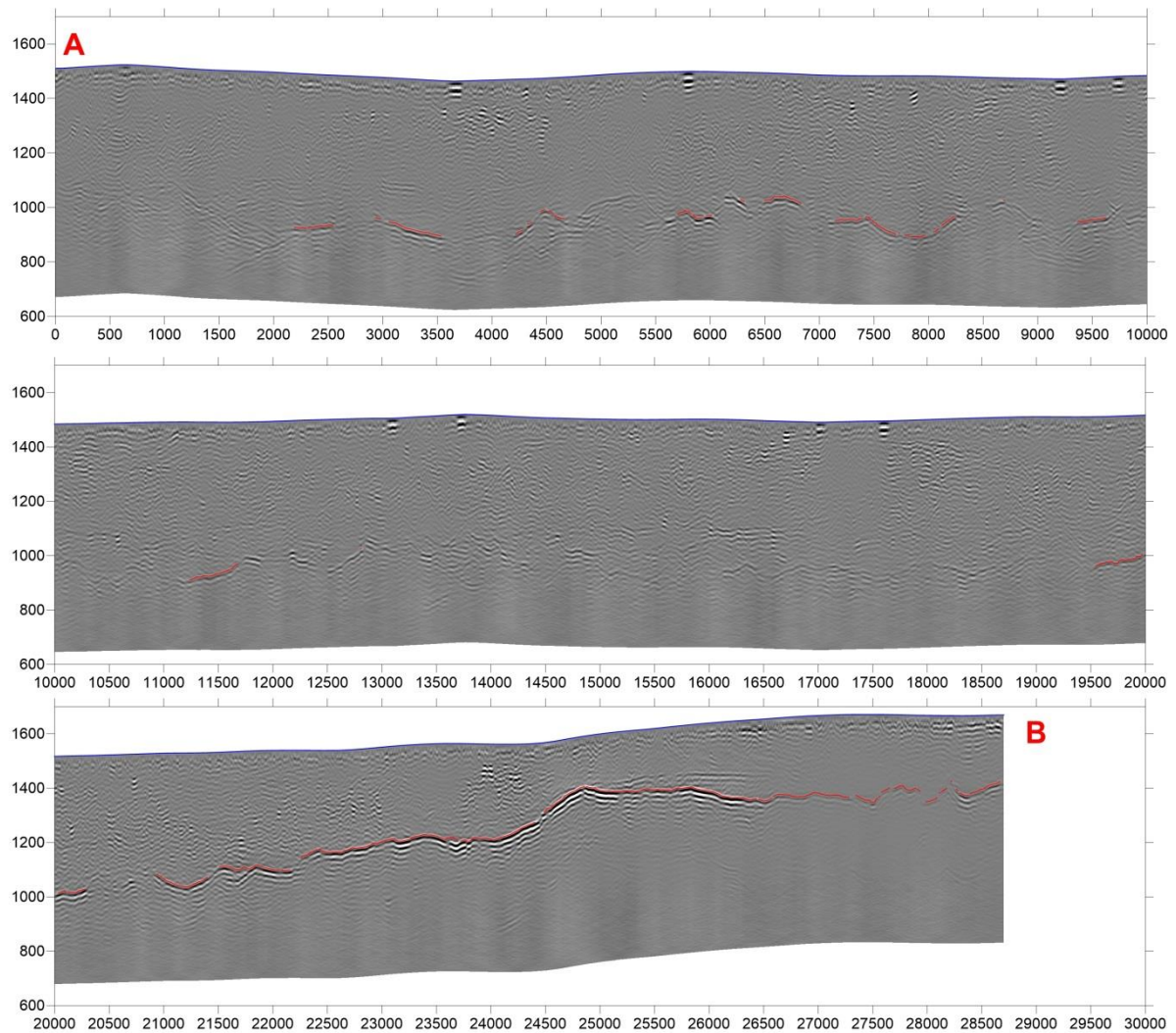
Vatnajökull íssjarmæling 2018 6. júní
tungnaar20180606.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180606\line_afl_10_to_10_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



