



Mæling á landrasi og halla láflatar upp með farvegi Hólmsár á Mýrum

Lokaskýrsla

Verkefnið er styrkt af Rannsóknasjóði Vegagerðarinnar
Janúar 2021

Lykilsíða

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.

Númer skýrslu/gerð skýrslu	Fjöldi síðna	Dagsetning	Dreifing
NR-1800-680/Lokaskýrsla	15	4.1.20	Opin
Heiti skýrslu			
Mæling á landrisi og halla láflatar upp með farvegi Hólmsár á Mýrum			
Report Title in English			
A Survey of Uplift and Geoid Slope Along the River Hólmsá in Mýrar Region			
Höfundur	Verkefnastjóri	Tengiliður Vegagerðarinnar	
Ingvar Skúlason	Ingvar Skúlason	Þórir Ingason	
Styrktaraðili		Samvinnuaðilar	
Rannsóknarsjóður Vegagerðarinnar		Landmælingar Íslands	
Útdráttur			
Mæling á landrisi og halla láflatar við Hólmsá á Mýrum. Takmörkuð niðurstaða varðandi landris vegna skorts á samanburðarhæfum rannsóknum en býr til grunn fyrir frekari rannsóknir á svæðinu. Mæling á halla láflatar túlkuð og borin saman við láflatarlíkan Landmælinga Íslands.			
Abstract in English			
A survey of uplift and geoid slope along the river Hólmsá in Southeast Iceland. A limited conclusion in regard to uplift due to lack of comparable research, but sets a baseline for further research in the area. Survey of geoid slope interpreted and compared to existing geoid model.			
Lykilorð			
Landris, halli láflatar, landmælingar			
Undirskrift verkefnastjóra			Yfirið af
			IS

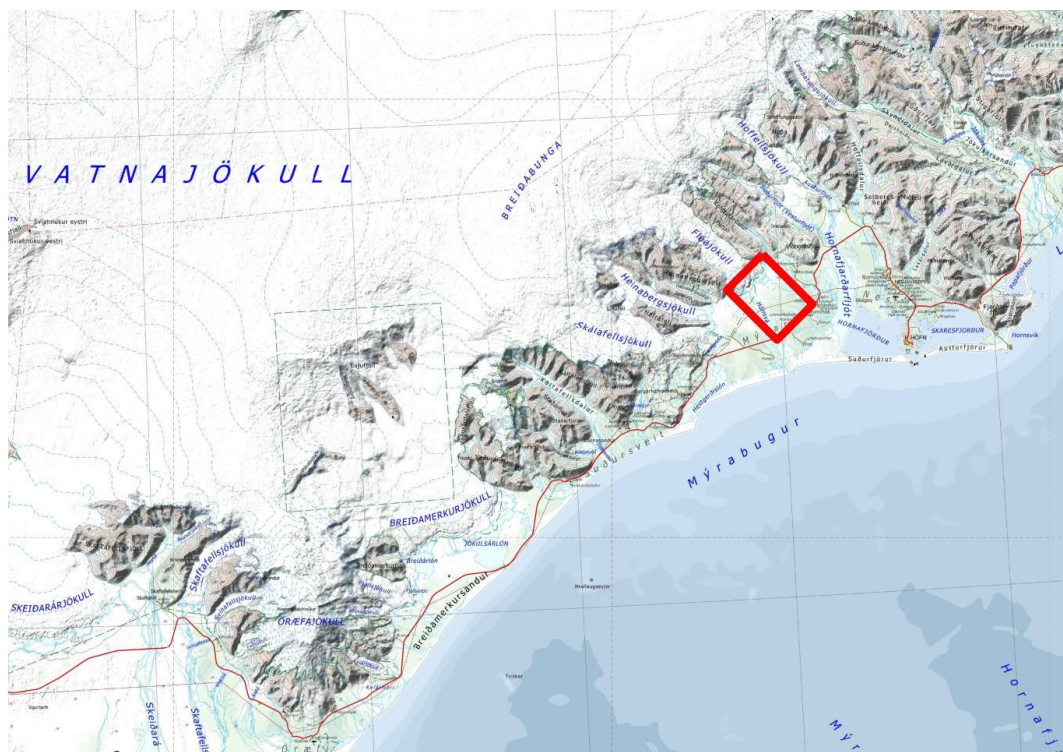
Efnisyfirlit

Lykilsíða	2
Efnisyfirlit	3
1 Formáli	4
2 Tilgangur	5
3 Tækjakostur og aðferðarfræði	6
3.1 Aðferð: Landris	6
3.2 Aðferð: Halli láflatar	7
4 Niðurstöður	9
4.1 Landris 9	
4.2 Halli láflatar	10
5 Lokaorð	14
Heimildaskrá	15

