

Að fóstura jökul

Hrafnhildur Hannesdóttir¹, Oddur Sigurðsson¹, Bergur Einarsson¹ og Snævarr Guðmundsson²

¹Veðurstofu Íslands, Bústaðavegi 7–9, 108 Reykjavík; hh@vedur.is

²Náttúrustofu Suðausturlands, Nýheimur, Litlubrú 2, 780 Höfn í Hornafirði, Iceland

<https://doi.org/10.33799/jokull2020.70.087>

Ágrip — Stiklað er á stóru í sögu sporðamælinga á Íslandi og greint frá aðferðum og vöktun sem sjálfbóðaliðar Jöklarannsóknafélags Íslands sinna. Mælingar á breytingum jökulsporða hófust árið 1930 (tveimur áratugum áður en félagið var stofnað), þegar Jón Eypórsson veðurfræðingur hóf kerfisbundið að mæla stöðu skriðjökla. Hann fékk einnig í lið með sér heimafólk, oftast bændur, til þess að annast mælingarnar en í seinni tíð sinnir fólk úr ýmsum starfsstéttum þessu verkefni. Á hverju hausti er fjarlægð frá viðmiðunarstað að jökulrönd mæld í ákveðinni stefnu. Sumir jöklanna hafa verið vaktaðir í 90 ár og því eru hér til gagnmerkar tímaraðir sporðabreytinga. Mælingarnar sýna skýr tengsl veðurfars- og jöklabreytinga en gagnasafnið geymir einnig upplýsingar um framhlaup margra jökla.

Inngangur

Á Íslandi hefur fólk ætíð haft sýn til jökla og því kunnugt þessum svipmestu auðkennum íslenskrar náttúru. Engu að síður hefur orðið misvel vart við breytingar á jöklunum, þ.e. hvort þeir væru að vaxa eða minnka. Þó er ljóst af heimildum að á 16. öld gerðu menn sér grein fyrir að jöklar færu stækkandi og að veðurfar hefði breyst (Oddur Einarsson 1971). Kunnustu náttúrufræðingar fyrri alda, þeir Sveinn Pálsson og Þorvaldur Thoroddsen, töldu að jöklar á þeirra tímum væru svipaðir að stærð og jöklar landnámsaldar. Sveinn Pálsson segir í Jöklariti sínu (1945): „Að vísu fullyrðir allur fjöldinn, að jöklar fari vaxandi á Íslandi“, og sömu skoðun halda þeir Eggert og Bjarni fram í *Ferðabókinni*. „Enn fremur er á það bent, að allmargir vegir, sem ýmist voru farnir að fornu eða færir voru til skamms tíma, séu nú lokaðir af jökli, en engar sannanir verða af fyrr nefnda atriðinu dregnar.“ Á ýmsan hátt annan dregur Sveinn í efa að jöklar hafi farið vaxandi um hans daga þótt þorri manna væri á annarri skoðun.

Í bókinni *Lýsing Íslands*, öðru bindi, sem kom út 1911, segir Þorvaldur Thoroddsen: „Sumir hafa ætlað, að jöklar á Íslandi hafi aukist síðan í fornöld, en engin tilhæfa er í því. Af sögum og annálum er það auðséð,

að stærð jökla og eðli hefur yfirleitt verið hið sama í fornöld eins og nú; stöku skriðjökulstungur hafa gengið fram og stækkað, en aðrar minnkað og horfið...“.

Eins og Sveinn Pálsson getur þá var almannarómur á því að jöklar færu stækkandi á 17. og 18. öld og einnig landkönnuðir svo sem Þórður Þorkelsson Vídalín (1965), Árni Magnússon (1955), Eggert Ólafsson og Bjarni Pálsson (1943). Seinna tók Helgi Pjeturss (1915a,b) undir það að jöklar hefðu verið til muna minni á landnámsöld en í byrjun 20. aldar að vísu með mistraustum rökum en dæmi hans um Breiðamerkurjökul tekur af allan vafa um að þar voru jöklar miklu minni á landnámsöld en á dögum Helga. Það er fyrst á 20. öld sem eiginlegar jöklamælingar hefjast og tekið var til við að safna tölulegum upplýsingar um jökla á Íslandi.

Þessi dæmi sýna hversu misjafnar skoðanir eru gjaldgengar um breytingar á náttúrufari þegar engar eru mælingarnar. Traustar mælingar á jöklabreytingum og öðru breytingum á náttúrufari eru forsenda skynsamlegrar umræðu um umhverfismál. Sporðamælingarnar sem Jón Eypórsson og síðar Jöklarannsóknafélagið hefur staðið fyrir síðan 1930 eru dæmi um það hversu miklu áhugasamir einstaklingar og félag þeirra geta áorkað þegar vel er að málum staðið.



1. mynd. F.v. Tveir af umsjónarmönnum sporðamælingaverkefnisins, þeir Sigurjón Rist vatnafræðingur og Jón Eyþórsson veðurfræðingur. Með í för eru Guðmundur Jónasson öræfabílstjóri, Jean Martin franskur vísindamaður og Jón Kjartansson alþingismaður og sýslumaður Skaftfellinga, en þeir eru staddir í Sólheimakoti eftir þykktarmælingaferð á Mýrdalsjökul. – *From left: Two of the scientists responsible for the terminus monitoring programme; Sigurjón Rist, hydrologist and Jón Eyþórsson, meteorologist, together with Guðmundur Jónasson, mountain driver, Jean Martin, French scientist and Jón Kjartansson, member of parliament and county magistrate of Skaftafellssýslur, after an expedition to the Mýrdalsjökull ice cap. Ljósmynd/Photograph: Sigurjón Rist, 27. júní 1955.*

Sporðamælingar Jóns Eyþórssonar og Jöklarannsóknafélagsins

Undir lok 19. aldar byrjuðu Alpabjóðir og Norðmenn skipulegar mælingar á jökulsporðum til þess að fylgjast með breytingum á þeim. Jón Eyþórsson veðurfræðingur (1. mynd) og stofnandi Jöklarannsóknafélags Íslands kynntist slíkum mælingum á námsárum sínum í Noregi. Hann hóf að mæla reglubundið árlegar breytingar íslenskra jökulsporða árið 1930 með styrk frá Náttúrufræðideild Menningarsjóðs (2. mynd).

Fyrsta skýrsla um mælingarnar kom út ári síðar (Jón Eyþórsson 1931) og eru þar birtar nokkrar fallegar skissur af jökulsporðum og afstöðu mælingavarða eins og sjá má dæmi um á 3. mynd.

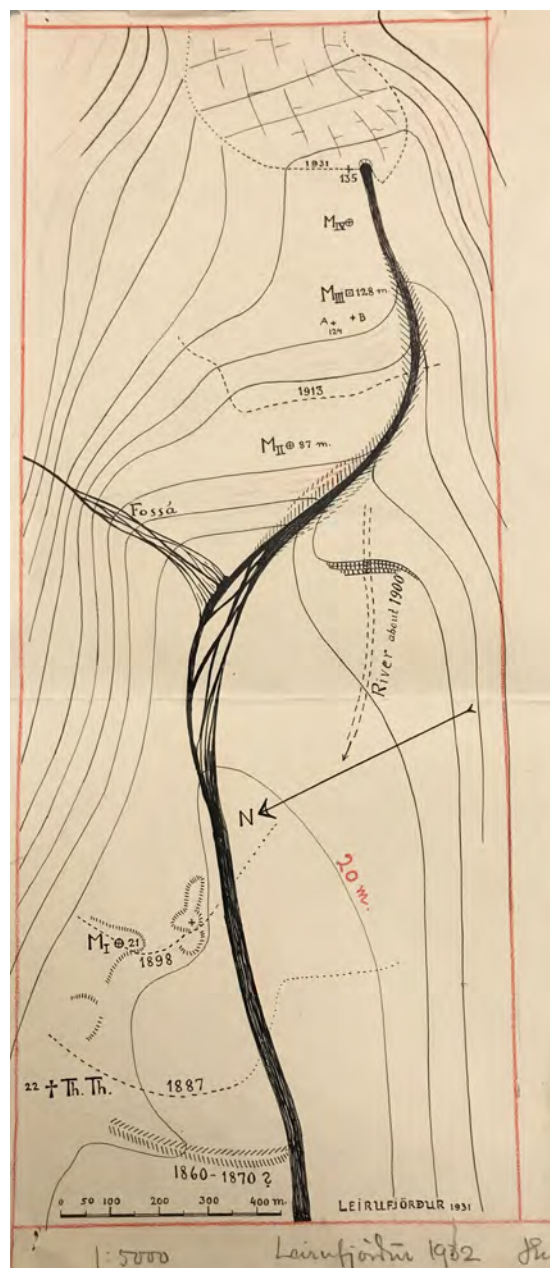
Fyrsta árið mældi hann skriðjökla frá Snæfellsjökli, Eyjafjallajökli, Drangajökli og Mýrdalsjökli. Örfáum árum síðar bættust við skriðjökla sunnan Vatnajökuls og einnig Loðmundarjökull í Kerlingarfjöllum, nokkrir skriðjökla Hróttfells, skriðjökla í austanverðum Langjökli og sunnanverðum Hofsjökli. Náði kerfið strax á fyrstu árunum til flestra jökulsvæða

landsins nema Austfjarða (4. mynd). Sama ár og Jón hóf mælingar sínar kortlagði Helgi H. Eiríksson (1932) jökulsporða í Suðursveit og á Mýrum á Suð-austurlandi. Grein Guðmundar G. Bárðarsonar (1934) um jöklabreytingar á Íslandi kom út að honum látum. Í henni eru raktar jöklabreytingar fram að þá nýbyrjuðum sporðamælingum Jóns. Sigurður Þórarinnsson (1943) tók saman mikinn fróðleik um breytingar á íslenskum jöklum frá því um 1700 til 1940 og nýtti þar meðal annars mælingar Jóns.

