

Jökulhlaup úr Fossadal í Esjufjöllum

Jón Viðar Sigurðsson¹, Ingibjörg Jónsdóttir², Fanney Ósk Gísladóttir³
og Gunnar B. Guðmundsson⁴

¹ Hrauntungu 2, Hafnarfjörður

² Verkfræði- og náttúruvísindasviði, Háskóla Íslands, Reykjavík

³ Landbúnaðarháskóla Íslands, Reykjavík

⁴ Veðurstofu Íslands, Reykjavík

Netfang nanoq@simnet.is; <https://doi.org/10.33799/jokull2025.75.087>

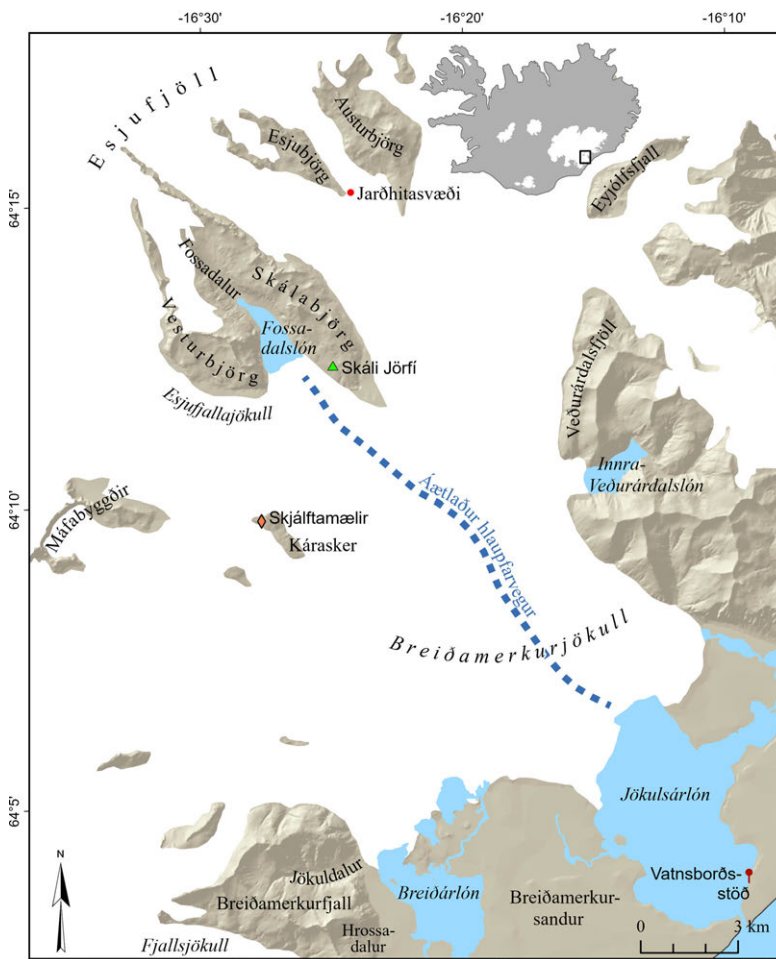
Ágrip — Á síðustu áratugum hefur myndast jökulstíflað lón í Fossadal í Esjufjöllum á milli Vesturbjarga og Skálabjarga í kjölfar jökulhörfunar. Tjarnir mynduðust fyrst í Fossadal á níunda áratug síðustu aldar en lónið, eins og það er nú, hafði tekið á sig mynd í kringum árið 2005. Þegar lónið nær nægri hæð hleypur vatnið undir Esjufjallajökul og skilar sér í Jökulsárlón á Breiðamerkursandi. Þetta eru lítt áberandi jökulhlaup þar sem Jökulsárlón dempar þau og áhrif þeirra í byggð eru því lítil. Þess eru dæmi að aukið vatn vegna jökulhlaupa hafi fært gönguleiðir við Jökulsárlón á kaf, rennsli Jökulsár á Breiðamerkursandi hafi aukist til muna og ís-jakar hrannast upp við útfallið úr lóninu. Á vatnsborðsstöð Veðurstofu Íslands sjást skyndilegar breytingar á vatnsborði Jökulsárlóns við flest hlaupanna. Tekist hefur að tímasetja tíu jökulhlaup úr Fossadalslóni sem öll urðu að sumarlagi, það fyrsta árið 2010. Fylgst var með slíku hlaupi dagana 12.–14. júlí 2025 en þá voru liðin tvö ár frá síðasta jökulhlaupi. Búnaður var settur upp til að skrásetja atburðinn á myndrænan hátt með nákvæmum tímasetningum. Hlaupið hófst með jöfnum leka en að 37 klukkustundum liðnum jókst útrennsli og kraftmikið hlaup úr lóninu stóð í tæpan sólarhring. Hlaupið skilaði um 45 milljón m³ vatns úr Fossadalslóni og rennsli í hámarki var um 415 m³/s. Skjálftamælir Veðurstofu Íslands í Káraskeri í Breiðamerkurjökli nam óróa frá hlaupinu.

INNGANGUR

Nokkur jökulstífluð lón hafa myndast, breyst eða horfið við Breiðamerkurjökul samhliða jöklabreytingum allt frá hámarksútbreiðslu jökla við lok 19. aldar. Við Breiðamerkurjökul voru um tíma tvö lón, í Jökuldal og Hrossadal (1. mynd). Árið 1904 var lónið í Jökuldal um 0,5 km² að flatarmáli og lónið í Hrossadal umtalsvert minna eða 0,003 km² (Guðmundsson o.fl., 2019). Flosi Björnsson (1962) á Kvískerjum lýsti lóninu í Jökuldal og hlaupi frá því árið 1962. Bæði lónin eru nú horfin þar sem Breiðamerkurjökull og Fjallsjökull stífla ekki lengur dalina. Austan Breiðamerkurjökuls er jökulstíflað lón í Innri-Veðurárdal. Lónið er greinilegt á loftmynd frá 1946 (Army Map Services) en það byrjaði að myndast á fjórða áratug 20. aldar. Jökulhlaup koma reglulega úr lóninu og vatnið skilar

sér í Jökulsárlón. Í Fremri-Veðurárdal var jökulstíflað lón um tíma snemma á 20. öld en jökull heldur ekki lengur að dalnum. Þá hefur örlítið lón myndast og tæmst óreglulega við Eyjólfsfjall í austanverðum Breiðamerkurjökli á síðustu áratugum (Guðmundsson o.fl., 2019). Vigfús Sigurðsson (1948) lýsti stórrí tjörn þar árið 1912. Víðar hafa myndast skammlífar tjarnir sem greina má á loftmyndum, til dæmis við suðurenda Skálabjarga og Austurbjarga en þær hafa verið smáar og ekki valdið jökulhlaupum svo vitað sé.

Í september 1927 varð allmikið jökulhlaup í Jökulsá á Breiðamerkursandi sem kostaði eitt mannslíf (Sigurður Björnsson, 1977). Getgátur hafa verið um að hlaupið hafi orðið vegna eldgoss í Esjufjöllum en það hefur ekki verið staðfest. Hlaupinu fylgdi mikil brennisteinslykt. Ekki er óhugsandi að



1. mynd. Kort af Breiðamerkurjökli og Esjufjöllum ásamt staðsetningu mælitækja. Áætlaður farvegur jökulhlaupa undir jökli frá Fossadalslóni í Jökulsárlón er dreginn fram. Grunnkort frá Náttúrufræðistofnun Íslands 2025. Útlínur Fossadalslóns eru dregnar eftir MAXAR-gervitunglamynd frá 6. október 2023. – Map of Breiðamerkurjökull outlet glacier, Esjufjöll mountains and location of instruments. The estimated path of the subglacial jökulhlaups from lake Fossadalslón to lake Jökulsárlón is marked. Map data from the Natural Science Institute of Iceland, 2025. The outline of Fossadalslón is drawn from a MAXAR satellite image from October 6th, 2023.

hlaup þetta hafi tengst öflugu jarðhitasvæði sem nýverið kom í ljós við Esjubjörg í Esjufjöllum. Jarðhitasvæðið fannst við skoðun fyrsta höfundar á loftmyndum og var kannað í vettvangsferð í ágúst 2025 (Elínborg Una Einarsdóttir, 2025). Fleiri jökulhlaup í Jökulsá á Breiðamerkursandi kunna að vera af sama uppruna. Í bréfi til Jöklarannsóknafélags Íslands 8. desember 1989 tiltekur Flosi Björnsson eftirtalin hlaup í ánni; október 1941, desember 1945, janúar-febrúar 1947, júlí 1963, ágúst 1964, júlí 1966, júlí 1968 og ágúst 1971 (Oddur Sigurðsson o.fl., 1992). Vel má vera að hlaup sem þessi hafi haldið áfram en þeirra hafi ekki orðið vart með sama hætti eftir því sem Breiðamerkurjökull hopaði og Jökulsárlón stækkaði og tempraði meira áhrif hlaupanna. Í byrjun júní 2009

fylltist Jökulsárlón skyndilega af ís og bátum varð traudlega komið á flot. Oddur Sigurðsson (2009) taldi að framhlaup hefði valdið íshroðanum en hugsanlega voru þetta afleiðingar hlaups frá jarðhitasvæðinu við Esjubjörg. Ummerki um hlaup úr lónunum í Fossadal og Innri-Veðurárdal sjást ekki á gervitunglamyndum frá þessum tíma.

