Aldur birkileifa í mýrajarðvegi við Heklurætur og áhrif vatns og flóða á landslagsbreytingar á svæðinu.

Guðrún Sverrisdóttir
Jarðvísindastofnun Háskólans

RH-08-2019

Forsíðumynd: Heklukerfið, Næfurholtsfjöll til Vatnafjalla. Ljósm. Guðrún Sverrisdóttir

Aldur birkileifa í mýrajarðvegi við Heklurætur og áhrif vatns og flóða á landslagsbreytingar á svæðinu.

Guðrún Sverrisdóttir
Jarðvísindastofnun Háskólans

RH-08-2019

Guðrún Sverrisdóttir
Jarðvísindastofnun Háskólans
Öskju, Sturlugötu 7, 101 Reykjavík
gsv@hi.is
2019

ÁGRIP

Í húsgrunni við túnfót bæjarins Hóla, um 13 km vestur af Heklutindi, fannst haustið 2017 lag af samanvöðluðum birkilurkum gröfnum í svart gjóskulag. Markmið þessarar rannsóknar var að komast að aldri trjáleifanna, uppruna gjóskunnar, og að reyna með samanburði við jarðlög í nágrenninu og almennum jarðfræðiathugunum að finna út hvað varð til þess að skógur grófst þarna og leifar hans varðveittust í jörð. Birkiskógurinn reyndist um 2760 ára gamall samkvæmt leiðréttri kolefnismælingu. Kornastærð gjóskunnar sem umlykur trjáleifarnar er 2 mm eða minni og telst því aska samkvæmt skilgreiningu. Efnagreining sýnir að hún er upprunnin í Kötlueldstöðinni. Svipað öskulag finnst víða í jarðvegi á svæðinu, um 10 cm þykkt. Sú ályktun er dregin að gjóskufallið og eyðing skógarins séu nokkurn veginn samtíma, þó gjóskufallið eitt hafi ekki orðið til að eyða skóginum. Vatnsflóð sem varð skömmu eftir að gjóskulagið settist að, og orsakaðist af skriðuföllum úr Bjólfelli sem er bratt móbergsfjall, ruddi skóginn og gróf í nýfallinni öskunni. Vatn stóð uppi á láglendinu í meira en 200 ár eftir þetta og varð til þess að trjáleifarnar varðveittust svo lengi, og er einnig ástæða þess að sniðið er ekki sambærilegt við þurrlendissnið á svæðinu. Eftir athugun á landslagi og jarðfræði vesturhluta undirhlíða Heklu er niðurstaðan að vatnsheldni jökulbergs frá kuldaskeiðum ísaldar skýri hvers vegna gróðurþekja myndast greiðlegar þar en á gropnum nútímahraununum. Ræktarland er eingöngu á jökulberginu eða láglendi þar sem jökulbergið veitir vatni aðhald. Bunga á vesturjaðri virka gosbeltisins afmarkar jökulbergsmyndunina, og grófgert bólstraberg við botn hennar gæti verið elsta gosberg Heklukerfisins.

Efnisyfirlit

Ágrip. 1
Myndir 4
Töflur 4
1. Inngangur 5
1.1 Jarðfræði, bakgrunnur 5
1.2 Jarðmyndanir og landslag 6
1.3 Búseta og staðhættir 8
1.4 Tilefni athugana 9
2. Aðferðir 10
2.1 Jarðvegssnið við Hóla 10
2.2 Athuganir á landslagi og gróðurfari á svæðinu 12
3. Niðurstöður 15
3.1 Aldur birkileifa og gjóskulaga 15
3.2 Áhrif jarðvatns á landslagsmótun 19
4. Umræða 19
4.1 Afstaða gjóskulaga í jarðvegssniðum 19
4.2 Merki um flóð og áhrif þeirra við Heklurætur 20
5. Samantekt 26
Þakkir 26
6. Heimildir 27

Myndir

Mynd: 1	Útlínur gosbeltanna á Suðurlandi …….	6
Mynd: 2	Jarðmyndanir umhverfis Heklu…….	7
Mynd: 3	Þversnið V-A gegnum jarðmyndanir við Heklu ……..	8
Mynd: 4	Kort af umhverfi Heklubæja…….	9
Mynd: 5	Jarðlagasnið í húsgrunni við Hóla……	11
Mynd: 6	Yfirlitsmynd tekin af Bjólfelli……..	13
Mynd: 7	Næfurholtsfjöll. Ljósmynd þvert á myndunina……	13
Mynd: 8	Bólstrar í Ófærugili……...	14
Mynd: 9	Bólstrar í malargryfju við Höfðahraun……..	14
Mynd: 10	Efnasamsetning gjósku. Samanburður……..	18
Mynd: 11	Sviðsmynd af rennslisbreytingum……	21
Mynd: 12	Gamall gróinn farvegur…….	23
Mynd: 13	Gamall þurr farvegur…….	23
Mynd: 14	Þjórsárhraunið ofan á jökulbergi……...	24
Mynd: 15	Næfurholt……...	25
Mynd: 16	Hólar……..	25

Töflur

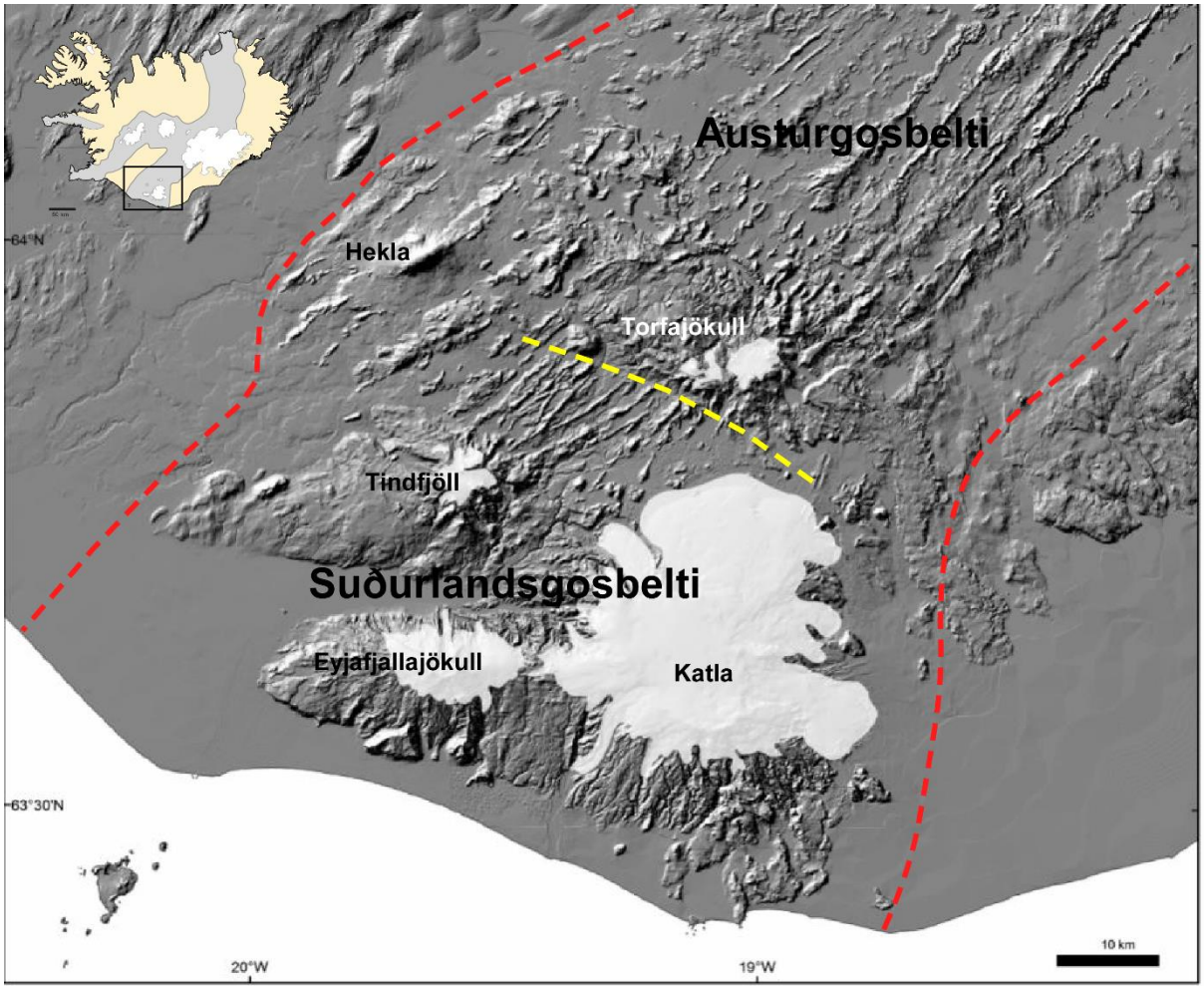
Tafla 1	Aldursgreiningar með 14C aðferð……...	16
Tafla 2	Efnagreiningar á gjósku, gerðar með örgreini…….	17