1 Formáli

Haustið 2017 urðu miklir vatnavextir á Suðausturlandi eftir töluverðar rigingar í langan tíma. Hólmsá á Mýrum rauf þá varnargarða og vegi, þar með talið Hringveginn. Að flóðunum loknum var ákveðið að mæla flóðför á völdum stöðum til að hafa til hliðsjónar við hönnun framtíðarmannvirkja á svæðinu. Einn af þessum stöðum var á varnargarði við Fláajökul, sem byggður var árið 2000. Við þær mælingar kom á daginn að fastmerki VR FJ 103 sem notað hafði verið við byggingu þessa garðs, mældist um 45 cm hærra en uppgefin hnit gáfu til kynna. Talið var að orsök þessa væri landris vegna rýrnunar Vatnajökuls.

Það hefur lengi verið talið að halli láflatar upp með Hólmsá væri mikill. Það hafði þó ekki verið staðfest með mælingum. Þar sem ætlunin var að setja niður merki meðfram ánni og upp að Fláajökli, þótti tilvalið að nota tækifærið og hallamæla merkin í leiðinni, og bera niðurstöður saman við Láflatarlíkan frá Landmælingum Íslands (LMÍ). Mynd 1.1 sýnir staðsetningu mælinga á Íslandskorti. Sótt var um styrk til rannsóknarinnar í Rannsóknasjóð Vegagerðarinnar árið 2018, en ekki varð úr mælingum fyrr en sumarið 2019 vegna anna við önnur verkefni.



↑ **Mynd 1.1**

Yfirlit af svæðinu sunnan Vatnajökuls. Svæðið sem mælingar fóru fram eru sýndar með rauðum kassa.

2 Tilgangur

Rannsóknin skiptist í tvo hluta, annarsvegar mælingu á landrasi, og hins vegarmælingu á halla láflatar. Tilgangur landrishluta rannsóknarinnar er að átta sig á því hvernig landris breytist með fjarlægð frá jökli, þ.e. reyna að lýsa landrasi sem falli af tíma, og fjarlægð frá fyrir fram skilgreindri viðmiðunarlínu, t.d. jökulsporði. Einnig var ætlunin koma upp neti mælistöðva sem munu nýtast viðfrekari rannsóknir á landrasi á svæðinu. Tilgangur láflatarhluta rannsóknarinnar er að meta gæði láflatarlíkans frá LMÍ á svæðinu, með því að bera saman hæðargildi reiknuð út frá líkaninu, og hallamældar hæðir í mælistöðvunum.



↑ **Mynd 2.1**

Uppstillt tæki í punkti 204. Horft er til vesturs í átt að Skálafellsjökli.

3 Tækjakostur og aðferðarfræði

Í rannsókninni voru notuð sjö Trimble NetR5 GNSS-tæki til gagnasöfnunar, þar af tvö í eigu Vegagerðarinnar, en fimm voru fengin að láni hjá LMÍ. Með tækjum Vegagerðarinnar voru notuð Trimble Zephyr Geodetic loftnet, en NavXperience loftnet voru notuð með tækjum frá LMÍ. Zephyr loftnetin voru sett á þær mælistöðvar sem ætlunin var að hafa tæki á allan mælitímann. Í hallamælingarnar var notuð Trimble S10 HP alstöð í eigu Vegagerðarinnar. Skýrsluhöfundur sá um mælingarnar, en Björn Sigþór Skúlason var fenginn til aðstoðar við þær. Mælingarnar fóru fram 27.-29. júlí 2019, og voru aðstæður með besta móti nær allan tímann.



↑ **Mynd 3.1**

Lokasprettur hallamælinga. Horft til norðurs í átt að Fláajökli.

