# Afkoma íslenskra jökla 2021–2022

Andri Gunnarsson[1], Finnur Pálsson[2], Þorsteinn Þorsteinsson[3], Hrafnhildur Hannesdóttir[3] og Skafti Brynjólfsson[4]

[1]*Landsvirkjun, Háaleitisbraut 68, 103 Reykjavík*

[2]*Jarðvísindastofnun Háskólans, Sturlugötu 7, 102 Reykjavík*

[3]*Veðurstofa Íslands, Bústaðarvegi 7–9, 105 Reykjavík*

[4]*Náttúrufræðistofnun Íslands, Borgum við Norðurslóð, 600 Akureyri*

https://doi.org/10.33799/jokull2022.72.079o

Jökulárið 2021–2022 var afkoma mæld á 123 stöðum á stærri jöklum landsins. Mælt var í 67 punktum á Vatnajökli (frá 1992), 20 punktum á Hofsjökli (frá 1988), 25 punktum á Langjökli (frá 1997), fjórum á Mýrdalsjökli (frá 2001), fimm í Tindfjöllum, og tveimur á Eyjafjallajökli. Einnig voru þrír jöklar á Tröllaskaga mældir í 10–20 mælipunktum hver (mismargir mælipunktar á hverjum jökli). Afkoma hefur verið mæld frá árinu 2008 á Búrfellsjökli, en skemur annars staðar. Vetrarafkoma er metin með mælingu rúmmáls og massa kjarna í gegnum vetrarsnjóinn, en sumarafkoma útfrá aflestri á lengd stiku eða vírs sem komið er fyrir í borholu að vori. Um þessar mundir má líta svo á að nýtt jökulár hefjist um 1. október, enda eru þá fyrstu snjóar yfirleitt fallnir á jökla landsins. Oftast er nú farið til haustmælinga á leysingu um það leyti. Ákoma vetrarins er svo mæld í vorleiðöngrum um mánaðamótin apríl/maí.

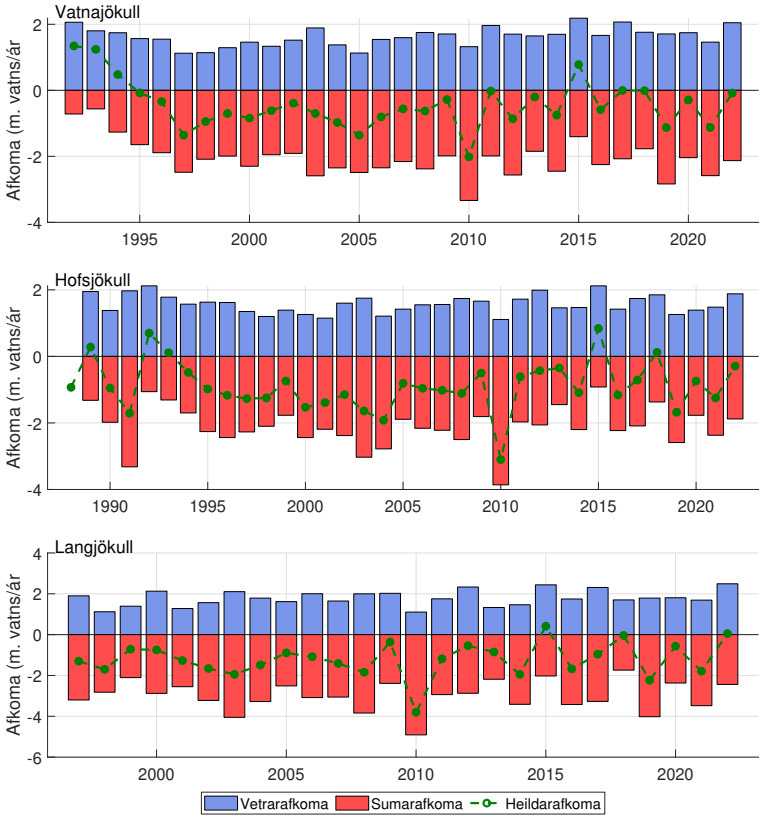
Niðurstöður afkomumælinga eru yfirleitt gefnar upp sem meðalþykkt vatnslags á allan flöt viðkomandi jökuls. Auk massa sem tapast vegna leysingar á yfirborði og mælist með afkomumælingunum, tapast massi vegna jarðhita við botninn, kelfingar íss í jaðarlón og fleiri þátta. Metið hefur verið að þessir þættir valdi massatapi sem er um 5 cm (vatnsgildi) fyrir Hofsjökul og Langjökul en nærri 20 cm (vatnsgildi) fyrir Vatnajökul.