Esjufjöll eru röð fimm fjallgarða sem rísa úr Breiðamerkurjökli og stefna frá norðvestri til suðausturs (1. og 2. mynd). Lengst í suðvestri eru Vesturbjörg, þá Skálabjörg, Esjubjörg, Austurbjörg og loks nafnlaus fjallgarður sem komið hefur undan jökli á síðustu áratugum. Fjöllin eru í 450–1745 m hæð yfir sjávarmáli, lægst í Fossadal og hæst á tindi Snæhettu.



2. mynd. Skámynd Loftmynda ehf. frá 2013 er sýnir Vesturbjörg, Skálabjörg, Esjubjörg og jökulstíflað Fossadalslón. Sjónarhorn til norðvesturs. – *An oblique aerial photograph from Loftmyndir ehf. taken in 2013 showing Vesturbjörg, Skálabjörg, Esjubjörg and the ice-dammed lake Fossadalslón. View to northwest. Ljósmynd/photo. Loftmyndir ehf., 20. ágúst, 2013.*

Tveir skriðjöklar, Fossadalsjökull og Esjufjallajökull, skildu að Vesturbjörg og Skálabjörg fram að síðustu aldamótum. Þegar þeir hopuðu myndaðist jökulstíflað lón, Fossadalslón, í samnefndum dal á milli þeirra. Allstór jökulhlaup hafa komið úr lóninu, þau síðustu á árunum 2023 og 2025.

Hér er gerð grein fyrir umfangi og eðli þessara jökulhlaupa og þau sett í samhengi við þær breytingar sem orðið hafa á jöklunum á undanförunum áratugum.

RANNSÓKNARSVÆÐI OG AÐSTÆÐUR

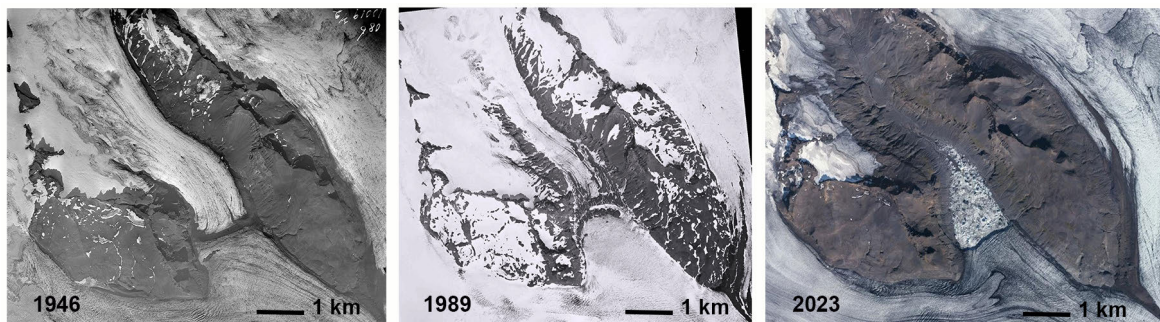
Jöklabreytingar í Fossadal

Miklar breytingar hafa orðið á jöklum í Fossadal á síðustu áratugum og ber þar mest á hröðum breytingum á Fossadalsjökli. Þetta er staðbundinn jökull á milli Vesturbjarga og Skálabjarga sem hörfað hefur mikið í hlýnandi loftslagi. Þróun jökla í Fossadal má sjá með skýrum hætti á loftmyndum frá árunum 1946, 1989 og 2023 (3. mynd). Fossadalsjökull náði langt niður í Fossadal árið 1946 og mætti þar tungu úr Esjufjallajökli, sem gengur inn í Fossadal úr suðaustri. Árið 1989 var dalurinn enn fullur af ís en rýrnun jökulsins

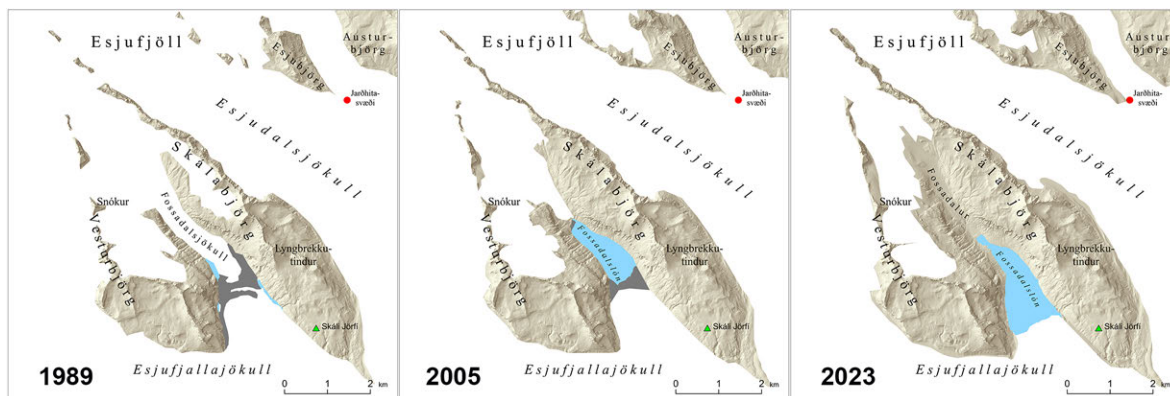
greinileg. Fossadalsjökull náði ekki lengur að halda aftur af Esjufjallajökli og hafði hopað norðar í dalinn. Fremsti hluti jökulsins var greinilega óvirkur. Greiningar á loftmyndum sýna að mikil breyting varð á árunum 1989 til 2023. Á þessum 34 árum hopaði Fossadalsjökull um 4,7 km og flatarmál hans minnkaði úr 9,2 km² í 5,0 km² eða um 45%. Á sama tíma hopaði sporður Esjufjallajökuls í dalnum um 0,7 km. Við þessa breytingu varð 5,4 km langur kafli í Fossadal íslaus (4. mynd).

Myndun Fossadalslóns

Hluti af Esjufjallajökli sveigir meðfram Vesturbjörgum og skríður nú um 600–700 m til norðvesturs inn í Fossadal og girðir um leið fyrir afrennsli vatns úr dalnum (5. mynd). Á ljósmynd sem Hjörleifur Guttormsson (1993) tók af Fossadalsjökli frá Skálabjörgum í júlí 1988 má sjá að örliktar tjarnir höfðu myndast á jöklinum. Loftmynd frá 1989 sýnir að þrjár tjarnir höfðu myndast við mót Fossadalsjökuls og Esjufjallajökuls. Þar var jökullinn hulinn þunnu lagi af bergmylsnu og eru þessar myndanir líklega ískjarnaðir endagarðar. Á loftmynd líkist þetta helst tvöföldum



3. mynd. Loftmyndir frá 1946 (Army Map Services), 1989 (Landmælingar Íslands) og 2023 (Loftmyndir ehf.). Myndirnar sýna breytingar jökla og myndun Fossadalslóns. – Aerial photos from 1946 (Army Map Services), 1989 (Landmælingar Íslands) and 2023 (Loftmyndir ehf.). The photos show the glacier changes and the formation of the ice-dammed lake Fossadalslón.