3.1 Aðferð: Landris

Aðferðin er í meginatriðum Static-mæling, sem byggist á að mörg tæki safna gögnum samtímis og eru gögnin svo keyrð saman eftir á. Upphaflega var hugmyndin að hafa allt að 15 tæki í gangi samtímis en vegna tækjaskorts voru einungis sjö tæki notuð. Fyrir vikið þurfti því að stytta mælitímann í hverri mælistöð, allt niður í 4 klst. Nýja áætlunin gerði ráð fyrir að þrjú tæki yrðu föst, og í gangi allan tímann, en hin fjögur myndu vera færð á milli föstu punktanna, og yrðu á hverjum stað í 4-12 klst., eftir því hversu mikilvægir punkturnir væru. Við útreikninga yrðu gögnin svo keyrð

saman við gögn frá siritandi jarðstöð í eigu LMÍ sem er staðsett á Höfn í Hornafirði. LMÍ sá um þá útreikninga.

Fyrsta tækinu var stillt upp á Grunnstöð LMÍ við Fellsá í Suðursveit, LM0339. Það tæki varð óvænt rafmagnslaust eftir 26 klst. mælingu, en það uppgötvaðist ekki fyrr en það var tekið niður, síðast allra tækjanna. Önnur tæki virkuðu eins og til var ætlast.

Lykilpunktar í mælingunni voru punktar VG99 1400 við Lambleiksstaði og VR FJ 103 sem liggur á jökulruðningi skammt frá sporði Fláajökuls. Þar gengu tækin allan mælitímann. VG99 1400 var líka útgangspunktur í hæð í hallamælingunni. Sett voru niður sex merki til viðbótar meðfram Fláajökulsvegi, sem liggur austan Hólmsár, sem fengu heitin 201-206, sbr. Mynd 3.3.

3.2 Aðferð: Halli láflatar

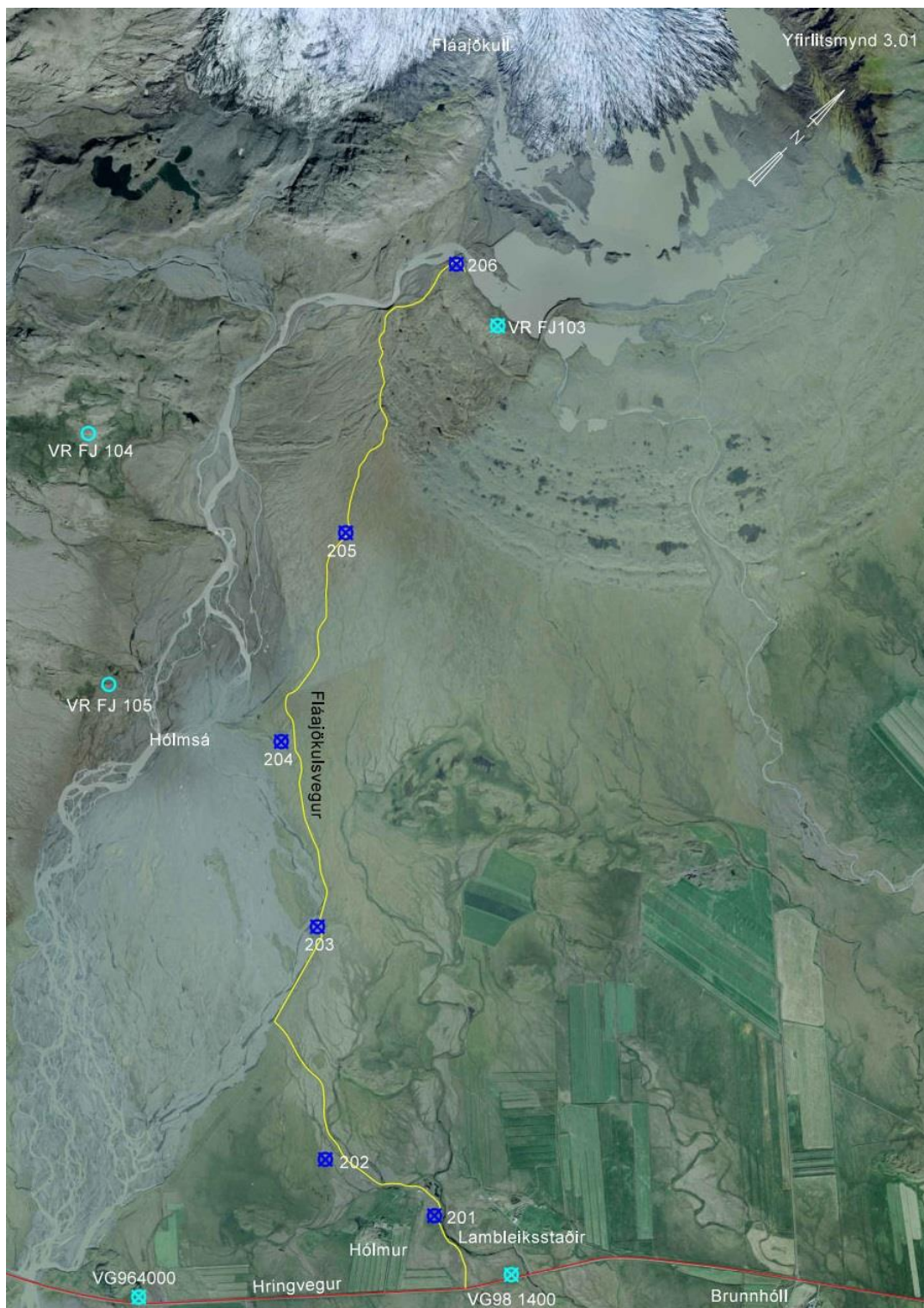
Notuð var svokölluð „trígónómetrísk“ hæðarmæling til að hæðarmæla frá VG99 1400 að VR FJ 103. Punktar 201-206 voru og mældir í leiðinni. Fjarlægðin á milli punktanna er um 6 km í beinni loftlínu, en mælinán fylgdi í meginatriðum Fláajökulsvegi, og eru punktar 201-206 í grennd við hann, og mjög aðgengilegir ef mæla þarf á þá síðar. Sem fyrr segir var punktur VG99 1400 útgangspunktur í hæð.