1. INNGANGUR

1.1 Jarðfræði, bakgrunnur

Eldfjallið Hekla rís upp af undirstöðu sem er ríflega 400 m.y.s. Hér verður fyrst og fremst fjallað um undirhlíðarnar vestan og norðvestan við Hekluhrygginn, en þær eru byggðar upp af móbergseiningum og hlýskeiðshraunum. Hæð þeirrar undirstöðu fellur allbratt niður í um 100 m.y.s. til norðvesturs. Grunnur láglendisins sem þá tekur við er miklu eldri þó hann sé þakinn nútímahraunum, svonefndum Tungnaárhraunum (Elsa G. Vilmundardóttir 1977), sem eiga uppruna sinn í Bárðarbungu-eldstöðvakerfinu, Hið stærsta þeirra og útbreiddasta er nefnt Þjórsárhraun (Árni Hjartarson 1988). Þessi afgerandi landslagsbreyting, sem Ytri-Rangá afmarkar á þessum slóðum, er talin vera vesturjaðar virka gosbeltisins á Suðurlandi, sem nær frá Heklu-Torfajökli í norðri til Vestmannaeyja í suðri (mynd 1). Eldvirkni er þar mikil en landrek lítið og gosefni sem koma upp í megineldstöðvum og sprungukerfum þeirra mynda gjarnan hálent landslag. Öðru máli gegnir um gosbeltið þar fyrir norðan sem er rekbelti (Austurgosbeltið) þar sem jarðskorpuflekarnir færast sundur (Freysteinn Sigmundsson o.fl. 2013). Þar eru sprungugos einkennandi og þunnfljótandi kvika rennur oft á yfirborði langa leið frá upptökum. Efnasamsetning bergkviku sem kemur upp á þessum tveimur tengdu gosbeltum er ólík. Talið er að rekbeltið sé smám saman að færast suður á bóginn eða „brjótast inn“ í Suðurlandsgosbeltið (Níels Óskarsson o.fl 1982).

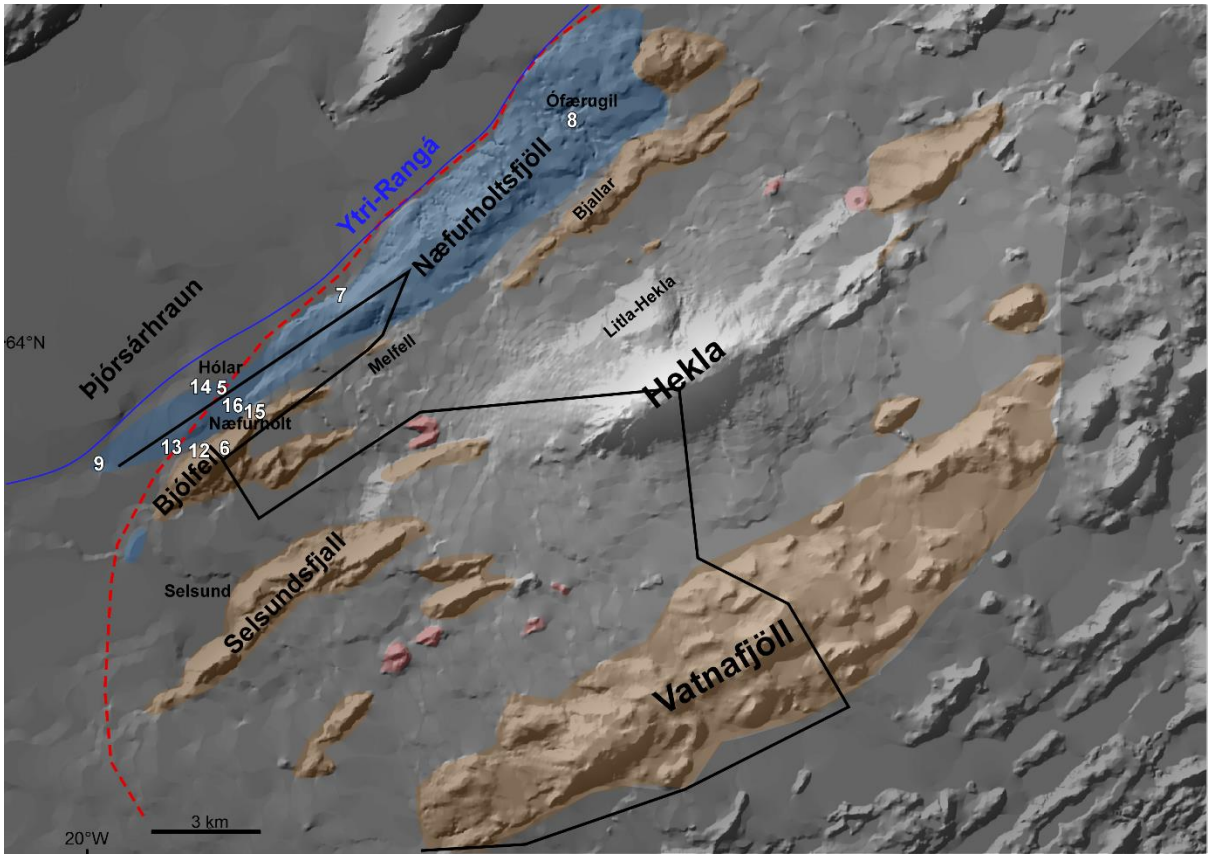
Mynd 1 sem er að mestu unnin eftir gosbeltamynd Freysteins Sigmundssonar o.fl. (2013), sýnir útlínur gosbeltanna, frá rekbeltinu á Veiðivatnasvæðinu, suður til Vestmannaeyja. Þær eru dregnar með rauðum brotalínum, en gul punktalína sýnir grófa hugmynd um mörk Austurgosbeltisins og Suðurlandsgosbeltisins. Myndin sýnir ráðandi form sprunguvirkni norðan punktalínunnar og að hringlaga megineldstöðvar með tengdum sprungukerfum eru einkennandi sunnan hennar. Landslagseinkennin norðan punktalínunnar eru þó blönduð. Þar rísa stórar megineldstöðvar hátt í landslagi (Torfajökull, Rauðfossafjöll), en SV-læga sprungukerfið er áberandi kringum þær. Rök fyrir því að skilgreina skiptingu gosbeltanna sunnan Torfajökuls eru tvenn. Í fyrsta lagi hefur kvika sem er runnin upp í rekbeltinu, brotist inn í Torfajökulsöskjuna og komið af stað eldgosum þar. Sjá Kristján Sæmundsson 2013 og heimildir í þeirri grein. Í öðru lagi gefa jarðskorpumælingar til kynna að rek nái suður fyrir öskjuna (LaFemina o.fl., 2005). Hekla virðist hafa sérstöðu, þar sem ríkjandi sprungustefna kemur fram í öllum jarðmyndunum, og eldfjallið sjálft hefur ekki dæmigert hringlaga form megineldstöðva á Suðurlandsgosbeltinu. Hekla er vestasta eldstöðin á gosbeltinu á Suðurlandi (mynd 1). Í framhaldi af Heklukerfinu til suðvesturs, sem er sprungustefna svæðisins, eru engar nútímaeldstöðvar eða móbergsmyndanir.



Mynd 1. Útlínur virku gosbeltanna á Suðurlandi eru dregnar með rauðum brotalínum. Gul brotalína skiptir því gróflega í Austurgosbeltið sem er skilgreint sem rekbelti norðantil en framsækið rekbelti syðst, og Suðurlandsgosbeltið, þar sem rek er lítið en upphleðsla gosefna mikil. Myndin er unnin eftir gosbeltamynd Freysteins Sigmundssonar o. fl. 2013, ásamt berggrunnskorti Árna Hjartarsonar og Kristjáns Sæmundssonar 2014. Grunnurinn er hillside-loftmynd frá Landmælingum Íslands, sem sýnir vel helstu þætti landslagsins, sprungustefnur og megineldstöðvar.