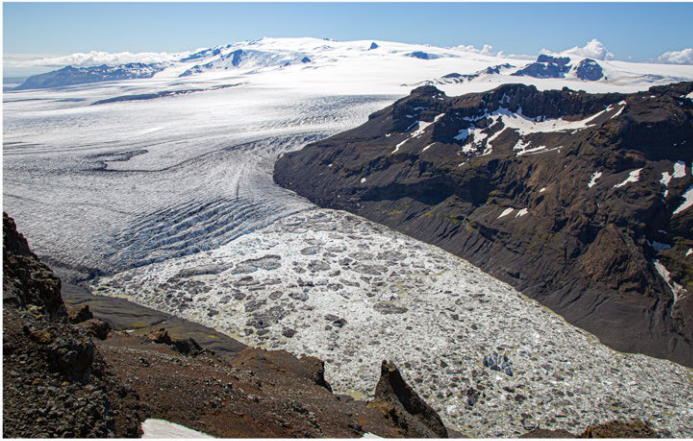


4. mynd. Kort sem sýna stöðu jökla og Fossadalslóns árin 1989, 2005 og 2023. Byggt á loftmyndum 1989 (Landmælingar Íslands) og 2023 (Loftmyndir ehf.) og SPOT-gervitunglamynd 2005. – Maps showing the extent of glaciers and lake Fossadalslón in 1989, 2005 and 2023. Based on aerial photographs of 1989 (Landmælingar Íslands) and 2023 (Loftmyndir ehf.) and a SPOT satellite image of 2005.

jökulgarði þvert yfir Fossadal á mótum skriðjöklanna tveggja (4. mynd). Líkt og í urðarrönum og annars staðar þar sem jökull er hulinn urðarkápu þá einangrar hún ísinn og hann bráðnar hægar undir mylsnunni. Þessi íshryggur hélt að vatninu sunnanverðu. Þegar jökullinn hopaði fór lón að taka á sig mynd rétt upp úr aldamótum 2000. Um 2005 náði lónið nokkurn veginn þeirri stærð sem það hefur haldið síðan, þegar fullri vatnsstöðu er náð. Ekki er þó hægt að sjá af gervitunglamyndum að hlaupið hafi úr því fyrr en sumarið 2010. Flatarmál lónsins í hæstu stöðu fyrir hlaupið 2023 var 1,82 km² og 1,63 km² fyrir hlaupið 2025. Það var 2,6 km langt og allt að 1,2 km breitt í hæstu stöðu árið 2023.

Strandlínur í Fossadal

Fossadalslón náði hámarksstöðu fyrir jökulhlaupið sumarið 2025 í 546 m hæð yfir sjó samkvæmt Sentinel-2 gervitunglamynd (Copernicus EU 2025b) frá 8. júlí 2025 og GPS mælingu í vettvangsferð í ágúst 2025. Það vekur eftirtekt hversu margar strandlínur má sjá í hlífinni við Fossadalslón. Sú hæsta liggur í 553 m hæð yfir sjó samkvæmt landlíkani og loftmynd frá Loftmyndum ehf frá 24. ágúst 2023. Alls voru greindar 13 strandlínur í vettvangsferð í ágúst 2025 (6. mynd). Þær eru allar myndadar eftir að Fossadalslón varð til, þ.e. á síðustu 20–25 árum. Vatnsborð lónsins hækkar stöðugt fram að hlaupi og því er fátítt að hæð vatnsborðs sé stöðug nema rétt yfir veturinn þegar



5. mynd. Horft til suðvesturs yfir Fossadalslón og sporð Esjufjallajökuls frá Lyngbrekkutindi. Örafajökull fjærst. Efri myndin er tekin 2. júlí, 2020, nokkrum vikum fyrir jökulhlaup og tæmingu lónsins. Neðri myndin er tekin 31. júlí, 2023, um tveimur vikum eftir jökulhlaup og tæmingu. Jakar í hlíðinni vitna um stöðu vatnsborðsins þegar lónið var í hæstu stöðu fyrir hlaup. – A southwest view from mt. Lyngbrekkutindur towards the ice dammed lake Fossadalslón. Örafajökull in the far distance. The upper photo is from July 2nd 2020, just a few weeks before a jökulhlaup. The lower photo is from July 31st 2023, some two weeks after a jökulhlaup. The icebergs on the slopes indicate the water level before the jökulhlaup. Ljósmyndir/photos. Jón Viðar Sigurðsson.

6. mynd. Strandlínur í Fossadal í kjölfar jökulhlaups og tæmingar Fossadalslóns í júlí 2025. Gular örvar benda á strandlínur. Jakar í hlíðinni vitna um stöðu vatnsborðs fyrir hlaupið. – Shorelines in Fossadalur valley are evident after the outburst of the jökulhlaup and emptying of lake Fossadalslón in July 2025. Yellow arrows point at water level lines. Icebergs on the slope indicate the level of the lake prior to the jökulhlaup. Ljósmynd/photo. Jón Viðar Sigurðsson, 9. ágúst 2025.

bráðnun er í lágmarki. Líklegasta skýringin á myndun strandlínanna er sú að þær myndist að vetrarlagi þegar lónið leggur í mismunandi hæð á milli ára. Þegar vatnið leggur þenst ísinn út og ristir strandlínur í bakkana umhverfis lónið. Strandlínurnar gefa því ekki til

kynna hámarksstöðu lónsins fyrir hlaup og þar með mismunandi hæð fyrir hvert hlaup þar eð þau verða öll að sumarlagi þegar vatn vex tiltölulega hratt í lóninu. Hlaup hefst þegar nægri hæð og þrýstingi er náð án þess að sú vatnshæð standi lengi.



7. mynd. Frá Fossadal í kjölfar hlaups í júlí 2023. Rauðklædda manneskjan á miðri mynd gefur hugmynd um stærð jakanna. – *From Fossadalur valley following the jökulhlaup in July 2023. The person dressed in red indicates the size of the icebergs.* Ljósmynd/photo. Jón Viðar Sigurðsson, 31. júlí 2023.

á

AÐFERÐIR OG GÖGN

Niðurstöður sem hér eru birtar eru byggðar á athugunum sem gerðar voru í fjórum vettvangsferðum í Esju-fjöll á árunum 2020 til 2025 (tafla 1). Í öllum ferðum voru aðstæður ljósmyndaðar við Fossadalslón. Árið 2020 var um mánuður í að Fossadalslón hlypi þegar komið var að lóninu. Hæð vatnsborðs var ákvörðuð með GPS mælingu. Árið 2023 voru tvær vikur liðnar frá hlaupi þegar vettvangskonun fór fram (7. mynd). Vatnsborðsstaða var þá ákvörðuð með GPS mælingu. Í júní árið 2025 var hikmyndavél (e: time-lapse camera) komið fyrir í Skálabyrgum. Þá var ljóst við yfirferð gervitunglamynda að skammt væri í næsta jökulhlaup. Tilgangurinn var að ná myndskleiði af hlaupinu þar sem hægt væri að tímasetja atburðinn. Í ágúst 2025 var hikmyndavélin tekin niður og í sömu ferð voru gerðar GPS mælingar á hæð lónsins fyrir hlaup ásamt mælingum á dýpt þess og hæð ísjaka í lónstæðinu.

Tafla 1. Yfirlit vettvangsferða í Esju-fjöll vegna verkefnisins. – *An overview of field-trips to Esju-fjöll.*

2020	1.–3. júlí	GPS mælingar og ljósmyndun
2023	30. júlí–1. ágúst	GPS mælingar og ljósmyndun
2025	28. júní	Uppsetning á hikmyndavél og ljósmyndun
2025	9.–11. ágúst	Hikmyndavél fjarlægð, GPS mælingar og ljósmyndun

Notuð var hikmyndavél af gerðinni Brinno TLC2000. Henni var komið fyrir í 711 m hæð í Skálabyrgum, 780 m norðvestan við skála Jökla-rannsóknar

félags Íslands (hnit 64.20720°N, 16.43755°V). Sjónarhorn vélarinnar var til vesturs, N85°V. Vélin tók ljósmynd á fimm mínútna fresti og skráði á hvaða tíma hver mynd var tekin. Hugbúnaður vélarinnar vann samfellt myndskleið úr ljósmyndunum. Skilyrði voru góð þegar jökulhlaupið varð og náði vélin að skrásetja hlaupið og framvindu þess. Ekki er vitað til þess að jökulhlaup og tæming jökulstíflaðs lóns hafi áður verið fest á filmu með þessum hætti á Íslandi.

Við kortlagninguna var notað GPS tæki af gerðinni Garmin GPS MAP 65s. Dróni af gerðinni DJI MINI 4 PRO var notaður til að ljósmynda lónstæðið í kjölfar hlaupsins í júlí 2025 ásamt hæðarmælingum til að meta dýpt lónsins, hæð ísjaka og yfirborð lónstæðisins.

