



HÁSKÓLI ÍSLANDS



Grímsfjall í Vatnajökli

Photo: Einar Ragnar Sigurðsson

Jöklunarsaga Íslands

Einar Ragnar Sigurðsson

Saga lífs og jarðar 2

2011

Efnisyfirlit

Jöklunarsaga Íslands.....	1
Sögulegt samhengi rannsókna á ísöldinni	1
Fingraför jökulsins – að lesa í landið	2
Jöklun á Pliocene og Pleistocene tíma	3
Tjörnes	
Síðasta jökulskeiðið, Weichsel og upphaf nútíma, Holocene	4
Jöklar hverfa nær alveg og myndast aftur	6
Litla ísöld.....	6
Útbreiðsla skriðjökla frá suðaustanverðum Vatnajökli	
Jöklunarsaga dagsins í dag og framtíðarinnar	7
Lokaorð	8
Tilvísanir	8

Jöklunarsaga Íslands

EINAR RAGNAR SIGURÐSSON

Ritgerð í Sögu lífs og jarðar 2 við Háskóla Íslands, vor 2011



HÁSKÓLI ÍSLANDS

Jöklar tóku að myndast á hæstu fjöllum á Íslandi fyrir um 7 MÍA síðan. Fyrir um 3,8 MÍA voru jöklar farnir að ganga fram. Fyrstu ummerki um jöklun á öllu landinu eru frá því fyrir um 2,5 milljón árum þegar m.a. er vitað að jöklar voru gengnir í sjó fram á Tjörnesi. Á Pleistocene tíma sem hófst fyrir 2,59 milljón árum hafa skipst á hlýskeyð og jökulskeyð þar sem jökulskeyðin hafa verið lengri en hlýskeyðin. Tíðni jöklunar hefur aukist og hafa sérstaklega hlýskeyðin orðið styttri.

Við hámarks útbreiðslu jökulsins (LGM) við lok Weichselian fyrir 20 þúsund árum var jökulskjöldurinn á Íslandi um 210 þúsund km². Talsverðar sveiflur voru í hitastigi við afjöklun sem hófst seinna á Íslandi en á mörgum öðrum stöðum. Jökullinn gekk a.m.k. tvívegis fram á tíma afjöklunarinnar, þ.e. á Yngra Dryas fyrir 10.300 árum og Pre Boreas fyrir 9.800 árum. Jöklar hurfu nær alveg af landinu fyrir um 7.000 árum síðan þegar hlýjast varð á nútíma. Jöklar tóku að myndast aftur og náðu hámarksútbreiðslu við lok litlu ísaldar í kringum 1890.

Í upphafi 21. aldarinnar hoga jöklar hratt og stafar það af hnattrænni hlýnun sem er a.m.k. að hluta til af mannavöldum. Þó veðurfar fari hlýnandi á þessari öld og jöklar hofi núna, þá er gert ráð fyrir að jökulskeyð komi aftur og landið verði þá hulið jökli eins og á öðrum jökulskeyðum ísaldarinnar.

Einar Ragnar Sigurðsson (eragnarsig@gmail.com), Hæðargarði 34, 108 Reykjavík

Jöklunarsaga Íslands er áhugaverð fyrir margra hluta sakir. Veðurfar á landinu er með þeim hætti að tiltölulega litlar breytingar á hitastigi geta haft mikil áhrif á framskið og hóp jökla. Landið er eldfjallaland þar sem nota má ummerki eldgosa til að segja til um hvort jökull var yfir landinu eða ekki og einnig hafa hraunbreiður verndað jarðlög fyrir rofi jökla og er því auðveldara að lesa upplýsingar úr jarðlögum en ella.

Í þessari grein er fjallað um jöklarannsóknir á Íslandi og um sögu jöklunar á Íslandi á Pleistocene. Varpð er ljósi á jökulskeyð og hlýskeyð sem hafa skipst á síðustu ármilljónirnar. Fjallað er sérstaklega um afjöklun síðasta jökulskeyðs, Weichselian og sveiflur í því ferli. Loks er fjallað um litlu ísöld og lítillaga um jöklun nú á tímum.

Sögulegt samhengi rannsókna á ísöldinni

Erlendir vísindamenn stunduðu rannsóknir á hugsanlegum ísaldarjöklum hérlendis á 19. öld. Má þar meðal annarra nefna Svíann Otto Martin Torrell sem kom til Íslands sumarið 1857 þar sem hann leitaði að og fann ummerki eftir ísaldarjökla. (Helgi Björnsson, 2009).

Af íslenskum fræðimönnum má nefna Þorvald Thoroddsen og dr. Helga Péturss. Báðir stunduðu þeir rannsóknir um aldamótin 1900 en tókust á um það hvort um eina samfellda ísöld hefði verið að ræða eða að á ísöldinni hefðu skipst á jökulskeyð og hlýskeyð. Þorvaldur var viss í sinni sök að einungis hefði veri um eina jöklun og eina afjöklun að ræða en Helgi Péturss fann basalthraunlög frá tímabili ísaldarinnar og taldi fjögur eða fimm mismunandi jökulskeyð (Jón Eiríksson

2008). Ekki er nein föst tala á fjölda jökulskeyða miðað við rannsóknir dagsins í dag en þó álitnið líklegast að þau séu yfir 30 talsins (Ólafur Ingólfsson, 2011).

Fróðlegt getur verið að skoða hugmyndir um ísöldina frá miðri síðustu öld en í ritverki Ólafs Jónssonar (1945) um Ódáðahraun er fjallað lítillaga um ísöldina. Þar gerir hann ráð fyrir að Ísöld á Kvarter hafi staðið í um 1 milljón ára en fyrir þann tíma hafi verið minni ísaldarskeyð á Tertier. Hann gerir grein fyrir að á ísöld hafi skipst á hlýrri og kaldari skeyð þannig að landið hafi ekki verið hulið jökli allan tímann. Raunar telur hann eðlilegt að miða við að ísöldinni sé alls ekki lokið heldur standi einungis yfir hlýskeyð á ísöldinni og að upphaf þess hlýskeyðs sé fyrir um 10 þúsund árum síðan.

Þykkt jökulsins telur hann hafa óvíða verið meiri en 600-700 metra og merkir hann það af hæð stapa-fjallanna sem hann telur hafa staðið upp úr jöklinum. Ástæða þess að hann telur þau hafa staðið upp úr jöklinum er að ofan á stöpunum voru lítt sködduð hraun og ekki mikið um jökulrispur. Þetta er athyglisvert í því ljósi að myndun stapanna taldi hann ekki tengjast jöklun, heldur að þeir væru afleiðingar stórkostlegs jarðsigs.