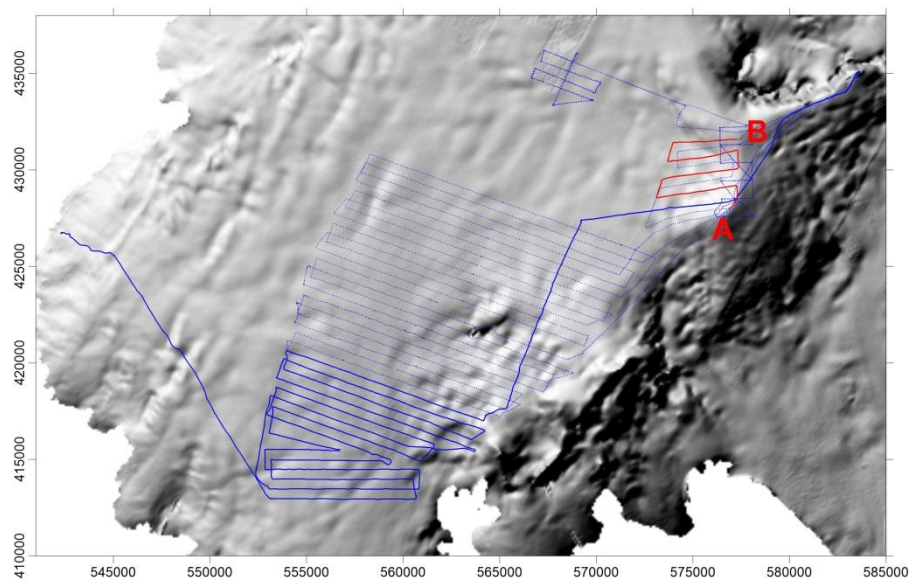
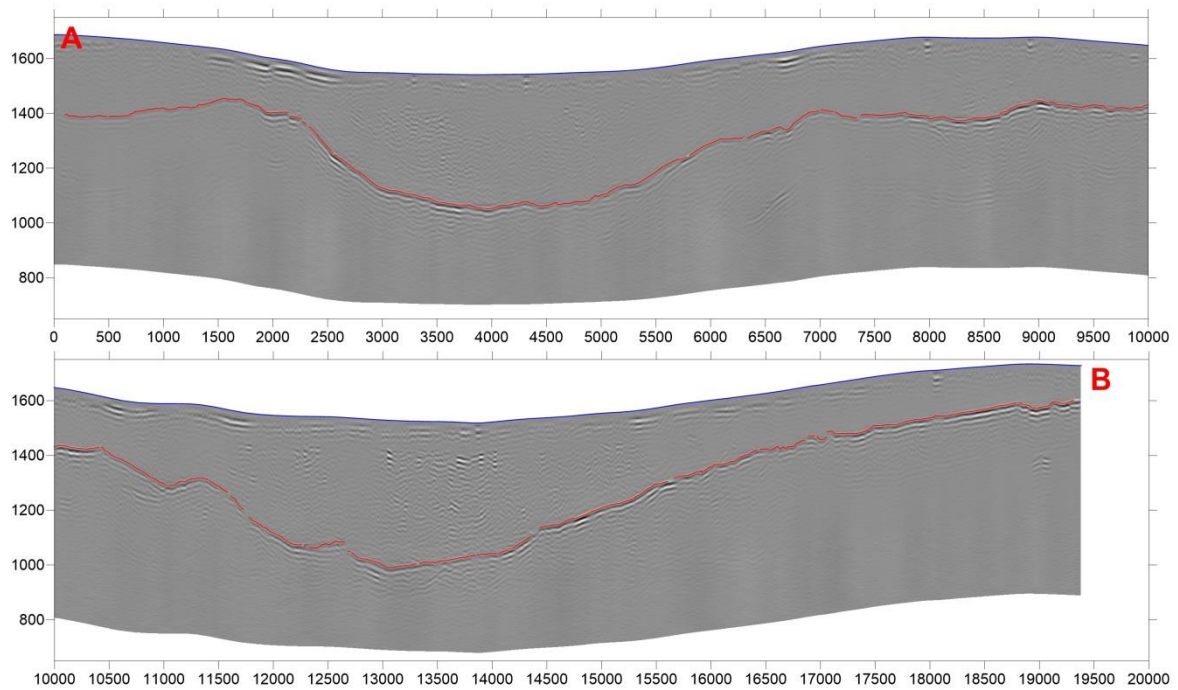
Vatnajökull íssjármæling 2018 7. júní (gamli)
tungnaar20180607.h5

