

Breytingar við Breiðamerkurjökul og Hoffellsjökul 2019

Snævarr Guðmundsson¹ og Helgi Björnsson²

¹Náttúrustofu Suðausturlands, Litlubrú 2, Höfn í Hornafirði, Iceland

²Jarðvísindastofnun Háskólans, Askja, Sturlugata 7, 101 Reykjavík, Iceland

Correspondence to: snaevarr@nattsa.is

Ágrip — Athyglisverðar breytingar eiga sér nú stað við jaðra hratt hopandi jökla landsins. Sem dæmi um slíkt greinum við hér frá land- og jöklabreytingum við Breiðamerkurjökul og Hoffellsjökul á árunum 2010–2019, sem höfðu mikil áhrif á afrennsli vatns frá jöklunum, legu farvega, myndun jaðarlóna, jökulhlaup og endalok ísstíflaðs vatns. Í þessum breytingum birtast mikil áhrif rennandi vatns á hop jöklanna.

Jökla- og landbreytingar við Mávabyggðarönd og Breiðá

Frá því að Breiðamerkurjökull tók að hopa snemma á 20. öld hafa myndast mislanglíf lón framan við sporð hans. Flest voru þau smá og grunn og ýmist þornuðu upp þegar tengsl við jökuljaðarinn rofnuðu eða dögðu upp sem tjarnir á dreif um Breiðamerkursand. Aðra sögu er að segja af t.d. Jökulsárlóni og Breiðárlóni, sem mynduðust í djúpum rennum og stækka sífellt. Rennurnar, sem ná allt að 300 m niður fyrir sjávarmál, komu í ljós við íssjármælingar sem voru gerðar árið 1991 á Breiðamerkurjökli (Helgi Björnsson o.fl., 1992; Helgi Björnsson, 2009).

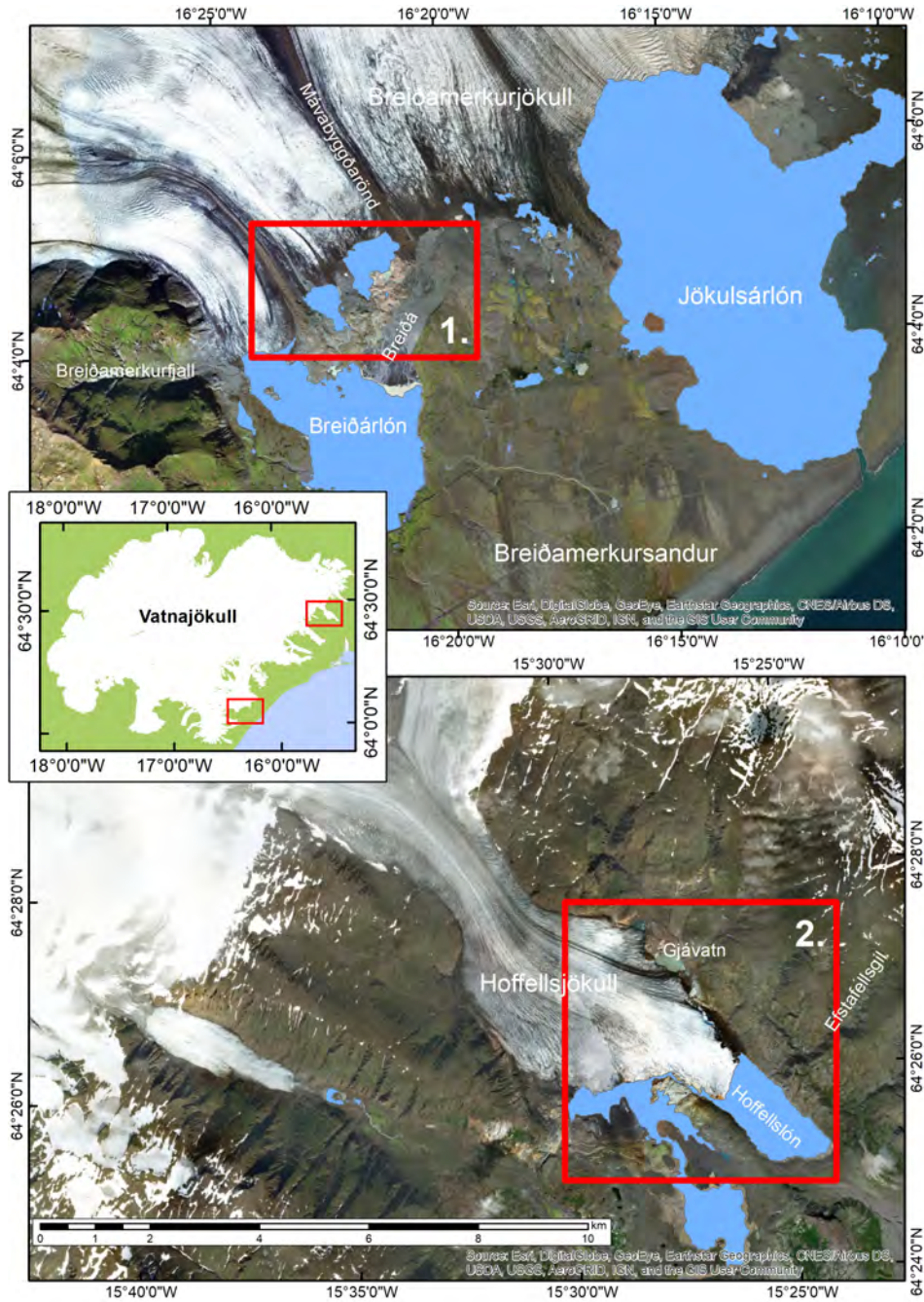
Tvö sporðlón eru nú á milli Breiðárlóns og Jökulsárlóns (1. mynd, efri hluti). Þau mynduðust í kringum síðustu aldamót, norðan í gabbróklöpp eða hæð á Breiðamerkursandi. Klöppin tók að birtast undan vesturjaðri Breiðamerkurjökuls á áttunda áratug 20. aldar. Lónin voru orðin tvö árið 2003. Á næsta áratug gæti vestara lónið sameinast Breiðárlóni eða horfið en það eystra mun áfram stækka, ef fram heldur sem horfir með hlýnun loftslagsins.