Við úrvinnslu myndu hallamældu hæðirnar bornar saman við mældar sporvöluhæðir úr Static-mælingunni, sem og reiknaðar hæðir út frá láflatarlíkani LMÍ frá árinu 2011. Svo yrði lagt mat á hversu vel líkaninu bæri saman við mælingarnar.



↑ **Mynd 3.2**

Björn Sigþór Skúlason, sérlegur aðstoðarmaður, stillir upp tæki yfir punkti 205.



↑ **Mynd 3.3**

Yfirlitsmynd af svæðinu sem var til skoðunar. Á myndina eru merktir inn punktar þar sem mælingar fóru fram.

4 Niðurstöður

4.1 Landris

Samanburðarhæfar eldri mælingar fundust ekki. Eldri mælingar fyrir punkta VR FJ 103-105 voru ekki metnar áreiðanlegar þegar á reyndi. Eldri hæðir á þeim punktum voru reiknaðar með aðferð sem ekki er talin áreiðanleg í dag. Það er því ekki hægt að leggja mat á landris upp með farvegi Hólmsár út frá þessum mælingum eins og gert var ráð fyrir. Rannsóknin skilar þó góðu neti mælistöðva sem hægt er að mæla aftur eftir svo lítið sem 3-5 ár, og fá þá marktæka niðurstöðu.

Öðru máli gegnir um landris í punkti VG99 1400. Í fyrstu útreikningum var hæð á jarðstöðinni á Höfn haldið fastri, en engu að síður mældist VG99 1400 vera 42 mm hærri en í eldri mælingu LMÍ frá 2002. Þar sem jarðstöðinni var haldið fastri í útreikningunum þýðir það einungis að punkturinn hefur hækkað u.þ.b. 42mm meira en jarðstöðin á Höfn á tímabilinu 2002-2019. Jarðstöðin hefur safnað gögnum í meira en tvo áratugi, og er hún tengd við jarðstöðvar erlendis (Valsson, 2019). Landrisið þar er því ágætlega þekkt stærð á tímabilinu 2004-2016, og munar 153 mm á uppgefnum sporvöluhæðum jarðstöðvarinnar í ISN2004 annars vegar, og ISN2016 hins vegar.