Heilsársrekstur var á fjórum veðurstöðvum, á sporðum Tungnaárjökuls, Brúarjökuls og Breiðamerkurjökuls, og í Grímsvötnum en auk þess voru 10 veðurstöðvar í rekstri á Vatnajökli yfir leysingartímabilið, sjö á Vatnajökli, ein á Hofsjökli, ein á Langjökli og ein á Mýrdalsjökli.

Hér er gerð grein fyrir helstu niðurstöðum ársins en afkomugögn ásamt skilgreiningum á aðferðarfræði og hugtökum eru aðgengileg á vefsíðunni *https://islenskirjoklar.is*

**Vatnajökull**

Afkoma Vatnajökuls jökulárið 2021–2022 var lítillega neikvæð (-0,08 m vatnsgildis). Þetta er í fimmta skipti frá 2011 sem ársafkoma Vatnajökuls mælist nærri jafnvægi eða jákvæð (1. mynd). Þetta jökulár má að mestu rekja það til vetrarafkomu um 27% yfir meðaltali með vatnsgildi að jafnaði 2,05 m. Til samanburðar var meðalvetrarafkoma frá 1992 um 1,6 m (vatnsgildi). Sumarleysing var -2,13 m (vatnsgildi), um 2% yfir meðaltali. Fyrstu vikuna í júlí mátti sjá mikið ösku- og sandfok sem settist í yfirborð suðvesturhluta Vatnajökuls. Myndir úr Sentinel 2 gervitungli Geimvísindastofnunar Evrópu (2. mynd) sýna glöggt umfang sands og ryks á yfirborði jökulsins. Þegar slíkir atburðir verða og ljósgleypandi agnir (ryk, aska, sandur) setjast á yfirborð jökla eykst leysing af völdum sólargeislunar til muna. Sýni voru tekin úr yfirborði jökulsins til frekari greiningar og mats á áhrifum foksins (3. mynd). Þrátt fyrir svalt og skýjað sumar var leysing á suðvesturhluta Vatnajökuls nokkuð yfir meðaltali vegna þessara áhrifa. Mæling vetrarafkomu var unnin 2.–8. maí og mælingar sumarafkomu 17.–20. október 2022. Mælingarnar eru gerðar í samstarfi Jarðvísindastofnunar Háskólans og Landsvirkjunar, með góðum stuðningi vorferðar JÖRFÍ í byrjun