D:\gognvissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180607_gamli_send2\line_afl_0_to_0_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bt.grd



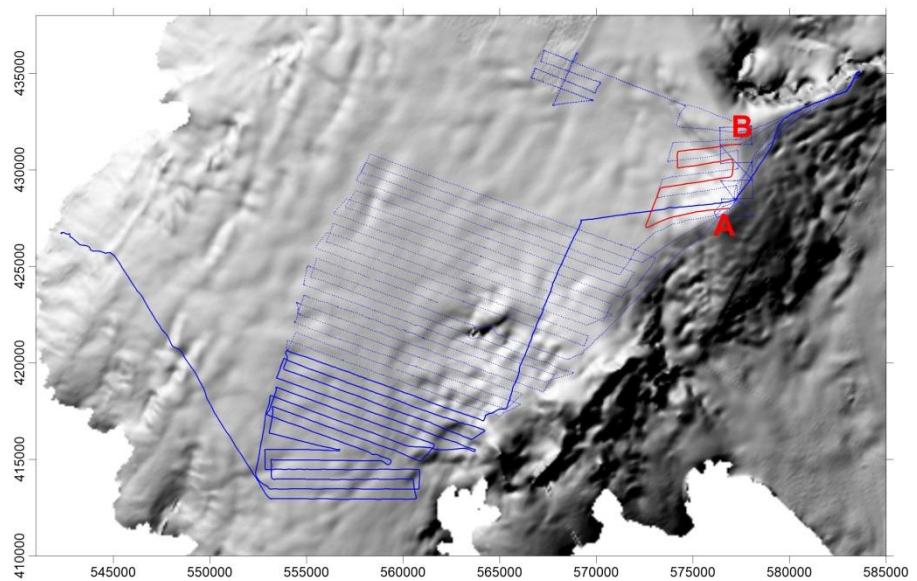
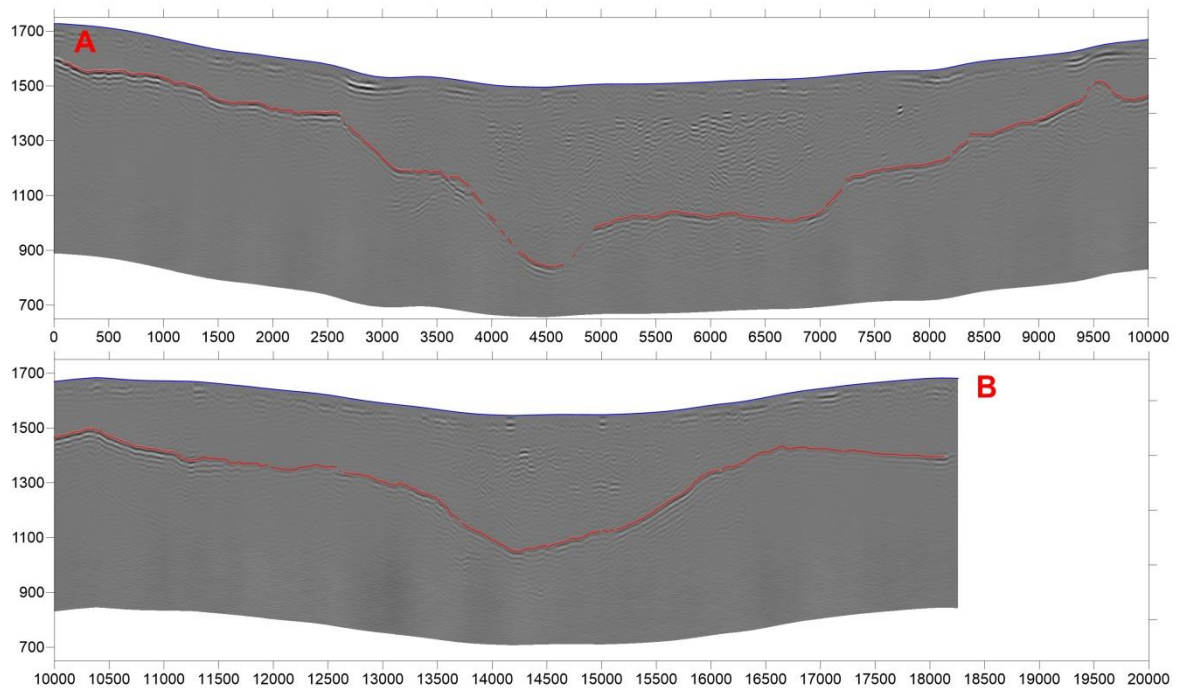
Vatnajökull íssjarmæling 2018 7. júní
haabunga20180607.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\haabunga20180607\line_afl_0_to_1_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