1.2 Jarðmyndanir og landslag

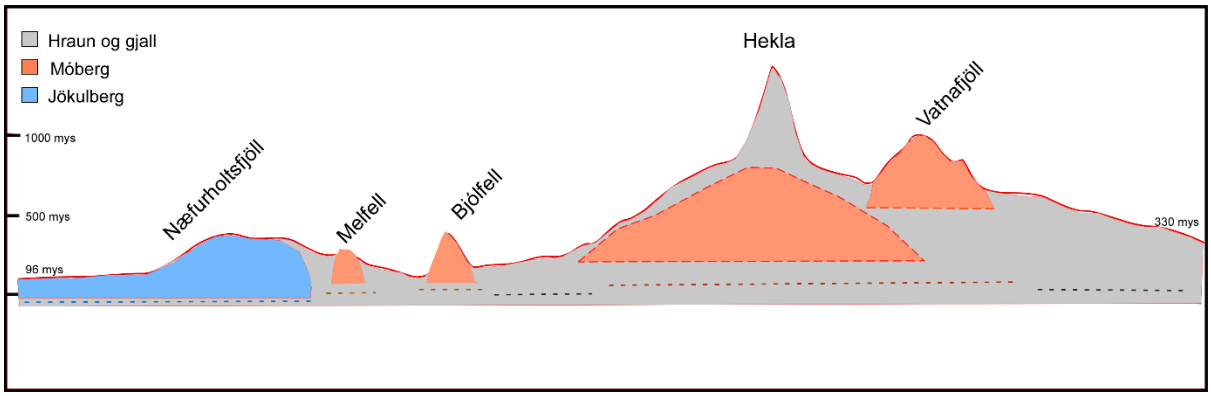
Guðmundur Kjartansson (1945) lýsti landslagi í nágrenni Heklu og lagði grunninn að þekkingu á jarðfræði svæðisins. Sigurður Þórarinsson (1967) ruddi brautina fyrir kortlagningu gjóskulaga frá Heklu og sögu eldvirkni hennar. Guðrún Larsen tók við því kefli og hefur leitt rannsóknir á gjóskulögunum og gossögu fjallsins. Samantekt rannsókna hennar má finna í bók um Náttúruvá á Íslandi (Guðrún Larsen o.fl. 2013). Sveinn P. Jakobsson (1979) kortlagði og efnagreindi fjölmörg forsöguleg og söguleg hraun á svæðinu, sem síðari rannsóknir, einkum í bergfræði, hafa byggt á. Gro Pedersen o.fl. (2018) kortlögðu söguleg hraun frá Heklu og reyndu að rekja þau til þekktra gosa og tímasetja óþekkta atburði. Hér er aðeins getið um helstu rannsóknir sem mynda jarðfræðilegan grunn að öðrum rannsóknum sem hafa verið gerðar á eldfjallinu Heklu, en margir vísindamenn, íslenskir og erlendir, hafa stundað rannsóknir á eldstöðvakerfi Heklu og birt fjölda greina.



Mynd 2. Jarðmyndanir umhverfis Heklu. Rauða punktalínan afmarkar gróflega Suðurlandsgosbeltið vestan megin. Brúnt eru órofnir móbergshryggir, blátt táknar jökulberg ofan á bólstralagi. Ljósgrátt eru basísk og ísúr nútímahraun, gjall og vikur sem er upprunnið úr eldstöðvakerfi Heklu, bæði úr Heklugjá sjálfri og gígum í nágrenninu. Nokkrir þeirra eru sýndir ljósrauðir á myndinni. Jarðmyndanir austan og norðan Vatnafjalla og vestan Ytri-Rangár, eru allar sýndar í dökkgráum lit. Hvítar tölur sýna hvar ljósmyndir í texta eru teknar. Svört lína sýnir hvar "þversnið" á mynd 3 var dregið. Grunnurinn er hillside loftmynd frá Landmælingum Íslands.

Á mynd 2 eru jarðmyndanir umhverfis Hekluhrygginn sýndar í grófum dráttum. Brotin rauð lína táknar jaðar Suðurlandsgosbeltisins. Þarna nær það lengst til vesturs sem sést á hlykk sem myndast á línunni syðst, en hún er dregin á grundvelli eldstöðva frá nútíma og móbergsmyndana frá ísöld. Brúni liturinn táknar móbergshryggi sem urðu til við eldgos undir jökli sem hefur verið meira en 400 m þykkur vestan Hekluhryggjar, en þykkari austan hans. Móbergshryggir eru í beinu framhaldi af Heklugjánni til beggja átta og því líklegt að þeir muni einnig vera í undirstöðu fjallsins. Þá hefur móberg fundist í rótum fjallsins, við Litlu-Heklu. Blái liturinn sýnir jökulberg sem er allt að 200 m þykkt og undir því er lag af stórgerðu bólstrabergi. Jarðlög sem eru að mestu nútímahraun upprunnin úr Heklueldstöðinni eru sýnd í ljósgráum lit. Nokkrir gjallgígar sem eru ekki hluti af Heklugjánni sjálfri en tilheyra þó Heklukerfinu, eru sýndir með rauðum lit. Í þessari skýrslu er hugtakið gjóska notað um öll loftborin gosefni, en talað um ösku eða öskulög ef kornastærð er 2 millimetrar eða minni.

Mynd 3 er stílfært snið gegnum þessar jarðmyndanir frá V til A og nær austur fyrir Vatnafjöll. Á sniðinu sést vel að upphleðsla jarðlaga er meiri austan Heklu en vestan, og erfitt er að áætla þykkt einstakra jarðmyndana þar.