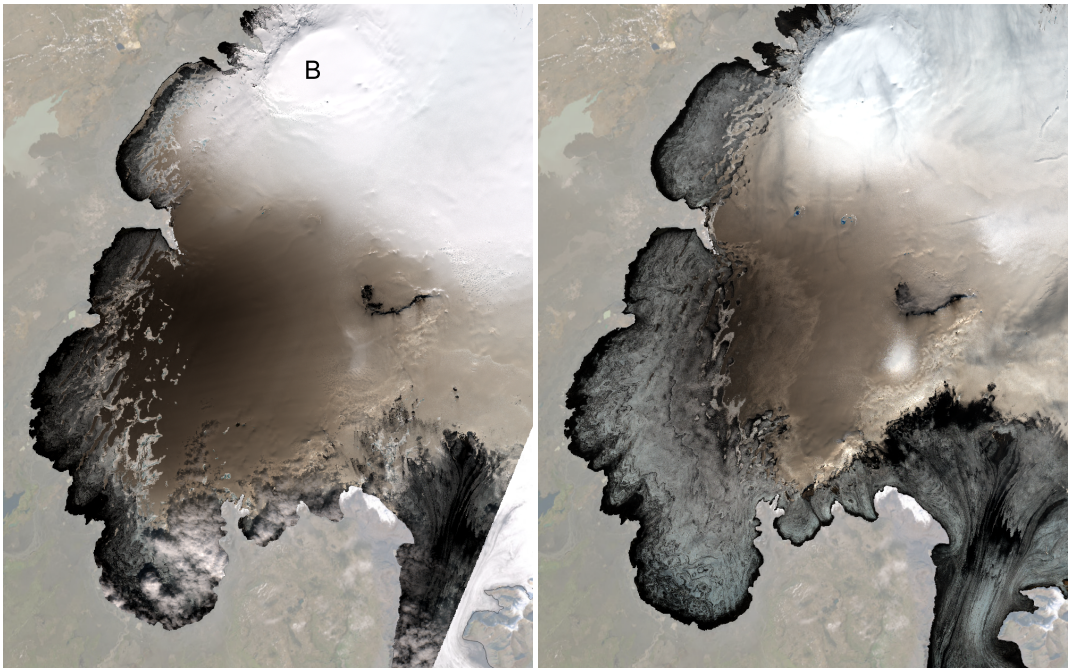



1. mynd. Samantekin gögn um yfirborðsafkomu þriggja stærstu jöklanna frá upphafi mælinga. Bláar súlur sýna vetrarafkomu ($b_w$), rauðar súlur eru sumarleysing ($b_s$) og græn lína táknar ársafkomu ($b_n$), summu veturs og sumars. Gögn frá Jarðvísindastofnun Háskólans, Veðurstofu Íslands og Landsvirkjun. Gögnin ásamt útskýringum eru aðgengileg á *https://islenskirjoklar.is*. – *Specific surface mass-balance observations for the three largest icecaps in Iceland. Blue bars show the winter balance ($b_w$), red shows the summer balance ($b_s$) and green the net balance ($b_n$). Data, supporting literature and reports are accessible at https://islenskirjoklar.is*

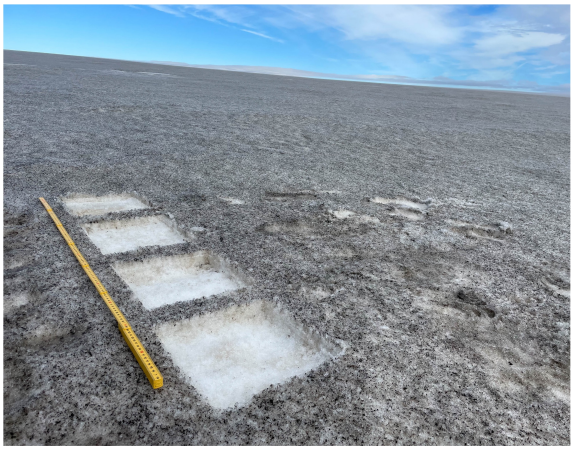
júní, þegar borað var í Hermannaskarði, á Öræfajökli og í Kverkfjöllum.