Vestara lónið sem hefur afrennsli í Breiðárlón, er 0,36 km² og hefur haldið þeirri stærð í nokkur ár. Eystra lónið, sem var 0,7 km² að flatarmáli árið 2019, hefur farið stökkandi á undanförunum árum. Það er fram af þriðju rennunni, sem jökullinn gróf þegar hann gekk fram yfir Breiðamerkursand, og á því eftir að stækka enn um sinn. Þegar íssjármælingarnar voru gerðar árið 1991 lá jökullinn enn að miklu leyti yfir

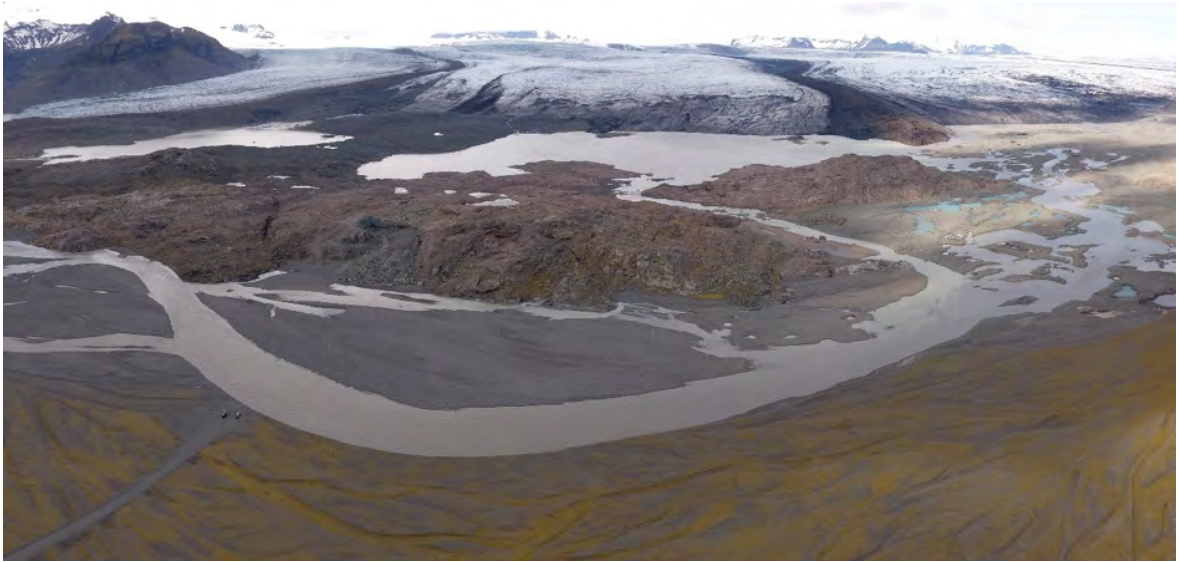
klöppinni og þá voru engar vísbendingar um myndun lóna á þessu svæði. Þegar lónstæðin eru mátuð ofan á niðurstöður íssjármælinganna sést hins vegar að eystra lónið mun verða með þeim stærstu á Breiðamerkursandi. Nánar er sagt frá þessum jökullónum í grein fremst í þessu hefti.

