

Hraðamælingar á Síðujökli

**Tómas Jóhannesson,
Magnús Tumi Guðmundsson**

HRADAMÆLINGAR Á SÍÐUJÖKLI

1. INNGANGUR

Fulltrúar frá Raunvísindastofnun HÍ, Orkustofnun, Landsvirkjun, Vegagerðinni og Landmælingum Íslands hittust fyrir nokkru til þess að ráða ráðum sínum um mælingar sem rétt væri að gera ef Síðujökull gengur fram á næstunni. Ákveðið var að gera kort af jöklinum áður en hann gengur fram og var farinn leiðangur í september síðastliðnum og mæld ísþykkt og yfirborðshæð á Síðujökli með íssjá Raunvísindastofnunar. Hliðstæðar mælingar verða gerðar eftir að jökullinn verður að nýju fær að framganginum loknum. Jafnframt var ákveðið að athuga möguleika á hraðamælingum á jöklinum til þess að skoða nánar hvernig hraði ískriðsins breytist í rúmi og tíma meðan á framganginum stendur.

Tómasi Jóhannessyni, Orkustofnun, og Magnúsi Tuma Guðmundssyni, Raunvísindastofnun, var falið að gera stutta greinargerð um möguleika á hraðamælingum og kostnað við þær með það fyrir augum að sækja til Vísindasjóðs (fyrir 1. desember 1990) og hugsanlega annarra aðila um fjármögnun á mælingunum. Athugaðir voru nokkrir möguleikar á hraðamælingum og fylgir samanburður á þeim hér á eftir.

2. TILGANGUR HRAÐAMÆLINGA

Miðað við reynslu erlendis má gera ráð fyrir að eins konar "þrep" gangi niður jökullinn við framhlaupið. Þrepið gæti verið nokkrir tugir metra á hæð og nokkur hundruð metra langt og hraði þess niður jökullinn af stærðargráðunni 100 m á dag. Ofan við þrepið skriður jökullinn hratt miðað hraða hans milli framhlaupa en neðan þess er framhlaupsins ekki farið að gæta. Hraði þrepsins niður jökullinn er mun meiri en skriðhraði íssins ofan þess. Gera má ráð fyrir að heildarfærsla punkta inni á jöklinum við

framhlaupið verði af stærðargráðunni 1 km.

Tilgangur hraðamælinganna er að fylgjast sem nákvæmast með skriðhraða jökulsins og breytingum á honum í tíma og rúmi þ.m.t. hvort og hvernig þrep eins og lýst er hér að ofan berst niður jökullinn. Slíkar mælingar hafa ekki áður verið gerðar hér á landi. Reyndar hafa mjög litlar mælingar verið gerðar á framhlaupum íslenskra jökla nema við jökulsporðinn.

Til þess að fylgjast með skriðhraða jökulsins og þróun framhlaupsins þarf endurtekna mælingar á staðsetningu stika sem boraðar verða niður í jökullinn í upphafi framhlaups. Hér gerum við ráð fyrir að stikunum verði komið fyrir með u.þ.b. 3 km millibili á línu sem næst miðlínu jökulsins. Staðsetningu stikanna þyrfti að mæla með 2-4 vikna millibili meðan á framhlaupinu stendur til þess að fylgjast nægilega vel með færslu þrepsins frá stiku til stiku.

Rétt er að setja 2-3 stikur utan við aðalmælinúna til þess að fá hugmynd um breytileika framgangsins þvert á miðlínu jökulsins.

Færsla stika ofan þrepsins yrði 100-1000 m milli mælinga. Því má staðsetningarskekkja ekki vera meiri en fáir tugir metra til þess að viðunandi nákvæmni fáiast í hraðamælingu.

3. MÖGULEIKAR Á HRAÐAMÆLINGUM

Hraðamælingar meðan á framhlaupi stendur eru erfiðar vegna þess að jökullinn verður fljótt ófær vegna sprungna. Eftirfarandi mæliaðferðir koma til greina.

1. Hefðbundnar landmælingar. Staðsetning stika er mæld með fjarlægðarmæli og/eða hornakíki frá nærliggjandi

andi fjallatoppum. Ef fjarlægðarmæling er notuð þarf maður með spegil að fara í hverja stiku við hverja mælingu.

2. Loftmyndataka. Lóðréttar loftmyndir eru teknar eftir fluglínu upp jökulinn og stikurnar mældar inn eftir loftmyndunum. Stikurnar væru auðkenndar með dökkum belgjum.
3. Staðsetning með Lóran. Farið yrði í stikurnar með lórantæki og staðsetning lesin af tækinu. Hæð yrði mæld með loftvog.
4. Staðsetning með GPS-tækjum. Unnin á sama hátt og lóranmæling nema hvað notað yrði GPS-gervitunglataeki.

4. SAMANBURÐUR Á MÆLIAÐFERÐUM

Hér á eftir verður hverri mæliaðferð lýst nánar og þær bornar saman.