**Hofsjökull**

Afkoma Hofsjökuls mældist -0.29 m (vatnsgildi) á jökulárinu 2021–2022 og var því einnig neikvæð (1. mynd). Nokkur munur var á afkomu einstakra ísasviða, t.d. var ársafkoman lítillega jákvæð á jöklinum norðanverðum (Sátujökli, +0,05 m), en talsvert neikvæð (-0,49 m) á Þjórsárjökli (þ.e. á suðaustanverðum Hofsjökli). Frá upphafi mælinga á Sátujökli árið 1988 hefur vetrarafkoma aðeins þrívegis mælst meiri og á Þjórsárjökli aðeins fjórum sinnum (frá 1989). Á Blágnípujökli hefur vetrarafkoma fjórum sinnum mælst meiri (frá 1989), en þrívegis ámóta og nú. Út frá mælingum á einstökum ísasviðum má áætla að vetrarafkoma Hofsjökuls alls hafi verið rúmlega 20% umfram meðaltal frá árinu 1989. Mest mældist snjóþykktin í vetrarlok 7,7 m á hábungu jökulsins í 1790 m hæð. Sumarleysing mældist í minna lagi á Hofsjökli þetta sumar, á Sátujökli hefur hún aðeins fimm sinnum mælst minni, á Þjórsárjökli 12 sinnum en á Blágnípujökli sex sinnum. Á suðvesturhluta jökulsins mældist leysingin um 92% af meðal-sumarleysingu áranna 2017–2021. Mælingar á vetrarafkomu að vori fóru fram 25.–30. apríl og mælingar á sumarafkomu 16.–19. október 2022. Mælingarnar eru gerðar af Veðurstofu Íslands.




2. mynd. Myndir úr Sentinel 2 gervitungli Geimvísindastofnunar Evrópu (European Space Agency, ESA). T.v. er mynd tekin 13. júlí 2022 og t.h. mynd tekin 5. september 2022. Dreifing sands og ryks á yfirborði suðvesturhluta Vatnajökuls er augljós. Greina má nýlegan hvítan snjó í Bárðarbungu til samanburðar. – *Satellite images from Sentinel 2 of the southwest outlets at Vatnajökull. To the left is an acquisition from 13th July 2022 and to the right from 5th September 2022. The extent of light-absorbing particles in the surface is quite clear. Fresh new snow (impurity free) can be seen at Bárðarbunga (B) for reference.*



3. mynd. Sýnataka úr yfirborði af sandi og ösku sem féll í fyrstu viku júlí 2022 við veðurstöð á Tungnaárjökli (T06) í um 1460 m y.s. – *Surface sampling in July 2022 at Tungnaárjökull.* Ljósmynd/*Photo*. Andri Gunnarsson.

**Langjökull**

Afkoma Langjökuls á jökulárinu 2021–2022 var lítillega jákvæð (+0,05 m, 1. mynd). Þetta er annað árið sem jákvæð afkoma mælist þau 26 ár sem liðin eru frá því mælingar hófust jökulárið 1996–1997. Jökulárið 2014–2015 mældist hún jákvæð (+0,5 m, vatnsgildi) og árið 2017–2018 mældist hún 0 m og jökullinn því í jafnvægi það árið. Vetrarafkoman 2021–2022 reyndist sú mesta sem mælst hefur á tímabili athugana, eða um 41% umfram meðaltal. Meðaltal athugana er 1,76 m (vatnsgildi) en 2021–2022 mældist vetrarafkoma um 2,49 m. Sumarleysing var um 81% af meðaltali áranna 1997–2021, eða um -2,44 m (vatnsgildi). Langtímameðaltal sumarleysingar er -3,02 m. Hæð jafnvægislínu á suðurhluta jökulsins (vestari Hagafellsjökli) var um 1005 m y.s. en um 1240 m y.s. á norðurhluta jökulsins (Baldjökli). Skriðhraðamælingar á Vestari-Hagafellsjökli benda til þess að framhlaup geti verið í

aðsigi. Mælingar á vetrarafkomu að vori voru gerðar 26.–27. apríl og mælingar á sumarafkomu 6.–7. október 2022. Mælingarnar eru gerðar í samstarfi Jarðvísindastofnunar Háskólans og Landsvirkjunar.