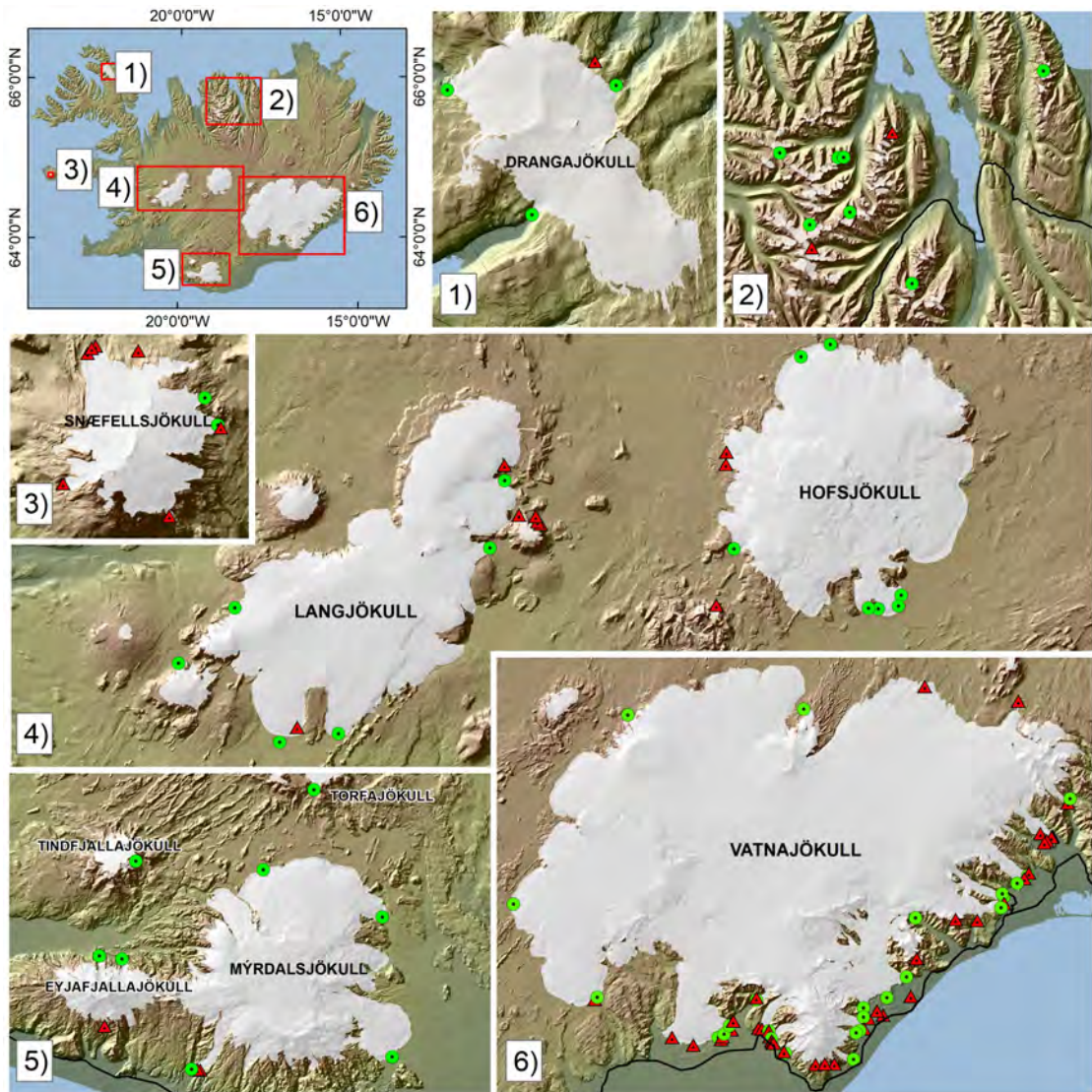


2. mynd. Skýrsla Jóns Eypórssonar til Náttúrufræðisdeildar menningarsjóðs 1930. – *The report of Jón Eypórsson to the Natural Science department of the Cultural Fund, describing the glacier frontal measurements in the year 1930.*

3. mynd. Uppdráttur af sporði Leirufjarðarjökuls og afstaða viðmiðunarpunkta. Krossinn sem merktur er með upphafsstöfum Þorvaldar Thoroddsen (Th. Th.) táknar kross sem hann meitlaði í klöpp nálægt sporðinum á þeim tíma (1887).



– *Sketch of the snout of Leirufjarðarjökull and location of reference points/cairns. The cross marked with the initial letters of Þorvaldur Thoroddsen (Th. Th.) indicates the approximate position of the glacier front at the time he visited the site (1887).*



4. mynd. Sporðamælingastaðir Jöklarannsóknafélagsins, bæði virkar mælirastir (grænir hringir) og óvirkar raðir (rauðir þríhyrningar). Vísað er á <http://spordakost.jorfi.is/> um nánari upplýsingar um mælistaðina og gögnin. Heimild: Kortagrunnur Landmælingar Íslands (is50v). – *Terminus measurement sites of the Iceland Glaciological society, active monitoring sites (green circles) and previous monitoring sites (red triangles). See <http://spordakost.jorfi.is/> for more information about the monitoring program and the data set. Source: Base Map data of the National Land Survey of Iceland (is50v).*

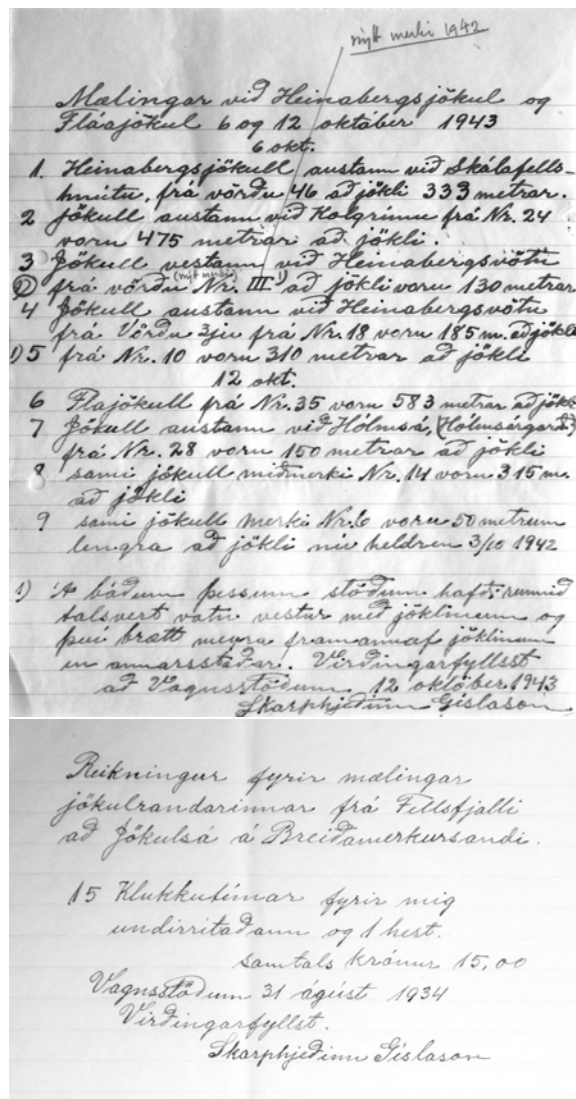
Jökulsporðamælingarnar voru afar vel heppnaðar og verkefnið var einfalt og viðráðanlegt með vinnufúsum höndum. Framan af fékk Jón heimamenn sem bjuggu í grennd við jökla, venjulega bændur, til þess

að annast mælingar. Það reyndist honum auðvelt að fá menn í lið með sér en Jón var á þessum tíma landskunnur maður og vel liðinn. Sjálfur fór hann gjarnan með heimamönnum í fyrstu ferðirnar, lagði lín-

ur og hlóð vörður sem fastmerki við jökulsporðana. Af dagbókum hans er ljóst að hann heimsótti staðina mörgum sinnum og fylgdi verkefninu mjög samviskusamlega úr hlaði. Jöklana inn til landsins vitjaði hann oftast um sjálfur, en í einhverjum tilfellum tóku bændur í leitum að sér að mæla stöðu sporðanna. Mælingaskýrslur komu oftast í bréfum til Jóns og fylgdi í mörgum tilvikum hóflegur reikningur frá viðkomandi mælingamanni fyrir ómakið (5.–7. mynd). Skarphéðinn Gíslason (1895–1974) var ötull mælingamaður og á seinni hluta þess tímabils sem hann sinnti þeim vitjaði hann um margar stikur (Brókarjökull, Birnudalsjökull, Eyvindstungnajökull, Skálafellsjökull, Heinabergsjökul og Fláajökull) og heimsótti suma mælistaði nokkrum sinnum á ári. Reikningar hans frá 4. áratug síðustu aldar hljóðuðu upp á 1 kr/klst (eða um 15 kr fyrir dagsverkið) og var það gjaldið fyrir hann og einn hest. Samkvæmt útreikningum út frá verðlagsreiknivél Hagstofunnar samsvarar 15 kr þess tíma tæplega 7000 kr nú á dögum. Má til gamans geta þess að sjálfbóðaliðar félagsins fá í dag greiddan bensínstyrk upp á 7500 kr. Jón var gjarnan hlaupastrákur fyrir landsbyggðarmenn ýmissa erinda í höfuðborginni. Sumir mælingamenn leystu út launin sín í bókum, tímaritum, tjöldum og öðrum búnaði sem Jón sá um að kaupa. Bréfaskipti Jóns við einstaka menn er efni í heilar bækur.

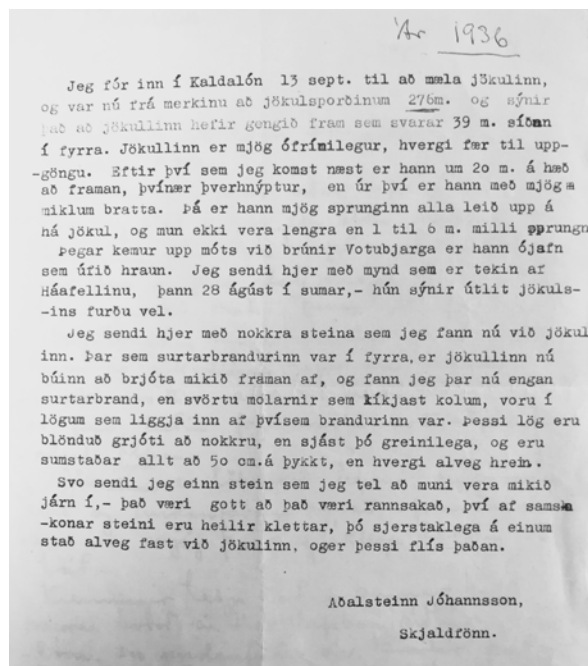
Í skýrslum eða bréfum mælingamanna, sem stundum birtust undir dálkunum *Bréf til Jökuls* í Jökli, eru nákvæmar lýsingar á breytingum á jökulsporðum, landslaginu framan þeirra, hvernig jökulsker stækka eftir því sem jökullinn þynnist og hörfar, tilfærsla á útföllum jökulánna, framhlaupum og jökulhlaupum, snjóalögum og veðri. En í mörgum þeirra bar fleira á góma og voru sumir bréfitrarar gíska rítfærir. Í bréfum þessum eru gjarnan nefnd tíðindi úr héraði og, ekki síst, horfur um eyðingu byggðar eins í Norður-Ísafjarðarsýslu. Er á engan hallað þó að Skarphéðinn Gíslason á Vagnstöðum í Suðursveit sé nefndur fyrir einstök afköst í bréfaskriftum. Meðal bréfitara voru Guðmundur Guðjónsson (1910–1984) í Paralátursfirði, Guðfinnur Jakobsson (1915–2005) í Reykjarfirði á Hornströndum (8. mynd) og Hallgrímur Jónsson (1902–1988) á Dynjanda í Leirufirði en þeir tveir síðastnefndu fluttu síðastir manna hvor úr sinni sveit.

Ekki er kunnugt um að bréf Jóns til mælingamanna hafi varðveist. Það væri áhugavert fyrir sögu Jökla-
rannsóknafélagsins ef slík bréf leyndust einhvers staðar í fórum afkomenda sporðamælingamanna.



5. mynd. Mælingaskýrsla Skarphéðins Gíslasonar á Vagnstöðum frá 1935 og reikningur fyrir sporðamælingu frá 1934. – Top: The measurement report of Skarphéðinn Gíslason farmer at Vagnsstaðir since 1935. Below: Invoice for terminus measurements carried out by Skarphéðinn Gíslason in 1934.

Aðalsteinn Jóhannsson (1909–1993) á Skjaldfönn í Skjaldfannardal sem mældi einna lengst allra, skrifaði einnig löng bréf (6. mynd), en oft á tíðum bárust Jóni þéttskrifaðar 8–10 blaðsíður. Í seinni tíð hafa bréf sonar hans, Indriða Aðalsteinssonar á Skjaldfönn, borið af í náttúru lýsingum, að öðrum ólöstuðum. Auk framvindu sporðabreytinga á Kaldalónsjökli, eru þar lýsingar á músagangi, fjölda rjúpna, berjasprettu, veðri og fallþunga dilka hver árs. Einar Gunnlaugsson og fjölskylda tóku við mælingum á sporði Sólheimajökuls árið 1997 og hafa lengi skilað nákvæmum skýrslum sem skreyttar eru fjölda ljósmynda og korta.