4.1 Hefðbundin landmæling

Ef notuð er fjarlægðarmæling þarf maður með spegil að fara að hverri stiku í hverri mælingu. Af ýmsum ástæðum er auðveldara að staðsetja stikurnar með Lóran- eða GPS-mælingu fyrst senda þarf mann að stikunum hvort sem er, ef viðunandi nákvæmni næst með þeim aðferðum.

Ef eingöngu er notuð hornamæling þarf ekki að fara að stikunum og er það mikill kostur. Hins vegar þarf að mæla horn að hverri stiku frá a.m.k. tveimur stöðum og til þess þarf að setja upp hornakíki á a.m.k. 4 stöðum vegna bungulögunar jökulsins. Jafnframt þarf að gera ráð að oft verði löng bið (nokkrir dagar) eftir réttu veðri til mælinganna. Vegna stærðar jökulsins og breytinga á lögun hans við framhlaupið er ekki tryggt að hægt verði að mæla inn stikur niður allan jökulinn meðan á framhlaupinu stendur með þessari aðferð.

4.2 Loftmyndataka

Loftmyndataka hefur eins og landmæling með hornakíki þann kost að ekki þarf að fara að stikunum. Hins vegar þarf að vera

hægt að greina a.m.k. 4 sameiginlega punkta á hverjum 2 samliggjandi myndum og þyrfti því að koma fyrir belgjum víðar en við stikurnar til þess að ná viðunandi nákvæmni í myndmælingu. Jafnframt þyrfti væntalega að fara nokkrum sinnum að stikunum til þess að koma fyrir nýjum belgjum ef framhlaupið verður að vetrarlagi þannig belgina fenni í kaf. Líklega yrði þetta ekki framkvæmanlegt nema með þyrllu.

Veður setur þessari mæliaðferð þröngur skorður þar sem ekki er hægt að taka loftmyndir til þessara nota nema við bestu aðstæður. Landmælingar Íslands hafa ekki flugvél til umráða til loftmyndtöku nema frá 15. júlí til 15. september ár hvert. Mælingar utan þess tíma yrðu mun dýrari en ella og réðust af öðrum verkefnum flugvélarinnar. Einnig gefa þessar mælingar ekki hæð yfir sjó.

Loftmyndir gefa auk staðsetningar ýmsar aðrar upplýsingar (sprungumyndun, sprungustefnu o.m.fl.) sem ekki fæst með öðrum aðferðum. Því verður að gera ráð fyrir að loftmyndir verði teknar a.m.k. einu sinni af öllum jöklinum, t.d. eftir framhlaupið, þó aðrar aðferðir yrðu fyrir valinu við hraðamælingarnar.

4.3 Staðsetning með Lóran

Vegna sprungna þarf að fara að stikunum með þyrllu til mælinganna. Endurkomuskekkja lórans er 30-50 m sem er í það mesta fyrir þessar mælingar. Lóran hefur reynst vel við mælingar á jökulum þegar ekki eru gerðar mjög stangar kröfur um nákvæmni. Hins vegar kemur fyrir að lóran gefur röng hnit ef hann kemur vitlaust inn þegar kveikt er á honum. Hæð yfir sjó yrði mæld með loftvog. Koma þarf siritandi loftvog fyrir í viðmiðunarpunkti t.d. við jökulj-aðar.

Helsti kostur þessarar aðferðar er að hún er fljótleg og auðvelt er að velja góða daga til mælinganna.

4.4 Staðsetning með GPS-tækjum

Mælingar með þessari aðferð fara eins fram og mælingar með lóran nema notað er

GPS-leiðsögutæki. Samkvæmt prófunum sem við höfum nýlega gert (sjá meðfylgjandi greinargerð) er nákvæmni GPS-mælinga 10-20 m sem er mjög vel viðunandi fyrir þessar mælingar.

GPS-mælingarnar hafa alla sömu kosti og mælingar með lóran. Ókostur er að ekki eru nægilega mörg tungl á lofti til mælinga hluta sólarhringsins. Hins vegar er vitað hvenær mælingar eru mögulegar að þessu leyti og hægt er að skipuleggja mæliferðir með tilliti til þessa. Annar ókostur er að ekki er til á landinu hentugt tæki til mælinganna en mögulegt er að kaupa slíkt tæki í sambandi við þessar mælingar eða notast við tæki sem hugsanlega yrði keypt til landsins á næstunni. Slíkt tæki hefði mikið notagildi fyrir utan þessar mælingar, bæði á Raunvísindastofnun, Orkustofnun og líklega víðar í ljósi þess hversu nákvæm GPS-tæki reynast við prófanir (sjá meðfylgjandi greinargerð).

4.5 Samanburður

Hefðbundnar landmælingar virðast svo miklum erfiðleikum bundnar vegna veðurs og breytilegrar lögunar jökulsins að þær koma ekki til greina. Gera verður ráð fyrir miklum kostnaði við hverja mælingu vegna þess að oft yrði löng bið eftir veðri eftir að mælingamenn eru komnir á svæðið.