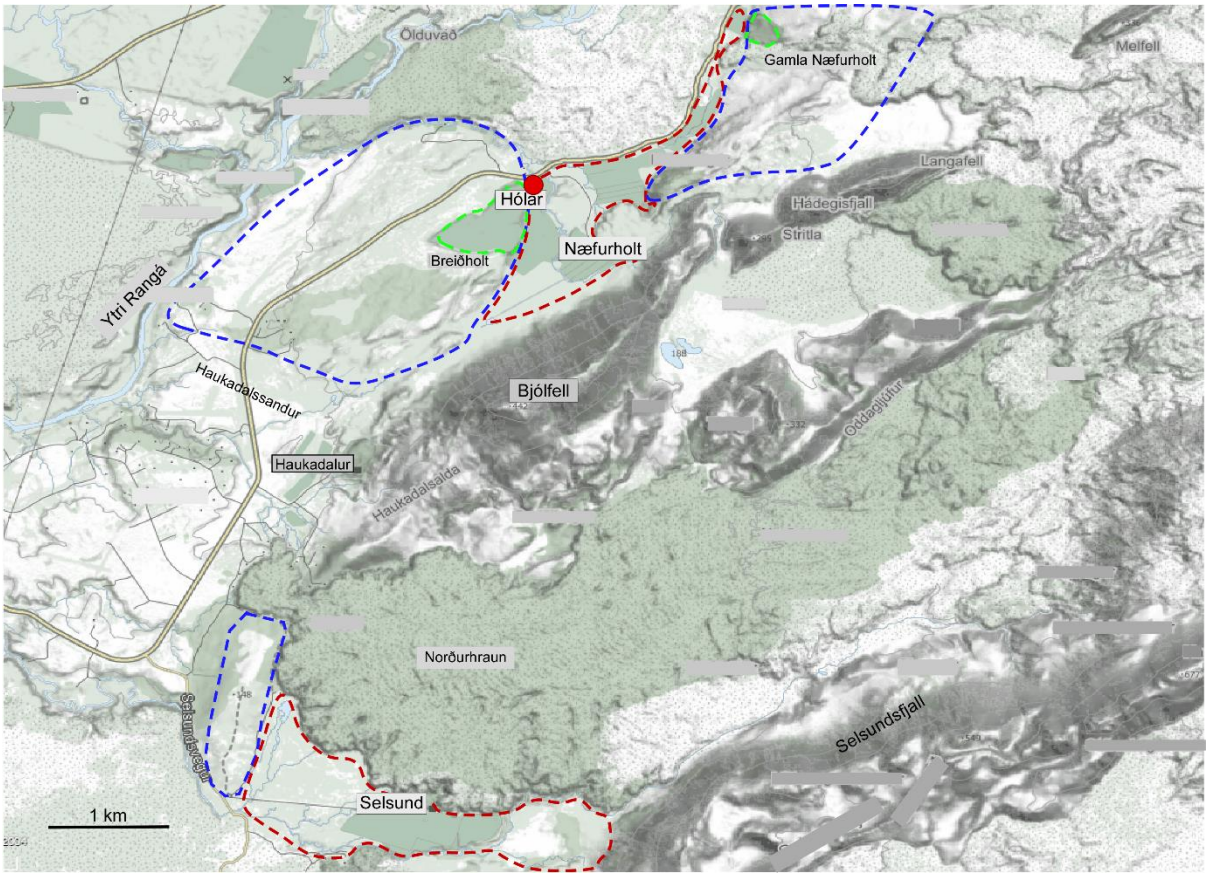


Mynd 3. Stílfært snið gegnum jarðmyndanirnar sem eru sýndar á Mynd 2. Myndin er unnin í Google Earth og hæðarhlutföll eru rétt, en þar sem sniðið er þjappað á x-ás verða hæðir ýktar á myndinni. Litakóði fyrir helstu jarðmyndanir er sá sami og á mynd 2. Punktalínur merkja að mörk jarðmyndananna eru óþekkt.

1.3 Búseta og staðhættir

Hefðbundinn búskapur er nú stundaður á þremur jörðum við Heklurætur, Næfurholti, Hólum og Selsundi. Tvær jarðir hafa farið í eyði á síðustu áratugum, en þar hefur frístundabúseta tekið við. Þó gróðursæld við rætur Heklu hafi vakið athygli hafa landkostir verið mjög sveiflukenndir alla tíð. Gróið land hefur horfið undir hraun, einkum á 14. öld þegar stór hraun runnu yfir láglendi. Eins og annarsstaðar á landinu var gróður ofnýttur fljótlega eftir landnám. Ofnýting, bæði skógarhögg og beit, ásamt tíðum gjóskugosum ollu jarðvegsþykknun og uppblæstri á víxl. Það er ekki fyrr en á síðustu áratugum, sem skipulögð uppgræðsla, beitarstjórn og milt veðurfar hefur stöðvað gróðureyðingu og örfoka land grær nú upp. Það eru einkum melar og hraun sem birkikjarr og annar trjákenndur gróður, ásamt ýmsum smáplöntum leggja nú undir sig. (Friðþór Sófus Sigurmundsson og fleiri 2012).

Á korti af þessu svæði (mynd 4) sést að ræktað land er fyrst og fremst á uppþurrkuðum mýrajarðvegi þar sem landið er lægst, eða þá á gróðurtorfum sem eru leifar uppblásturs ofan á jökulbergi. Flest túnanna sem eru núna í rækt eru á því láglendi sem hraun hafa ekki þakið enn, og þar sem afrennsli Hekluhraunanna kemur fram undan brúnum þeirra og safnast saman í vatnsmikla læki. Þetta er upphaflega votlendi sem hefur ýmist þornað á náttúrlegan hátt við jarðvegsþykknun, eða verið þurrkað upp til ræktunar. Núverandi vatnsborð er þar í 119 m.y.s. og túnin eru í 120-135 m.y.s. Þessi grónu láglendi eru vel afmörkuð af hærra landslagi í kringum þau. Í fyrsta lagi lægðin þar sem bæirnir Hólar og Næfurholt standa, þar er hæð ræktarlands yfir sjó 120-125 m.y.s. Í öðru lagi landið sem tún Selsunds eru á og er það landslag um 135 m.y.s. Eitt láglendissvæði til viðbótar er vestur af eyðibýlinu Haukadal. Það er einungis um 100 m.y.s. og þar hefur sennilega aldrei myndast þykkur jarðvegur. Þetta eru fornir áraurar við jaðar jökulbergsins og mikið afrennsli hefur valdið því að enginn mýrajarðvegur hefur myndast.



Mynd 4. Kort sem sýnir umhverfi Heklubæjanna. Bláu strikalínurnar sýna jökulöldur. Rauðar línur sýna ræktað eða ræktanlegt land á láglendi við bæina sem eru í byggð. Grænar línur eru umhverfis ræktað land á jökulöldunum. Myndin er unnin á kortagrunn frá Loftmyndum ehf. Snið í Hólum er merkt með rauðum punkti.

1.4 Tilefni athugana

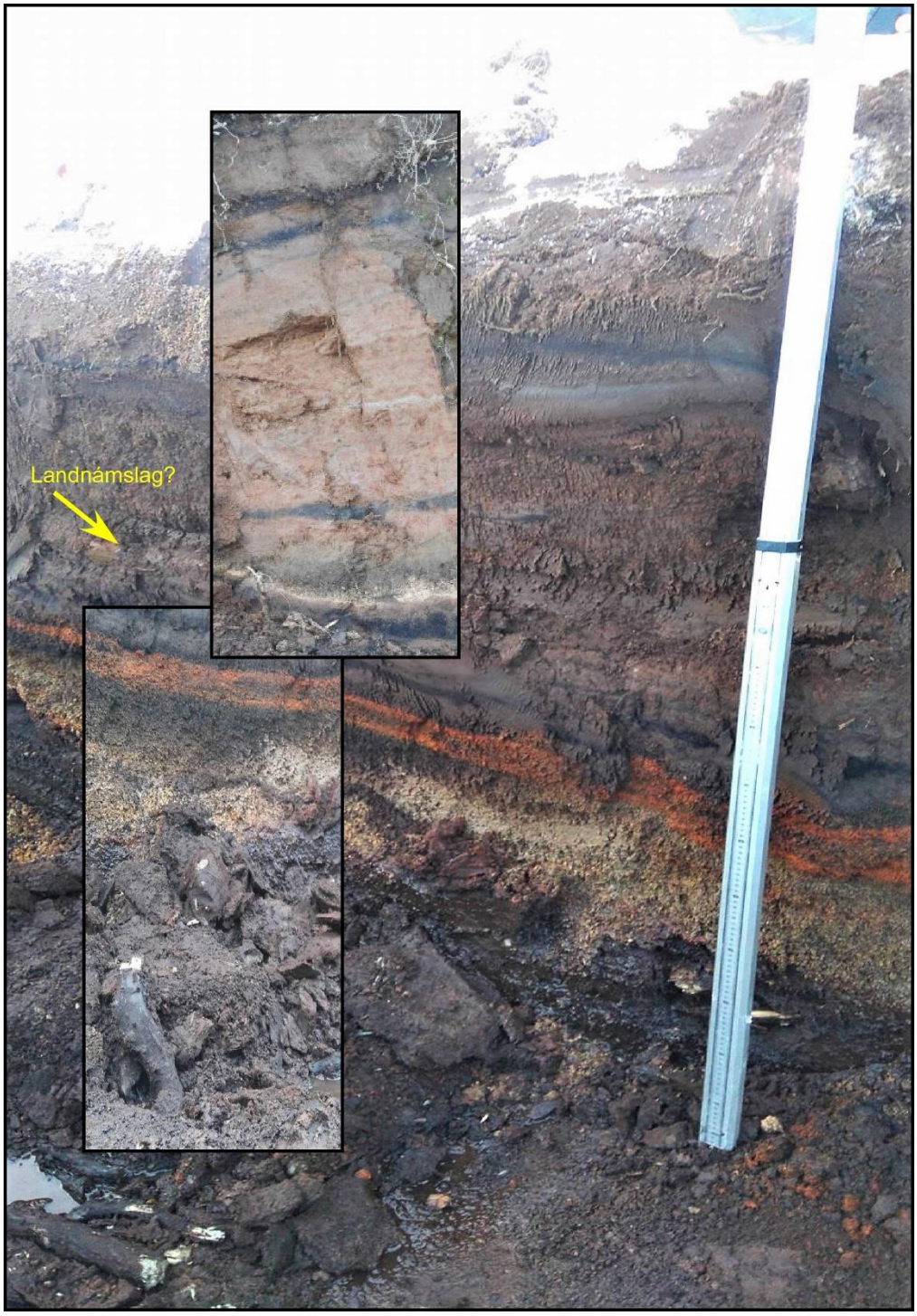
Tilefni þess að skoða sögu láglendisins sem Hólar og Næfurholt nýta, er jarðvegssnið sem kom í ljós þegar var grafið fyrir nýju íbúðarhúsi í Hólum í nóvember 2017. Staðsetning sniðsins er sýnd með rauðum punkti á mynd 4. Neðarlega í sniðinu er lag af trjábútum, allt að 12 cm í þvermál, sem eru grafnir í svarta ösku. Sniðið er sýnt á mynd 5. Trjábútarnir liggja sitt á hvað á kafi í öskunni líkt og þeir hafi vöðlast saman. Það gefur til kynna að afmarkaður atburður hafi orðið til að eyða skógi á þessum stað. Því þótti ástæða til að kanna hvaða öfl hafi verið að verki og hvenær í sögu svæðisins þetta gerðist. Sýni af lurkunum voru aldursgreind og askan sem þeir lágu í efnagreind, auk þess sem gjósku- og öskulög í sniðinu voru skoðuð og borin saman við þekkt lög á svæðinu til að glöggva sig betur á sögunni. Þeim athugunum er lýst í kafla 2.1. Einnig var landslag austan Ytri-Rangár og vestan Hekluhryggjar skoðað, frá Ófærugili í norðri suður fyrir Bjólfell og Selsundsfjall. Jarðmyndanir voru afmarkaðar, m.a. með skoðun í mörkinni, samanburði við loftmyndir, og GPS-hæðarmælingum. Í ljós kom að skógur, líklega birkiskógur, hefur grafist í gjóskulagi frá Kötlu og síðan borist með vatnsflóði fyrir um 2760 árum. Þá virðist ljóst að mismunandi vatnsheldni jarðlaga hefur haft mikil áhrif á landmótun á svæðinu. Í kafla 2.2 er þessari athugun á sögu landmótunar lýst.