6. mynd. Mælingaskýrsla Aðalsteins Jóhannssonar á Skjaldfönn frá 1936. – *The measurement report of Aðalsteinn Jóhannsson farmer at Skjaldfönn since 1936.*

Nokkrir bændur sinntu mælingum í marga áratugi og mældu sumir fleiri en einn jökulsporð. Guðlaugur Gunnarsson (1924–2013), fyrrum bóndi í Svínafelli, sinnti sporðamælingum lengst allra, eða samfelld í 60 ár (tafla 1 og 9. mynd). Hann hóf að mæla stöðu Svínafellsjökuls árið 1947. Hann mældi jökul-

inn lengst af á fimm stöðum, en einungis ein mælilína hefur verið notuð frá árinu 1981. Guðlaugur sinnti einnig sporðamælingum á Skaftafellsjökli, Falljökli og Virkisjökli. Hann notaði garnspotta sem festur var við járnþípu og rakti að jökli. Á þennan hátt var vegalengdin mæld að sporði og hvort jökullinn hafi hoptað eða skriðið fram hvert ár. Í töflu 1 er yfirlit um þá sem lengst hafa sinnt sporðamælingum. Vert er að taka fram að í nokkrum tilfellum hefur hafa mælingar haldist innan sömu fjölskyldu frá upphafi, t.d. á Reykjarfjarðarjökli og Skeiðarárjökli vestanverðum.

G J Ö L D.			
1. Þóman fyrir mælingar.			
a. Benedikt Kr. Benediktsson, Dýmda	..	..	kr. 25.00
b. Guðm. Guðjónsson, Paraláturfirði	..	..	" 40.00
c. Hjálmtýr Pjeturason, Reykjavík	..	..	" 30.00
d. Eggert Ólafsson, Sandgerði	..	..	" 30.00
e. Haraldur Jónsson, Guðurvík	..	..	" 65.00
f. Matti Óvald Sabjörnsson, Ólafsvík	..	..	" 10.00
g. Guðm. Björnsson, Skaftafelli	..	..	" 20.00
h. Hannes Jónsson, Mústað	..	..	" 30.00
i. Rúnólfur Jónsson, Sandfelli	..	..	" 20.00
j. Björn Pálsson, Krískerjum	..	..	" 70.00
k. Skarphéðinn Ólafsson, Vagnastöðum	..	..	" 40.00
l. Helgi Arason, Fagurhólaeyri	..	..	" 20.00
m. Leifur Guðmundsson, Hoffelli	..	..	" 70.00
n. Aðalsteinn Skjaldal, Skjaldfönn	..	..	" 15.00 485.00
2. Hurðargjald og efnaheiti.			
a. Stígal, Ólafsvík	..	..	" 1.60
b. Samkvæmt póstkviðnum	..	..	" 4.95 6.55
3. Sérleg.			
a. Heliendur "Verðandi" 12.- + 1.50	..	..	" 13.50
b. Málning á jökulmæði "Málning" 4.95 + 9.05	..	..	" 14.00
c. Heliðstíkur "Völundur"	..	..	" 3.20
d. Vélritun, Dagbjartur Ólafsson	..	..	" 6.00
e. " " "	..	..	" 12.00 48.70
4. Hljf reikningshaldara	..	..	59.75
Samtals krónur:			600.00

7. mynd. Gjöld vegna jökulamælinga árið 1935, reikningur sem Jón Eypórsson sendi til Náttúrufræðideildar menningarsjóðs. – *Expenses for glacier measurements during the year 1935, which Jón Eypórsson sent to the Natural Science Department of the Cultural Fund.*

Nú fylgjast sjálfbóðaliðar Jöklarannsóknafélagsins með breytingum á um 50 mælistöðum á hverju ári. Þéttbýlisfólki hefur á síðari árum fjölgaði í liði sporðamælingamanna en bændum að sama skapi fækkað. Er skrá yfir starfsstéttir í þeim hópi mjög fjölbreytt: bifvélavirki, bóndi, húsfreyja, hæsta-

réttardómari, jarðfræðingur, jöklafræðingur, kennari, framhaldsskólanemi, læknir, smiður, flugmaður, ljósmyndari, veðurfræðingur, verkfræðingur, þjóðgarðsvörður, landslagsarkitekt, landvörður, leiðsögu- maður og margar fleiri. Hver sem er getur mælt sporðabreytingar með góðum árangri en samvisku- semi og áhugi eru æskilegir þættir í fari þess sem mælir. Sporðamælingamenn eru yfirleitt ekki einir á ferð, en mælingarnar eru gjarnan útfærðar sem hóp- verkefni, þar sem fjölskyldumeðlimir eða vinir fara saman að jöklinum.



8. mynd. Oddur Sigurðsson og Guðfinnur Jakobsson ráða ráðum sínum á gúmmístígvelunum sem henta vel til jöklagöngu í Reykjarfirði. – *Oddur Sigurðsson geologist and Guðfinnur Jakobsson former farmer at Reykjarfjörður consult with one another, wearing the standard rubber boots, perfectly suited for glacier hikes.* Ljósmynd/Photograph: Kolbrún Svala Hjaltadóttir, 11. ágúst 1991.

Að beiðni Helga Torfasonar, jarðfræðings, var Framhaldsskólinn í Nesjum í Hornafirði fenginn til að mæla sporð Heinabergsjökuls á Mýrum og fleiri jökla og hófst það verk árið 1990. Oddur Sigurðsson fylgdi mönnum úr hlaði í þessu verkefni og leiðbeindi um mælingarnar. Framan af hafði Eyjólfur Guðmundsson, skólameistari, yfirumsjón með því ársbundna verki en síðar tók við Hjördís Skírnisdóttir, kennari. Á síðustu árum hefur hún notið aðstoðar Snævarrs Guðmundssonar á Náttúrustofu Suðausturlands. Árið 2010 tók Jón Stefánsson, kennari við Hvolsskóla, að mæla Sólheimajökul árlega upp á eigin spýtur með nemendum grunnskólans og hefur það verkefni staðið án hlés síðan. Er unnið að því að bæta þeim gögnum inn í sporðamælingagagnasafn félagsins.

Ljóst er að starfsumhverfi sporðamælingamanna hefur breyst mikið á þessum 90 árum sem liðin eru frá því að Jón setti upp fyrstu jöklamerkin. Í mörgum tilfellum kostuðu mælingarnar mikla fyrirhöfn, sumir fóru langar dagleiðir, sem gat falið í sér að vaða straumvötn og talsverðar fjallgöngur. Eins var mikilvægt geta brugðið sér af bæ þegar veðrið varð hagstætt til mælinga. Nú fara margir akandi langleiðina að sínum jökulsporði, en þó nota menn tækifærið í göngum að hausti til þess að mæla stöðu sporðs Gljúfurárjökuls. Enn þann dag í dag er talsverð fyrirhöfn að mæla t.a.m. sporð Reykjarfjarðarjökuls, en mælingamenn hafa ýmist flogið eða siglt norður í Reykjarfjörð, mælt sporðinn og gengið svo yfir Drangajökul niður í Kaldalón. Eru mælingarnar jafn áreiðanlegar nú sem fyrr, enda mælingamenn vandvirkir, samviskusamir og athugulir.

Nokkrir sporðamælingastaðir hafa bæst við á síðustu árum, og þá aðallega vegna þess að fjölgaði í hópi áhugasamra mælingamanna. Hefur fólki þá gjarnan verið úthlutað nýjum mælistöðum sem voru með öllu ókannaðir áður og ekki í alfaraleið. Má segja að með aukinni jeppaferðamennsku hafi bæst við mælistaðir sem hafa krafist lengri ferðalaga um ótroðnari slóðir. Í seinni tíð hafa fleiri sett sig í samband við félagið og óskað eftir því að taka jökul í fóstur. Má líklega rekja það til aukins áhuga á fjallgöngum og útivist sem og aukinnar meðvitundar um loftslagsbreytingar.

Tafla 1. Yfirlit yfir þá sporðamælingamenn sem lengst hafa sinnt mælingum. Sumir þeirra hafa tekið að sér fleiri en einn jökulsporð; nokkrir mælistaðir á Skeiðarárjökli, til vestur Örfæfasveitar teljast Skaftafellsjökull, Svínafellsjökull, Virkisjökull og Falljökull, til austur Örfæfasveitar Kvíárjökull, Hrutárjökull, Fjallsjökull og vestanverður Breiðamerkurjökull. – *Glacier termini observers holding the longest records of monitoring. Some of them measured more than one glacier; a few sites on Skeiðarárjökull, west Örfæfi includes Skaftafellsjökull, Svínafellsjökull, Virkisjökull and Falljökull, to eastern Örfæfi belong Kvíárjökull, Hrutárjökull, Fjallsjökull and western Breiðamerkurjökull.*

Mælingamaður	Jökull	Tímabil
Hannes Jónsson	Vestanverður Skeiðarárjökull	1932–1957 (25 ár)
Aðalsteinn Jóhannsson	Kaldalónsjökull	1936–1981 (45 ár)
Ragnar Stefánsson	Skeiðarárjökull	1943–1979 (36 ár)
Guðlaugur Gunnarsson	Jöklar í Örfæfum (vestur)	1947–2007 (60 ár)
Flosi Björnsson	Jöklar í Örfæfum (austur)	1948–1991 (43 ár)
Guðfinnur Jakobsson	Reykjarfjarðarjökull	1948–1994 (46 ár)
Eyjólfur Hannesson	Vestanverður Skeiðarárjökull	1958–1994 (36 ár)
Valur Jóhannesson	Sólheimajökull	1966–1996 (30 ár)
Hallsteinn Haraldsson	Jökulháls og Hryningsjökull	1975 og er enn að (45+ ár)
Leifur Jónsson	Múlajökull og Nauthagajökull	1981 og er enn að (39+ ár)
Indriði Aðalsteinsson	Kaldalónsjökull	1982–2014 (32 ár)
Bragi Skúlason	Sátujökull	1983–2015 (32 ár)



9. mynd. Guðlaugur Gunnarsson fyrrum bóndi í Svínafelli festir 50 m garnspotta við jöklamerki 143 framan Skaftafellsjökuls. – *Guðlaugur Gunnarsson former farmer at Svínafell in front of Skaftafellsjökull, tying a 50 m piece of string (yarn) to a iron pole (glacier mark number 143) and tracing the distance to the glacier with it, thereby determining whether the glacier had advanced or retreated.* Ljósmynd/Photograph: Oddur Sigurðsson, 11. október 1996.