Með notkun segulmælinga sem hófst á skipulegan hátt á 6. og 7. áratug 20. aldar og fleiri og nákvæmari aldursákvarðana hraunlaga og innskota hefur fengist betri mynd af fjölda jökulskeyða á Íslandi (Jón Eiríksson, 2008).

Einnig má hér gera ráð fyrir að almennar framfarir í þekkingu jarðfræðinga svo sem með núverandi kenningum um myndun móbergsstapa hafi markvert skilað sér í réttari mynd af sögu jöklunar.

Fingraför jökulsins – að lesa í landið

Jökull sem liggur yfir landi skilur eftir sig margvísleg ummerki sem má nota til að finna út hvenær jökull lá yfir og hvenær ekki.

Ummerki jöklunar á yfirborði lands eru til dæmis hvalbök, grettistök og jökulrispur, sjá mynd 1. Jöklar ýta einnig upp landi fyrir framan sig og skilja eftir sig jökulgarða sem sýna hámarksútbreiðslu. Við bráðnun verða m.a. eftir jökulöldur, jökulkembur og malarásar. Þessi ummerki jökla afmást oft ef jökull gengur aftur yfir og segja því mest til um síðustu jöklun á hverjum stað (Ólafur Ingólfsson, 2011).

Við eldgos undir jökli myndast ekki hefðbundin hraun og öskulög heldur bólstraberg (pillow lavas), þursa- og brotaberg (breccias), móberg og margs konar samlímd gosaska (diamictons). Við rannsóknir á fyrri jökulskeiðum er því m.a. leitað í jarðlögum að þessum ummerkjum um eldgos undir jökli og einnig ummerkjum um eldgos á jökullausu landi. Til að flækja málið örlítið eru reyndar ummerki um eldgos undir jökli og eldgos undir vatni þau sömu að þessu leyti (Jón Eiríksson, 2008). Eldfjöll mynduð við gos undir jökli (og einnig undir vatni) eru móbergshryggir og móbergsstapar. Staparnir gefa okkur einnig viðbótarupplýsingar um þykkt jökulsins því þeir ná ekki að

myndast nema þeir nái upp úr jöklinum eða bræðslulóninu sem myndast í kringum þá.

Í setlögum skilja jöklar m.a. eftir sig jökulberg sem er myndað úr illa stærðarflokkaðri bergmylsnu. Í setlögum frá hlýskeiðum má ýmist finna ummerki í formi gróðurleifa sem gefa vísbendingu um þurrt jökullaust gróið land, stöðuvatna og árset og loks skeljar og önnur ummerki um áflæði sjávar.

Setlögin henta best til að fá mynd af fyrri jökulskeiðum ísaldarinnar og raunar er stundum erfiðara að lesa upplýsingar um jöklunarsöguna frá síðustu 800 þúsund árunum en jöklunarsögu jökulskeiðanna þar á undan. Stafar það af því að jarðlög þess tíma eru mikið til undir yngri eldfjöllum. Einnig hafa sum svæði verið að meira og minna undir jökli allan tímann og rof það mikið að ekki er hægt að greina einstakar jöklanir. Þetta á meðal annars við í Óræfasveit (Jón Eiríksson, 2008).

Einhver stærstu ummerki jöklunar eru jökulsorfnir dalir sem einkenna þau landsvæði sem eru mikið mótuð af ísaldarjöklun (Ólafur Ingólfsson, 2011). Þar sem jökulsorfnir dalir eru mótaðir á löngum tíma og á mörgum jökulskeiðum þá er almennt erfitt að tímasetja einstök jökulskeið út frá þeim en hægt er að segja fyrir með nokkuð góðri vissu að þar hafi skriðjökull gengið fram.

Á margan hátt er Ísland einstak til að lesa sögu jöklunar og koma þar nokkrir þættir til. Má þar annars



Mynd 1. Jökulrispur og grettistak á hvalbaki á Keldudalsheiði sunnan Mýrdalsjökuls. Horft eftir jökulrispunum til sjávar í líklega skriðstefnu jökulsins (Ljósmynd: Einar Ragnar Sigurðsson)

vegar nefna að landið á það hárrí breiddargráðu að við minniháttar kólnun eins og t.d. á litlu ísöld fara jöklar að skriða fram og við hlýnun eins og er nú á dögum hoga jöklar merkjanlega. Hins vegar má nefna þátt eldvirkni við að varðveita jöklunarsöguna. Kemur þar til að ummerki eldgosa undir jökli og á jökullausu landi eru töluvert ólík eins og var lýst að framan en einnig að hraunbreiður sem hafa lagst yfir setlög hafa átt sinn þátt í að varðveita þau þegar jökull hefur gengið yfir landið (Ólafur Ingólfsson, 2011).

Næmni jökla á Íslandi gagnvart hitastigsbreytingum gerir einnig rannsóknir á jöklunarsögu erfiðari þar sem ummerki jökla á láglandi og jafnvel ummerki jökla sem ná til sjávar geta komið til af hitastigsbreytingum á hlýskeyðum ísalda. Dæmi um slíkt er t.d. þegar Breiðamerkurjökull átti ekki nema um 200 metra eftir til að ganga í sjó fram við lok litlu ísaldarinnar rétt fyrir lok 19. aldar. Jafnframt hafa rannsóknir sýnt fram á að landið var ekki allt hulið jökli allt seinasta jökulskeið (Weichsel jökulskeiðið) og jafnvel hefur verið dregið í efa að landið hafi allt verið hulið jökli á sama tíma og jöklar náðu langt út í landgrunnið (Jón Eiríksson, 2008).

Jöklun á Pliocene og Pleistocene tíma

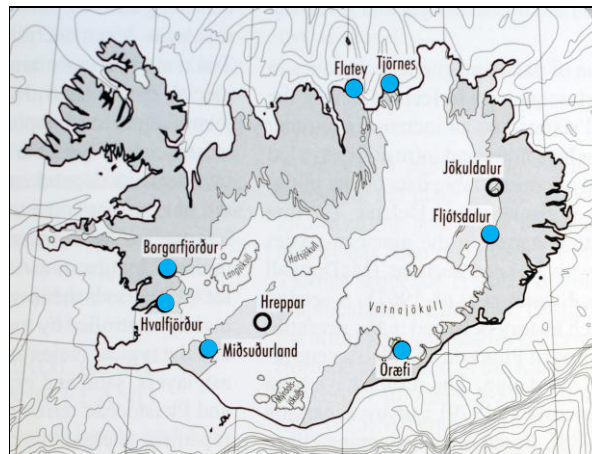
Þær rannsóknir sem fjallað er um í þessum hluta greinarinnar byggja á nákvæmum upplýsingum um veðurfar sem fengist hafa úr ískjarnarannsóknum frá Grænlandsjökli ásamt einnig veðurfarsupplýsingum sem má lesa úr djúpsjávarseti og gefa upplýsingar um veðurfar á Pliocene og Pleistocene tíma. Upplýsingar um jöklun á einstökum svæðum eru fengnar með athugunum á setlögum úr jarðlagastaflanum á viðkomandi svæðum (Jón Eiríksson, 2008).