2. AÐFERÐIR

2.1 Jarðvegssnið við Hóla

Sniðið í húsgrunninum við Hóla var skoðað, jarðlögum lýst og þykkt þeirra mæld. Þá var tekið sýni af ysta lagi úr trjábút og sent til Danmerkur þar sem það var aldursgreint með ^{14}C aðferð á rannsóknarstofu Háskólans í Árósum (tafla 1). Þessi aðferð hefur verið nefnd geislakolsmæling á íslensku. Með henni fæst svk. kolefnisaldur (M. Stuiver & H.A. Polach, 1977) sem svo er leiðréttur með stöðluðum aðferðum til að fá sem réttast gildi (Reimer o.fl. 2013, Ramsey. C.B., 2009). Askan sem viðurinn fannst í var efnagreind með örgreini Jarðfræðistofnunar HÍ (Jeol JXA-8230 SuperProbe Electron Probe Microanalyzer, EPMA). (tafla 2). Önnur gjóskulög í sniðinu voru skoðuð og borin saman við þekkt lög (mynd 5). Jarðvegur ofan vatnsborðs er þarna 1,5 til 2 m, en sniðið sem var mælt er 1,6 m. Neðst í sniðinu eru fyrrnefndar birkileifar, umluktar svartri ösku (kornastærð 2 mm eða minni). Þetta lag er mjög nálægt núverandi jarðvatnsborði á þessum stað og því ekki auðvelt að sjá hvað er undir því en þó sást mjög blautt leirlag, líkast jökulleir. Lurkarnir voru gegnsósa af vatni og viðurinn virtist mjög ferskur, m.a. gulleitur innan við börkinn. Hann var þurrkaður við stofuhita og síðan sagaður þversum og var þá enn gulur í sárið, en eftir að standa við stofuhita í 1 klst. til viðbótar var hann orðinn ljósgrár í gegn. Það lítur út fyrir að skógarleifarnar hafi grafist í vatnsósa jörð og ekkert súrefni komist að þeim eftir það. Erfitt var að meta þykkt lurkalagsins þar sem það er mjög óslétt bæði að neðan og ofan, en meðalþykkt þess var áætluð um 20 cm (mynd 5), neðri innfellda mynd. Næst ofan á öskunni með lurkalaginu er tvílitt gjóskulag, 20 cm þykkt. Lagið er fremur gróf, köntuð gjóska, stærstu korn eru allt að 2,5 cm í þvermál. Liturinn er ljósgrágulur að ¾ hlutum neðanfrá en efsti fjórðungurinn fer úr gráu í dökkgrábrúnt efst. Ekki er mælanlegur jarðvegur á milli þessa lags og svörtu öskunnar undir því, en þó er rauðbrúnleit rönd á mörkum þeirra sem gæti bent til járnútfellinga eða byrjandi jarðvegsmyndunar í votlendi. Ljósa gjóskan hefur fyllt í ójöfnur á yfirborði lurkalagsins en hún er óhreyfð og slétt að ofan. Næst fyrir ofan hana er 10 cm lag af sendinni gjósku sem er ummynduð af mýrarauða, en kornin eru dökk undir járnhúðinni. Þvermál korna er 0,1-1,0 cm, eða gróf aska yfir í fína gosmöl, og kornin virðast köntuð. Engin skil önnur en litur og kornastærð sjást milli þessa lags og tvílita gjóskulagsins. Ofar tekur við þurrlendisjarðvegur. Í honum sjást gjóskulög sem eru þekkt úr öðrum sniðum í nágrenninu. Þar er m.a. tvílitt gjóskulag sem er sennilega landnámslagið frá 877 (Guðrún Larsen, 2018). Það lag sést þó ekki glöggt á ljósmyndinni af sniðinu í Hólum, en þó glittir í ljós korn sem eru merkt Landnámslag. Á efri innfelldu myndinni á mynd 5 er annað snið, grafið um 500 m austar. Þetta snið er greinilega sambærilegt við efri hluta sniðsins í húsgrunninum og þarna er landnámslagið auðþekkt, ljóst að neðan og grænsvart efst. Þar er vatnsborð hærra svo ekki tókst að grafa niður á eldri lög en landnámslagið og svart lag rétt undir því.

Sumarið 2018 var reynt að kanna útbreiðslu lurkalagsins, en það reyndist ekki gerlegt vegna hárrar jarðvatnsstöðu. Hvorki tókst að grafa niður á öskulagið sem lurkarnir eru í, eða tvílitu gjóskuna sem er ofan á því.



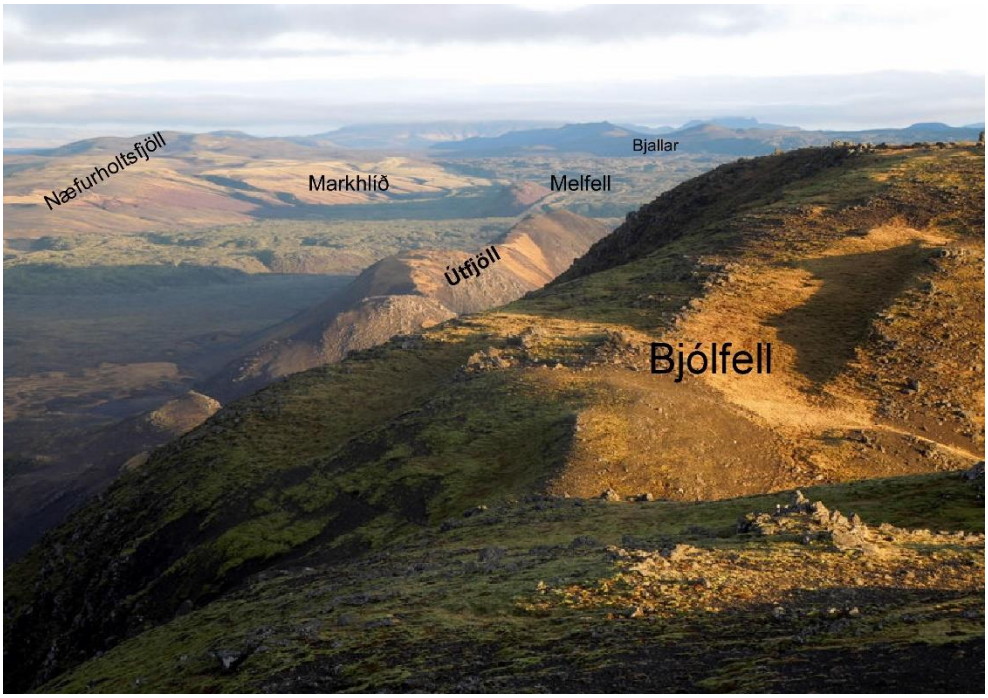
Mynd 5. Snið í húsgrunni við Hóla (Staður 5 á mynd 2). Skýringar eru í texta. Neðri innfellda myndin er úr sama sniði, en sýnir betur samanvöðlaða trjábúta. Efri innfellda myndin er af sniði um 500 m austar, sýnt þarna til að glöggva sig á tengslum öskulaga. Neðri innfellda myndin er dregin út úr sniðinu til að sýna betur hvernig trjábútarnir hafa vöðlast saman.