Úr eystra jökullóninu hefur lengi runnið kvísl í Breiðá, vestan við Mávabyggðarönd. Röndin lá lengi fram á klöppina og hélt eystra lóninu í kví frá upptökum Breiðár, en sú á hefur komið fram undan jöklinum austan við Mávabyggðarönd í allmörg ár (2. mynd). Frá 2017 hefur smám saman verið að opnast afrennsli úr lóninu til austurs í Breiðá, eftir að Mávabyggðarönd hopaði af klöppinni. Vorið 2019 var svo komið að Breiðá rann inn í lónið og út úr því nokkru sunnar. Líklegt er að áframhaldandi hop Breiðamerkurjökuls eigi eftir að valda talsverðum breytingum við Mávabyggðarönd innan nokkurra ára. Röndin liggur yfir þriðju rennunni og er líklegt að hún muni enda í lóninu. Á næstu árum má búast við því að lónið vaxi og nái fyrir röndina. Þá verða upptök Breiðár hluti af afrennslikerfi sem þarna er smám saman að þróast.

Breiðá hefur verið mjög ötul við að bera setfyllingu í farveg sinn, sem hefur lengst um 1,8 km þar sem hún rennur meðfram fyrrgreindri klöpp (Snævarr Guðmundsson o.fl., 2019). Á síðustu árum hefur komið í ljós að talsvert set hylur ís sem liggur undir farvegi hennar. Víða eru farin að myndast jökulker í honum (2. mynd). Á þessu svæði hefur á síðustu árum verið mikil ferðaþjónusta enda vinsælt að sækja í



1. Mynd/Figure 1. Breiðamerkurjökull (efri mynd) og Hoffellsjökull (neðri mynd). Rauðir rammar (1. og 2.) sýna svæðin sem fjallað er um hér. – Breiðamerkurjökull (top) and Hoffellsjökull (below) outlet glaciers, south-east Iceland. The areas discussed here are indicated with red boxes. Myndir/Figures: Data from Vatnajökull by Landmælingar Íslands (is50v); Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community.



2. Mynd/Figure 2. Nýju lónin við Breiðamerkurjökul. Til vinstri við miðja mynd er vestara lónið og eystra lónið er fyrir miðju. Mávabyggðarönd er hægra megin við það. Fremst á myndinni er Breiðá. Fjöldi jökulkerja er í farvegi Breiðár (t.h.) en þar undir er ís að bráðna. – *Recently formed terminal lakes at the margin of Breiðamerkurjökull outlet glacier of Vatnajökull ice cap. The western lake is left of the centre of the figure but the eastern lake in the centre. To right of it is the Mávabyggðarönd medial moraine. The river Breiðá is in the foreground of the figure. Several kettleholes in the river bed (to right) indicate melting ice under glaciofluvial sediment.* Ljósmynd/photó Náttúrustofa Suðausturlands/Snævarr Guðmundsson 26.06.2019.

íshella sem hafa myndast við útfall Breiðár. Ef fram heldur sem horfir má reikna með að slíkir hellar hverfi og að upptök Breiðár verði undir vatnsborði í lóninu.

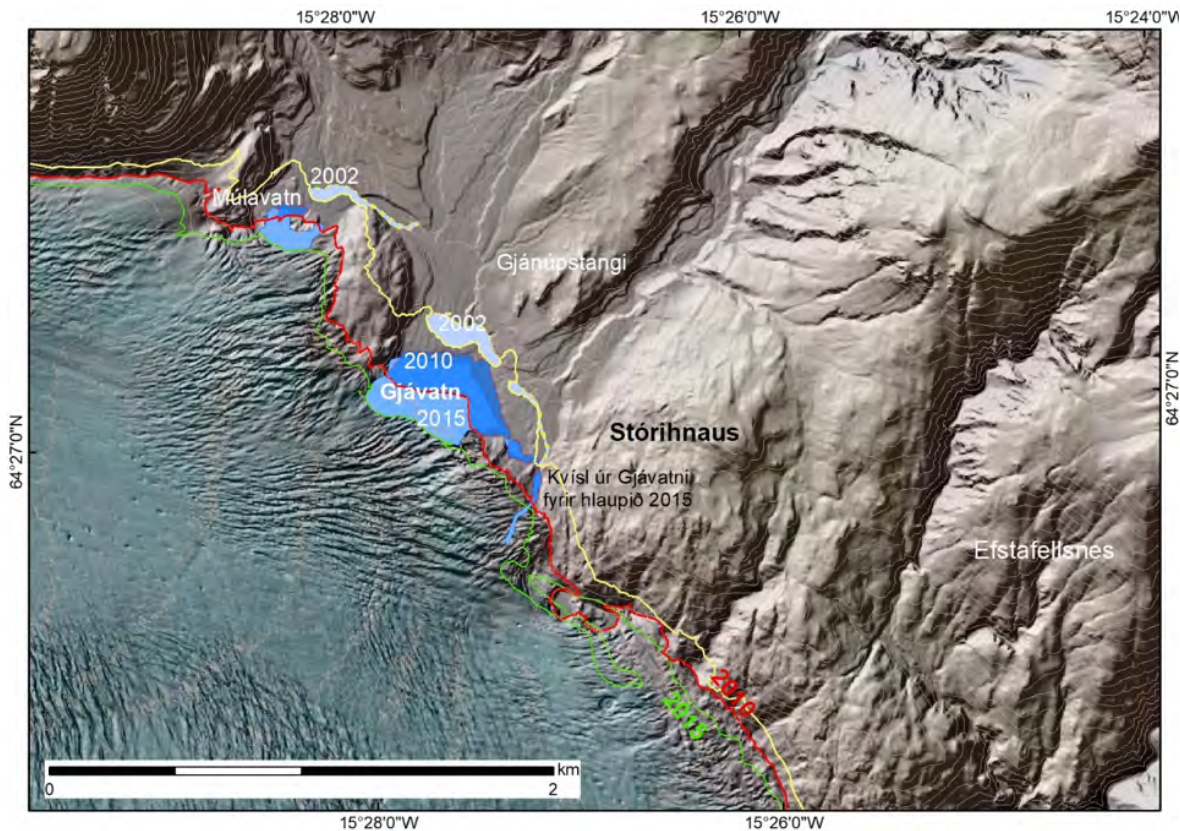
Austurjaðar Hoffellsjökuls og eftirmáli hlaupsins úr Gjávatni 2015