Gögn frá vatnsborðsstöð Veðurstofu Íslands við Jökulsárlón voru notuð ásamt gervitunglamyndum til að tímasetja hlaupin úr Fossadalslóni. Stöðin (vatns-hæðarmælir 264, mælistaður V416) er skammt norðaustan við útfall Jökulsár á Breiðamerkursandi (hnit 64.05535°N 16.17530°V) í 4,05 m hæð yfir sjávarmáli. Hún samanstendur af þrýstiskynjara frá Druck af gerðinni PDCR-1830, vatnshitamæli frá Campbell af gerðinni Temp107 og skráningartæki (CR800). Gögn eru að öllu jöfnu skráð á tíu mínútna fresti en tíðnin getur verið breytileg. Þannig eru gögn skráð oftar ef breytingar á vatnsborði eru hraðar. Gögn fyrri ára eru yfirfarin en notast var við óyfirfarin gögn um vatnshæð fyrir árið 2025 þar sem yfirfarin gögn lágu ekki fyrir.

Óróagögn úr SIL jarðskjálftamælistöð Veðurstofu Íslands á Káraskeri í Breiðamerkurjökli voru notuð. Stöðin Kárasker (ksk) er í 749 metra hæð (hnit 64.1613°N, 16.4737°V) og er tæplega 5 km sunnan við Fossadalslón. Á stöðinni er 5 sek. S100 GEObit nemi og GEOthree GEObit skráningartæki (stafsetjari) sem safnar gögnum á söfnunartíðninni 100 gildi á sekúndu. Gögnunum er streymt í rauntíma með mótaldi.

Úr þessum mæligögnum eru í nær rauntíma búin til óróagögn sem eru einnar mínútu síuð meðaltöl á útslagi mælisins á tíðnibilunum, 0,5–1 Hz, 1–2 Hz og 2–4 Hz, fyrir sérhverjum á (Z,N,A) og voru þau hönnuð af Einari Kjartanssyni (Böðvarsson o.fl., 1999). Til að slétta útlínur óróans var keyrð 11 mínútna hlaupandi miðgildissía á einnar mínútu óróagögnin. Þau voru einnig margfölduð með mögnun stafsetjara á móti mögnun nema til að fá útslagið í hraða.

Loftmyndir frá 1946 (Army Map Services), 1989 (Landmælingar Íslands) og 2023 (Loftmyndir ehf.) voru notaðar til að meta hörfun jökla í Fossadal og aðstæður við Fossadalslón. Mynd Loftmynda ehf. frá ágúst 2023 var tekin að beiðni höfunda í kjölfar vettvangsferðar í Esjufjöll um mánaðamótið júlí-ágúst.

Gervitunglamyndir voru notaðar til að rekja jökla-breytingar í Fossadal og tímasetja jökulhlaup úr Fossadalslóni (tafla 2). Þær voru einnig notaðar til að ákvarða hæð og flatarmál lónsins. Myndir frá eftirtöldum gervitunglum nýttust við þessa vinnu; MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) Terra og Aqua (staðupplausn 250 m) (NASA WorldView 2025), Landsat 7, 8 og 9 fjölrófsmyndir (staðupplausn 15 m) (USGS EarthExplorer 2025), Sen-

tinel 1 ratsjármyndir (staðupplausn 5–40 m) og Sentinel 2 (staðupplausn 10 m) (Copernicus EU 2025). Til hliðsjónar var einnig stuðst við myndir frá SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre) með staðupplausn 2,5 m og loftmyndasöfn Landmælinga Íslands (nú Náttúrufræðistofnun Íslands) og Loftmynda ehf.

Landlíkan og samsvarandi hæðarlínur fengust með úrvinnslu gagna Loftmynda ehf. frá 24. ágúst 2023. Hæðarpunktar voru teknir inn í ArcGIS Pro landupplýsingakerfi, brúað (e: interpolation) var á milli þeirra og útbúið rasta (e: geotiff) landlíkan í 1 m upplausn og hæðarlínur með 1 m millibili.

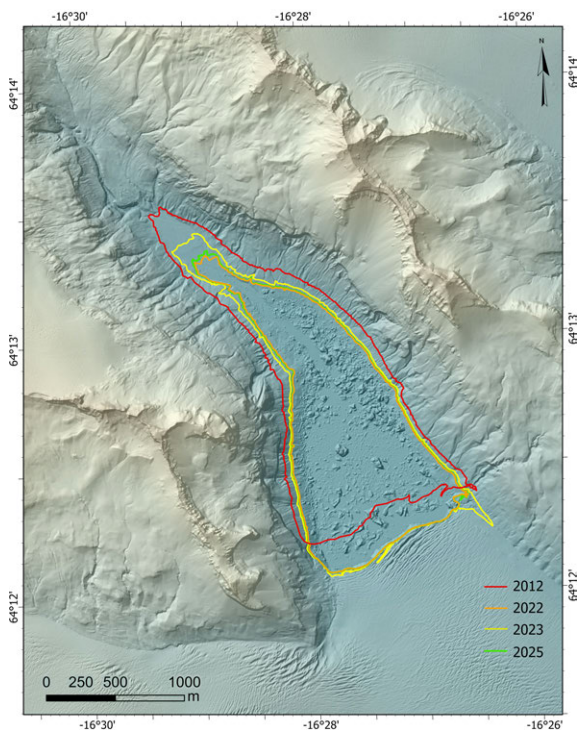
Hæð og strandlína Fossadalslóns var metin út frá síðustu gervitunglamyndum fyrir fjögur jökulhlaup (8. mynd). Rúmmálið var síðan reiknað með því að færa þessi gögn inn í landlíkanið. Hæð lónsins fyrir hlaupið árið 2023 fékkst af Sentinel-2 fjölrófsmynd frá 12. júlí 2023 (Copernicus EU). Myndin var tekin inn í ArcGIS Pro landupplýsingakerfi og útlínur lónsins hnitaðar inn og bornar saman við landlíkanið og hæðarlínurnar. Lónhæðin reyndist vera 552 m.y.s. Rúmmál lónstæðisins var reiknað á grunni landlíkansins. Vert er að geta þess að um sex vikur liðu frá hlaupi að loftmyndatöku og er matið á rúmmálinu þar af leiðandi e.t.v. í lægri kantinum.

Sömu aðferð var beitt til þess að áætla rúmmál lónsins árið 2025. Út frá Sentinel-2 mynd frá 8. júlí 2025 var lónhæðin 546 m. Hún var staðfest með GPS mælingum á vettvangi þann 9. ágúst 2025. Sama landlíkan var notað og fyrir árið 2023 og tekið tillit til ör-lítið breyttrar stöðu jökulsporðsins á þeim tíma. Árið 2022 sýndi Sentinel-2 mynd frá 17. júlí 2022 lónið í 545 m hæð og miðað var við þá hæð í rúmmálsút-

Tafla 2. Yfirlit mynda sem notaðar voru við tímasetningu jökulhlaupa úr Fossadalslóni. – *An overview of images used for dating jökulhlaups from Fossadalslón.*

Hlaup nr.	Ár	Gervitunglamyndir	Önnur gögn
1	2010	MODIS, Landsat-7	
2	2012	MODIS, Landsat-7	
3	2014	MODIS, Landsat-8	
4	2016	MODIS, Landsat-8, Sentinel 1 og 2	
5	2019	MODIS, Landsat-8, Sentinel 1 og 2	
6	2020	MODIS, Landsat-8, Sentinel 1 og 2	
7	2021	MODIS, Landsat-8, Sentinel 1 og 2	
8	2022	MODIS, Landsat-8 og 9, Sentinel 1 og 2	
9	2023	MODIS, Landsat-8 og 9, Sentinel 1 og 2	
10	2025		Myndskeið úr hikmyndavél

reikningum fyrir það ár, með leiðréttingum fyrir örlítið breyttum jökulsporði. Árið 2012 sýndu Landsat-7 myndir frá 7. ágúst 2012 lónið í 570 m hæð, þetta var staðfest með samanburði við Maxar bakgrunnsmynd ESRI. Jökulsporðurinn var um 200 m norðar árið 2012 en árið 2023 og var sú breyting tekin með í rúmmálsútreikningum.