Umsjónarmenn sporðamælinganna

Jón Eyþórsson hafði umsjón með jökulsporðamælingunum á meðan honum entist aldur. Fyrstu tvo áratugina sinnti hann verkefninu á eigin vegum en við stofnun Jöklarannsóknafélagsins 1950 færðist umsjón mælinganna yfir til félagsins. Eftir að hann lést, tók Sigurjón Rist (1917–1994) vatnamælingamaður á Orkustofnun við (1. mynd). Jón hafði látið gera þríhyrndar plötur úr málmi með merki félagsins til að setja á stöng við sporðamælingastaði. Nú virðast allar þessar plötur vera glataðar. Sigurjón lét gera járnstengur með eirkraga efst og í kragann var þrykkt heiti félagsins „JÖRFI“ og númer mælistaðarins (9.–11. mynd). Þessar járnstengur eru enn víða að finna við

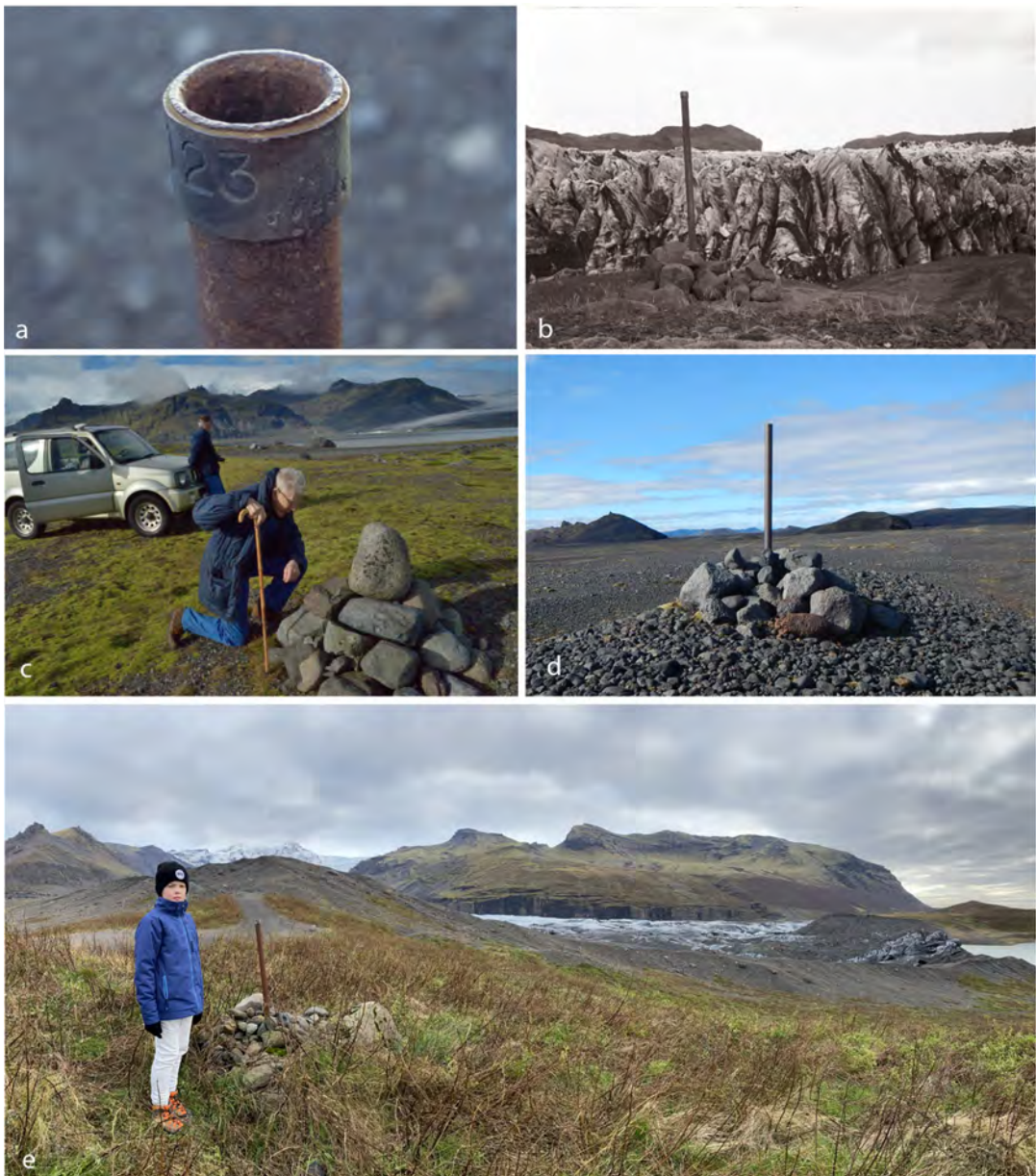
jökulsporða og hafa þær reynst endingargóðar. Eftir að Sigurjón lét af störfum árið 1987 tók við Oddur Sigurðsson jarðfræðingur á Orkustofnun og síðar á Veðurstofu Íslands og annaðist sporðamælingarnar til ársins 2015. Bergur Einarsson jarðeðlisfræðingur tók við umsjón mælinganna af Oddi en árið 2019 tók Hrafnhildur Hannesdóttir jöklafræðingur á Veðurstofnunni við af honum.

Framkvæmd sporðamælinga

Jökulsporðamælingar eru einfaldar í framkvæmd og skila áreiðanlegum niðurstöðum. Mælingamenn vitja síns jökuls á haustmánuðum, en þá hefur mestan snjó tekið upp og mikilvægt að geta greint jaðarinn áður en fer að snjóa að nýju. Koma þarf upp a.m.k. tveim



10. mynd. T.v. Helgi Torfason við mælingar á Brókarjökli, jöklamerki á járnstöng. Ljósmynd/Photograph: Oddur Sigurðsson, 3. nóvember 1989. T.h. Bergur Pálsson og Steinn Bergsson við sama merki rúmlega 20 árum síðar. Ljósmynd/Photograph: Bergur Pálsson 23. október 2010. – *Left: Helgi Torfason measuring the position of terminus of Brókarjökull, glacier reference point marked with an iron pole in the foreground. Right: Bergur Pálsson and his son by the same reference point some 20 years later.*



11. mynd. a) Jöklamerki nr. 123 á járnstöng framan Svínafellsjökuls. Ljósmynd: Oddur Sigurðsson. b) Járnstöng og jöklamerki framan Sólheimajökuls. Ljósmynd: Valur Jóhannesson 6. október 1974. c) Helgi Björnsson (1925–2015) bóndi á Kvískerjum krýpur hér við vörðu sem sýnir hvar fransk-íslenski Vatnajökulsleiðangurinn lagði af stað upp á Breiðamerkurjökul, árið 1951, Hálfðán bróðir hans (1927–2017) stendur við bílinn. Ljósmynd: Snævarr Guðmundsson, 26. september 2011. d) Jöklamerki sunnan Nýjafells framan Tungnaárjökuls. Ljósmynd: Hlynur Skagfjörð Pálsson 18. ágúst 2018. e) Hugi Þeyr Þórarinnsson stendur við jöklamerki 124 framan Svínafellsjökuls í Örafum, en það var líklega sett upp 1968. Ljósmynd: Svava Björk Þorláksdóttir, 19. október 2019.

Figure 11. left. – a) Glacier reference point number 123 in front of Svínafellsjökull in Öraefi. Photograph: Oddur Sigurðsson. b) Iron pole and glacier mark in front of Sólheimajökull. Photograph: Valur Jóhannesson, October 6 1974. c) Helgi Björnsson (1925–2015) farmer at Kvísker kneels down by a cairn showing where the French-Icelandic Vatnajökull expedition departed from on Breiðamerkursandur in 1951. Hálfván, his brother (1917–2017), is seen in the background. Photograph: Snævarr Guðmundsson, September 26 2011. d) Glacier mark south of Nýjafell in front of Tungnaárjökull. Photograph: Hlynur Skagfjörð Pálsson, August 18 2018. e) Glacier mark number 124 on the iron pole in front of Svínafellsjökull, probably put up in 1968. Photograph: Svava Björk Þorlákssdóttir, October 19 2019.



12. mynd. T.v. Þríhyrind skrefamælistika sem geymd er í Reykjafríði, en hana notaði Guðfinnur Jakobsson til þess að mæla fjarlægð frá vörðu að jökulrönd. T.h. Ragnar Heiðar Þrastarson tekur við „mælingakeflinu“ úr hendi föður síns, Þresti Jóhannssyni, sem tók við mælingunum af Guðfinni (föðurbróður sínum). Fótabúnaður mælingamanna Reykjarfjarðarjökuls er frábrugðinn þeim sem fyrirrennarnar þeirra notuðu. Ljósmyndir: Ragnar Heiðar Þrastarson, 26. september 2020. – *Triangular striding stick stored in Reykjarfjörður, used by Guðfinnur Jakobsson to measure the distance to the glacier from the cairn (to the left). Passing the glacier monitoring “torch” on to the next generation, Ragnar Heiðar Þrastarson will continue the monitoring, follow in the footsteps of his father Þrestur Jóhannesson (Guðfinnur was his uncle). Their footwear is slightly updated compared to the rubber boots of their predecessor (to the right).*

fastmerkjum og skal annað þeirra vera svo langt frá jökli að engin hættu sé á að jökullinn geti gengið yfir merkið í bráð. Þessi tvö merki skilgreina línu og á að mæla breytinguna eftir henni. Ef jökullinn sveigir þarf línan að fylgja honum til þess að gefa rétta mynd af breytingum jökulsins.

Oftast hefur verið mælt frá fastmerki, t.d. hlaðinni vörðu, stiku eða járnstöng, að jökuljaðri með málbandi eða spotta (9.–13. mynd). Í nokkrum tilvikum var notað band af þekktri lengd, eða vegalengdin jafnvel skrefuð. Til eru dæmi um sérsmíðuð tæki til þessarar mælinga, svo sem þríhyrnda stiku

sem snúa má um handfang þannig að hún skrefi nákvæmlega einn metra við hvern snúning. Stikan var lengi notuð við mælingar á Reykjarfjarðarjökli og er enn til (12. mynd). Viðmiðunarpunktar eru færðir að eða frá jöklinum í samræmi við hop eða framgang til þess að viðhalda hæfilegri fjarlægð. Fjarlægð frá viðmiðunarpunkti að jökli er oftast nokkrir tugir til hundruð metra. Við stærri jökulsporða var stundum mælt á nokkrum stöðum og reiknað meðaltal í breytingu sporðsins. Á undanförunum árum hefur verið unnið að því að hnitsetja gamlar vörður og önnur jökla-merki (14. mynd).



Þegar jöklar hörfa breytast aðstæður við sporðinn og á mörgum stöðum hafa myndast lón þvert á mælisnið. Um 1960 tók að myndast lón við Breiðamerkurjökul, miðja vegu milli Jökulsárlóns og Breiðárlóns, við Nýgræðukvíslar. Frá því rann kvísl austur í Jökulsárlón en lón þetta hvarf nokkrum árum síðar. Flosi Björnsson (1906–1993) á Kvískerjum, sem sinnti jöklamælingum þarna, hafði nokkru áður flutt merkjaröðina vestur fyrir lónið (15. mynd). Þetta var ekki eina skiptið sem hliðra varð merkjaröðinni vegna lóna við jökuljaðarinn. Bræðurnir á Kvískerjum færðu mæilínuna með því að setja niður ný merki hornrétt frá vörðum og byrja á annarri línu án þess að tapa samfellu fyrri mælinga. Austan Jökulsárlóns tókst nokkuð vel að halda merkjaröðinni fram til um 1959 en eftir að lón tóku að myndast við jökuljaðarinn varð að hliðra merkjunum til austurs. Að lokum varð sjálfhætt á þessari línu vegna Stemmulóns og tekinn upp mæilína nær Fellsfjalli (15. mynd).