Þegar myndun Íslands hófst við opnun Norður-Atlantshafsins, var landið upphaflega jökullaust. Þetta var á Miocene tíma og var hitastig þá töluvert hærra en síðar varð (Stanley, S., 2009). Þegar líður á Miocene tíma lækkar hitastig og skilyrði fyrir fyrstu jöklun á Íslandi fara að skapast. Vitað er að jöklar fóru að myndast á háum fjöllum á suðausturlandi fyrir 7 milljón árum. Fyrir 3,8 milljón árum gengu jöklar fram af og til, þó ekki hafi fundist vísbendingar sem gefa til kynna að jökullinn hafi á þeim tíma náð um allt landið (Jón Eiríksson, 2008).

Elstu ummerki um að jökull hafi náð yfir stærstan hluta Íslands og gengið í sjó fram eru frá því fyrir 2,5 milljónum ára en frá þeim tíma hafa fundist ummerki jöklunar á Tjörnesi, Flatey undan Flateyjardalsheiðar, Fljótsdal, Jökuldal, Örefasveit, Borgarfirði og Hvalfirði. Sjá mynd nr. 2 (Jón Eiríksson, 2008). Greinargott yfirlit yfir ummerki jöklunar sem byggir á rannsóknum af þessu tagi er í grein Jóns Eiríkssonar (2008), sjá mynd 3.

Í heild sinni bera þessar rannsóknir það með sér að jöklun á Íslandi hefur hafist áður en ísöld (Pleistocene) hófst skv. jarðsögutímatalinu fyrir 2,59 milljónum ára

síðan en hins vegar ljóst að tíðnin hefur aukist verulega um það leyti og einnig að ekki er hægt að segja með vissu að landið hafi allt verið meira og minna undir jökli í einu fyrr en ísöldin var að hefjast.



Mynd 2. Staðir sem sýna ummerki jöklunar frá um 2,5 milljón árum síðan (Jón Eiríksson, 2008).

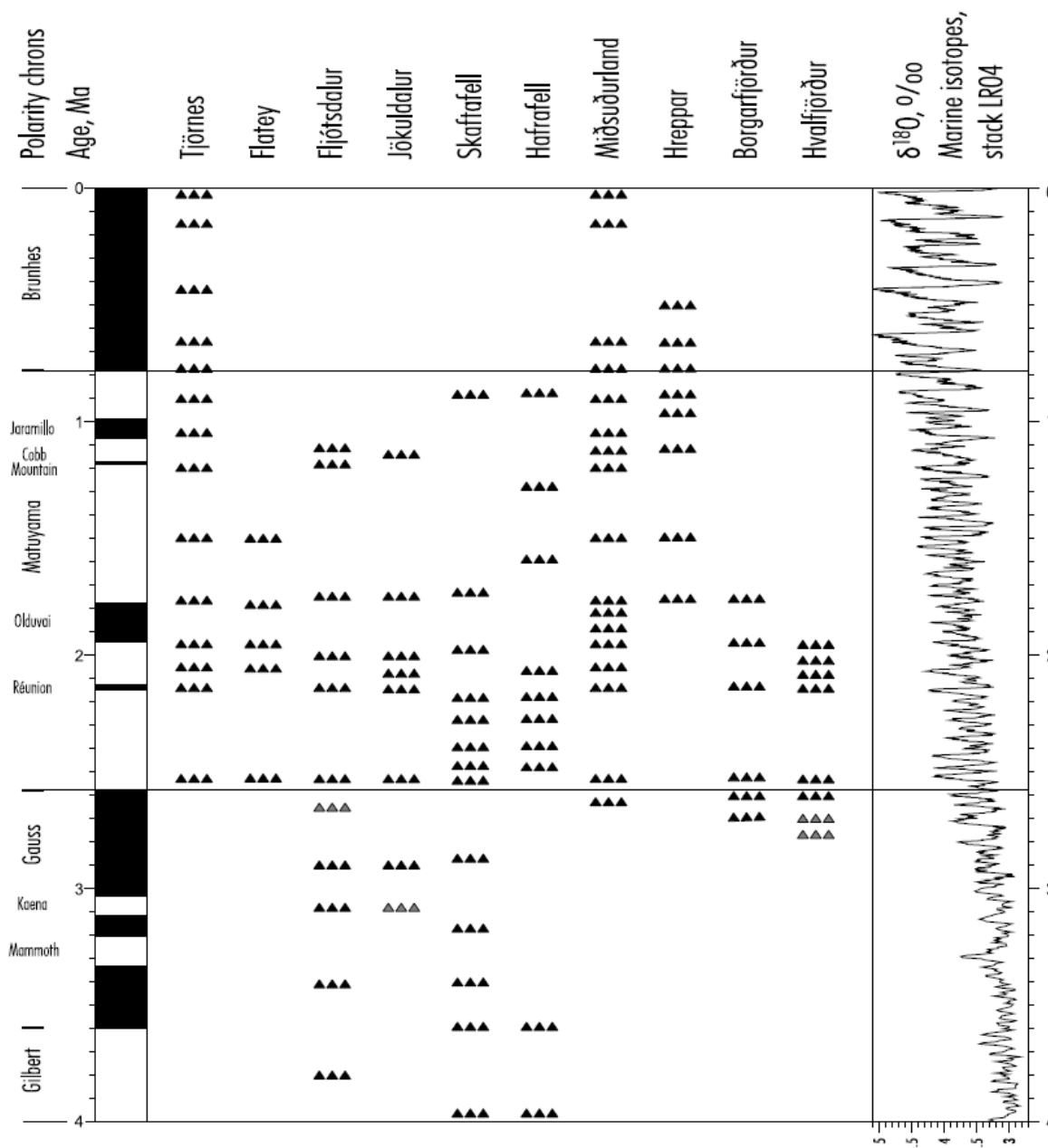
Tíðni jöklunar sbr. mynd 3 er mest frá 2,5 MÁ síðan til 1,8 MÁ síðan. Tíðni jöklunar virðist vera mun minni fyrir 1,5MÁ síðan til 1,3 MÁ en vex þá aftur. Ætla mætti út frá mynd 3 að dregið hafi úr tíðni jöklunar síðustu 800 þúsund árin en það er ekki svo, heldur eru opnanir til að lesa úr jarðlögum á þeim tíma ekki jafn góðar og frá fyrri tímabilum (Jón Eiríksson, 2008).