Úr gögnum LMÍ frá árunum 2002 til 2016 (LMÍ, e.d.) má lesa út að frá byrjun júlí 2002 til byrjunar júlí 2004 hafi jarðstöðin risið um 16 mm, uppgefin óvissa er +/-3 mm. Því má lækka mældu hæðina frá 2002 sem því nemur. Samkvæmt gögnum frá EPN(2016-2019)(EPN, e.d.) má lesa út að frá byrjun júlí 2016 til loka júlí 2019 hafi jarðstöðin hækkað um 28 mm. Þessi gögn hafa ekki verið staðfest af LMÍ, og því öllu meiri óvissa í þeim, en niðurstaðan virðist nokkuð trúverðug. Því er mæld hæð 2019 hækkuð sem nemur þessum 28 mm.

Þegar tekið er tillit til alls þessa mældist hæð punktsins VG99 1400 yfir sporvölu GRS80 73.494 árið 2002. Hæðin mældist svo 73.735 árið 2019. Út frá því er hægt að álykta að land við Lambleksstaði hafi því risið um sem nemur 241 mm á tímabilinu 2002-2019. Til samanburðar þá hefur jarðstöðin á Höfn risið um 197 mm á sama tímabili, miðað við sömu forsendur. Einhver óvissa er á þessum gildum, og er hún áætluð allt að 10 mm.

↓ Tafla 4.1*

Sporvöluhæðir á HOFN (Valsson o.fl. 2007, Valsson, 2019) og VG98 1400, 2002-2019.

Punktur	2002	2004	2016	2019	Landris 2002-2019
HOFN	82.679	82.695	82.848	82.876	0.197
VG98 1400	73.494	73.510	73.707	73.735	0.241

* Allar hæðir í töflu 4.1. eru hæðir yfir sporvölu GRS80. Allar tölur eru í metrum.

Tafla 4.2 sýnir hnit og hæðir allra mælipunkta. Mynd 3.1 sýnir staðsetningu flestra þessara punkta.

↓ **Tafla 4.2***

Hnitalisti og hæðir mælipunkta.

Punktur	Austur (ISN2016)	Norður (ISN2016)	Sporvöluhæð (ISN2016)*	Hallamæld hæð (ISH2004)
HOFN	2884151.523	223856.857	82.848	-
VG98 1400	2870973.048	224884.579	73.707	8.667
201	2870380.921	224806.302	75.737	10.690
202	2869659.211	224575.264	75.939	10.884
203	2868610.373	225555.351	83.919	18.778
204	2867645.843	226204.395	86.741	21.538
205	2867016.987	227395.769	97.264	31.978
206	2866328.755	229049.162	117.016	51.603
VR FJ 103	2866777.383	228961.717	123.819	58.451
LM0349	2842016.779	204568.859	81.054	-
VG96 4000	2869446.054	223163.002	73.559	-
VR FJ 104	2865462.066	226707.460	121.824	-
VR FJ 103	2866645.428	225702.287	96.676	-

* Sporvöluhæðirnar sem gefnar eru upp í töflu 4.2. miðast við að Jarðstöðinni á Höfn sé haldið fastri í útreikningunum.

4.2 Halli láflatar

Góðar niðurstöður komu út úr hallamælingu og lokaðist 15.9 km mælilykkja með aðeins 1 mm mun. Það svarar til 0.06mm/km. Það er mun betri niðurstaða en vænta má fyrir þessa mæliaðferð. Endanlega niðurstöðu hallamælingar má sjá í Töflu 4.2.

Punktur VG99 1400 var notaður sem útgangspunktur, og samkvæmt skýrslu LMÍ um ISH2004 (Valsson o.fl.,2011) hefur hann hæð 8.667 í hæðakerfinu ISH2004. Allar hallamældu hæðirnar ganga út frá að þessi hæð sé rétt og ber að skoða með tilliti til þess.

Við ákvörðun á láflatarfráviki líkansins fyrir hvern og einn mælipunkt var notast við vörpunarforritið Cocodati sem rekið er af LMÍ og hægt er að nálgast og nota á heimasíðu stofnunarinnar. Fyrst var ákvarðað hvort eitthvert fast frávik væri á milli hallamælinganna, annars vegar, og láflatarlíkansins, hins vegar, og það kom á daginn að frávik í útgangspunktinum VG99 1400 var 42 mm minna ef miðað væri við uppgefna hæð á punktinum í láflatarlíkani. Láflatarlíkanið var leiðrétt miðað við þetta með lóðréttri hliðrun.