Í seinni tíð hafa GPS-staðsetningatæki tekið við af málbandinu og hefur það gefist vel. Aðstæður við marga jökulsporða þróast nú á svipaðan hátt. Jöklarnir hörfa í hlýnandi loftslagi og sporðlón myndast í dæld-

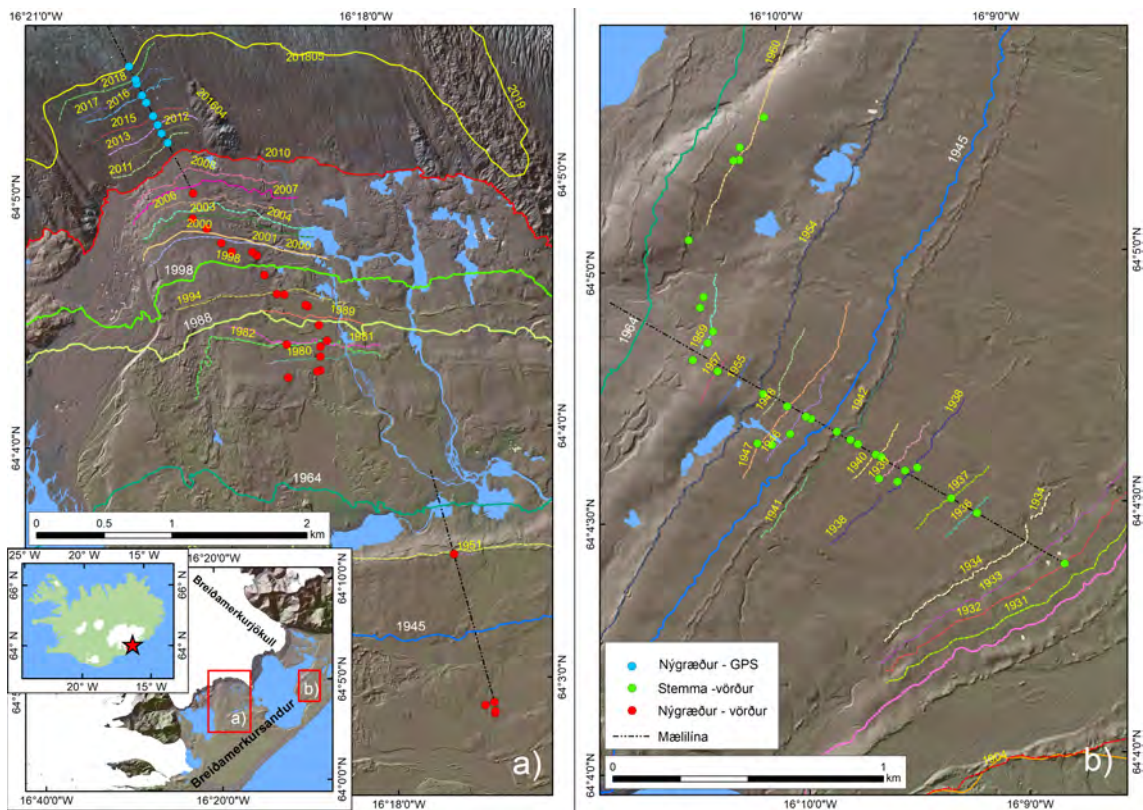
um sem þeir hafa sorfið í undirlag sitt. Slík lón torveldast aðgengi að sporðinum og geta hindrað mælingar. Á undanförunum árum hefur verið brugðist við með að nota fjarlægðarkíki til þess að mæla vegalengd að jökuljaðrinum, eftir ákveðinni stefnu frá föstu merki framan við lónið. Unnt er að mæla breytingar á jöklinum með fjarkönnun svo sem gervihnattamyndum og loftmyndum sem er allgóð aðferð, ekki síst ef mælingar með GPS-tæki eru torveldar. Fjarkönnun er þó ekki í öllum tilfellum eins nákvæm og mæling á stöðu sporðsins á vettvangi.

Vandamál tengd sporðamælingum við jökul sem gengur út í lón eru ekki ný af nálinni. Ragnar Stefáns-son í Skaftafelli lýsir mælingu á Morsárjökli árið 1960 svo: „Við merkið hjá Merkifelli hefur nú myndast allstórt lón, svo þar eru ekki tiltök að mæla. Telja má, að lón hafi myndast nær óslitið meðfram öllum jöklinum, austan frá Skorum og vestur undir Miðfell. Aðeins á einum stað er allhár malarhryggur, sem skiptir lóninu í sundur. Þar setti ég nýtt merki, 50 m frá jökli. Við miðmerkið reyndi ég að koma á mælingu, með því að ég óð yfir meiripart af lóninu og kastaði síðan streng yfir skoru við jökulskörina, sem ekki var væð.“

13. mynd. Mælingamenn að störfum. – a) Sporðamæling Gígjökuls, Ármann Ingi Sigurðsson (t.v.) og Sveinn Svavarsson (t.h.) við mælitækið. Ljósmynd: Páll Bjarnason, 27. nóvember 2009. b) Bragi Skúlason við eina af sporðamælingavörðunum norðan Sátujökuls. Ljósmynd: Valgeir Steinn Kárasen, 22. september 2011. c) Sporðamæling Bægisárjökuls upp á gamla mátann, spotti festur í vörðuna. Framhaldsskólakennarar við MA aðstoða við mælinguna. Ljósmynd: Jónas Helgason, 1. september 2010. d) Jónas Helgason hvílir sig við vörðu framan við Hálsjökul í Svarfaðardal. Ljósmynd: Þórir Haraldsson, 11. september 1990. e) Mælistika nr. 160 við einn af hinum stórgerðu jökulgörðum Skálafellsjökul, Sigfinnur Snorrason við sporðamælingu. Ljósmynd: Oddur Sigurðsson, 10. október 1992. f) Sporðamæling Búrfellsjökuls á Tröllaskaga í hópi góðra samferðamanna. Ljósmynd: Sveinn Brynjólfsson, 17. september, 2017. g) Hagafellsjökull eystri mældur, Jóhanna Katrín Þórhallsdóttir tilbúin í jökлагöngu. Ljósmynd: Einar Ragnar Sigurðsson, 8. október, 2007. h) Jón Baldursson og Auður Sif Jónsdóttir mæla fjarlægð að Króksjökli með spotta. Ljósmynd: Kristjana Eyþórsdóttir, 20. ágúst 2003. – *In the field.* – a) *Terminus measurements of Gígjökull (N-Eyjaflajökull).* Photograph: Páll Bjarnason, November 27, 2008. b) *Measurement cairn north of Sátujökull (N-Hofsjökull).* Photograph: Valgeir Steinn Kárasen, September 22, 2011. c) *Measuring Bægisárjökull on Tröllaskagi.* Photograph: Jónas Helgason, September 1, 2010. d) *Jónas Helgason resting by the cairn in front of Hálsjökull in Svarfaðardalur (N-Iceland).* Photograph: Þórir Haraldsson, September 11, 1990. e) *A glacier sign by one of the coarse moraines of Skálafellsjökull (S-Vatnajökull).* Photograph: Oddur Sigurðsson, October 10, 1992. f) *A group measuring the termini of Búrfellsjökull on Tröllaskagi.* Photograph: Sveinn Brynjólfsson, September 17, 2017. g) *Terminus measurements of Hagafellsjökull eystri (S-Langjökull).* Photograph: Einar Ragnar Sigurðsson, October 8, 2007. h) *Measuring the terminus of Króksjökull (E-Langjökull) the old way, by tying a piece of string to the reference point.* Photograph: Kristjana Eyþórsdóttir, August 20, 2003.



14. mynd. d) Ein af mælivörðunum sem Kvískerjabræður hlóðu á Breiðamerkur-sandi, Suzuki-jeppi bræðranna í bakgrunni, Helgi og Hálfðán vinstra megin við hann. Unnið er að því að hnitsetja öll jöklamerki með GPS-tækjum. Ljósmynd/Photograph: Snævarr Guðmundsson 26. september 2011. – One of the measurement cairns which the brothers of Kvísker built in front of Breiðamerkurjökull, their Suzuki jeep in the background as well as two of the brothers. Work is ongoing to register the GPS coordinates of the reference cairns and poles.



15. mynd. Röð jöklamerkja framan Breiðamerkurjökuls, vestan Jökulsárslóns (Nýgræður) (t.v.) og austan lóns-ins (vestan Stemmu) (t.h.). Bláu hringirnir tákna að staða sporðsins hefur verið áætluð út frá gervihnattamyndum og GPS mælingu á vettvangi. Grænu og rauðu hringirnir tákna vörður sem hlaðnar hafa verið upp framan jökuls. Merkin hafa verið flutt mörgum sinnum síðan sporðamælingar hófust á sandinum, enda hefur jökullinn hörfað um 5–6 km á því tímabili sem mælingarnar ná yfir. Heimild: Kortagrunnur Landmælinga Íslands (is50v).

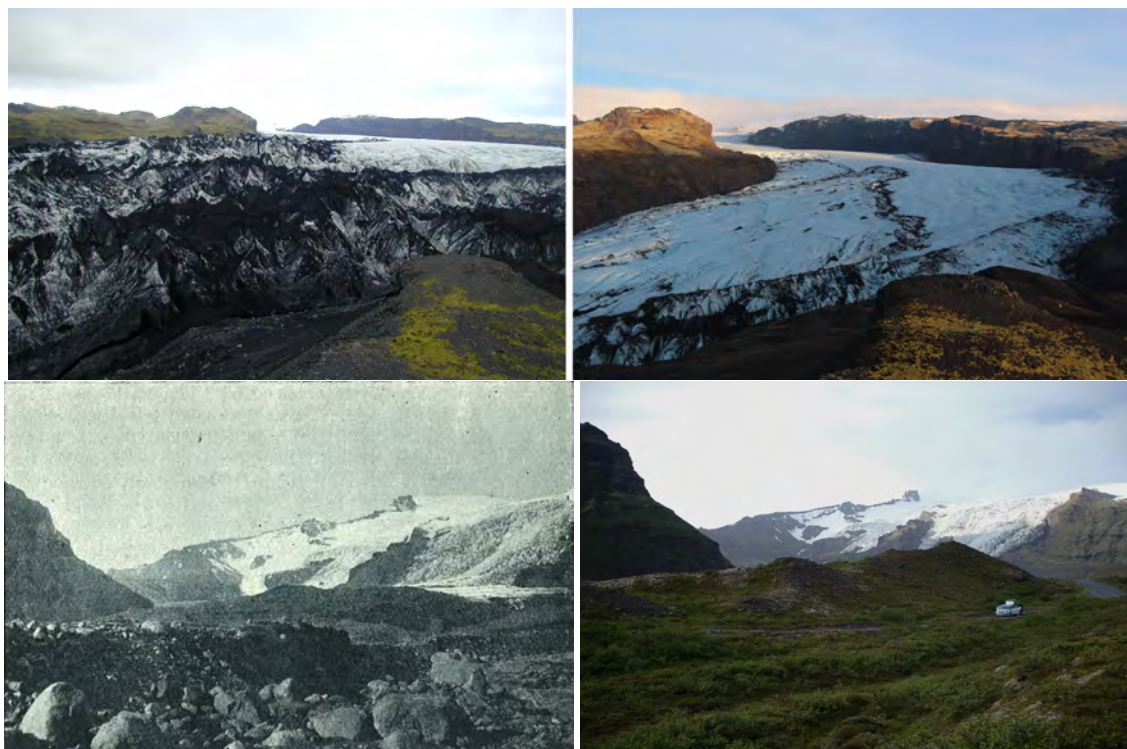
Jón Eypórsson skrifar í framhaldi: „Þetta er gott dæmi þess, hve miklum erfiðleikum það getur verið bundið fyrir einn mann að framkvæma mælingar við jökulsporða, sem liggja fram á flata sanda“, (Jón Eypórsson, 1960).

Stundum truflar sporðamælingarnar að jökullinn getur skilið eftir dauðisfláka (ís sem missir tengingu við jökulinn og hættir að skriða) misgrafna í möl og sandi við sporðinn. Þá getur verið erfitt að greina dauðis frá jöklinum sjálfum og meta hvort um raun-

verulegan jökuljaðar sé að ræða. Helsta lausnin er staðþekking sporðamælingafólks sem kemur að sama jökuljaðrinum ár eftir ár. Þó erfitt sé að marka jaðarinn tiltekið ár er líklegt að ári seinna megi sjá hvar breytingar séu að eiga sér stað og hvað sé raunverulegur jaðar jökulsins.

Mælingamenn eru hvattir til að taka ljósmyndir af jökulsporðinum í hverri ferð frá sama sjónarhorni og hafa nokkrar mjög áhugaverðar myndaraðir litið dagsins ljós (16. og 17. mynd). Ljósmyndir sem sýna

Figure 15. left. – The line of reference points in front of Breiðamerkurjökull has repeatedly been shifted since the start of the terminus monitoring; to the left: west of Jökulsárlón glacier lagoon (at Nýgræður), to the right: east of the lagoon (west of Stemma). The glacier front has retreated by 5–6 km during this period. Blue circles indicate terminus positions determined from satellite images and GPS measurement in the field. Green and red circles mark positions of cairns. Source: Base Map data of the National Land Survey of Iceland (is50v).