Á móti þessum upplýsingum um sögu jöklunar eru upplýsingar um sögu veðurfars sem fela það í sér að veðurfar hefur frekar farið kólnandi eftir því sem liðið hefur á Ísöldina. Lengd sveiflunnar hefur einnig aukist og farið úr um 40 þúsund ára sveiflu uppí 100 þúsund ára sveiflu þar sem einkum jökulskeiðið hefur lengst án þess að hlýskeyðin hafi lengst að sama skapi (Jón Eiríksson, 2008; Helgi Björnsson, 2009 & Ólafur Ingólfsson, 2011).

Ef reynt er að kasta tölu á fjölda jökulskeiða sem ofangreindar rannsóknir á setlögum gefa til kynna má auðveldlega telja yfir 30 aðskildar jökulanir út frá þeim gögnum sem birtast á mynd 3 og þar af um 20 jökulanir frá Pleistocene tíma.

Tjörnes

Meðal þeirra staða sem hafa verið rannsakaðir og koma fram á myndum 2 og 3 er Tjörnes. Neðst og þar af leiðandi elst í jarðlagastafla Tjörness eru hraunlög kennd við Köldukvísl og ofan á þeim setlög upp til 3,2 milljón ára síðan. Höskuldsvíkur hraunlögin sem eru þar ofan á ná fram til um 2,6 milljón ára síðan en þau bera það með sér að hafa myndast hvorki undir vatni né ís. Það má því gera ráð fyrir að Tjörnesið hafi verið jökullaust þangað til þá (Jón Eiríksson, 2008).



Mynd 3. Ummerki jöklunar á Pleistocene og undir lok Pliocene (Jón Eiríksson, 2008).

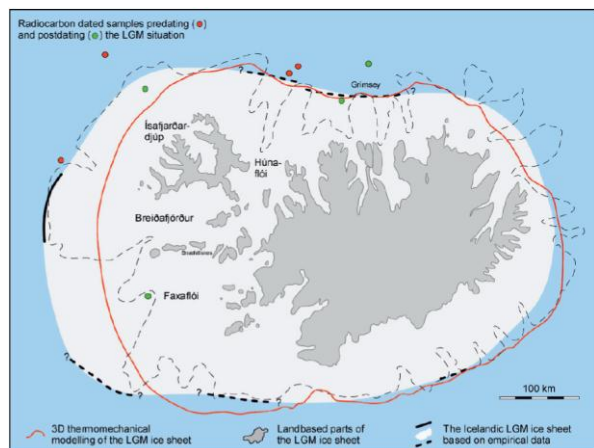
Neðarlega í Breiðarvíkurlögunum sem eru ofan Höskuldsvíkur hraunlaganna koma hins vegar ummerki eftir jöklun og eru elstu ummerkin frá því fyrir 2,5 milljón árum. Alls hafa fundist ummerki 14 jöklana á Tjörnesi. Tíðni ummerkja jöklunar minnkar síðustu 500 þúsund árin skv. rannsóknnum Jóns Eiríkssonar (2008) en á það er bent að það þarf ekki að vera merki um að jöklun hafi verið sjaldgæfari heldur er þar um verr varðveitt jarðlög og verri opnanir til að skoða setlög.

Síðasta jökulskeiðið, Weichsel og upphaf nútíma, Holocene

Útbreiðsla jökla á síðasta jökulskeiði (Weichsel) sem hófst fyrir um 120 þúsund árum er mikið betur þekkt en útbreiðsla jökla á fyrri jökulskeiðum. Stafar það af því að hvert jökulskeið afmáir að hluta ummerki síðasta jökulskeiðs á undan. Þannig er t.a.m. hægt að sjá sveiflukennt hop ísaldarjökulsins fyrir um 10 þúsund árum, sem stafar af tímabundum afturkippum sem komu í hlýnunina eftir að ísa tók að leysa. Sambærilegar upplýsingar um hugsanlega hlýnun í upphafi Eemian hlýskeiðsins fyrir 130 þúsund árum hafa ekki fundist.

Síðasta jökulskeið náði hámarksútbreiðslu við LGM (Last Glacier Maximum) sem var fyrir um 20 þúsund árum. Þá hefur allt landið verið hulið jökli og hann náð út á landgrunnið. Rannsóknir hafa leitt í ljós jökulgarða neðansjávar um 130 km vestur af Breiðafirði, jökulgarða úti fyrir Norðurlandi sem og jökulrispur á Grímsey, sjá mynd 4. Áætlað flatarmál jökulsins hefur verið meira en 210 þúsund km² eða ríflega tvöfalt núverandi flatarmál Íslands (Hreggviður Norðdahl, Halldór G. Pétursson & Margrét Hallsdóttir 2008).

Þykkt jökulsins við LGM er ekki vituð með fullri vissu en út frá stærð hans, landfræðilegum gögnum svo sem hæð móbergsstapa, hæða á brúnum hvilftarjökla (lip-elevation of corries), jökulrispa og frostveðrun á háum fjöllum (frost shattering on top of high mountains) ásamt þrívíddar-varmaflfræðilegum líkönum hefur mesta þykkt hans verið áætluð 2000m (Hreggviður Norðdahl o.fl., 2008). Út frá eiginleikum jarðskorpunnar undir Íslandi er þá hægt að áætla hve mikið land hefur sigið og kemur fram á mynd 4 að stór hluti landsins undir jöklinum hefur þrýst niður fyrir sjávarmál Íslands (Hreggviður Norðdahl o.fl., 2008).