Loftmyndataka hefur vissa kosti vegna þessa að ekki þarf að fara að stikunum í hverri mælingu. Hins vegar fengist ekki hæð stikanna yfir sjó og gera má ráð fyrir erfiðleikum vegna veðurs og einnig er óvissa um hvort flugvélin er tiltæk þegar viðrar ef jökullinn hleypur fram að vetrarlagi.

Lóranmælingar hafa enga kosti umfram GPS-mælingar og þarf því ekki að ræða þær frekar. Þó væri rétt að lesa af lóran þyrlunnar í hverjum punkti ef GPS-mælingar yrðu fyrir valinu þar sem því fylgir engin aukafyrirhöfn.

GPS-mælingarnar með þyrlu virðast vænlegasti kosturinn. Þær eru nægilega nákvæmar, loftvogarmæling getur gefið hæð stikanna yfir sjó með viðunandi nákvæmni

og mælingarnar eru fljótlegar. Gera má ráð fyrir að hver mæliferð taki 4 klukkustundir (1 klukkustund í hvora ferð til og frá jöklinum, 2 stundir til mælinga og flugferða á milli stika og í viðmiðunarpunkta utan jökulsins).

5. Kostnaður

Kostnaður við þessar mælingar er í fyrsta lagi kostnaður við að koma fyrir stikum í upphafi, mannakaup við sjálfar mælingarnar og tölvukostnaður og annar úrvinnslukostnaður að mælingum loknum. Þessi kostnaður er svipaður fyrir allar mæliaðferðir og verður ekki fjallað nánar um hann hér. Í öðru lagi er beinn útlagður kostnaður við mælingarnar, þ.e. kostnaður við landmælingamenn, loftmyndakostnaður, þyrluleiga, tækjakaup og er fjallað nánar um þennan kostnað hér að neðan.

Kostnað við hefðbundnar landmælingar og lóranmælingar þarf ekki að athuga vegna þess að þessar aðferðir hafa verið útilokaðar hér að ofan.

Kostnaður við loftmyndatöku af öllum jöklinum er áætlaður 440.000 kr. (sjá meðfylgjandi bréf frá Landmælingum Íslands). Við hraðamælingar þarf ekki nema eina fluglínu upp jökulinn og má því gera ráð fyrir 220.000 kr. loftmyndunarkostnaði við hverja myndatöku. Kostnaður við 10 mælingar er því um 2.200.000 kr. Þá er ótalin kostnaður við að fara að stikunum og koma fyrir nýjum belgjum svo og kostnaður við að koma fyrir aukabelgjum til þess að hægt sé að tengja samliggjandi myndir. Heildarkostnaður gæti því orðið á bilinu 2.500.000-3.000.000 kr.

Kostnaður við GPS-mælingar felst að mestu í þyrluleigu. Haft hefur verið samband við Landhelgisgæsluna og athugað hver þyrlukostnaður yrði. Leiga á minni þyrlu gæslunnar er um 36.000 kr. á klukkustund. Kostnaður við hverja mæliferð er því 144.000 kr. Gunnar Bergsteinsson forstjóri Landhelgisgæslunnar taldi jafnframt að möguleikar væru á að samræma mælingarnar öðru flugi þyrlunnar þannig ekki þyrft

að fara sérstaka ferð nema í annað eða þriðja hvert skipti. Þetta byggist á því að tímasetning mæliferðanna er sveigjanleg og allt í lagi þó tímabil milli mælinga sé nokkuð breytilegt. Í þessum tilfellum taldi Gunnar að ekki þyrfti að koma til greiðsla vegna þyrlunnar.

Samkvæmt ofansögðu má gera ráð fyrir 50-75.000 kr. meðalkostnaði við mæliferð, eða 500-750.000 kr. kostnaði við 10 ferðir. Þar við bætist kostnaður við kaup á GPS-tæki (u.þ.b. 300.000 kr.) ef slíkt tæki verður ekki keypt til landsins á næstunni af öðrum ástæðum.

6. NIÐURSTÖÐUR

Við mælum með því að GPS-mælingar með aðstoð þyrlu verði notaðar við hraðamælingar á Síðujökli. Þær gefa ágæta nákvæmni í láréttri staðsetningu og möguleika á mælingu á hæð stika yfir sjó með loftvog. Einnig eru þær mun ódýrari en loftmyndataka ekki síst vegna jákvæðrar afstöðu Landhelgisgæslunnar til þessa verkefnis.

Hins vegar er rétt að taka loftmyndir af öllum jöklinum að framhlaupinu loknu og freistandi væri að taka loftmyndir af öllum jöklinum einu sinni meðan á hlaupinu stendur ef hluti hlaupsins fellur innan þess tíma sem Landmælingar Íslands hafa flugvél til loftmyndatöku á leigu. Jafnframt er sjálf-sagt að taka mun oftar myndir úr litlum leiguflugvélum meðan á framhlaupinu stendur þar sem kostnaður við slíka myndatöku er hverfandi.