8. mynd. Útlínur Fossadalslóns nálægt hæstu stöðu þess fyrir jökulhlaup árin 2012, 2022, 2023 og 2025. Hæðarlíkan og skuggakort byggir á gögnum frá Loftmyndum ehf. 2023. – *Outlines of Fossadalslón near the maximum extent before the jökulhlaups of 2012, 2022, 2023 and 2025. Digital elevation model (DEM) and hill shade based on data from Loftmyndir ehf. 2023.*

Skekkjumörk miðast við aðferð þar sem rúmmálsreikningar byggja á einu landlíkani og 30 cm hæðaróvissu í myndmælingum (Loftmyndir ehf. 2026 munnleg heimild): $\sigma_v = \sigma_z a n^{1/2}$ þar sem σ_v er óvissa í rúmmáli σ_z er óvissa í myndmælingu (0,3 m), a er flatarmál einingar (1 m²) og n er fjöldi eininga í hæðarlíkaninu. Hæðargögn Loftmynda ehf., sem nýtt voru

við útreikningana, byggja á mynd- og lidarmælingum sem aftur eru kvörðuð með nákvæmari GPS stöðvum og mælingum víða á landinu.

NIÐURSTÖÐUR

Saga jökulhlaupa úr Fossadalslóni

Við yfirferð á gervitunglagögnum, ljósmyndum og gögnum úr vatnsborðsstöð Veðurstofu Íslands við Jökulsárlón á Breiðamerkursandi tókst að greina hvenær hlaupið hefur úr Fossadalslóni. Samkvæmt þessum gögnum er ljóst að fyrst hljóp úr lóninu sumarið 2010 og hlaupið í júlí 2025 var það tíunda í röðinni (tafla 3). Öll hafa hlaupin orðið að sumarlagi. Ljóst er að í einhverjum tilfellum hefur rennsli verið hægt og lónið verið lengi að tæmast. Þetta á t.d. við um hlaup árið 2014 en þá sjást lítil merki um hlaupið á vatnshæðarmælinum við Jökulsárlón.

Jökulhlaup í júlí 2025

Snemma sumars 2025 sýndu gervitunglamyndir að skammt væri í að Fossadalslón næði hámarkshæð áður en að jökulhlaup hæfist. Hikmyndavél var komið fyrir í Skálabjörgum 28. júní en hún skrásetti hlaupið á myndrænan hátt. Vélin var tekin niður 9. ágúst.

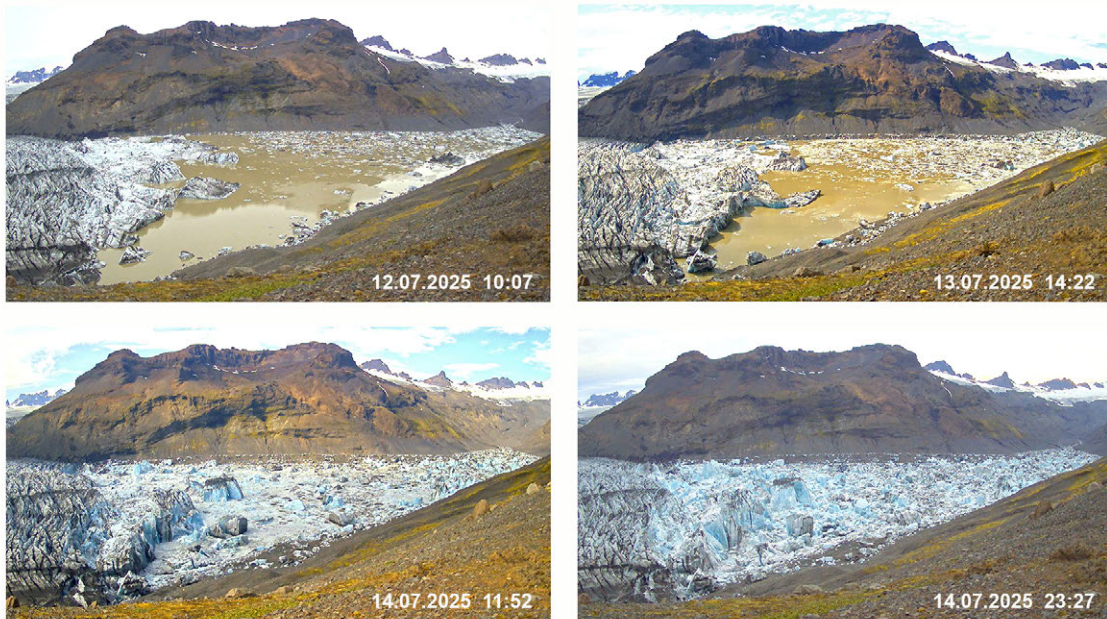
Myndirnar frá hikmyndavélinni gefa góðar upplýsingar um framvindu jökulhlaupsins og tæmingu lónsins. Atburðarásin var eftirfarandi:

- 12.07.2025 kl. 06:00 Fyrstu merki um hægán leka úr lóninu.
- 13.07.2025 kl. 19:00 Jökulhlaup hefst af fullum þunga með miklu rennsli.
- 14.07.2025 kl. 18:30 Hlaupi lokið og lónið tæmt að fullu.

Röð ljósmynda úr hikmyndavélinni (9. mynd) sýnir framvinduna frá því fyrir hlaup og þar til því er lokið. Það er ljóst að atburðinum má skipta í tvennt. Fyrst hófst hægur en jafn leki sem stóð yfir í 37 klukkustundir. Þá urðu snögg kaflaskipti þegar jökulhlaupið hófst fyrir alvöru með hröðu og jöfnu rennsli þar til lónið tæmdist tæpum sólarhring síðar. Hlaupið stóð því yfir í rúmar 60 klukkustundir. Þessa breytingu á rennsli má skýra á þann hátt að vatn hafi fundið sér leið undir Esjufjallajökul eftir að lónið náði 546 m hæð yfir sjó. Farvegurinn hefur líklega verið þröngur og rennslið takmarkað þar til eitthvað gaf skyndilega

Tafla 3. Listi yfir þekkt jökulhlaup úr Fossadalsslóni. Byggt á gervitunglamyndum, ljósmyndum, vatnshæðarmæli og hikmyndavél. Tímasetning hlaupsins árið 2025 er byggð á gögnum úr hikmyndavél. – *A list of known jökulhlaups from Fossadalsslón. Based on satellite images, aerial photographs, water-level measurements and images from the time lapse camera. The timing of the jökulhlaup in 2025 is based on data from the time lapse camera.*

Hlaup nr.	Ár	Tímasetning hlaups	Síðasta mynd fyrir hlaup	Fyrsta mynd eftir hlaup
1	2010	2.–4. ágúst	Landsat-7 06.06.2010	Landsat-7 09.08.2010
2	2012	á tímabilinu 7. til 18. ágúst	Landsat-7 07.08.2012	Landsat-7 30.08.2012
3	2014	á tímabilinu 27. júlí til 14. ágúst	Landsat-8 27.07.2014	Landsat-8 14.08.2014
4	2016	8.–10. september	Sentinel-1 08.09.2016	Sentinel-1 10.09.2016
5	2019	á tímabilinu 6. til 11. júlí	Sentinel-2 06.07.2019	Sentinel-2 11.07.2019
6	2020	5.–8. ágúst	Sentinel-1 05.08.2020	Sentinel-1 08.08.2020
7	2021	10.–13. júlí	Sentinel-2 10.07.2021	Sentinel-2 13.07.2021
8	2022	á tímabilinu 17.–22. júlí	Sentinel-2 17.07.2022	Sentinel-2 22.07.2022
9	2023	12.–15. júlí	Sentinel-2 12.07.2023	Sentinel-1 15.07.2023
10	2025	12.–14. júlí		



9. mynd. Myndaröð úr hikmyndavél sem skráði tæmingu jökulstíflaðs Fossadalsslóns dagana 12.–14. júlí 2025. – *Series of photos from the time lapse camera that monitored the outburst of the ice-dammed Fossadalsslón lake during the jökulhlaup of July 12th to 14th, 2025.*

eftir og opnaði farveginn til muna. Ekki voru nein merki um hlaup við jaðar jökulsins við Skálabjörg. Þar sem lónið tæmdist að fullu er ljóst að vatnið rann um farveg undir miðjum sporði Esjufjallajökuls þar sem Fossadalur er lægstur.