2.2 Athuganir á landslagi og gróðurfari á svæðinu

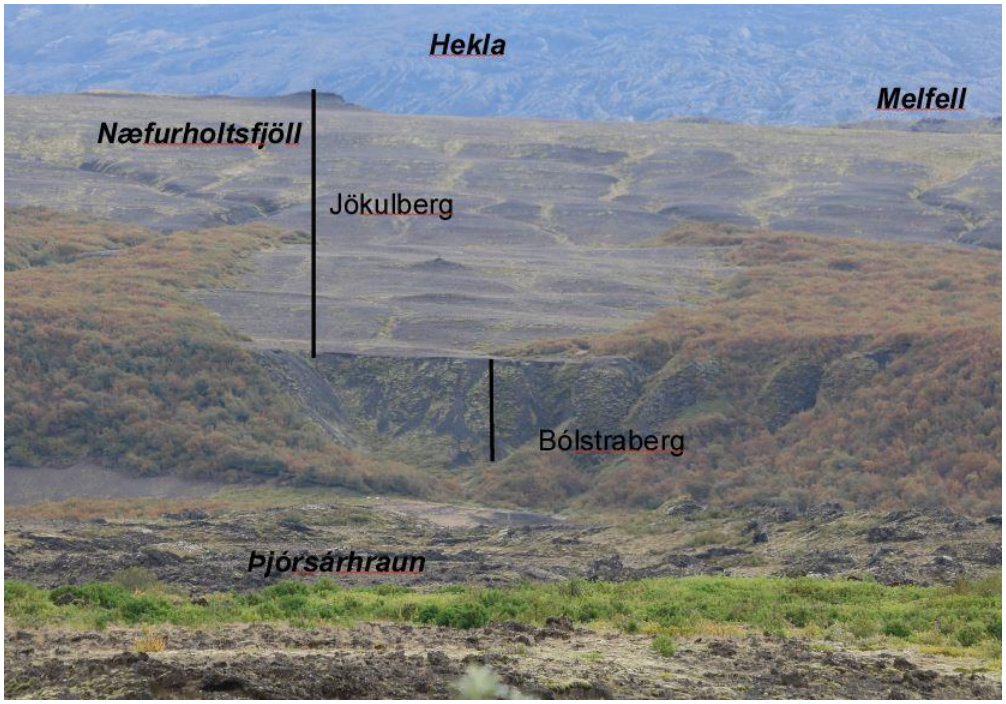
Jarðlagasniðið í Hólum og vísbendingar um að jarðvatnsstaða eða flóð hafi átt ríkan þátt í landmótun við Heklu, gaf tilefni til að skoða landslagið með tilliti til útrænna afla, einkum vatnsrofs, og að hve miklu leyti þau hafa breytt þessu unga eldvirka svæði.

Mynd 6 er ljósmynd sem sýnir dæmi um helstu jarðmyndanir vestan Heklu. Vestast eru Næfurholtsfjöll sem eru rofin jökulbergsmyndun, í austurhlíð þeirra sést gróðurtorfan Markhlíð. Önnur fjöll sem sjást á myndinni eru órofnir móbergshryggir, og svo hafa nútímahraun runnið upp að þeim og fyllt upp í svæðin milli þeirra. Jökulbergið sem myndar Næfurholtsfjöll hvílir á undirlagi úr stórgerðu bólstrabergi, algengir bólstrar eru ríflega 1 m í þvermál. Guðmundur Kjartansson lýsir jökulberginu og bólstrunum lauslega í Árbók Ferðafélags Íslands 1945, og ályktar að það sé sýnishorn af undirstöðu Heklu.

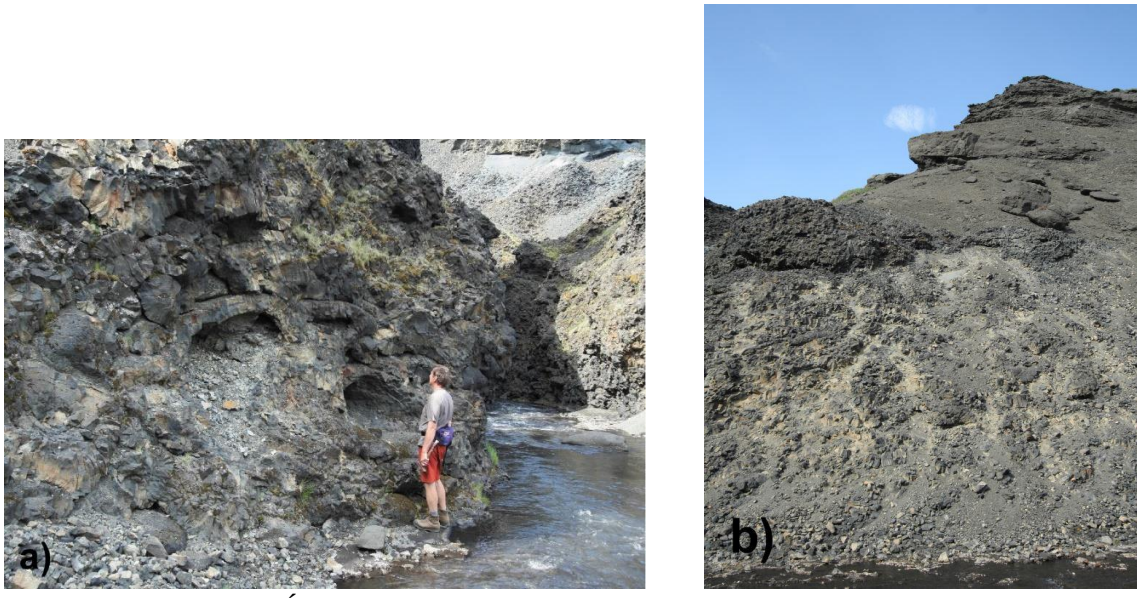
Mynd 7 er tekin þvert á fjallsranann (frá stað 7 á mynd 2), og sýnir brattan stall úr bólstrabergi undir veðruðu jökulbergi. Ekki er unnt að meta þykktir jarðmyndananna út frá myndinni vegna mismunandi halla yfirborðsins, en samkvæmt GPS hæðarpunktum á korti, er jökulbergið allt að 200 m þykkt ofan á bólstralaginu. Gróflega áætlað er bólstralagið 20-30 m þykkt á þessum stað, en ekki er vitað með vissu hvar botn þess er. Sömuleiðis er ekkert vitað hve mikið er rofið ofan af jökulberginu. Bólstrarnir sjást vel í Ófærugili (staður 8 á mynd 2), sem er norðarlega í mynduninni og að þeir eru mismunandi að stærð og lögun (mynd 8). Samskonar bólstraberg finnst einnig um 20 km sunnar þar sem jökulbergið er horfið. Þar er það beint undir framburði jökulár. Þar eru allmörg lög af leir ofan á bólstrunum (mynd 9). Þessi lög eru hvítleit og ljósbrún til skiptis og bera þess merki að hafa sest til í kyrru vatni, sennilega í lóni sem myndaðist eftir að skriðjökullinn hörfaði. Jökulbergsmyndunin er líklega mun eldri en móbergshryggirnir (Guðmundur Kjartansson 1945), eða frá eldra kuldaskeiði ísaldar. Svo stórir bólstrar verða til undir þykku jökulfargi, og þar sem þeir finnast um 2 km framan við syðsta jökulbergið hefur átt sér stað mikið rof móbergs við endurtekna framrás og hörfun jökulsins. Bráðabirgðarannsókn á efnasamsetningu bólstranna bendir til að bergið sé hluti af Heklukerfinu (óbirt gögn).