Athyglisverðar breytingar hafa einnig orðið á austurjaðri Hoffellsjökuls á síðustu árum (1. mynd, neðri hluti). Fyrst skal nefna að haustið 2015 hljóp skyndilega úr Gjávatni, en því jökulhlaupi voru gerð skil í Jökli nr. 65 (Snævarr Guðmundsson o.fl., 2015). Gjávatn hefur ekki myndast að nýju eftir þetta hlaup. Frá því um 2010 hefur þetta svæði þróast á athyglisverðan hátt. Jökullinn hefur hupað að miklu leyti frá Stórahnaus og Efstafellsnesi (3. mynd) og $\sim 0,12 \text{ km}^2$ skeifulaga geiri horfið úr jöklinum. Til þess að rekja atburðarásina voru ýmis gögn notuð, t.a.m. Landsat 8 gervitunglamyndir frá árunum 2013–2019, lidar gögn frá 2010 (Tómas Jóhannesson o.fl. 2011, 2013), mynd

úr loftmyndagrunni Loftmynda ehf. frá 2002, skámyndir úr myndasafni greinarhöfundar og Þorvarðar Árnasonar og frá Önnu Lilju Ragnarsdóttur.

Gjávatn, útfall þess og jökullinn fyrir hlaupið 2015

Gjávatn er meðal þriggja jökulstíflaðra vatna sem mynduðust í giljum við austurjaðar Hoffellsjökuls á 19. öld. Þá var jökullinn í vexti, eins og flestir jöklar á Suðausturlandi. Á 19. og 20. öld hljóp árvissst úr þessum lönnum (Helgi Björnsson og Finnur Pálsson, 2004; Egill Jónsson, 2004; Helgi Björnsson, 2009; Snævarr Guðmundsson o.fl., 2015). Yfirborð Gjávatns náði allt að 265–270 m hæð y.s. þegar jökullinn var hvað þykkastur á litlu ísöld en hefur lækkað samhliða því sem jökullinn hefur þynnst. Síðast hljóp úr Gjávatni í október árið 2015. Þá var langt um liðið frá því að Efstafellsvatn hvarf en það mun hafa verið í kringum 1940



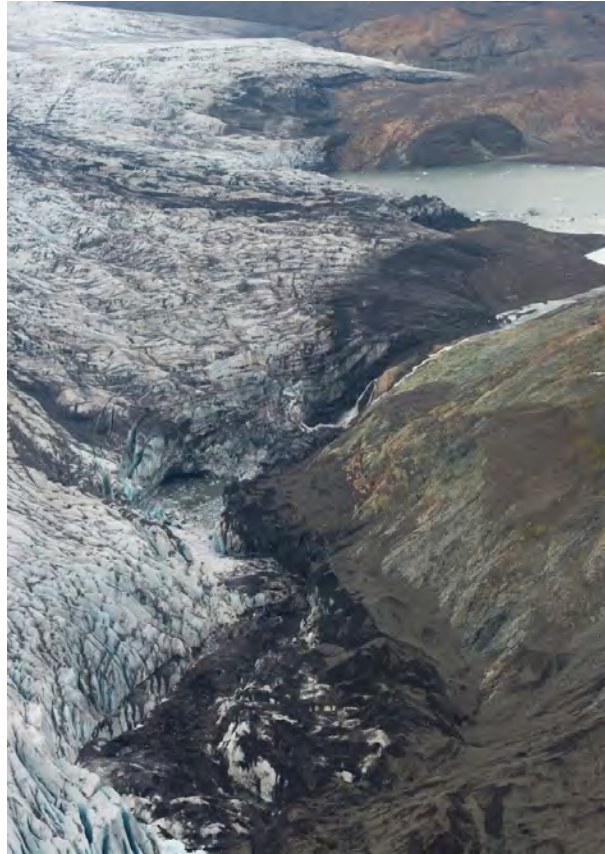
3. Mynd/Figure 3. Jaðar Hoffellsjökuls, Múlavatn og Gjávatn árið 2002, 2010 og 2015. – *The lateral margin of Hoffellsjökull and its ice-dammed lakes Múlavatn and Gjávatn.* Mynd/Figure: Lidar (Jóhannesson o.fl., 2011, Landsat 8 (NASA).