Út frá áætluðu rúmmáli lónsins, atburðarásinni sem náðist á mynd og tímasetningum má fá góða

mynd af því hversu hratt rann úr lóninu. Í fyrri fasa jökulhlaupsins, þegar lak hægt úr lóninu, er áætlað að runnið hafi um 9,5 millj. m³ úr því. Þetta er mat út frá lækkun á yfirborði lónsins eins og það kemur fram á myndskleiði úr hikmyndavél og landlíkaninu af Fossadal. Rennslið hefur því verið um 70 m³/s að meðaltali. Í seinni fasa hlaupsins verður mun meira rennsli

eða um 415 m³/s að meðaltali. Heildarrúmmál jökulhlaupsins var áætlað um 45 millj. m³. Rúmmál hlaupsins árið 2023 var áætlað 57 millj. m³, 46 millj. m³ fyrir hlaupið árið 2022 og 77 millj. m³ fyrir hlaupið árið 2012. Skekkjumörk eru á bilinu 1,7 til 2,9% fyrir þessi fjögur jökulhlaup (tafla 4).

Ferðahraði hlaupvatns hefur verið metinn í nokkrum jökulhlaupum á Íslandi. Þannig var rennslishraði undir jökli í tveimur hlaupum úr Skaftárkötlum metinn á bilinu 0,1–0,6 m/s (Einarsson o.fl., 2016). Í jökulhlaupinu mikla frá Grímsvötnum árið 1996 var hraðinn metinn 1,3 m/s (Björnsson, 2002). Nokkuð snúið er að meta ferðahraða vatnsins við jökulhlaup úr Fossadal-slóni þar sem að hlaupvatnið skilar sér í Jökulsárlón sem er stórt að flatarmáli, auk þess sem sjávarfalla gætir í lóninu. Þá má gera ráð fyrir að einhver tími líði frá því að hlaupvatn byrjar að skila sér í lónið þar til að afgerandi merki sjást um hækkun á vatnsborðinu. Frá því að jökulhlaupið úr Fossadal-slóni hófst af miklum krafti þann 13. júlí 2025 þar til að sjá má merkjanlega hækkun á vatnsborði Jökulsárlóns liðu sjö klukkustundir. Vegalengd hlaupfarveggar er um 13,5 km. Út frá þessu má áætla að ferðahraðinn hafi verið a.m.k. 0,54 m/s.

Þegar hlaupið hófst var fjöldi ísjaka, stórra sem smárra, á Fossadal-slóni og skiptu þeir þúsundum ef allt er talið. Þegar lónið tæmdist settust jakarnir á dalbotninn og mynduðu mikla dreif af ís um allt lónstæðið (10. mynd). Hæst stóðu jakarnir í 546 m hæð en lægst í um 455 m hæð við miðjan sporð Esjufjallajökuls. Hæsti jakinn sem stóð á þurru mældist 79 m hár samkvæmt mælingu með dróna.

Óróa frá hlaupinu mátti greina á SIL-jarðskjálftastöð Veðurstofu Íslands á Káraskeri (ksk) þar sem stöðin er stutt frá eða tæplega 5 km sunnan við Fossadal-slón. Óróinn kemur best fram á tíðni-

bandinu 2–4 Hz en einnig má greina hann óljóst í 1–2 Hz. Lægsta tíðnibandið 0,5–1 Hz er mjög háð hafóróa og þar greinist órói frá jökulhlaupinu ekki.

Miðgildissíað óróagraf af hlaupinu var dregið upp fyrir tíðnibilið 2–4 Hz og fyrir ásana þrjá Z (upp), N og A (11. mynd). Óróinn er ívið meiri á láréttu ásunum en þeim lóðrétta (Z). Á tíðnibilinu 2–4 Hz getur vindur haft áhrif en það er þó ekki sjáanlegt hér. Erfitt er að meta hvað veldur óróanum eða hvaðan hann kemur en hann er örugglega tengdur hlaupinu úr Fossadal-slóni. Líklega er hann samsettur af mörgum smáskjálftum sem stafa af ísbrestum, hlaupinu sjálfu og kelfingu ísjaka í Jökulsárlón. Tímasetningar úr hikmyndavélinni í Skálabjörgum sem skrásetti tæmingu Fossadal-slóns falla afar vel að óróanum.

Áhrif hlaupsins á Jökulsárlón

Hlaupvatnið fór um farveg undir Esjufjallajökli og skilaði sér í Jökulsárlón á Breiðamerkursandi. Þess ber að geta að sporður jökulsins er á floti í Jökulsárlóni og hlaupvatnið skilar sér því í lónið nokkru innan við sporðinn. Gera má ráð fyrir að hlaupin finni sér leið þvert á vatnsmætti við jökulbotn, sem ræðst aðallega af yfirborðslandslagi jökulsins en einnig af botnlandslagi, sem kortlagt hefur verið með íssjármælingum (Björnsson, 1988).

Vatnsstreymi undan jökulsporðinum jókst til muna við hlaupið og á gervitunglamyndum má sjá að 0,055 km² af ís brotnaði frá sporðinum á meðan hlaupið stóð yfir. Vatnshæð Jökulsárlóns flóktir mikið enda gætir sjávarfalla í lóninu og því eru tveir toppar á sólarhring vegna áhrifa tungls og sólar. Áhrif hlaupsins á vatnshæð Jökulsárlóns koma greinilega fram í gögnum úr vatnsborðsstöð Veðurstofu Íslands við lónið.

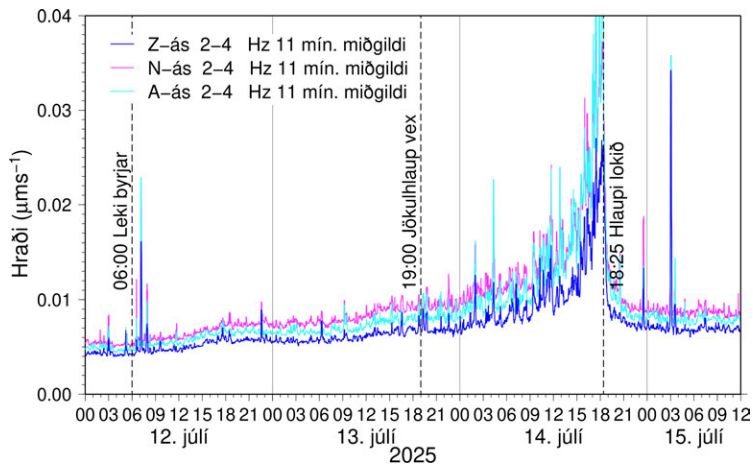
Vatnsborð Jökulsárlóns hækkaði um 1 m við hlaupið. Áhrifa sjávarfalla hætti að gæta í lóninu

Tafla 4. Flatarmál og vatnshæð Fossadal-slóns fyrir jökulhlaup 2025, 2023, 2022 og 2012 ásamt ásamt áætluðu rúmmáli hlaupvatns. – The area and lake level of lake Fossadal-slón prior to the jökulhlaups of 2025, 2023, 2022 and 2012 as well as the estimated volume of the jökulhlaups.

Ár	Flatarmál lóns (m ²)	Lónhæð (m.y.s.)	Rúmmál hlaups (milljón m ³)
2025	1.655.382	546	46.2±1.3
2023	1.820.079	553	56.6±1.3
2022	1.630.917	545	44.6±1.3
2012	1.829.958	570	76.8±1.3



10. mynd. Frá innri hluta Fossadals í kjölfar hlaups í júlí 2025. Efstu jakarnir gefa til kynna stærð og hæð lónsins fyrir hlaupið. Fossadalsjökull fjær. Hann hopaði um 4,7 km á árunum 1989–2023. – From the inner part of Fossadalur valley following the jökulhlaup in July, 2025. The uppermost stranded icebergs indicate the lake level prior to the jökulhlaup. Fossadalsjökull in the distance which retreated some 4.7 km between 1989 and 2023. Ljósmynd/photo. Jón Viðar Sigurðsson, 9. ágúst, 2025.



11. mynd. Órói á jarðskjálftastöð Veðurstofu Íslands í Káraskeri (ksk). Óróagrafið sýnir 11 mínútna miðgildissíðan óróa byggðan á einnar mínútu meðaltalssíðum útslagsgildum (Böðvarsson o.fl., 1999) á tíðnibilinu 2–4 Hz og alla ása mælisins. Færðar eru inn tímasetningar upphafs leka, upphafs jökulhlaups og loka hlaupsins úr Fossadalslóni í júlí 2025.