**Mýrdalsjökull**

Afkomumælingar á Mýrdalsjökli voru gerðar venju samkvæmt í fjórum punktum, þremur á hájöklinum innan Kötluöskjunnar og einum á sporði Sólheimajökuls. Einnig er rekin veðurstöð yfir leysingartímabilið nálægt einum punktanna á hájöklinum. Ákoma vetrarins er að jafnaði mjög mikil á Mýrdalsjökli og í mælipunktunum þremur á hájöklinum var snjóþykkt um 10 til 14,5 m og vatnsgildi vetrarafkomunnar 6–9,3 m. Þykkt vetrarsnævar var um 20–40% yfir meðaltali í samanburði við fyrri ár. Á sporði Sólheimajökuls snjóar lítið yfir veturinn en leysing er algeng yfir vetrarmánuðina, vetrarafkoma þar var -2,6 m (vatnsgildi) veturinn 2021–2022. Lesið var af vírum og stikum um haustið til að meta leysingu sumarsins. Sumarafkoman mældist um -8,4 m (vatnsgildi) en -1,3 til -1,7 m innan Kötluöskjunnar. Afkoma Mýrdalsjökuls er nærri meðaltali á sporði Sólheimajökuls en heldur hærri í punktunum innan öskjunnar en þar var leysing um 10–30% meiri en fyrri ár. Ekki er unnt að meta ársafkomu Mýrdalsjökuls í heild út frá þessum mælingum. Mælingar á vetrarafkomu að vori voru gerðar 22. maí og mælingar á sumarafkomu 10. október. Mælingarnar eru unnar í samstarfi Jöklarannsóknafélags Íslands, Jarðvísindastofnunar Háskólans, Veðurstofu Íslands og Landsvirkjunar.

**Tindfjallajökull**

Afkomumælingar voru gerðar á Tindfjallajökli í fyrsta skipti síðan 1959. Mælingar sem gerðar voru á árunum 1953 til 1959 snérust að miklu leyti um athuganir á eðlismassa vetrarsnævar á einum stað og mælingar á snjóþykkt við nokkrar stikur sem oft var lesið af nokkrum sinnum yfir sumartímann. JÖRFÍ tók að sér að endurvekja afkomumælingar á Tindfjallajökli vorið 2022 í kjölfar vel heppnaðra mælinga á Torfajökli árið áður (2020–2021). Markmið mælinganna er að auka skilning á afkomu smærri íslenskra jökla, en um það eru fáar athuganir tiltækar. Alls voru settir út fimm afkomupunktar á Tindfjallajökli sem taldir eru lýsa vel breytileika í afkomu jökulsins, svo út frá þeim megi meta afkomu fyrir allan jökulinn.

Sleðaleiðangur á vegum JÖRFÍ var gerður út 24. apríl 2022 til að mæla vetrarafkomuna. Reynt hafði verið að fara nokkrum dögum fyrr en frá var horfið vegna veðurs. Fimm afkomuholur voru boraðar og reyndist snjódýpt á milli 4,5 og 6,4 m. Settir voru niður vírar og stikur til að vitja um að hausti. Þann fjórða september fór hópur göngugarpa til vitjana í afkomupunktum og náðust fjórir punktar í þeirri ferð. Tveir félagar í JÖRFÍ gengu í fimmta punktinn í byrjun nóvember og náðu þar mælingu. Vetrarafkoma er metin sem 2,75 m (vatnsgildi), jafnað yfir allan jökulinn. Mat á sumarafkomu fyrir allan jökulinn er -2,99 m (vatnsgildi). Ársafkoma Tindfjallajökuls er því metin neikvæð um -0,25 m (vatnsgildi). Ljóst er að öskulag úr Heklugosi 1947 hefur mikil áhrif á afkomu jökulsins enda umlykur það stór svæði hans. Vegna þykktar þess einangrar öskulagið snjó og ís (4. mynd).

4. mynd. Leiðangurskona á Tindfjallajökli með Ými í baksýn. Öskubunkar Heklugoss 1947 einkenna svæðið. – *From summer mass balance observations in Tindfjöll in September. Ash deposits from the Hekla 1947 eruption characterize the area.* Ljósmynd/*Photo*. Ingibjörg Eiríksdóttir.