(Þrúðmar Þrúðmarsson, munnl. heimild 24.07.2019). Nú er Múlavatn eina jökulstíflaða lónið sem eftir er við Hoffellsjökul. Gjávatn var þeirra stærst og safnaði til sín öllu yfirborðsvatni af >33 km² vatnasviði í vestanverðum Hoffellsfjöllum (Snævarr Guðmundsson o.fl., 2015).

Frá 2002 til 2015 hropaði Hoffellsjökull um 450 m við Gjávatn (3. mynd). Við það að vatnið færðist suður með jökuljaðrinum lækkaði yfirborðshæð þess úr ~100 m y.s. árið 2002 í ~90 m y.s. árið 2010 (Loftmyndir ehf., 2002; lidar landlíkan frá 2010). Útfall jökulkvísarinnar úr vatninu við Stórahnaus hliðraðist um ~160 m á sama tíma en hún rann samt áfram austan við lága jökulnúna hæð og steiptist á sama stað og fyrr inn undir jökuljaðarinn. Þessi farvegur varð yfir-

fall Gjávatns um nokkurt skeið eftir að tiltekinni yfirborðshæð var náð. Gjávatn var því ekki stíflað jökulvatn heldur var jafnvægi milli þess leysingarvatns sem féll til þess og afrennslis um yfirfallið. Hést svo fram til þess að hljóp úr vatninu 2015.

Eftir loft- og gervitunglamyndum að dæma hefur kvíslin runnið á sama stað inn undir jökuljaðarinn í marga áratugi og þar féll hún árið 2002 og 2015, þrátt fyrir að farvegurinn ofan við og útfall Gjávatns hafi færst til vegna hops jökulsins, eins og fyrr segir. Á skámynd sem höfundur tók 9. september 2014, Landsat-mynd frá 25. september 2015 og ljósmyndum Önnu Lilju Ragnarsdóttur frá 10. október 2015 (sjá Jökull 65, bls. 81) og Þorvarðar Árnasonar frá 2015 var mikið vatn í Gjávatni, áður en það hljóp.



4. Mynd/Figure 4. Ísgljúfrið sem myndaðist við austurjaðar Hoffellsjökuls eftir 2010. – An ice canyon which developed near the lateral margin of Hoffellsjökull after 2010. Ljósmynd: Þorvarður Árnason, 27.06.2015.

Ísgljúfur suðvestan við Efstafellsnes

Á skyggingu lidar hæðarlíkansins af Hoffellsjökli frá árinu 2010 (Tómas Jóhannesson o.fl., 2013) er lögð í jöklinum sunnan við Stórahnaus við Efstafellsnes í Hoffellsfjöllum (3. mynd). Það ár var áberandi ketill við nesið og sést í botninn. Jökullinn ofan við ketilinn var vart þykkari en 40 m og í botninum farvegur árkvíslarinnar frá Gjávatni, sem hafði verið þar um árabíl. Tunga úr jöklinum liggur upp að Stórahnaus og norðan við hana hverfur áin frá Gjávatni. Þess má geta að heimamenn hafa séð til jökulárinnar í þessum farvegi eða heyrð í henni á síðustu árum (Sveinn R. Ragnarsson, munnl. heimild 18.07.2019) en lengst af á síðustu öld var jökullinn þarna svo þykkur að hvorki sást né heyrðist til vatnsrennslis.

Ketillinn við Stórahnaus breyttist næstu árin og var orðinn að ~80–120 m breiðu og 0,7 km löngu ísgljúfri sumarið 2015 (4. mynd). Líklegast gaf íspakið sig smám saman, opnaðist og göngin umbreyttust í gil. Það sést í það á Landsat-myndum frá 27. ágúst 2013 og 6. september 2014 og á mynd ESRI frá sama ári er mikið af ísbrotum í gljúfrinu. Lítil vafi leikur á að áin hafi verið að verki. Á Landsat-mynd frá 4. maí 2015, sést að göngin lokast tæpan 1,5 km frá útfalli árinna við Gjávatn. Á Landsat myndum frá 7. júlí og 25. september 2015 sjást jakabrot í jaðri farvegarins.