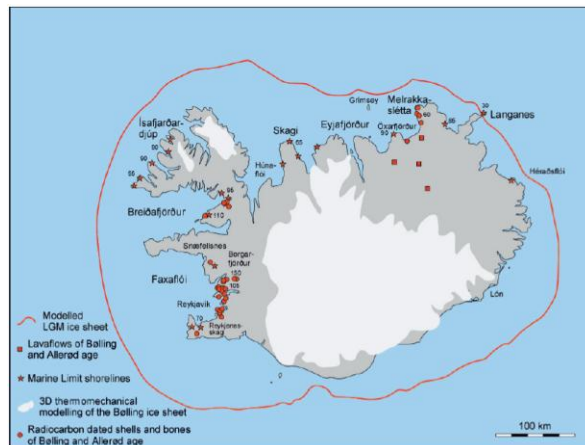


Mynd 4. Sýnir hámarksstærð ísaldarjökulsins við LGM. Hvíta svæðið er stærð jökulsins út frá rannsóknargögnum á jökulhryggjum neðansjávar en rauða línan sýnir stærð jökulsins út frá þrívíddarlíkönunum. Dekkri hluti landsins er sá hluti þar sem yfirborð landsins undir jöklinum var ofansjávar (Hreggviður Norðdahl o.fl., 2008)

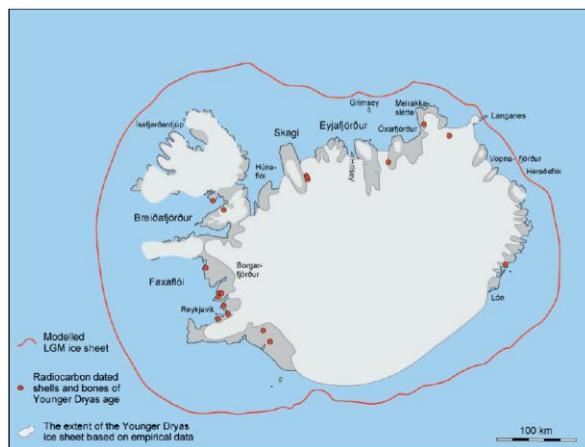
Bráðnun ísaldarjökulsins á Íslandi fór seinna af stað en víða annars staðar eða ekki fyrr en fyrir 15.500 árum en gerðist þá frekar hratt. Á þeim tíma hlýnaði í sjónum við Ísland sökum þess að pólfrenturinn færðist norður. Einnig varð hækkan sjávarstöðu vegna bráðunar stóru ísaldarjökulskjaldanna í N-Ameríku, Skandinavíu og Barentshafi til þess að skriðjökullinn á landgrunninu hefur flotið upp og brotnað í sundur með mikilli kelfingu (Hreggviður Norðdahl o.fl., 2008, Áslaug Geirsdóttir, Miller, Axford & Sædis Ólafsdóttir 2009).

Samhliða afjökluninni varð aukin eldvirkni sem olli uppsöfnun jökullóna og jökulhlaupa en á norður-, suður- og vesturströnd Íslands eru ummerki jökulhlaupa frá þeim tíma sem afjöklunin átti sér stað (Áslaug Geirsdóttir o.fl., 2009).

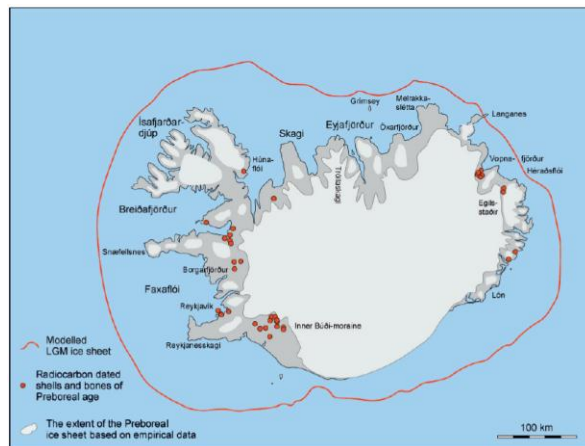
Landgrunnið vestur af Íslandi var orðið jökullaust fyrr 13 þúsund árum og vesturland 400 árum seinna. Jökullinn hopaði hratt og landið sem kom undan jöklinum var vegna feringar jökulsins undir sjávarmáli. Til marks um það eru fornar strandlínur við Stóra-Sandhól í Skorradal í 150 metra hæð sem hafa verið greindar 12.600 ára gamlar (Hreggviður Norðdahl o.fl., 2008).



Mynd 5. Minnsta útbreiðsla jökla á Bølling fyrir rúmlega 12 þúsund árum (Hreggviður Norðdahl o.fl., 2008).



Mynd 6. Útbreiðsla jökla á Yngra Dryas fyrir um 10.300 árum (Hreggviður Norðdahl o.fl., 2008).



Mynd 7. Útbreiðsla jökla á Pre Boreal fyrir um 9.800 árum (Hreggviður Norðdahl o.fl., 2008).

Sé tekið mið af upplýsingum um hitastig úr borkjörnum á Grænlandi var hágildi hitastigs fyrir um 12.500 árum á Bølling. Fyrir um 12 þúsund árum var flatarmál jökulsins komið niður fyrir fjórðung af því sem var við LGM. Sjá mynd nr. 5 og var þá komið niður í um 46 þúsund km². Þar sem farg jökulsins hafði minnkað mikið (miðað við að flatarmál hafi minnkað um 75% má gera ráð fyrir að jökullinn hafi þynnst verulega og heildar rúmmáls minnkun því töluvert meiri) þá fór land að rísa hraðar en sem nam hækkun sjávar og seinna varð sjávarstaða raunar miðað við landið lægri en hún er núna (Hreggviður Norðdahl o.fl., 2008).

Í kjölfar Bølling kólnaði merkjanlega á Yngra Dryas. Hámark þeirrar kólnunar var fyrir 10.600 árum sem leiddi til fergingar og varð hámark áflæðisins fyrir 10.300 árum, sjá mynd nr. 6 en heildarflatarmál jökla á Íslandi náði þá um 95 þús. km² og landið því að mestu leyti hulið jökli á nýjan leik. Aftur hlýnaði og jöklar hopuðu en kólnaði svo enn aftur og ísaldarjökullinn skreið aftur fram og náði hámarksútbreiðslu fyrir um 9.800 árum á Pre Boreal sem þó var minni útbreiðsla en á Yngra Dryas 500 árum fyrr. Ummerki um framskrið jökla á Yngra Dryas og Pre Boreal má meðal annars finna í Búðaröðinni sem eru jökulgarðar kenndir við fossinn Búða í Þjórsá. Nýjar rannsóknir hafa leitt í ljós að Búðaröðin er tvöföld og eru neðri (ytri) garðarnir frá hámarksútbreiðslu jökulsins á Yngra Dryas en þeir efri (innri) frá Pre Boreal (Hreggviður Norðdahl o.fl., 2008).

Jöklar hverfa nær alveg og myndast aftur

Þegar hlýna tók á nýjan leik eftir Yngra Dryas náði hitastig á nútíma hámarki sínu á HTM (Holocene Thermal Maximum) og varð Ísland þá að mestu leyti jökullaust. Stóru jöklarnir sem eru á Íslandi í dag hafa þá ekki verið til staðar í þeirri mynd sem þeir eru núna en jöklar hafa samt væntanlega verið á hæstu fjöllum

(Flowers, Helgi Björnsson, Áslaug Geirsdóttir, Miller, Blac & Clarke, 2008 og Hreggviður Norðdahl o.fl., 2008).