16. mynd. Samanburðarmyndir af jökulsporðum. Ofar: Sýn norður yfir sporð Sólheimajökuls frá Jökulhaus. Neðar: Falljökull og Virkisjökull. – Photographic comparison of measured termini at different times. Top: View towards north over Sólheimajökull from Jökulhaus. Below: Falljökull and Virkisjökull. Ljósmyndir/Photographs: Ofar/Top: Einar Gunnlaugsson, 20. október 2000 og 25. nóvember 2018. Neðar/Below: Jón Eypórsson 1930, Hrafnhildur Hannesdóttir, 3. júlí 2019.



17. mynd. Samanburðarmyndir af jökulsporðum. Ofar: Horft austur yfir Fjallsjökul og Breiðamerkurjökul. Neðar: Svínafellsjökull og Hrútsfjallstindar í fjarska. – *Photographic comparison of measured glacier termini at different times. Top: Looking east towards Fjallsjökull and Breiðamerkurjökull. Below: Svínafellsjökull and Hrútsfjallstindar in the distance.* Ljósmyndir/Photographs: Ofar/Top: Kvískerjabræður, 1938, Snævarr Guðmundsson, 27. september 2016. Neðar/Below: Ólafur Magnússon, 1925–1940, Hrafnhildur Hannesdóttir, 1. október 2019.

breytingar ár frá ári eru mikilvægar, bæði til þess að koma á framfæri auðskiljanlegum upplýsingum um jöklabreytingar, og ekki síður fyrir vísindalega skrásetningu. Best er að myndir séu teknar frá nákvæmlega sama sjónarhorni, í sömu stefnu og með sama aðdrætti (sömu brennivídd). Algengt er að mælingunum fylgi lýsing á breytingum á svæðinu við jökulsporðinn. Lýsingar sem þessar eru gagnlegar viðbótarupplýsingar í vöktun jökla landsins og ljóst að ekki er hægt að skrásetja allar breytingar út frá fjarkönnunargögnum einum saman.

Undanfarin ár hafa orðið miklar framfarir í staðsetningartækni og nú skila venjuleg GPS leiðsögutæki og snjallsímar með GPS-móttakara láréttri staðsetningu með nákvæmni upp á ± 5 m. Þessi tæki má því nota til árlegra mælinga á jökulsporðum með viðun-

andi nákvæmni. Þetta gefur einnig möguleika á frekari gagnaöflun til viðbótar við fyrri mælingar á fjarlægð jökuljaðars frá föstu merki. Hægt er að skrásetja mæliferil af stöðu sporðsins með því að ganga eftir jaðrinum með GPS-tæki. Með skilgreiningu á viðmiðunarlínu þvert á miðjan jökulsporðinn má þá draga fram árlega breytingu sem eina tölu fyrir hop eða framgang í samræmi við fyrri mælingar eftir eldri mælinunni og tryggja með því samfellu gagnasafnsins. Mikilvægt er að mælinur (varðaðar og skilgreindar út frá GPS-punktum) (i) liggi samsíða meginríðstefnu jökulsins, (ii) liggi þvert á jökulsporðinn á stað sem er lýsandi fyrir breytingar á honum á nokkuð stóru svæði, (iii) séu aðgengilegar og (iv) séu nýtilegar án endurskilgreiningar fyrir talsverðar breytingar í stöðu sporðsins.

Með skilgreindri miðlínu er hægt að bera saman sporðamælingar og jökuljaðra út frá fjarkönnunargögnum, kortum og jökulgörðum frá ákveðnum tímum. Þannig er hægt að lengja sporðamælingaraðirnar aftur í tímann, jafnvel til loka 19. aldar. Afar litlar upplýsingar eru um jöklabreytingar á fyrstu áratugum 20. aldar, eftir að flestir jöklar höfðu náð hámarksstærð um 1890. Það er fyrst á gervihnattaöld sem fjarkönnunargögn veita upplýsingar á hverju ári. Hnitsettar mælilínur gefa einnig möguleika á að (i) nýta sporðamælingarnar til þess að sannreyna hnitun jökuljaðra af loft- og gervihnattamyndum og (ii) að nýta fjarkönnunargögn til þess að fylla inn í eyður í sporðamæliröðunum. Í einhverjum tilfellum hefur þessi aðferð verið notuð þegar mælingamenn hafa átt erfitt um vik að fara til mælinga eða aðgengi hefur verið erfitt.

Helsta hagræðingin af notkun GPS-tækja er minni þörf á að viðhalda föstum merkjum framan við jökulinn. Það hefur oft verið erfitt vegna þess hversu kvíkt landslag framan við jökla er, m.a. vegna vatnagangs, dauðiss eða vatnsósa aurs. Við Sólheimajökul hefur í seinni tíð verið til vandræða að ferðamenn hrófla við jöklamerkjum. Á fjölsóttum stöðum þyrfti að biðja ferðamenn um að raska ekki mælingavörðum. Ekki er alls staðar hægt að mæla jökuljaðarinn með því að ganga meðfram honum með GPS-tæki, t.d. þar sem sporðlón hindra för, jökultungan sprungin eða vegna aurbleytu. Á þeim stöðum verður áfram að notast við punktmælingar eftir skilgreindri mælilínu með öðrum aðferðum, svo sem fjarlægðarkíki.



Breytingar á jökulsporðum

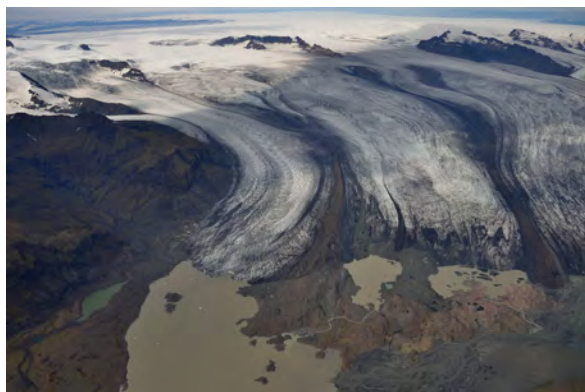
Breytingar á jökulsporði eru niðurstaðan af fjölmörgum áhrifabáttum veðurfars og eðlisþátta jökulsins. Þar leikur veðurfar samt stærsta hlutverkið og þeir þættir sem hafa mest áhrif á afkomu jökla eru geislun, sumarihti og vetrarúrkoma. Aðrir þættir en loftslag geta haft veruleg áhrif á afkomu jökla. Þeirra helstir eru (Cuffey og Paterson 2010, Tómas Jóhannesson o.fl. 2020; Guðfinna Aðalgeirsdóttir o.fl. 2020; Dragiosic o.fl. 2016; Guðmundsson o.fl., 2004):

- 1) Lón sem brjóta stór og smá stykki úr jöklinum og auka leysingu.
- 2) þykk aukápa á jökulyfirborði getur tafið mjög bráðnun.
- 3) jarðhiti bræðir jökla neðan frá án afláts.
- 4) varmamyndun vegna stöðuorku sem losnar við flæði íss og vatns undan halla veldur bráðnun við jökulbotninn og inni í jöklinum.
- 5) eldgos sem brætt geta umtalsverðan hluta jökuls í einu veffangi.
- 6) öskulög frá eldgosum ýmist einangra jökulinn svo að bráðnun minnkar ellegar stóreykst ef öskulagið er nógu þunnt, gjarnan innan við 1 mm.
- 7) ryk sem fellur á jökulinn, einkum á sumrin, eykur leysingu.

Að öllu þessu þarf að huga þegar mælingar á jöklabreytingum eru túlkaðar. Skriðjöklar eru oft einfaldir í sniði með samfellt ákomusvæði og stakan sporð, til dæmis Gljúfurárjökull og Tungnahrygg sjökull (18. mynd). Stundum skrifur ís frá einu ákomu-



18. mynd. Gljúfurárjökull (t.v.) og Tungnahrygg sjökull (t.h.). – Gljúfurárjökull (left) and Tungnahrygg sjökull (right). Ljósmyndir/Photographs: Oddur Sigurðsson, 6. september 2000.



19. mynd. Þórisjökull (t.v.) og Breiðamerkurjökull (t.h.). – Þórisjökull (left) and Breiðamerkurjökull (right). Ljósmyndir/Photographs: Snævarr Guðmundsson, 14. sept 2011 (Þórisjökull) og 13. sept 2014 (Breiðamerkurjökull).

svæði niður í tvo eða fleiri aðskilda skriðjökla svo sem Þórisjökull (19. mynd). Nokkrir jöklar skriða frá aðgreindum ákomusvæðum og sameinast í einn farveg eins og Skeiðarárjökull og Breiðamerkurjökull (19. mynd). Slíkir ísstraumar geta haft áhrif hver á annan og verið misvirkir á ólíkum tímabilum. Þeir eru gjarnan aðgreindir með miðröndum og er Esjufjallarönd gott dæmi um slíkt. Eftirtektarvert er hversu ólíkt Skaftafellsjökull og Svínafellsjökull hafa brugðist við veðurfarsbreytingum frá lokum 19. aldar; Svínafellsjökull lúrir í sinni eigin gröf og hefur hörfað um 800 m, en Skaftafellsjökull hefur hropað um 2,5 km.

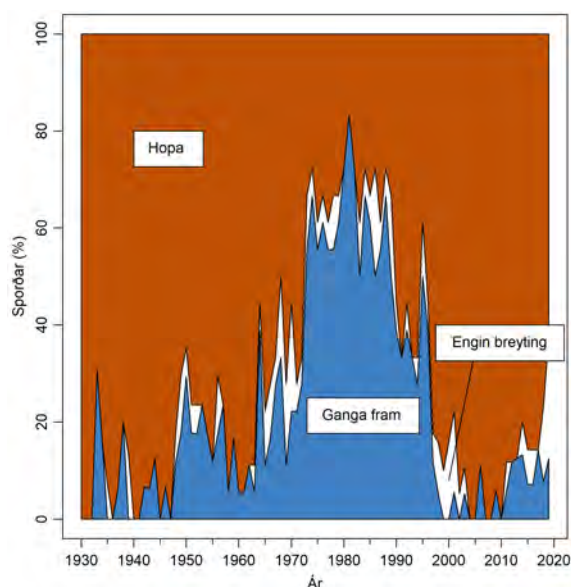
Hvað varðar tengsl loftslags- og sporðabreytinga þá má hafa í huga að jökulsporðar bregðast ekki samtundis við afkomubreytingum. Tíminn sem líður þar til ákveðinn sporður svarar breytingum í afkomu er misjafn eftir eðli breytingarinnar. Hann er t.d. styttri við aukinni sumarbráðnun á leysingarsvæði jökulsins heldur en ef vetrarákoma breytist hátt á ákomusvæði hans. Fyrri breytingin getur skilað sér strax sama ár sem aukin bráðnun sporðsins og hop en merki um seinni breytinguna kemur ekki fram í sporði jökulsins fyrr en hún hefur gengið fram allan jökullinn á nokkrum árum. Viðbrögð jökla við sambærilegum breytingum geta einnig verið misjöfn eftir lengd þeirra, bratta og öðrum eðlisþáttum. Svörun jökulsporðs við breytingum flækist svo meira því að það getur tekið ísskrið og stöðu sporðsins mörg ár að ná jafnvægi við tiltekna breytingu í afkomu jökulsins og ræður því svokallaður viðbragðstími jökulsins. Áður en því jafnvægi er náð

verða svo oftast frekari breytingar í afkomu því loftslag er sjaldnast algerlega stöðugt. Breytingar sporðsins hvert ár eru því samsafn af svörun jökulsins við mismunandi afkomubreytingum þess árs og frá fyrri árum.