Þessi atburðarás er ótengd jökulhlaupinu sjálfu en er fyrsti þáttur í hröðum breytingum á árunum 2015–2018, sem höfðu reyndar mun lengri aðdraganda, því að áin hefur lengi runnið þarna meðfram eða inni í jöklinum.

Skeifulaga brot úr jökuljaðrinum

Árið 2015 hafði jökuljaðarinn við Stórahnaus hopað tæpa 200 m frá árinu 2010 og jafnframt lækkað. Þó stíflaði hann ennþá Gjávatn en mótstaðan var tekin að veikjast. Útfall árinna hélst þó á sama stað allt fram að hlaupinu þá um haustið og sömuleiðis sést hvar áin leitaði inn undir jökuljaðarinn. Sennilegasta skýringin á hlaupinu eru skyndilegir vatnavextir í miklum úrkomutoppum í október 2015 (Snævarr Guðmundsson o.fl., 2015). Eftir hlaupið 2015 féll áin ekki lengur eftir þessum farvegi en tók þess í stað að renna eftir fyrrum botni Gjávatns, meðfram jökuljaðrinum og inn undir jökullinn nokkru sunnar.

Við áframhaldandi rýrnun jökulsins hvarf ísgljúfrið við Stórahnaus en í staðinn myndaðist mjór dalur á milli fjalls og jökuls. Áin rann þar um tíma en leitaði jafnframt inn undir jökullinn á kafla. Á Landsat-mynd frá 22. ágúst 2017 sést að farið var að hrynja úr jaðrinum og skeifulaga far að myndast í jökullinn. Á Landsat-mynd frá 26. júní sama ár sást ekki hvað var í aðsigi og er líklegt að byrjað hafi að brotna af jöklinum síðla sumars. Á mynd frá 16. október sést vel að jökullinn hefur tapað svæði sem er á að giska 3,9 hektarar (ha) að flatarmáli. Óþekkt er hve langa tíma þetta tók því staðurinn er afskekktur og engin vitni voru að þessari þróun. Má eins vera að það hafi tekið daga eða vikur að brotna smám saman úr jöklinum.

Svipuð atburðarrás endurtók sig sumarið 2018. Landsat-mynd frá 28. maí 2018 sýnir að sprungur voru teknar að myndast í grennd við fyrrgreinda skeifu. Þær voru orðnar að heljarmiklum gjám 22. júní sama ár. Í þetta sinn brotnaði af jöklinum 7,2 ha (0,072 km²) spilda. Í heildina tapaði jökullinn því 12 ha (0,12 km²) við þessa atburði (6. mynd). Þessi þróun við austurjaðar Hoffellsjökuls, á árabílinu 2002 til 2019 er rakin enn frekar á 5. mynd. Á 6. mynd sést jaðar jökulsins árið 2015, fyrir breytingarnar og árið 2019. Gróflega áætlað er þykkt íssins í stálinu ~40 m. Rúmmál íss sem brotnaði frá í skeifunni nemur því um 5×10^6 m³. Á myndum sem Þorvarður Árnason tók með flygildi, í ágúst 2019, sést síðan að eyrar umrædds dals, milli fjall og jökuls, þekja raunar jökulís og eru smálón farin að myndast í hann (7. mynd).