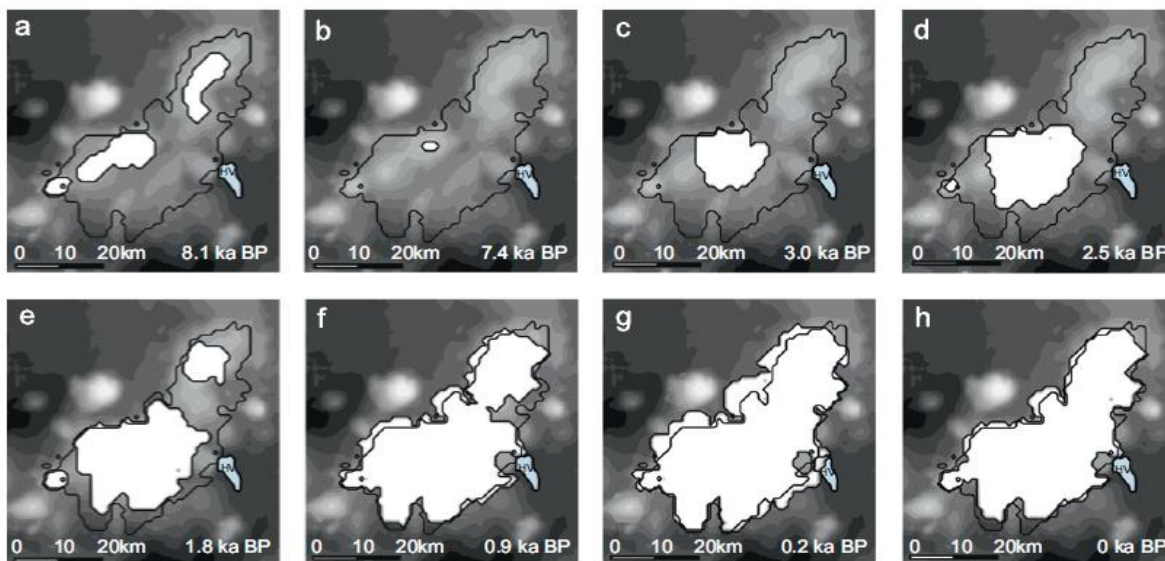
Flowers o.fl. (2008) hafa gert athyglisverðar rannsóknir á myndun Langjökuls út frá rannsóknum á setlögum í Hvítárvatni og ískjarnaupplýsingum frá Grænlandi. Þeir telja að Langjökull hafi verið nær horfinn fyrir 7.400 árum síðan en hafi verið farinn að myndast aftur fyrir um 3.000 árum síðan. Rannsóknir þeirra hafa leitt í ljós að í mörg þúsund ár á Holocene safnaðist lítið sem ekkert jöklaset í vatnið. Eins hafa þeir komist að því að jökullinn hefur ekki kelt ofan í vatnið nema síðustu árhundruðin. Þessar rannsóknir ásamt upplýsingum um hitafar frá ískjörnum Grænlandsjökuls hafa verið sett saman í líkan til að finna út hvernig Langjökull hefur myndast, sjá mynd nr. 8.

Litla ísöld

Við lok 12. aldar kólnaði veðurfar á Íslandi og eru þar til merkis bæði sagnfræðilegar heimildir sem og rannsóknir á trjáhringjum og ískjörnum frá Grænlandi. Jöklar tóku líklega að ganga fram strax við lok 12. aldar en framskrið þeirra hefur færst í aukana á 16. öld og staðið fram til loka 19. aldar, sjá mynd nr. 9 (Helgi Björnsson, 2009). Hefur þetta tímabil verið kallað litla ísöld, LIA (Little Ice Age).

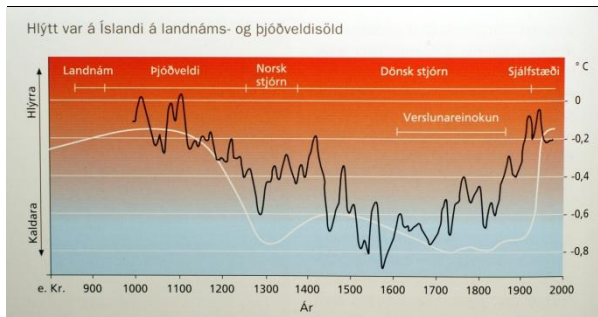
Á rökustu og köldustu svæðum landsins gengu jöklar mest fram og á suðausturlandi gengu landnámsjarðirnar Breiðá og Fjall undir Breiðamerkurjökul (Helgi Björnsson, 2009). Skriðjöklar þar urðu 10 til 15 km lengri en var á landnámsöld og heildarflatarmál jökla á Íslandi varð um 15% af flatarmáli landsins.

Sé miðað við að jöklar nú á dögum þeki 11% landsins (Helgi Björnsson, 2009) var flatarmál jökla við hámarksútbreiðslu við lok litlu ísaldar um 36% meira en það er núna.



Mynd 8. Myndun Langjökuls frá 8.100 árum til okkar tíma (Flowers o.fl., 2008).

Misjafnt er hvenær einstakir jöklar náðu mestri útbreiðslu en skv. Helga Björnssyni (2009) náðu brattir hraðskreiðir skriðjöklar út frá Öræfajökli mestri útbreiðslu um miðja 18. öld en stærstu jöklarnir gengu lengur fram og náðu mestri útbreiðslu við lok 19. aldar og er það þá hámarks jöklaútbreiðsla á Íslandi frá því ísaldarjökullinn hvarf.



Mynd 9. Litla ísöld (Helgi Björnsson, 2009)

Útbreiðsla skriðjökla frá suðaustanverðum Vatnajökli

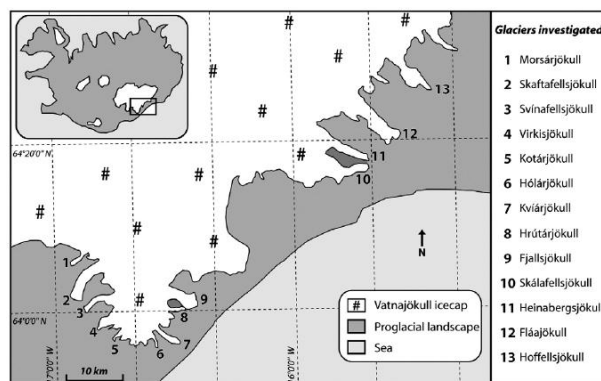
Nýjar rannsóknir Chenet o.fl. (2010) sem hafa verið gerðar á útbreiðslu skriðjökla frá suðaustanverðum Vatnajökli eru áhugaverðar. Alls nær rannsóknin til 13 skriðjökla og eru það flestir skriðjöklanna sem ganga niður frá Öræfajökli og eru á svæðinu fyrir austan Öræfajökul utan Breiðamerkurjökul. Rannsóknin gekk út á að finna hvenær hver jökull var með hámarks-útbreiðslu og var það gert með greiningu á fléttum (lichen) í fremstu jökulgörðum fyrir hvern jökul.