Stóra myndin er þó einföld; sé leysing meiri en ákoma árum saman hopar jökullinn en þegar ákoma er meiri en leysing yfir löng tímabil gengur hann fram. Afkoman ræðst af loftslagi og gefa mælingar á breytingum jökulsporða því vísbendingar um þróun þess. Jafnframt eru jökulgarðar og aðrar vísbendingar um fyrri stöðu jökulsporða mikilvæg gögn um loftslag liðins tíma. Sporðamælingarnar eru merkileg heimild um jöklabreytingar á landinu í hartnær öld. Þær lýsa hörfun, framgangi og í sumum tilvikum framhlaupum stærstu skriðjökla landsins og fjölmargra sem minni eru. Jöklabreytingar á Íslandi síðan 1930 eru skýr viðbrögð við loftslagsbreytingum á þessu tímabili. Í kjölfar hlýinda á fjórða áratug 20. aldar hopuðu flestir jöklar hratt. Eftir 1940 dró úr hörfuninni samhlíða kólnandi veðurfari og margir jöklar fóru að ganga fram um 1970. Hlýnandi veðurfar eftir miðjan níunda áratuginn leiddi til þess að flestir jöklar fóru að hopa að nýju nokkru fyrir síðustu aldamót og síðustu árin hopa nær allir jökulsporðar (20. mynd).

Jöklabreytingar á Íslandi síðan 1930 eru fyrst og fremst afleiðing breytinga í hitafari á þessu tímabili. Sporðamælingarnar sýna ótvírætt samhengi á milli sumarhita og jöklabreytinga, einkum hjá jöklum sem ekki eru framhlaupsjöklar eins og nánar er lýst hér

að neðan. Þetta samhengi getur slæfst ef aðrir utan- aðkomandi þættir verka á jökulinn, svo sem eldgos, skriðuföll eða jökullón við sporðinn. Langtímabreytingar í úrkomu eru ekki miklar á umræddu tímabili (Crochet 2007; Crochet o.fl., 2007; Hanna o.fl., 2004) og þess vegna ekki við því að búast að áhrif úrkomubreytinga á jökulafkomu komi fram í sporðamælingum hér á landi. Við meiriháttar úrkomubreytingar myndi þess gæta í sporðamælingalínuritum. Í kringum 1990 jókst úrkoma í vestur Noregi verulega og olli það framgangi jökla þótt loftslag hlýnaði marktækt á sama tíma (Andreassen o.fl., 2005).



20. mynd. Árlegt hlutfall íslenskra jökla sem gengu fram/hopuðu (eða stóðu í stað) ár hvert 1931 til 2019. Myndin sýnir gögn frá 10–20 jökulsporðum fyrir flest ár. Framhlaupsjökla eru ekki meðtaldir. – *The annual proportion of monitored non-surging Icelandic glacier termini that advanced/retreated (or remained stationary) in the period 1931–2019. The figure is based on data from 10–20 glaciers for most years.*

Framhlaupsjökla

Framhlaupsjökla eiga til að „hlaupa fram“ en þá eykst skriðhraði jökulsins tímabundið. Sporðurinn getur þá skriðið fram mörg hundruð metra á nokkrum mánuðum. Framhlaupsjökla hreyfast of hægt

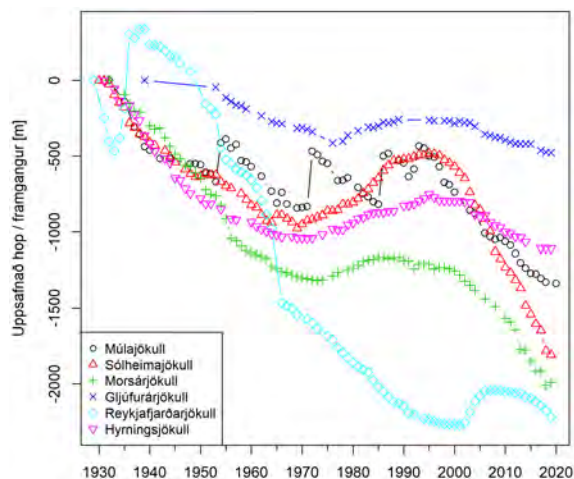
til þess að hafa undan í snjósöfnun á safnsvæðinu. Framhlaupin geta haft víðtæk áhrif á jökulinn, svo sem á legu ísaskila, ísflæði, rennslisleiðir vatns og lögun jökulsins. Framhlaupsjökla eru algengir á Íslandi og ná framhlaupsjökla sem dæmi yfir um 75% af yfirborði Vatnajökuls (Helgi Björnsson o.fl. 2003). Nokkrir jökla eru samsettir úr nokkrum ísstraumum, t.a.m. Skeiðarárjökull og Breiðamerkurjökull. Sporðamælingar fara fram á nokkrum stöðum enda er breidd sporðanna >20 km (Skeiðarárjökull) og >16 km (Breiðamerkurjökull). Austasti armur Breiðamerkurjökuls er framhlaupsjökull og einnig hluti Skeiðarárjökuls.

Augljóslega hafa framhlaup mikil áhrif á túlkun sporðamælinga því að framhlaupsjökla geta skriðið langt fram jafnvel þótt rúmmál þeirra hafi rýrnað mikið. Við framhlaup eykst bráðnun verulega vegna þess að flatarmál leysingarsvæðis vex. Breytingar á stöðu framhlaupsjökla ráðast því einkum af því hvenær gangur er í þeim. Loftslagsbreytingar hafa engu að síður nokkur áhrif á langtímabreytingar framhlaupsjökla eins og þær birtast í mælingum á stöðu jökulsporða. Breytingar á framhlaupsjökum er þó mun erfiðara að túlka á grundvelli loftslagssögu en breytingar á öðrum jökum.

Samfelldar sporðamælingar á Íslandi hafa varpað ljósi á framhlaup margra jökla. Hins vegar eru nokkrir þekktir framhlaupsjökla sem ekki hafa verið sporðamældir nema yfir stutt tímabil, eins og Eyjabakkajökull (1971–1985) og Brúarjökull (1964–1988). Framhlaupsjökla hlaupa fram með mislöngu millibili (Helgi Björnsson o.fl., 2003). Sumir jökla eru með svo stutta lotu að hún kemur skýrt fram í 90 ára gagnasafni sporðamælinganna, eins og sést í tilfelli Múlajökuls (21. mynd). Hins vegar getur lotan milli framhlaupa verið lengri heldur en tímabilið sem sporðamælingar ná yfir. En hægt er að rekja sögu framhlaupa út frá rituðum heimildum og jarðfræðilegri kortlagningu á þeim ummerkjum sem framhlaupsjökla mynda.

Á tímabilinu 1930–1950 var hlýindaskeið og margir jökla hopuðu. Upp úr miðri 20. öld fór að kólna og margir jökla gengu fram meðan aðrir stóðu í stað eins og fyrr var nefnt. Ef ummerki kuldaskeiðsins um og eftir 1970 kemur ekki fram í sporðamælinga-

gögnunum gefur það vísbending um að tiltekinn jökullinn sé framhlaupsjökull. Dæmi um þetta er Sátujökull norðan í Hofsjökli og Reykjarfjarðarjökull í norðaustanverðum Drangajökli (21. mynd). Ef jökullinn væri ekki framhlaupsjökull ætti hann að öllu jöfnu að hafa gengið fram á 9. áratug síðustu aldar. Nákvæm kortlagningarvinna á jöklumótuðu landslaginu framan Sátujökuls hefur einnig skorið úr um framhlaupsæli jökulsins (Evans 2011).



21. mynd. Framgangur og hop valinna skriðjökla með samfellda mæliröð frá því á upphafsárum sporðamælinga. Múlajökull í Hofsjökli, Sólheimajökull í Mýrdalsjökli, Morsárjökull í Vatnajökli, Gljúfurárjökull á Tröllaskaga, Reykjarfjarðarjökull í Drangajökli og Hryningsjökull í Snæfellsjökli. – *The advance and retreat of selected outlet glaciers with continuous record of frontal measurements. Múlajökull in Hofsjökull, Sólheimajökull in Mýrdalsjökull, Morsárjökull in Vatnajökull, Gljúfurárjökull on Tröllaskagi, Reykjarfjarðarjökull in Drangajökull and Hryningsjökull in Snæfellsjökull.*

Lýsingar sporðamælingamanna hafa gefið skýra mynd af framhlaupum jöklanna í mörgum tilfellum.

Paralátursfirði 10. október 1935. Kjæri vinur, Bestu þökk fyrir sýðast. Ég bíst við því að þér sé farið að leiðast eftir bréfi frá mér. En ástæðan fyrir því að ég skrifaði þér ekki fyrr var sú að þegar ég fór þann 14. ágúst fram undir jökulsporð í Reykjarfirði, og fór að mæla frá vörðunni sem þú hlóðst, þó voru

ekki nema 50 metrar að jökulsporðinum. Mér þótti þettað einkennilegt svo að ég lét býða að skrifa þér, en fór aftur framundir jökul þann 22. september en þá var varðan komin í kaf... Það er auðséð að jökullinn leisir afar mikið, sporðurinn er allur sundur klofin og hrinur afar mikið úr honum ofan fyrir, sporðurinn er afar þikkur og er að sjá eins og bjarg...

Með virðingu og vinsemd,

Guðmundur Guðjónsson,

Paralátursfirði, Grunnavíkurhreppi, N-Ísafjarðarsýslu

Úrvinnsla og birting

Eins og sagt var í upphafi gerði Jón Eypórsson grein fyrir sporðamælingaverkefni sínu og samstarfsmanna sinna í grein á vegum Vísindafélags Íslandinga 1931 og einnig í sænska tímaritinu Geografiska Annaler (1935). Þá birti hann í Náttúrufræðingnum (1934, 1942) töflu yfir jöklabreytingar og í Journal of Glaciology birti hann mælingar árána 1930–1947 (Jón Eypórsson 1949). Við stofnun Jöklarannsóknafélagsins árið 1950 og útgáfu Jökuls sama ár hefur hvert hefti innihaldið skýrslu um sporðamælingar fyrra árs. Mælinganiðurstöður eru sendar til World Glacier Monitoring Service í Zürich í Sviss þar sem þær hafa birst á fimm ára fresti á prenti. Nú er hægt að nálgast íslensku mælingarnar auk jöklamælinga annars staðar frá í heiminum á vefsíðu þessa alþjóðlega félags „<https://wgms.ch/>“. Í 13. árgangi Jökuls birti Jón Eypórsson samantekt á mælingunum frá upphafi. Á síðasta áratug 20. aldar var farið yfir allar skýrslur um sporðamælingar og þær endurskoðaðar og endurmetnar þannig að sem áreiðanlegastar upplýsingar fengjst úr gögnunum. Birtar voru tvær greinar um það í 45. árgangi Jökuls (Oddur Sigurðsson, 1998; Tómas Jóhannesson og Oddur Sigurðsson, 1998). Einnig voru sporðamælingagögnin undirstaðan að tveim greinum um jöklabreytingar og loftslag í Annals of Glaciology (Oddur Sigurðsson og Trausti Jónsson, 1995; Oddur Sigurðsson o.fl., 2007).

Gögn úr sporðamælingasafni félagsins hafa víða birst í greinum og bókum. Oftast eru sporðabreytingar settar fram sem stök mæligildi tengd með línu (21. mynd). Sporðamælingarnar eru aðgengilegar á sérstökum sporðamælingavef félagsins sem mun á næstunni sameinast nýrri jöklavefsjá þar sem afkomumælingar og útlínur jökla á mismunandi tímum verða

einnig aðgengilegar. Talsvert er um að gögnunum sé hlaðið niður og þau nýtt í ýmis konar fræðsluefni og skólaverkefni. Sporðamælingar hafa einnig nýst í ritgerðum háskólanemenda.