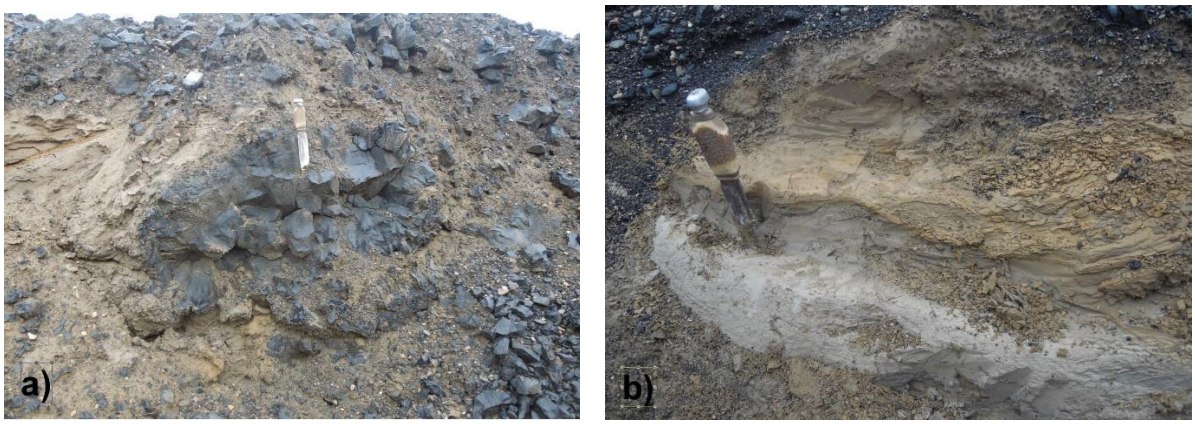
Mynd 6. Yfirlitsmynd tekin af Bjólfelli (frá stað 6 á mynd 2). Horft er í átt ríkjandi sprungustefnu, frá suðvestri til norðausturs. Þarna sést vel bungulögunin á Næfurholtsfjöllum og einnig hryggjalögun á móbergsfjöllunum; Bjólfelli, Útfjöllum (sem eru í rauninni norðurtagl Bjólfells), og Melfelli. Fjær sést í Bjalla, sem er líka móbergshryggur.



Mynd 7. Jökulbergsbungan þar sem hún rís næsthæst (360 m.y.s.), en bungan nefnist Næfurholtsfjöll. Horft er af Þjórsárhrauni til Heklu, frá norðvestri til suðausturs (staður 7 á mynd 2). Móbergshryggurinn Melfell sést hægra megin á mynd, og norðvesturhlíð Heklu er í bakgrunni myndarinnar. Þarna virðist jökulbergslagið þrefalt þykkara en bólstrabergið. Ljósmyndin er þó villandi vegna mismunandi halla landslagsins. GPS-hæðarmælingar gefa vísbendingu um að jökulbergið geti verið tífalt þykkara en bólstrabergið



Mynd 8. a) Bólstrar í Ófærugili (staður 8 á mynd 2). Þeir eru undir jökulbergsmynduninni. b) Bólstrarnir í Ófærugili, þarna brotnir upp af vatnsveðrun. Ofan á þeim sést jökulbergslagið. Það er einnig rofið þarna svo þykktarhlutföll eru ekki rétt.



Mynd 9. Myndirnar eru teknar í malargryfju þar sem þessar jarðmyndanir komu í ljós (staður 9 á mynd 2). a) brotinn bólstur um það bil 1 m í þvermál. Vinstra megin á myndinni sjást mislit lög af leir sem hafa fyllt upp rými milli bólstranna. b) nærmynd af leirnum. Kvarði(hnífur) er 30 cm. Ofan á þessum bólstrum eru áraurar myndaðir framan við jökul.

Ásýnd jökulbergsmyndunarinnar breytist mjög norðan Gamla Næfurholts (mynd 4). Bungan lækkar þar smám saman til suðvesturs niður að mýrlendu flatlendi þar sem ábúendur bæjanna Hóla og Næfurholts rækta tún sín. Jökulberg finnst þó í undirlagi þess flatlendis (mynd 14), og er sennilega undir því öllu. Sunnan við flatlendið, sem er um 800 m að breidd frá N-S, kemur jökulmyndun aftur í ljós á yfirborði og rís í 20 m upp frá lægðinni. Þar er dreif af stórgrýti sem er misjafnlega mikið núið og brotið, ofan á samlímdu jökulbergi. Ekkert stórgrýti er ofan á jökulberginu norðan við lægðina. Meðan bungan norðan við lægðina lækkar til suðurs, hefur hún líka mjókkað og myndar rana norðan við lægðina. Jökulmyndunin sunnan lægðarinnar er aftur á móti breið, lág bunga. Þetta er sýnt með bláum línum á mynd 11.

Þessi syðsti hluti jökulbergsins er sennilega jökulalda skv. skilgreiningu (e. drumlin), og hér er stuðst við samantekt um jöklalandslag frá Helgu Luciu Bergsdóttur (2015). Jökulöldur sem þessar eru aflangar í stefnu skriðjökulsins og slithlið jökulsins er oft brattari en varhliðin (Benn og Evans 2010). Ýmsar kenningar eru uppi um tilurð jökulalda, sem yfirleitt gera ráð fyrir einhverskonar umbrotum í eða undir jöklinum. Ein gerir ráð fyrir að hamfaraflóð undan jöklinum skapi rými fyrir setupphleðslu sem myndar jökulöldur (Shaw 2002, Bennett og Glasser 2009). Önnur er nefnd aflögunarkenningin reiknar með að misjafnt undirlag jökulsins valdi upphleðslu jökulalda (Boulton o.fl., 2001). Ekki verður dregin ályktun hér um hvort kann að vera aldursmunur á þessum ásýndum jökulmyndunarinnar, eða hvernig þær urðu til. Önnur jökulalda með sömu einkenni en aðra stefnu, er vestan við Selsund (mynd 4). Samlímt jökulberg er líka í undirstöðu hennar. Að öllum líkindum hefur vaxið birkikjarr og skógar víða á svæðinu fyrir landnám. Leifar af þykkum jarðvegi á jökulberginu sjást enn í 320 m.y.s. í Markhlíð (mynd 6). Tún sem enn eru nýtt á gömlum gróðurtorfum á jökulberginu eru í Gamla Næfurholti og á Breiðholti við Hóla, í 140 m.y.s (mynd 4). Næfurholtsfjöll ná yfir 400 m hæð yfir sjó, og gróðurtorfan í Markhlíð sýnir að stór hluti fjallanna gæti hafa verið klæddur samfelldum jarðvegi við bestu skilyrði.

3. NIÐURSTÖÐUR

3.1 Aldur birkileifa og gjóskulaga

Samkvæmt aldursgreiningu með geislakolsaðferð reyndust birkileifarnar í Hólum vera um 2760 ára gamlar (tafla 1). Eitt sýni úr ysta lagi af trjábút sem er 12 cm í þvermál var mælt. Líkur á því að leiðréttur aldur sé á bilinu 2783-2740 ár BP eru 95,4 %, og miðgildið reiknast 2760 ár. Allar leiðréttingar á kolefnisaldri sem vitnað er til í þessari skýrslu eru miðaðar við árið 1950 AD. (Sjá skýringar neðanmáls)*.