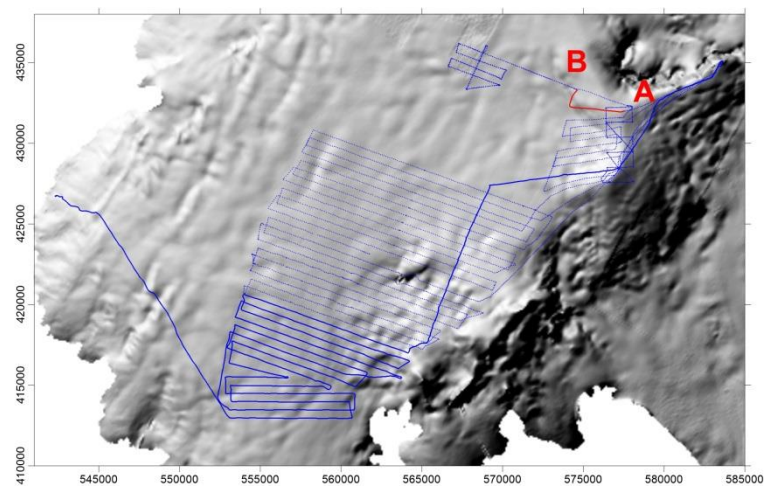
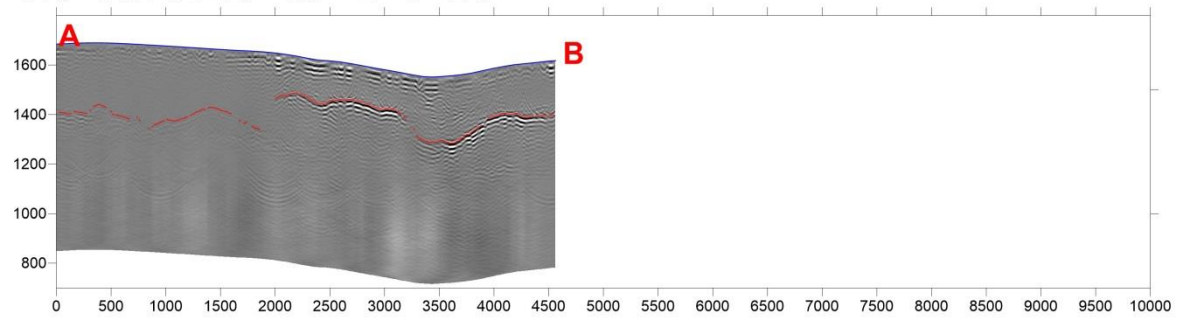
Vatnajökull íssjarmæling 2018 7. júní
haabunga20180607.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\haabunga20180607\line_afl_0_to_1_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



Vatnajökull issjarmæling 2018 7. júní
tungnaar20180607.h5

D:\gognissjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180607\line_afl_1_to_1_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd



Vatnajökull issjarmæling 2018 7. júní
tungnaar20180607.h5

D:\gogn\issjarsnid_urvinnsla\VaVor2018\Maelingar_vorferd_2018\Sunnan_skaftark\tungnaarj_20180607\line_afl_2_to_2_dA_39.4\GPS_seinkun_2.3
amp_migrated_in_L_and_h_vel_eq_0.168_hyperbola_width_500m_bl.grd