Næst voru frávikin borin saman í hinum punktinum og má sjá niðurstöður í Töflu 4.3.

↓ Tafla 4.3*

Láflatarfrávik.

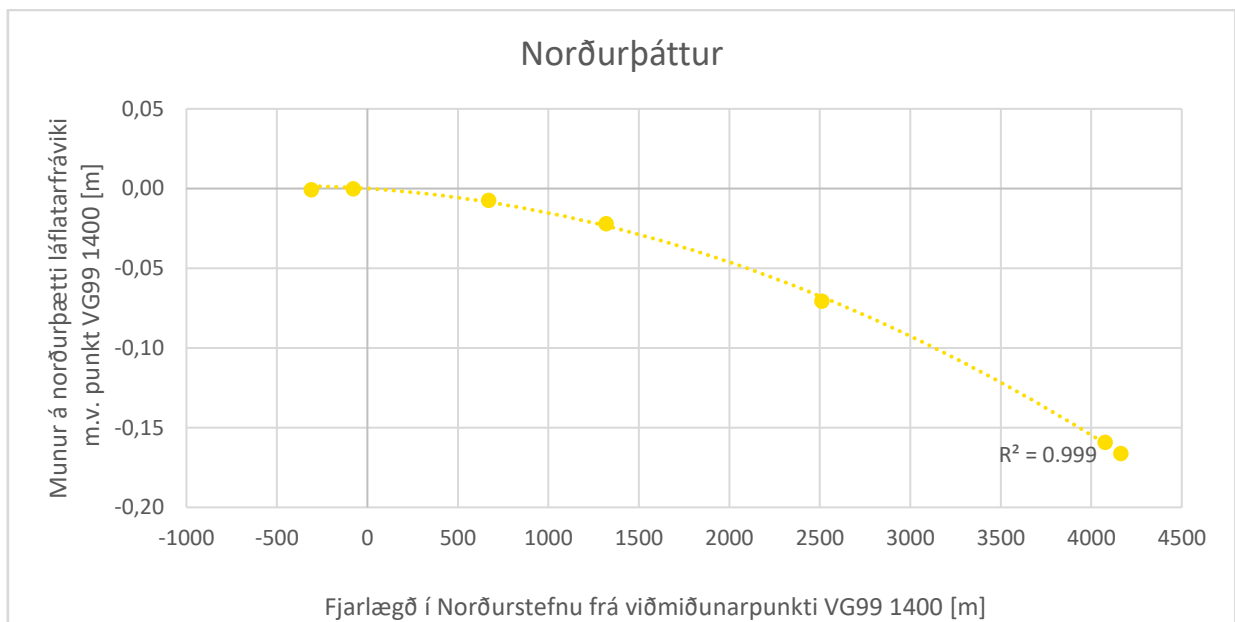
Punktur	Láflatarfrávik líkans (Óleiðrétt)	Láflatarfrávik líkans (Leiðrétt)	Láflatarfrávik m.v. hallamælingu	Munur
VG98 1400	-65.082	-65.040	-65.040	-
201	-65.101	-65.059	-65.047	0.012
202	-65.118	-65.076	-65.055	0.021
203	-65.209	-65.167	-65.141	0.026
204	-65.286	-65.244	-65.203	0.041
205	-65.380	-65.338	-65.286	0.052
206	-65.512	-65.470	-65.413	0.057
VR FJ 103	-65.479	-65.437	-65.368	0.069

* Allar tölur í töflunni fyrir ofan eru í metrum.

Tafla 4.3 sýnir að munurinn eykst eftir því sem farið er nær Fláajökli. Það veður hins vegar athygli að strax í punkti 201 er munurinn orðinn 12 mm en punktur 201 er aðeins um 600 m frá VG99 1400. Eins eru aðeins 450 m á milli punkta 206 og VR FJ 103 og þar á milli eykst munurinn einnig um 12mm. Það er því ljóst að fara verður mjög varlega þegar láflatarlíkanið er notað við mælingar á svæðinu og leiðréttu líkanið, t.d. með hallandi plani til viðbótar við lóðréttu hliðrun.