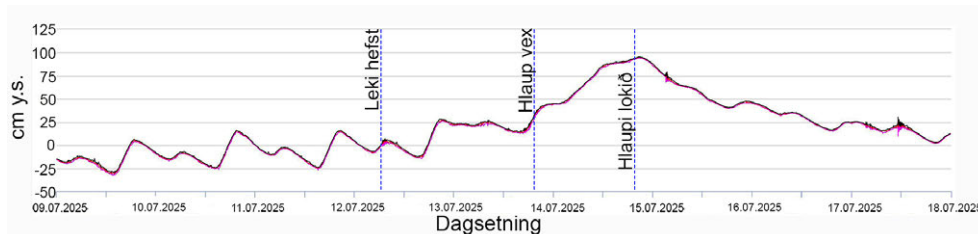
– Earth tremor recorded at the seismic station in Kárasker (ksk) run by the Icelandic Meteorological Office. The tremorgraph shows 11-minute median filtered tremor derived from one minute average filtered tremor data (Böðvarsson et al., 1999) for the 2–4 Hz bandpass filtered amplitude values of all three components of the sensor. The timing of the start of the leakage, start of the jökulhlaup and the emptying of the ice-dammed lake Fossadalslón in July 2025 is marked.

allt þar til þetta aukna vatnsmagn hafði skilað sér til sjávar (12. mynd).

Atburðarásin í Jökulsárlóni kom þannig fram á vatns-hæðarmælinum:

- 12.07.2025 23:00 Fyrstu merki um hækkun vatnsborðs sem tengist hlaupinu.

- 14.07.2025 02:00 Vatnsborð tekur að stíga hratt.
- 14.07.2025 20:50 Vatnsborð nær hámarki í 95,4 sentimetrum yfir sjávarmáli.
- 17.07.2025 14:00 Allt umfram vatn frá hlaupinu hefur skilað sér úr lóninu.



12. mynd. Línurit er sýnir vatnshæð Jökulsárlóns frá vatnshæðarmæli Veðurstofu Íslands. Gögnin eru ekki yfirfarin. Færðar eru inn tímasetningar upphafs leka, upphafs jökulhlaups og loka hlaupsins úr Fossadalslóni í júlí 2025. – Graph showing the water level of Jökulsárlón monitored by a hydrometric station operated by the Icelandic Meteorological Office. The timing of the start of the leak, start of the jökulhlaup and the full emptying of the ice-dammed Fossadalslón lake in July 2025 is marked. Gögn/data. Veðurstofa Íslands.

Það liðu 17 klukkustundir frá því að leki úr Fossadalslóni hófst þar til fyrst mátti merkja hækkandi vatnsborð Jökulsárlóns. Frá því að hlaup úr Fossadalslóni hófst af fullum þunga þar til merkja mátti hraða hækkun vatnsborðs Jökulsárlóns liðu sjö klukkustundir. Frá því að Fossadalslón tæmdist að fullu og þar til Jökulsárlón náði hefðbundinni vatnshæð að nýju liðu 68 klukkustundir.

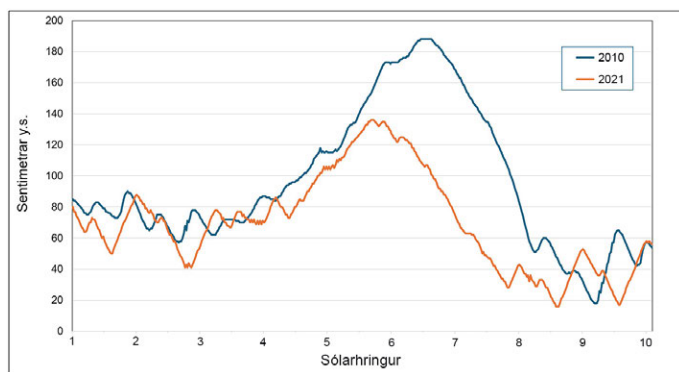
Þann 14. júlí 2025 barst eftirfarandi tilkynning frá landvörðum Vatnajökulsþjóðgarðs við Jökulsárlón á Breiðamerkursandi; „Í morgun tóku landverðir eftir óvenju hárrí vatnsstöðu í Jökulsárlóni, ísjakar hafa safnast saman hjá brúnni og ströndin við lónið var þakin vatni svo henni var lokað til að gæta öryggis gesta. Þá virðist jökullinn nokkuð virkur í dag, þannig að heyrir í honum kelfa í lónið. Landverðir munu halda áfram að fylgjast með aðstæðum og breytingum eftir því sem líður á daginn.“ (Facebook-síða Jökulsárlóns-Vatnajökulsþjóðgarðs, 14. júlí, 2025).

Jökulhlaupin úr Fossadalslóni hafa ekki haft teljandi áhrif á nærliggjandi umhverfi og fremur lítið hefur borið á þeim. Flatarmál Jökulsárlóns var 28,3 km² árið 2021 og vegna stærðar sinnar virkar lónið sem dempari á jökulhlaupin og þeirra verður því síður vart. Væri lónið ekki til staðar yrðu hlaupin mun sýnilegri með tilheyrandi áhrifum á vatnsfarvegi milli jökuls og sjávar.

Gögn frá vatnsborðsstöðinni við Jökulsárlón höfðu ekki verið yfirfarin fyrir árið 2025 þegar þessi grein var skrifuð. Gögn fyrri ára eru yfirfarin og við þau var stuðst þegar fyrri hlaup voru skoðuð (13. mynd).

UMRÆÐUR

Ísasvið Esjufjallajökuls er það stórt að gera má ráð fyrir að hann muni áfram stífla Fossadal og um leið viðhalda Fossadalslóni. Hlaup úr lóninu halda því líklega áfram næstu áratugi. Stærð þeirra er háð þykkt Esjufjallajökuls. Mikilvægt er að fylgjast vel



13. mynd. Samanburður á breytingum á hæð Jökulsárlóns við hlaup úr Fossadalslóni árin 2010 og 2021. Þverásinn sýnir tíu daga tímabil. Yfirfarin gögn. – Comparison of water level changes of Jökulsárlón during the jökulhlaups from Fossadalslón in 2010 and 2021. The transverse axis covers a period of 10 days. Reviewed data. Gögn/data. Veðurstofa Íslands 2026.

með jökulstífluðum lónum. Þróun þeirra veitir mikilvægar upplýsingar um jöklabreytingar og jökulhlaup geta valdið hættu og tjóni á innviðum (Thorarinsson, 1939). Með fjarkönnun og óróamælingum má fylgjast nánar með þessum hlaupum í framtíðinni. Hér var einkum stuðst við fjarkönnunargögn í meðal staðupplausn (5–30 m) sem eru fáanleg í nær-rauntíma og án endurgjalds. Vöktun mætti styrkja með notkun annarra gagna og greiniaðferða. Einnig væri gagnlegt að setja upp myndavél sem sendir gögn í gegnum símasamband, svo hægt sé að fylgjast náið með jökulhlaupum. Jarðskjálftamælir Veðurstofu Íslands í Káraskeri nemur óróa um leið og vatn brýtur sér leið úr Fossadalslóni undir Esjufjallajökul. Hugsanlega mætti nýta gögn frá stöðinni í rauntíma til vöktunar. Í ljósi fjölda ferðamanna við Breiðamerkurlón og á Breiðamerkurjökli, í jöklagöngum og íshellaferðum, er ástæða til þess að huga að betri vöktun í samstarfi stofnana og Vatnajökulspjódgarðs. Ekki er full vissa um hvar hlaupvatnið finnur sér leið frá Fossadalslóni í Jökulsárlón. Ekki er hægt að útiloka að hlaupvatnið finni sér aðra leið en beint undan jökli í Jökulsárlón. Vegna stærðarinnar geta hlaupin valdið verulegri hættu með litlum eða engum fyrirvara. Ástæða er til þess að huga að vöktun á öðrum jökulstífluðum lónum við jaðar Breiðamerkurjökuls og fleiri vinsælum ferðamannastöðum.