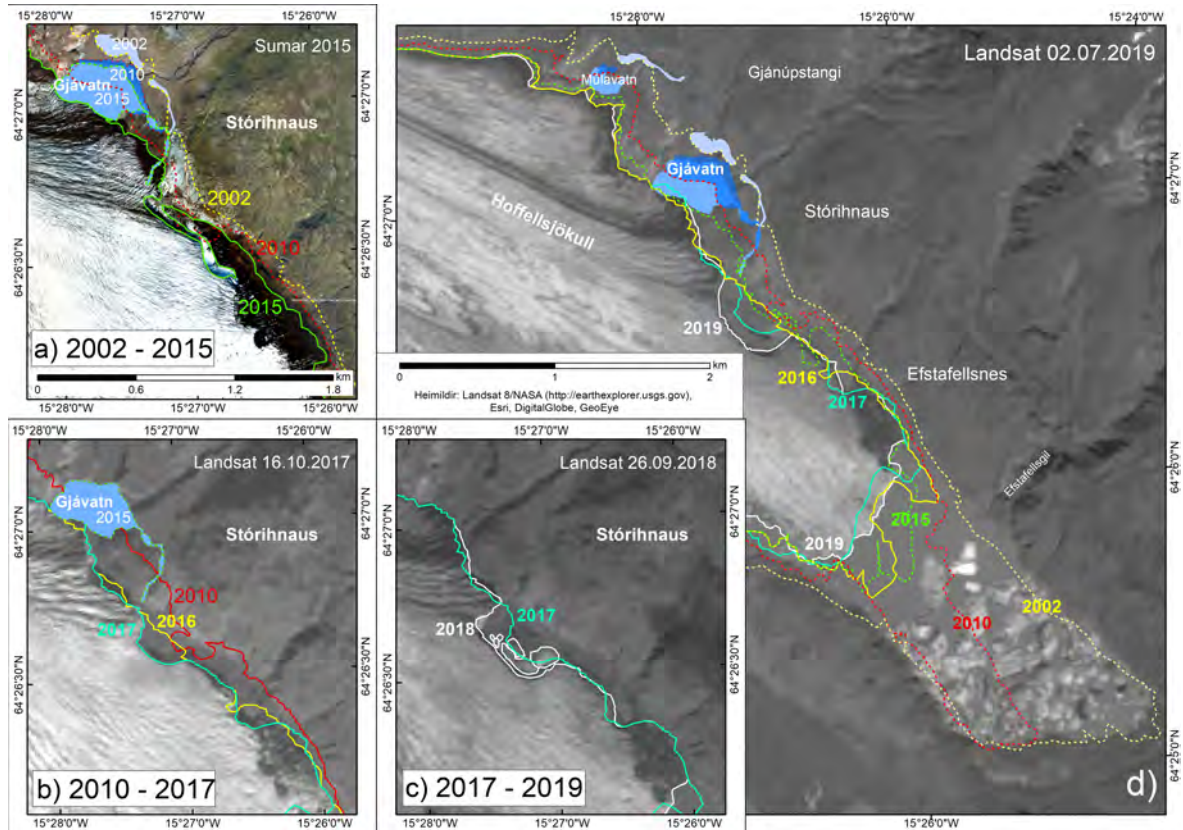
Talið er að Hoffellsjökull hafi fyrst gengið að Efstafellsnesi á fyrstu áratugum 19. aldar (Egill Jóns-

son, 2004; Helgi Björnsson, 2009). Teikn eru um það að jökullinn sé að sleppa taki sínu á nesinu nú 200 árum síðar.

Glacier changes by Breiðamerkurjökull and Hoffellsjökull in 2010–2019. *Rapid changes in landforms and hydrology now take place at the margins of glaciers in Iceland due to their fast retreat in response to warming climate. We describe examples from the margins of Breiðamerkurjökull and Hoffellsjökull from the years 2010–2019 with significant impact on the runoff of meltwater, the location of river courses, the formation of glacial lakes and jökulhlaups.*

TILVITNANIR

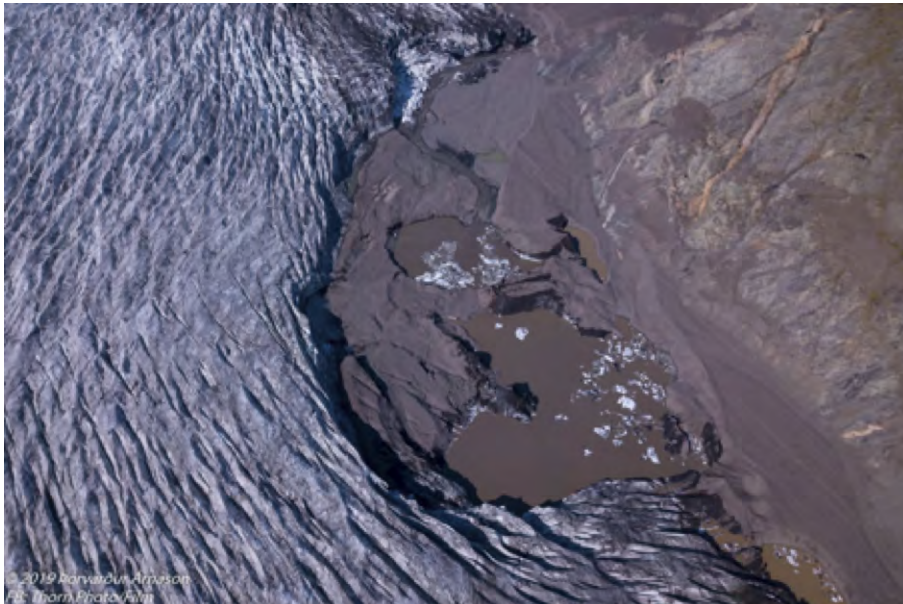
- Jónsson, E. 2004. Í veröld jökla, sanda og vatna. Í H. Björnsson, E. Jónsson og S. Runólfsson (ritstj.), *Jöklaveröld* 11–86. Skrudda, Reykjavík.
- Björnsson, H., F. Pálsson and M. T. Guðmundsson 1992. *Breiðamerkurjökull. Niðurstöður íssjármælinga*. Reykjavík, Science Institute, University of Iceland, Rep. RH-12-1992, 189 pp.
- Björnsson, H. og F. Pálsson 2004. Jöklar í Hornafirði. Í *In* Björnsson, H., E. Jónsson og S. Runólfsson (ritstj.), *Jöklaveröld* 125–164, Skrudda, Reykjavík.
- Björnsson, H. 2009. Jöklar á Íslandi. Bókaútgáfan Opna. Reykjavík.
- Guðmundsson Sn., H. Björnsson og A. L. Ragnarsdóttir 2015. Land- og jökulbreytingar við Hoffellsjökull 2015. *Jökull* 65, 97–102.
- Guðmundsson Sn., H. Björnsson, F. Pálsson, E. Magnússon, Þ. Sæmundsson og T. Jóhannesson 2019. Terminus lagoons on the south side of Vatnajökull ice cap, SE-Iceland. *Jökull* 69, 1–28.
- Jóhannesson, T., H. Björnsson, F. Pálsson, O. Sigurðsson og Þ. Þorsteinsson 2011. Lidar mapping of the Snæfellsjökull ice cap, western Iceland. *Jökull* 61, 19–32.
- Jóhannesson T., H. Björnsson, E. Magnússon, Sv. Guðmundsson, F. Pálsson, O. Sigurðsson, Th. Thorsteinsson og E. Berthier 2013. Ice-volume changes, bias estimation of massbalance measurements and changes in subglacial lakes derived by lidar mapping of the surface of Icelandic glaciers. *Ann. Glaciol.* 63, 63–74, doi:10.3189/2013AoG63A422.