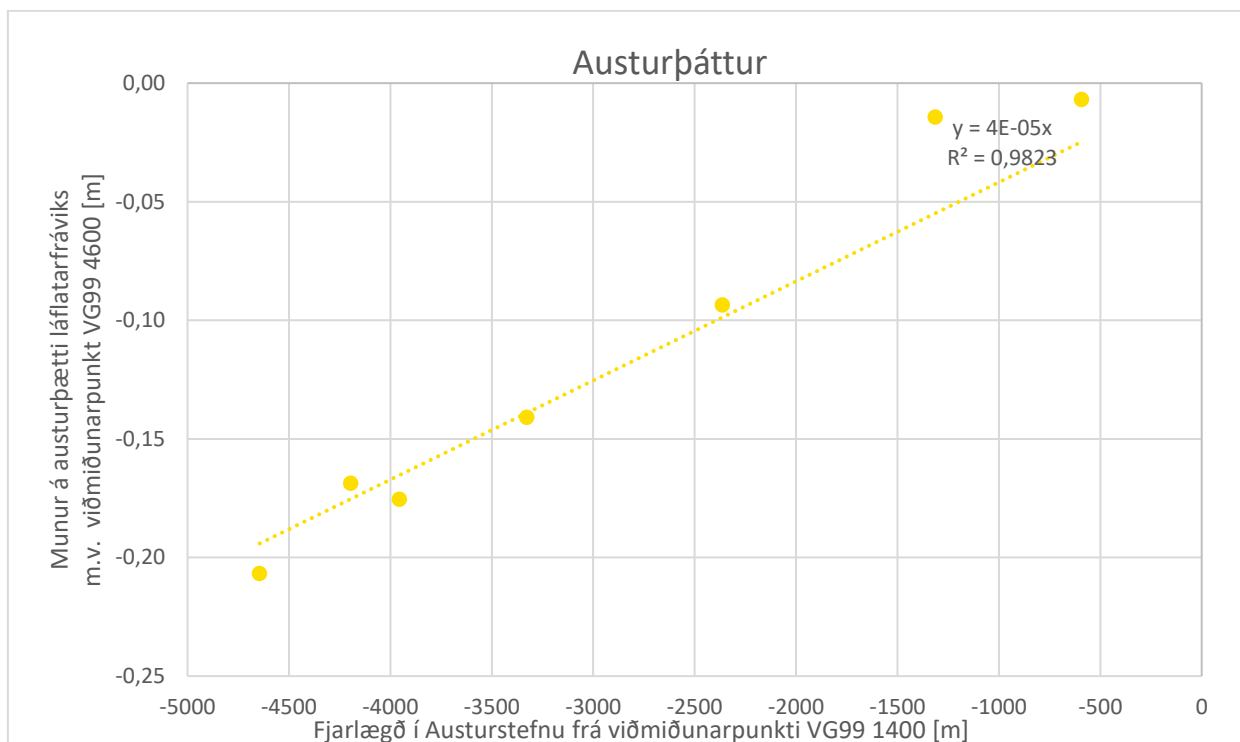
Til þess að mæla halla raunverulegs láflatar þarf í raun að mæla þyngdarsviðið og ákvarða hallann út frá þeim mælingum. Það var ekki gert í þessari rannsókn en þar sem notað er mælitæki sem kvarðast eftir þyngdarsviðinu má gera ráð fyrir að hallamælingin gefi að minnsta kosti sæmilega nálgun við hinn raunverulega láflöt.

Útreikningar voru einfaldaðir með að skipta hallanum upp í norður- og austurþátt. Reiknað var gildi á hallanum fyrir hverja mælistöð og síðan ákvarðað hversu stóran hluta breytingar á láflatarfrávikni mætti rekja til hvors þáttar fyrir sig. Næst voru teiknuð upp gröf með breytingu á láflatarfrávikni á y-ás, og fjarlægð frá viðmiðunarpunkti á x-ás, fyrir hvorn áttarþátt fyrir sig. Niðurstöðurnar má sjá á myndum 4.1. og 4.2.