Þakkir

Jöklarannsóknafélagi Íslands eru færðar þakkir fyrir afnot af skála félagsins í Skálabjörgum í Esjufjöllum. Jón Grétar Sigurðsson og Jonas Mattsson hjá Atlantsflugi fá þakkir fyrir aðstoð vegna uppsetningar á hikmyndavél í Skálabjörgum. Starfsfólki Vatnajökulspjódgarðs eru veittar þakkir fyrir að heimila vinnu við rannsóknir í Esjufjöllum. Loftmyndir ehf. fá þakkir fyrir afnot og leyfi til birtingar á myndum. Daða Björnssyni hjá Loftmyndum er þökkun aðstoð við verkefnið. Gunnar Sigurðsson hjá Veðurstofu Íslands fær þakkir fyrir gögn og upplýsingar um vatnsborðsstöð við Jökulsárlón. Þá fá ferðafélagar sem tóku þátt í gönguferðum í Esjufjöll vegna verkefnisins þakkir fyrir samveru og aðstoð. Þau eru; Aðalheiður Guðjónsdóttir, Anna Dóra Sæþórsdóttir, Ingibjörg Jóhannsdóttir, Sigrún Hulda Sigmundsdóttir, Unnur Svavarsdóttir og Þórður Björn Sigurðsson. Anna Sig-

ríður Þráinsdóttir fær þakkir fyrir lestur handrits og góðar ábendingar. Hrafnhildur Hannesdóttir og Þorsteinn Þorsteinsson (ritstjóri Jökuls) lásu handritið á gagnrýninn hátt og komu ábendingar þeirra að góðum notum. Annar ritrýnir lagði einnig mikla vinnu í ítarlega yfirferð og setti fram margar gagnlegar ábendingar. Greinin var skrifuð í kjölfar hvatningar frá Helga Björnssyni. Helga er þakkað fyrir þann áhuga sem hann sýndi verkefninu.

Abstract

Esjufjöll are mountain ridges protruding through Vatnajökull ice cap in the northern part of the Breiðamerkurjökull outlet glacier. Farthest to the southwest are two ridges, Vesturbjörg and Skálabjörg which previously were separated by the glaciers Fossadaljökull and Esjufjallajökull. During the last 3–4 decades significant changes have taken place as the glaciers have retreated. Between 1989 and 2023 the glaciers retreated some 5.4 km leading to the exposure of the Fossadalur valley. An ice-dammed lake, Fossadalslón, has gradually formed and increased in size since it was originally formed around 1985. Part of the Esjufjallajökull glacier flows approximately 700 m into the southeast entrance of Fossadalur valley and dams the lake. At its maximum extent in 2023 lake Fossadalslón had an area of 1.65 km². It was 2.6 km long and the width was up to 1.2 km.

When a certain water level and water pressure is reached, the water bursts underneath the glacier in a jökulhlaup and the flood water flows into Jökulsárlón some 13.5 km downstream to the south. Field measurements and satellite data indicate that a total of 10 jökulhlaups have originated from Fossadalslón in the past 15 years; the first one in the summer of 2010 and the latest one in July 2025.

The last jökulhlaup occurred between July 12th and 14th 2025 and the event was monitored by a time-lapse camera placed at 711 m a.s.l. in Skálabjörg, overlooking the lake and the glacier front. The camera provided important information about the event. It started with a relatively small leakage of 70 m³/s on average and lasted for 37 hours. At that time the flow suddenly increased to 415 m³/s on average for the following 24 hours, until the lake had fully emptied.

The total volume of water that escaped was around 45 million m³. Following the outburst the floor of the Fossadalur valley was covered by thousands of icebergs stranded at the bottom and hills.

The water level of lake Jökulsárlón is monitored by a hydrometric station of the Icelandic Meteorological Office. The inflowing water of the jökulhlaup raised the lake level by 1 m. A large drift of icebergs accumulated at the outlet from the lake into Jökulsá close to the bridge. Moreover, a hiking path along lake Jökulsárlón was flooded and had to be closed by park rangers.

A seismic station operated by the Icelandic Meteorological Office at the nunatak Kárasker in Esjufjallajökull recorded tremor in bandpass-filtered waveforms in the 2–4 Hz band from the jökulhlaup. The seismic data corresponds well to the event monitored by the time-lapse camera in Esjufjöll.

HEIMILDIR

- Army Map Services 1946. Loftmynd frá 24.9.1946. Nú í eigu Náttúrufræðistofnunar.
<https://loftmyndasja.gis.is/mapview/?application=loftmyndasja>
- Björnsson, H. 1988. *Hydrology of Ice Caps in Volcanic Regions*. Reykjavík Societas Scientiarum Islandica, University of Iceland, 139 pp.
- Björnsson, H. 2002. Subglacial lakes and jökulhlaups in Iceland. *Glob. Planet. Change* 35, 255–271.
[https://doi.org/10.1016/S0921-8181\(02\)00130-3](https://doi.org/10.1016/S0921-8181(02)00130-3)
- Björnsson, Helgi, Finnur Pálsson og Magnús Tumi Guðmundsson 1992. Breiðamerkurjökull. Niðurstöður ís-sjarmælinga. Reykjavík, Science Institute, University of Iceland, Rep. RH-12-1992, 189 pp.
- Björnsson, Flosi 1962. Fjallsárhlaupið 1962 og athuganir á lóninu í Breiðamerkurfjalli [The glacier outburst flood in Fjallsá in 1962]. *Jökull* 12, 42–43.
- Björnsson, Sigurður 1977. Hlaupið í Jökulsá á Breiðamerkursandi árið 1927. (A jökulhlaup in the river Jökulsá on Breiðamerkursandur in 1927, in Icelandic with an English abstract). *Jökull* 27, 94–95.
- Böðvarsson, R., S. Th. Rögnvaldsson, R. Slunga og E. Kjartansson 1999. The SIL data acquisition system – at present and beyond year 2000. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 113.
[https://doi.org/10.1016/S0031-9201\(99\)00032-1](https://doi.org/10.1016/S0031-9201(99)00032-1)
- Copernicus EU: 2025a. SENTINEL-1 ratsjármyndir (8.9.2016, 10.9.2016).
<https://browser.dataspace.copernicus.eu/>.
- Copernicus EU: 2025b. SENTINEL-2 L1C fjölrófsmyndir (6.7.2019, 11.7.2019, 10.7.2021, 13.7.2021, 17.7.2022, 21.7.2022, 12.7.2023, 15.7.2023, 8.7.2025, 9.7.2025, 16.7.2025).
<https://browser.dataspace.copernicus.eu>
- Einarsdóttir, Elínborg Una 2025. Uppgötvaði áður óþekkt jarðhitasvæði. Viðtal við Jón Viðar Sigurðsson. *Morgunblaðið* 15. ágúst, 2025, 10.
- Einarsson, B., E. Magnússon, M. J. Roberts, F. Pálsson, Th. Thorsteinsson og T. Jóhannesson 2016. A spectrum of jökulhlaup dynamics revealed by GPS measurements of glacier surface motion. *Ann. Glaciology* 57 (72), 47–61. <https://doi.org/10.1017/aog.2016.8>
- Facebook-síða Jökulsárlóns-Vatnajökulsþjóðgarðs. 14. júlí, 2025.
- Guðmundsson, S., H. Björnsson, F. Pálsson, E. Magnússon, Þ. Sæmundsson og T. Jóhannesson 2019. Terminus lakes on the south side of Vatnajökull ice cap, SE-Iceland. *Jökull* 69, 1–28.
- Guttormsson, Hjörleifur 1993. *Við rætur Vatnajökuls*. Árbók Ferðafélags Íslands 1993, 287 bls.
- Landmælingar Íslands 1989. Loftmynd frá 31.7.1989. Nú í eigu Náttúrufræðistofnunar.
<https://loftmyndasja.gis.is/mapview/?application=loftmyndasja>
- Loftmyndir ehf. 2023. Loftmynd og hæðargögn úr myndmælingu 24.08.2023. Frumgögn.
- NASA WorldView 2025. MODIS Aqua and Terra. <http://worldview.earthdata.nasa.gov/>
- Sigurðsson, Oddur 2009. Framhlaupin og lónið.
<https://www.vedur.is/vedur/frodleikur/greinar/nr/1602>
- Sigurðsson, Oddur, Árni Snorrason og Snorri Zóphóníason 1992. Jökulhlaupaannáll 1984–1988. *Jökull* 42, 73–80.
- Sigurðsson, Vigfús 1948. *Um þvert Grænland 1912–1913*. Útgefandi Ársæll Árnason. Reykjavík, 242 bls..
- Thorarinsson, S. 1939. The ice dammed lakes of Iceland with particular reference to their value as indicators of glacier oscillations. *Geogr. Ann. Stockh.* 21, 216–242.
- USGS 2025. Landsat Collection 2 Level 1: Landsat-7 (6.6.2010, 9.8.2010), Landsat-8 (27.7.2014, 14.8.2014) <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Veðurstofa Íslands 2026. Gagnabanki Veðurstofu Íslands, afgreiðsla nr. 2026-01-28/01.