5. Mynd/Figure 5. Breytingar á Hoffellsjökli 2002–2019. a) Fyrir jökulhlaupið 2015 hopaði jökullinn við Gjávatn og ísstíflan veiktist. Græna línan er dreginn umhverfis ísgljúfrið, eins og það var árið 2015. b) Eftir hlaupið 2015 hvarf Gjávatn og ísgljúfrið við Stórahnaus breyttist í mjóan dal. c) 2017 og 2018 brotnuðu stórir geirar úr jaðri jökulsins (sjá texta). d) Á árunum 2010–2019 hefur Hoffellsjökull hopað > 450 m frá Stórahnaus og mun áin frá Gjávatni hafa átt mikinn þátt í því. Árið 2019 lá jökuljaðarinn að Efstafellsnesi við lónið, á um 400 m löngum kafla. Þar fyrir innan er orðið gengt inn að Gjánúpstanga. – *Retreat of Hoffellsjökull 2002–2019. a) Prior to the 2015 jökulhlaup, the glacier margin near lake Gjávatn had retreated 450 m and the ice dam had weakened. The ice-dammed lake Gjávatn was visible in 2002 (yellow broken line depicts the glacier margin that year), 2010 (red broken line) and 2015 (green line along the glacier margin and the then newly formed ice canyon). b) 2010–2017. The Gjávatn lake disappeared permanently after the 2015 jökulhlaup and a narrow valley was eventually formed by its river. c) 2017–2019. Huge ice blocks collapsed in two events in 2017 and 2018. As a result, a horseshoe-like bay has formed in the glacier and continues to expand. d) In 2010–2019 Hoffellsjökull retreated >450 m from Stórahnaus, mainly because the glacial river from the now vanished Gjávatn contributed to the melting of ice. In 2019, the glacier margin touched the slopes of Efstafellsnes over a distance of 400 m, adjacent to the Hoffellslón terminus lake (Figure 1). On its north side, it is possible to walk on a ice-free ground along the glacier margin.*



6. Mynd/Figure 6. Breytingar á austurjaðri Hoffellsjökuls, a) 27. júní 2015, og 19. febrúar 2019. Farvegir eru meðfram jökuljaðrinum benda til þess að áin hafi runnið um skeið undir og inni í jöklinum, brætt hann svo að eftir situr brot af jökulís í miðjum geiranum. – *The development of the margin of Hoffellsjökull, a) on June 27, 2015 and b) February 19, 2019. The path of the river along the glacier margin indicates that the river flowed within the ice for several decades, resulting in the formation of a tunnel that eventually collapsed in two events in 2017 and 2018.* Ljósmynd./photos: Þorvarður Árnason, 27.06.2015/ Náttúrustofa Suðausturlands/Snævarr Guðmundsson, 19.02.2019.



7. Mynd/Figure 7. Sumarið 2019 fóru lón að myndast, þar sem áreyrar voru í skeifulaga brotinu og enn brotnar úr jökuljaðrinum. – *In the summer 2019 small lakes began to form where the gravel bank had been deposited in the horseshoe-like bay and the ice margin continued to collapse.* Ljósmynd./photo: Þ. Árnason, August 2019.