Staðsetning jöklanna sést á mynd nr. 10 og niðurstöður á hámarksútbreiðslu hvers jökuls sjást á mynd nr. 11. Með því að skoða helstu eiginleika hvers jökuls og flokka þá niður eins og gert er á mynd nr. 11 komast Chenet o.fl. (2010) að sömu niðurstöðu og Helgi Björnsson (2009) að tími hámarksframskriðs er háður fallhraða þeirra. Þeir þættir sem sýna mikla fylgni við ártal hámarksútbreiðslu er m.a. fallhæð hvers jökuls, hæð hans og halli. Staðsetning jökulsins hafði einnig minniháttar áhrif. Aðrir þættir svo sem stærð jökulsins, lengd frá sjávarmáli og hæð jökulsporðs yfir sjó hafði litla sem enga fylgni (Chenet o.fl. 2010).

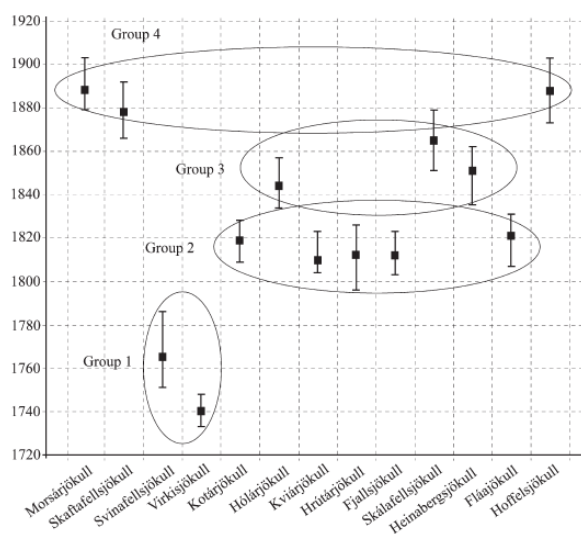
Með því að nota flokkun jöklanna sbr. mynd 11 sýna Chenet o.fl. (2010) fram á mjög mikla fylgni en með einföldum hætti má einnig komast að sambærilegri niðurstöðu, sbr. mynd 12 þar sem hámarks-útbreiðslutími er teiknaður sem fall af mestu hæð hvers jökuls. Fylgnistuðull R^2 verður 0,54.

Jöklunarsaga dagsins í dag og framtíðarinnar

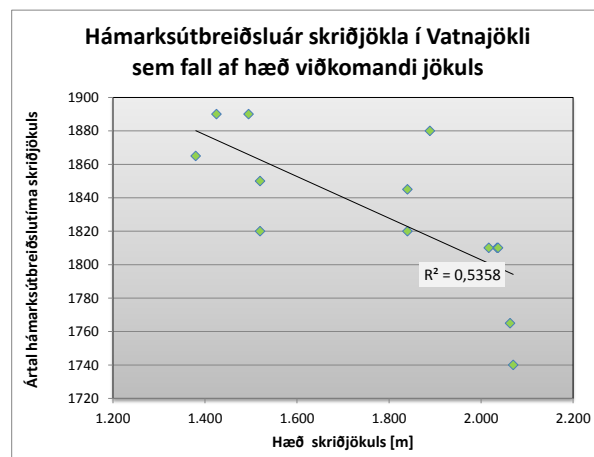
Meðalhiti jarðarinnar fór hækkandi á 20. öldinni og er frekar gert ráð fyrir að sú þróun haldi áfram, sjá mynd 13 sem sýnir spár nokkurra veðurfarslíkana (Ahrens, 2009). Rannsóknir á jöklum landsins á 21. öldinni gefa til kynna að jöklar hoga hratt nú um stundir og margar spár gera ráð fyrir að helstu jöklar landsins muni hverfa á næstu 100 til 200 árum (Helgi Björnsson, 2009).



Mynd 10. Jöklar sem rannsókn Chenet o.fl. (2010) náði til.



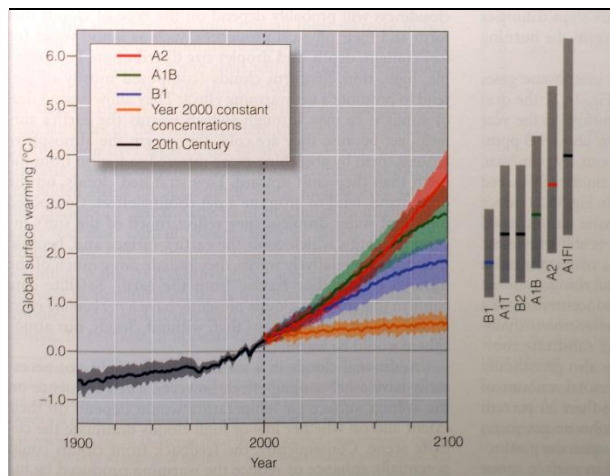
Mynd 11. Niðurstöður rannsókna Chenet o.fl. (2010) á hámarksútbreiðslutíma skriðjöklanna.



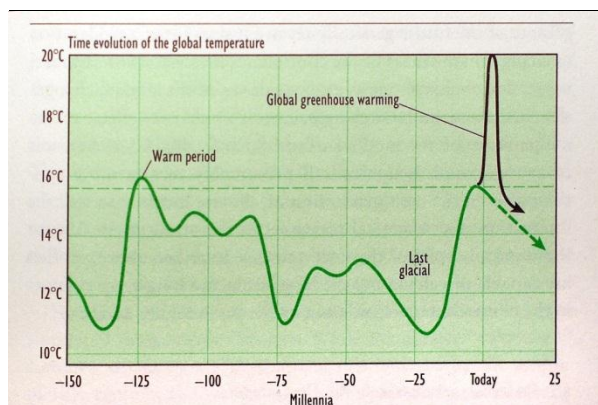
Mynd 12. Mæliniðurstöður Chenet o.fl. (2010) teiknaðar í graf þar sem ártal hámarksútbreiðslu er fall af hæð viðkomandi skriðjökuls.