Engin eldri gögn eru til samanburðar og því erfitt að setja mælingar ársins fyrir Tindfjallajökul í samhengi við fyrri ár. Stefnt er að því að halda úti afkomumælingum á Tindfjallajökli í náinni framtíð, ef unnt reynist. Flatarmál Tindfjallajökuls mældist 10,8 km$^2$ árið 2019 og hefur jökulinn tapað um 17,2 km$^2$ (38%) af flatarmáli sínu frá 1890. Mælingarnar á árinu 2022 fóru fram á vegum JÖRFÍ með

stuðningi frá 66°Norður auk Landsvirkjunar og Veðurstofu Íslands, sem lánuðu búnað og tæki til athugana. Niðurstöður afkomumælinga á Tindfjallajökli voru kynntar á haustfundi JÖRFÍ, 3. nóvember 2022.

5. mynd. Kjarnaborun á Eyjafjallajökli vorið 2022, í stilltu og mildu veðri. Vestmannaeyjar í baksýn. – *Winter mass balance observations at Eyjafjallajökull in spring 2022.* Ljósmynd/*Photo*. Þráinn Kolbeinsson

**Eyjafjallajökull**

Afkomumælingar voru einnig gerðar á Eyjafjallajökli í fyrsta skipti svo vitað sé (5. mynd). Lagt var út mælisnið í vestur-austur stefnu, þvert yfir jökulinn, með 4 punktum sem taldir voru lýsa breytileika í afkomu jökulsins. Sleðaleiðangur á vegum JÖRFÍ var gerður út 13. maí 2022 til að mæla vetrarafkomuna (4. mynd). Með í för var ljósmyndari á vegum 66°Norður sem myndaði leiðangurinn. Þar náðist að bora gegnum vetrarlagið í tveimur punktum af fjórum, en vegna lélegs skyggnis var ekki hægt að fara í punktana austan megin á jöklinum. Snjódýpt var 5,3 m niður á hausthvörf í neðri punktinum og 8,15 m í hinum efri. Skildir voru eftir vírar og stikur til að vitja um að hausti. Vetrarafkoma í þessum tveim punktum var 3,0 m og 4,8 m (vatnsgildi). Efri punkturinn var rétt vestan Goðasteins efst á Akstaðajökli en neðri punkturinn var í um 1100 m hæð á sporði sama jökuls. Nokkrar tilraunir voru gerðar til að vitja punktanna að hausti, m.a. með þyrlu Landhelgisgæslu Íslands 27. október. Stikan í neðri punktinum fannst en talið er að stikan í efri punktinum hafi týnst í sprungu. Gerður var út leitarleiðangur á skíðum 28. nóvember en þrátt fyrir mikla leit fannst stika og vír í efri punktinum ekki. Sumarleysing í neðri punkti á Akstaðajökli var -4,2 m (vatnsgildi) og reiknast ársafkoma í þeim punkti því neikvæð upp á -1,2 m (vatnsgildi). Ekki er unnt að meta afkomu Eyjafjallajökuls heildstætt út frá þessum mælingum. Mælingarnar eru gerðar á vegum JÖRFÍ með stuðningi frá 66°Norður. Landsvirkjun lánaði búnað og tæki til athugana, Landhelgisgæslan aðstoðaði við haustvitjanir og Veðurstofan lagði til bifreið og búnað til leitarinnar 28. nóvember.

**Afkoma jökla á Tröllaskaga**

Afkoma þriggja jökla á Tröllaskaga var mæld jökulárið 2021–2022 og reyndist afkoman vel jákvæð eða á bilinu 0,4 til 0,75 m (vatnsgildi). Á Búrfellsjökli (6. mynd) sem er í Svarfaðardal miðsvæðis á Tröllaskaga var vetrarákoman 1,97 m, sumarleysingin var -1,52 m og afkoman 0,45 m. Á Deildardalsjökli í Botni Svarfaðardals var vetrarákoman 2,21 m, sumarleysingin um -1,44 m og afkoman 0,77 m. Á Hausafönn sem er í botni Ufsadals ofan Dalvíkur fremur utarlega á skaganum var vetrarákoman 2,24 m, sumarleysingin -1.39 m og afkoman 0.85 m. Sumarleysing jöklanna var um 25% undir meðallagi en sumarhiti á Akureyri var 9.9°C sem er nærri meðallagi síðustu 30 ára. Vetrarákoman var um 10% umfram meðallag. Afkoman var langt umfram meðallag og telst með mesta móti þó að nokkuð vanti uppá afkomu metin frá árunum 2013 og 2015.