↑ **Mynd 4.1**

Mynd sýnir mun á norðurþætti láflatarfráviks sem fall af fjarlægð frá viðmiðunarpunkti í Norðurstefnu



↑ **Mynd 4.2**

Mynd sýnir mun á austurþætti láflatarfráviks sem fall af fjarlægð frá viðmiðunarpunkti í Austurstefnu

Mynd 4.1 sýnir að norðurpáttur fráviksins fylgir vel ferli annars stigs margliðu. Frávikid fer því minnkandi eftir því sem norðar dregur og halli eykst sömuleiðis. Austurpáttinn er aðeins erfiðara að meta sbr. Mynd 4.2., en lítill munur er á fylgni hvort sem notuð er bein lína eða þriðja stigs margliða.

Annars stigs margliða gefur heldur lakari fylgni, en það má leiða líkum að því að líta megi á austurþáttinn sem línulegan, í það minnsta sem nálgun. Frávik eykst þegar austur dregur, en hallinn virðist nokkuð stöðugur í austur-vestur stefnu. Þessar niðurstöður eiga aðeins við um þetta tiltekna svæði.

5 Lokaorð

Rannsóknin tók aðra stefnu en lagt var upp með í upphafi, þar sem ekki fundust nein samanburðarhæf gögn til að áætla landris upp með Hólmsá. Það olli vonbrigðum, en það varpar kannski ljósi á hvernig rannsóknnum á landrisi hérlendis hefur verið háttað til þessa. Fyrir það fyrsta er tæknin til að fylgjast með landrisi tiltölulega nýtilkomin, í jarðfræðilegum skilningi. Þá hefur mesta áherslan verið lögð á siritandi stöðvar, sem geta vissulega gefið góðar staðbundnar upplýsingar um landris, en þær segja ekki endilega hvernig landið hagar sér þegar lengra er farið frá stöðvunum. Hér á landi hefur staðsetning slíkra stöðva líka oft verið valin til að fylgjast með eldvirkni, til að grípa frávik sem gerast á örskömmum tíma. Fyrir vikið eru gögn frá þeim stöðvum oft ekki eins gagnleg til að meta landris yfir lengri tíma.

Rannsókn sem þessi gefur ágætar upplýsingar um stöðu landsins á ákveðnum tímamótum og stað, en til þess að áætla umfang og stærðargráðu landriss þarf að taka stöðuna oft og víðar.

Þó að Suðausturland sé oftast nefnt þegar rætt er um landris þá gætir þess mun víðar, einkum þó í nágrenni Vatnajökuls. Til dæmis sáust vísbendingar um landris í mælingum á Efra-Jökuldal nú í sumar, svo eitthvað sé nefnt. Mælingamenn sem þurfa að búa til mælinet fyrir stærri verkefni þurfa að vera meðvitaðir um landris og hvaða áhrif það getur haft á nákvæmni framkvæmdamælinga.

Þessi rannsókn ein og sér markar engin tímamót í rannsóknnum á landrisi á Íslandi. Landris á Íslandi er og verður viðvarandi ástand, og þessi rannsókn leggur til grunn fyrir svæðið undir Fláajökli sem hægt verður að nota við frekari rannsóknir og eftirlit vísindamanna með landrisi.

Heimildaskrá

Guðmundur Valsson, Þórarinn Sigurðsson, Christof Völksen og Markus Rennen (2007). ISNET2004. Niðurstöður úr endurmælingum Grunnstöðvanet Íslands. Akranes: Landmælingar Íslands.

Guðmundur Valsson (2012). Landshæðarkerfi Íslands ISH2004, tækniskýrsla. Akranes: Landmælingar Íslands

Guðmundur Valsson, Guðni Hannesson, Jaakko Mäkinen, Jón S. Erlingsson, Theodór Theodórsson (2011). Landshæðakerfi Íslands ISH2004. Akranes: Landmælingar Íslands

Guðmundur Valsson (2019) Endurmæling ISNET 2016 grunnstöðvanetsins og nýjar viðmiðanir fyrir landmælingar og kortagerð á Íslandi. Akranes: Landmælingar Íslands.

Landmælingar Íslands [e.d.] : Sótt af <https://sandmerki.lmi.is/map/index.html>

EPN [e.d.] : Sótt af http://www.epncb.oma.be/_productsservices/timeseries/index.php?station=HOFN00ISL&update&type=ITRS