Þrátt fyrir núverandi hlýnun sem er a.m.k. að hluta til af manna völdum er almennt álitíð að við lifum á hlýskeiði á ísöld sem er ekki lokið og því muni kólna aftur. Hvað hitastigstoppurinn verður hár á þessari öld eða síðar er ekki vitað og ekki er heldur vitað hvenær fer að kólna aftur, sjá mynd 14. Líkur má telja á því að

áhrif mannsins á veðurfarið síðustu áratuginu verði til þess að seinka næsta jökulskeiði en allar líkur eru taldar á því að það muni þó að lokum hefja innreið sína (Helgi Björnsson, 2009 og Ólafur Ingólfsson, 2011).



Mynd 13. Spár um þróun veðurfars á jörðinni til loka 21. aldarinnar. Spálíkon byggð á mismunandi forsendum IPCC. Appelsínugula línan miðast við að aukning gróðurhúsalofttegunda hætti (Ahrens 2009).



Mynd 14. Hugsanleg þróun hitastigs jarðar í samhengi við hitastigsþróun síðustu 150 þúsund ára (Latif, 2007).

Lokaorð

Jöklunarsaga Íslands er kaflaskipt og er hver kafli þekktur á mismunandi hátt. Fyrri jökul- og hlýskeyði eru einkum þekkt í gegnum upplýsingar úr jarðlögum en upplýsingar um afjöklun síðasta jökulskeiðs og Holocene eru einnig þekktar út frá rannsóknum á ummerkjum jökulsins á yfirborði landsins, s.s. jökulgörðum, -öldum og -rispum. Almenn má segja að eftir því sem við komum nær í tíma sé sagan betur þekkt.

Við höfum áreiðanleg gögn úr setlögum sem staðfesta mörg jökulskeið frá Pleistocene og lokum Pliocene og má út frá rannsóknum skv. grein Jóns Eiríkssonar (2008) telja yfir 30 jöklanir alls og allt að 20 jöklanir á Pleistocene.

Weichsel jökulskeiðið er best þekkt allra jökulskeiða og þá sérstaklega lok þess þar sem mikið af ummerkjum er til staðar og nokkuð ítarlegar rannsóknir hafa verið gerðar á hopi ísaldarjökulsins. Hop jökulsins fór seint af stað og ekki fyrr en hækkad hafði í hafinu í

kringum landið. Það varð til þess að íshellan brotnaði upp og bráðnaði mjög hratt. Á Yngra Dryas fyrir 10.300 árum og á Pre Boreas fyrir 9.800 árum kom bakslag í hlýnun og þar með hörfun jökulsins (Hreggviður Norðdahl o.fl., 2008).

Jöklar voru í lágmarki á hlýjasta tíma Holocene fyrir um 7.000 árum en hafa vaxið eftir það. Hámarksútbreiðsla var í kringum 1890 við lok litlu ísaldar (Helgi Björnsson, 2009).

Jöklar hopa hratt núna í upphafi 21. aldarinnar. Ef tekið er mið af því að jöklar hurfu nær alveg á hlýjasta tíma Holocene og þá má telja líklegt að það gerist aftur ef spár um hækkandi hitastig ganga eftir (Helgi Björnsson, 2009).

Það er hins vegar ekkert sem bendir til annars en að við lifum á hlýskeyði á ísöld og því má telja afar sennilegt að eftir einhverjar aldir eða árþúsund muni kólna aftur og nýtt jökulskeið hefjast. Sé tekið mið af fyrri jökulskeiðum þá má búast við að jökull leggist þá yfir allt landið (Helgi Björnsson, 2009).

Hér hefur hins vegar ekki verið fjallað um stutt framrásarskeið sem má ætla að hafi verið á orðið á Allerød-Bølling (Ólafur Ingólfsson, 2011) eða Eldra Dryas. Jökulgarðarnir við Búða voru álitnir frá Eldra Dryas en hafa nú verið greindir yngri, þ.e. frá Yngra Dryas og Pre Boreal framskriði (Áslaug Geirsdóttir, Jórunn Harðardóttir og Árný E. Sveinbjörnsdóttir, 2000).

Eins hefur ekki verið fjallað um atburði svo sem ummerki framrásar jökla í Borgarfirði fyrir um 12 þúsund árum þar sem Skorrholtsmelar urðu til sem jökulgarðar. En álitnið er að þar hafi verið um afmarkaðan atburð að ræða sem gæti hafa stafað af því að jökullinn var að komast í jafnvægi eftir hina miklu hörfun sem hafði þá átt sér stað (Hreggviður Norðdahl o.fl., 2008).

Það má því segja að jöklunarsaga Íslands sé mjög spennandi og enn er ýmsum spurningum ósvarað.

Tilvísanir

Áslaug Geirsdóttir, Jórunn Harðardóttir og Árný E. Sveinbjörnsdóttir (2000). Glacial extent and catastrophic meltwater events during the deglaciation and Southern Iceland. *Quaternary Science Reviews* 19 (2000), 1749-1761

Áslaug Geirsdóttir, Miller, G., Axford Y. og Sædís Ólafsdóttir (2009). Holocene and latest Pleistocene climate and glacier fluctuations in Iceland. *Quaternary Science Reviews* 28 (2009), 2107-2118.

Chenet, M., Roussel, E., Jomelli, V., Grancher, D. (2010). Asynchronous Little Ice Age glacial maximum extent in southeast Iceland. *Geomorphology* 114 (2010), 253-260.

Gwenn, F., Helgi Björnsson, Áslaug Geirsdóttir, Miller, G., Black, J. og Clarke G. (2008). Holocene climate conditions and glacier variation in central Iceland from Physical modelling and empirical

- evidence. *Quaternary Science Reviews* 27 (2008), 797-813.
- Helgi Björnsson (2009). *Jöklar á Íslandi*. Reykjavík: Bókaútgáfan Opna.
- Hreggviður Norðdahl, Ólafur Ingólfsson, Halldór G. Pétursson og Margrét Hallsdóttir (2008). Late Weichselian and Holocene environmental history of Iceland. *Jökull* 58 (2008), 343-364.
- Jón Eiríksson (2008). Glaciation events in the Pliocene – Pleistocene volcanic succession of Iceland. *Jökull* 58 (2008), 315-329.
- Latif, M. (2007). *Climate Change – The Point of No Return*. London: Haus Publishing Ltd.
- Ólafur Ingólfsson (2011). *Fyrirlestranótur í Sögu lífs og jarðar 2*. Reykjavík: Háskóli Íslands. (óútgefnar)
- Ólafur Jónsson (1945). *Ódáðahraun – annað bindi*. Akureyri: Prentverk Odds Björnssonar.
- Stanley, S. (2007). *Earth System History*. New York: W. H. Freeman and Company.