6. mynd. T.v. Lúinn mælingamaður á gönguskíðum við sporð Búrfellsjökuls eftir góðan dag við ákomumælingar í maí 2021. T.h. Haustmæling á Búrfellsjökli í lok september síðastliðinn. Eins og sjá má er yfirborð jökulsins að mestu hulið fyrningum frá liðnum vetri. – *At Búrfellsjökull in May 2021 (left) and late September 2022.* Ljósmyndir/*Photos*. Skafti Brynjólfsson.

Líklega er óhætt að fullyrða að afkoma flestra og jafnvel allra jökla á Tröllaskaga hafi verið jákvæð jökulárið 2021–2022, en sum ár er afkoma þeirra rúmlega 100 jökla sem prýða skagann nokkuð breytileg. Sú ályktun byggir helst á grófri könnun í lok sumars á hlutfallslegri stærð ákomusvæða nokkurra jökla utan þeirra sem mældir eru. Sé ákomusvæðið um 60% eða meira af flatarmáli tiltekins jökuls að hausti er hann talinn í jafnvægi eða afkoma hans jákvæð.

Jákvæð afkoma jökulárið 2021–2022 skýrist ekki síst af sumartíðinni sem var hagfelld jöklum á Tröllaskaga þrátt fyrir að sumarhitinn teldist ágætur á Akureyri. En býsna oft snjóaði á jöklana í júlí og ágúst og aldrei gerði langvarandi kafla með ákafri sunnan leysingu. Jöklarnir voru huldir tiltölulega hreinum vetrarsnjó fram í lok sumars þegar fór að sjá á dökka eldri fyrninga og ís.

Mælingar gengu vel bæði vor og haust, leiðangursmenn völdu sér góða veðurdaga til mælinga, ýmist var farið á gönguskíðum eða vélsleðum til ákomumælinga í afbragðs vorblíðu í maí, en fótgangandi til haustmælinga í ágætis tíð í september.

## SUMMARY

For the glaciological year 2021–22 mass balance was observed at ∼140 locations in Iceland. At Vatnajökull 67 points were observed, 20 points at Hofsjökull, 25 at Langjökull, four at Mýrdalsjökull, five in Tindfjöll, two at Eyjafjallajökull and ∼15 at Tröllaskagi in northern Iceland. Four automatic weather stations (AWSs) were in full-year operation at Vatnajökull but additional 10 AWSs were operated during the melt season. Winter mass balance was above average, due to more winter snow than in an average year, which concurrently with a cold and cloudy summer reduced summer ablation, although fall months (September and October) were quite warm. An extensive dust deposit event at the southwest outlets at Vatnajökull in July enhanced summer ablation by increased radiative forcing. Figure 1 shows the main results for the three largest icecaps in Iceland. At Vatnajökull winter mass balance was 27% above average, average summer ablation was observed (2% above average), resulting in a slightly negative net balance of -0.08 m w. eq. At Hofsjökull winter mass balance has only been observed greater in three years since 1988, about 20% above the long-term average. Summer ablation was below average (92% of 2017–2021 average) resulting in a negative net mass balance of -0.29 m w. eq. Net mass balance at Langjökull was positive, +0.05 m w. eq. Winter mass balance was 41% above long-term average (1.76 m w. eq.) and summer ablation 81% of the long-term average (-2.44 m w. eq. in 2021–22 with long-term average as -3.02 m w. eq.).