Niðurlag

Frá því að sporðamælingar hófust hér á landi árið 1930 hafa alls verið stundaðar mælingar á um 120 mælistöðum. Þeir hafa verið virkir í mislangan tíma, í einhverjum tilfellum hafa ákveðnir staðir tekið við af öðrum, sem t.d. hefur þurft að færa vegna breytinga í landslagi framan jökulsins eða breytinga í straumstefnu jökultungunnar. Nú eru virkar mæliraðir á um 50 stöðum en við suma jökulsporða eru fleiri en ein mæli lína, eins og t.d. við Skeiðarárjökul og Breiðamerkurjökul.

Sporðamælingarnar eru mikilvægt framlag til vöktunar á umhverfisbreytingum sem nú eiga sér stað víða um heim vegna hlýnandi loftslags. Hop jökulsporða er ein af mest áberandi afleiðingum loftslagsbreytinga. Rýrnun íslenskra jökla og sporðamælingarnar hafa vakið talsverða athygli fjölmiðla og annarra, innanlands sem utan. Í þeirri umfjöllun er mikilvægt að hafa tiltækar tölur sem slá máli á þær breytingar sem eiga sér stað. Þrátt fyrir að fjarkönnunargögn hafi á síðari árum orðið æ mikilvægari í vöktun jöklabreytinga eru vettvangsathuganir nauðsynlegar. Reglubundin ljósmyndun, könnun og skrásetning á breytingum felur í sér mikilvæga upplýsingaöflun um jöklana. Þátttaka áhugafólks í mælingunum er einnig mikilvæg og gott dæmi um hvernig almenningur getur lagt til vinnu í þágu vísinda og vöktunar á náttúru landsins. Sporðamælingunum er sinnt af áhugamönnum og þær auka þekkingu lærðra og leikra á náttúrunni, sama úr hvaða geira þjóðfélagsins fólk kemur. Framtíð sporðamælinga Jöklaánnsóknafélagsins ætti því að vera björt, svo lengi sem íslenskir jöklar endast í hlýnandi loftslagi. Félagið vill koma á framfæri þökkum til allra sem sinnt hafa mælingum frá upphafi.

Summary

The article presents an overview of the history of the monitoring programme of glacier termini fluctuations in Iceland. The programme was initiated by meteorologist Jón Eyþórsson in 1930, and the measurements were initially carried out by local farmers. In recent

decades, the measurements have been conducted by volunteers of the Iceland Glaciological Society with a very diverse professional background. Every autumn, the distance to the glacier terminus has been measured from a reference post, usually marked with a cairn and/or a metal pole. Glacier terminus variations in Iceland since 1930 show a clear relationship with climate changes. The terminus variations data set also contains information about the surges of many glaciers.

HEIMILDIR

- Andreassen, L., H. Elvehøy, B. Kjølmoen, R. V. Engeset og N. Haakensen 2005. Glacier mass-balance and length variation in Norway. *Ann. Glaciol.* 42, 317–325. <https://doi.org/10.3189/172756405781812826>
- Crochet, P. 2007. A study of regional precipitation trends in Iceland using a high-quality gauge network and ERA-40. *J. Clim.* 20(18), 4659–4677. <https://doi.org/10.1175/Jcli4255.1>
- Crochet, P., Tómas Jóhannesson, Trausti Jónsson, Oddur Sigurðsson, Helgi Björnsson, Finnur Pálsson og I. Barstad 2007. Estimating the spatial distribution of precipitation in Iceland using a linear model of orographic precipitation. *J. Hydrometeorol.* 8(6), 1285–1306. <https://doi.org/10.1175/2007JHM795.1>
- Cuffey, K. M. og W. S. B. Paterson 2010. *The Physics of Glaciers*. Burlington, Elsevier, 4th edition, 704 pp.
- Dragosics, M., O. Meinander, Tinna Jónsdóttir, T. Durig, G. De Leeuw, Finnur Pálsson, P. Dagsson-Waldhauserova og Thorsteinn Thorsteinsson 2016. Insulation effects of Icelandic dust and volcanic ash on snow and ice. *Arab. J. Geosci.* 9, 126. <https://doi.org/10.1007/s12517-015-2224-6>
- Eggert Ólafsson 1943. *Ferðabók Eggerts Ólafssonar og Bjarna Pálssonar 1752–1757*. Reykjavík, H. Hálfðánarson.
- Eggert Ólafsson og Bjarni Pálsson 1978. *Ferðabók Eggerts Ólafssonar og Bjarna Pálssonar um ferðir þeirra á Íslandi 1752–1757*, 1–2. bindi. Steindór Steindórsson frá Hlöðum íslenskaði árið 1942. Reykjavík, Örn og Örlygur, 296 pp.
- Evans, David J. A. 2011. Glacial land systems of Satujökull, Iceland: A modern analogue for glacial land system overprinting by mountain ice caps. *Geomorphology* 129(3–4), 225–237. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.01.025>

- Guðfinna Aðalgeirsdóttir, Eyjólfur Magnússon, Finnur Pálsson, Thorsteinn Thorsteinsson, Joaquín M. C. Belart, Tómas Jóhannesson, Hrafnhildur Hannesdóttir, Oddur Sigurðsson, Andri Gunnarsson, Bergur Einarsson, E. Berthier, L. S. Schmidt, Hannes H. Haraldsson, og Helgi Björnsson 2020. Glacier changes in Iceland from ~1890 to 2019. *Front. Earth Sci.* 8, 523646. <https://doi.org/10.3389/feart.2020.523646>
- Guðmundur Bárðarson 1934. Islands Gletscher: Beiträge zur Kenntnis der Gletscherbewegungen und Schwan- kungen auf Grund alter Quellschriften und neuester Forschung. *Rit Vísindafélags Íslendinga* 16, 60 pp.
- Hanna, E., Trausti Jónsson og J. Box 2004. An analysis of Icelandic climate since the nineteenth century. *Int. J. Climatol.* 24(10), 1193–1210. <https://doi.org/10.1002/joc.1051>
- Helgi Björnsson, Finnur Pálsson, Oddur Sigurðsson og Gwenn E. Flowers 2003. Surges of glaciers in Iceland. *Ann. Glaciol.* 36, 82–90. <https://doi.org/10.3189/172756403781816365>
- Helgi Hermann Eiríksson 1932. Observations and some measurements of some glaciers in Austur-Skaftafellssýsla in the summer 1930. *Rit Vísindafélags Íslendinga* 12, 24 pp.
- Helgi Pjeturss 1915a. Loftslag á Íslandi í fornöld. *Morgunblaðið*, 15. júlí 1915, bls. 2–3.
- Helgi Pjeturss 1915b. Um loftslag á Íslandi í fornöld. *Morgunblaðið*, 26. september 1915, bls. 7.
- Jón Eyþórsson 1931. On the present position of the glaciers in Iceland. Some preliminary studies and investigations in the summer 1930. *Rit Vísindafélags Íslendinga* 10, 35 pp.
- Jón Eyþórsson 1934. Jöklamælingar haustið 1933. *Náttúrufræðingurinn* 4(1–3), 97–98.
- Jón Eyþórsson 1935. On the variations of glaciers in Iceland. *Geogr. Ann.* 1–2, 121–137. <https://doi.org/10.1080/20014422.1935.11880594>
- Jón Eyþórsson 1942. Breytingar íslenzkra skriðjökla á tímabilinu 1930–1941 (í metrum). *Náttúrufræðingurinn* 12(2), 125–128.
- Jón Eyþórsson 1949. Variations of glaciers in Iceland, 1930–47. *J. Glaciol.* 1(5), 250–252. <https://doi.org/10.3189/002214349793702764>
- Jón Eyþórsson 1960. Jöklabreytingar 1958/59 og 1959/1960. *Jökull* 10, 30–32.
- Jón Eyþórsson 1963. Variation of Icelandic glaciers 1931–1960. *Jökull* 13, 31–33.
- Magnús T. Guðmundsson, Freysteinn Sigmundsson, Helgi Björnsson og Þórdís Högnadóttir 2004. The 1996 eruption at Gjalp, Vatnajökull ice cap, Iceland: course of events, efficiency of heat transfer, ice deformation and subglacial water pressure. *Bull. Volcanol.* 66, 46–65. <https://doi.org/10.1007/s00445-003-0295-9>
- Oddur Einarsson (þýðandi Sveinn Pálsson) 1971. *Íslands- lýsing/Qualiscunque descriptio Islandiae*. Reykjavík, Menningarsjóður, 159 pp.
- Oddur Sigurðsson og Trausti Jónsson 1995. Relation of glacier variation to climate changes in Iceland. *Ann. Glaciol.* 21, 263–270. <https://doi.org/10.3189/S0260305500015925>
- Oddur Sigurðsson 1998. Glacier variations in Iceland 1930–1995. From the database of the Iceland Glaciological Society. *Jökull* 45, 3–25.
- Oddur Sigurðsson, Trausti Jónsson og Tómas Jóhannesson 2007. Relation between glacier-termini variations and summer temperature in Iceland since 1930. *Ann. Glaciol.* 46, 170–176. <https://doi.org/10.3189/172756407782871611>
- Sigurður Thorarínsson 1943. Oscillations of the Iceland Glaciers in the last 250 Years. *Geogr. Ann.* 1–2, 1–54. <https://doi.org/10.2307/519895>
- Sveinn Pálsson 1945. *Ferðabók Sveins Pálssonar*. Reykjavík, Snælandsútgáfan, 428 pp.
- Tómas Jóhannesson og Oddur Sigurðsson 1998. Interpretation of glacier variations in Iceland 1930–1995. *Jökull* 45, 27–33.
- Tómas Jóhannesson, Bolli Pálmason, Árni Hjartarson, A. Jarosch, Eyjólfur Magnússon, Joaquín M. C. Belart og Magnús T. Guðmundsson 2020. Non-surface mass balance of glaciers in Iceland. *J. Glaciol.* 6(258), 685–697. <https://doi.org/10.1017/jog.2020.37>
- Þorvaldur Thoroddsen 1911. *Lýsing Íslands, annað bindi*. Kaupmannahöfn, Hið íslenska bókmenntafélag, 683 pp.



Valur Jóhannesson mældi sporð Sólheimajökuls 1966–1996 og notaði gjarnan línu sem var lítt teygjanlegt veiðarfæri úr færeyskum línubáti. Hér sést Björn Ingi Ásgeirsson, aðstoðarmaður hans gera upp línuna. – Valur Jóhannesson measured the terminus of Sólheimajökull 1966–1996, and used a semi-elastic fishing line from a Faroese line boat. Björn Ingi Ásgeirsson assisting Valur, is here wrapping up the fishing line. Ljósmynd:/Photograph: Valur Jóhannesson, 14. október 1973.



Næsta kynslóð mælingamanna í starfsþjálfun. Hugí Peyr og Ásrún Eir Þórarinsbörn við aukajöklaamerki sunnan Hafrafells. Þau aðstoða Svövu Björk Þorláksdóttur við sporðamælingar Svínafellsjökuls, Skaftafellsjökuls og Falljökuls. – Next generation of glacier termini observers practicing. Hugí Peyr Þórarinsson and Ásrún Eir Þórarinsdóttir by the glacier sign south of Hafrafell. They assist Svava Björk Þorláksdóttir measuring the position of the termini of Svínafellsjökull, Skaftafellsjökull and Falljökull. Ljósmynd:/Photograph: Svava Björk Þorláksdóttir, 29. desember 2020.