Efnasamsetning svörtu öskunnar (tafla 2) sem birkileifarnar fundust í er svipuð samsetningu basískrar gjósku frá Kötlu (mynd 10) (Bergrún A. Óladóttir o.fl 2008) Forsöguleg gjóskulög frá Kötlu finnast á þessum slóðum, en fæst þeirra hafa verið aldursgreind nákvæmlega. Þá er útbreiðsla þeirra sem hafa borist til vesturs frá eldstöðinni lítt þekkt. Bergrún A. Óladóttir o.fl (2008) hafa skoðað gjóskulög austan Kötlu, efnagreint og aldursgreint mörg þeirra. Lögin eru fjölmörg þar og höfundar beittu svokallaðri SAR (soil accumulation rate) aðferð til að meta aldur laganna. Aðferðin felst í því að aldur gjóskulaga er áætlaður miðað við meðaltal jarðvegsþykknunar milli gjóskulaga sem hafa verið aldursgreind með ^{14}C. (Bergrún A. Óladóttir o.fl., 2005). Eitt gjóskulaganna sem er nefnt AT-44 reyndist 2730 ára skv. SAR aðferðinni. Gjóskan var efnagreind með örgreini Laboratoire Magmas et Volcans, í Clermont-Ferrand, Frakklandi (Bergrún A. Óladóttir o.fl. 2008), og efnasamsetningin er sambærileg þeim niðurstöðum sem fengust með örgreiningu á svarta öskulaginu í Hólum (mynd 10). Þar sem aldursgreiningum og efnagreiningum ber vel saman gæti AT-44 verið sama lagið og trjáleifarnar í Hólum fundust í, en útbreiðsla þess er ekki þekkt.

**Stutt skýring á helstu skammstöfunum sem eru notaðar í alþjóðlegri framsetningu kolefnisaldursgreininga. BP=before present eða „ fyrir okkar tíð“. Lengi hefur verið miðað við árið 1950 sem „okkar tíð“, sem á sér tæknilegar skýringar. Nú eru hinsvegar margir farnir að miða við árið 2000. Hér er fyrra ártalinu haldið til samræmis við eldri birtar mælingar. AD= Anno Domini. Á íslensku er notað “eftir Krists burð“ eða „okkar tímatal“. Í töflu 1 er einnig notað BC=before christ. „fyrir Krist“.*

Tafla 1. Aldursgreiningar gerðar með ^{14}C aðferð á rannsóknarstofu Háskólans í Árósum.

Mæling á trjábút í svartri ösku í sniði við Hóla á Rangárvöllum.						
Mæling nr AAR	Sýni, gerð	Sýni, staður	GPS	Kolefnisaldur ^{14}C (BP)	Leiðréttur aldur (BC) m/v 1 staðalfrávik	Leiðréttur aldur (BP). Miðgildi á 95,4 % líkum.
AAR-28047	Viður í svartri ösku undir mýrajarðvegi.	Hólar, 14 km vestur af Heklutindi	635913 195557	2633 +- 26 ár	833 BC-790 BC	**2760**
Mælingar á sýnum úr tveimur sniðum af HS, Selsundsvikri. Sýni af viði úr HS vikri og gróðurleifum undir og ofan á vikrinum.						
AAR-7318	Gróðurleifar talsvert ofar en HS	Tjarnir, Snið I	635620 195535	3428 +- 42 ár	1768 BC-1685 BC	**3680**
AAR-7319	Gróðurleifar ofar við HS	Tjarnir, Snið I	“	3488 +- 45 ár	1881 BC-1741 BC	**3760**
AAR-7320	Gróðurleifar næst ofan við HS	Tjarnir Snið I	“	3510 +-50 ár	1888 BC-1744 BC	**3770**
AAR-7321	Trjágrein inni í HS vikri	Tjarnir, Snið I	“	3602 +- 44 ár	2027 BC-1884 BC	**3900**
AAR-7322	Stór drumbur inni í HS vikri. Ysta lag	Tjarnir, Snið I	“	3607 +- 46 ár	2028 BC-1885 BC	**3900**
AAR-7317	Gróðurleifar næst ofan við HS	Langibakki, Snið II	635629 195530	3520+-60 ár	1920 BC-1745 BC	**3780**
AAR-7315	Gróðurleifar undir HS, neðar	Langibakki Snið II	“	3715 +- 60 ár	2200 BC-1985 BC	**4040**
Mæling á sýni úr Hekluösku, HA, (Magnús Á. Sigurgeirsson og Árný E. Sveinbjörnsdóttir, 1999)						
AAR-1977	Viður í öskulagi	Snið í Kópavogi	Ekki Vitað	2450 +-55 ár	760 BC-410 BC	**2540**

Eftirfarandi upplýsingar um úrvinnslu á mæligögnum fylgdu niðurstöðum á mælingu AAR-28047 frá Rannsóknarstofu Háskólans í Árósum:

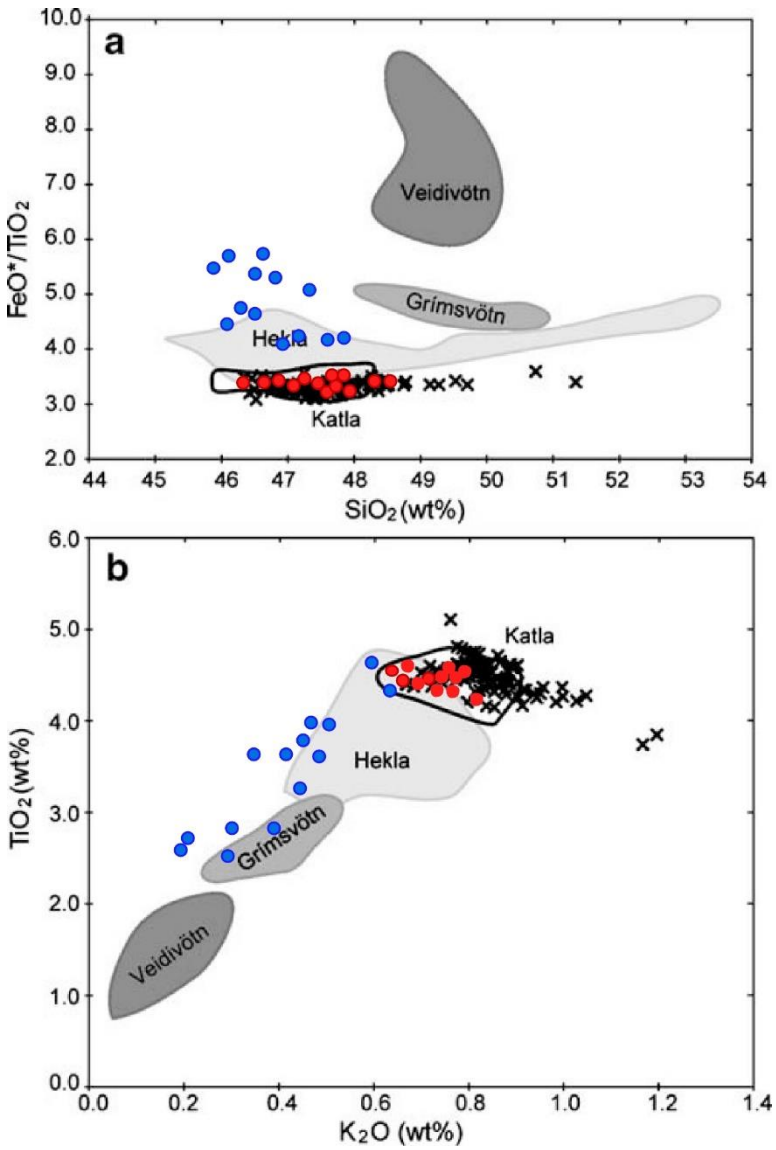
14C ages are reported in conventional radiocarbon years BP (before present =1950) in accordance with international convention (M. Stuiver & H.A. Polach: Discussion of reporting 14C data. Radiocarbon 19(3) (1977) p. 355).

Thus, all calculated 14C ages have been corrected for fractionation so as to refer the results to be equivalent with the standard δ13C value of -25‰ (wood). Reported δ13C and δ15N values have been measured by high-precision stable-isotope mass spectrometry. The values represent the isotopic composition of the original sample and is therefore useful for interpretation regarding association with the terrestrial/marine/freshwater food chains as well as trophic levels.

Calibrated ages in calendar years have been obtained from the calibration curves in Reimer et al. 2013 Radiocarbon vol. 55(4) pp 1869-1887 by means of the Oxcal v4.1 calibration programme. (Bronk Ramsey., 2009, Radiocarbon, 51(1) 337-360) using the terrestrial calibration curve, IntCal13 (for marine samples, see below). The probability method has been used to calculate the calibrated age ranges corresponding to 68.2% probability (1 sigma) and 95.4% probability (2 sigma) with the probability of each range given in brackets (indicating the probability that the true date belongs to the interval in question).

Tafla 2. Efnagreiningar á svartri ösku með trjáleifum í Hólasniðinu. Gerðar með örgreini. (wt %)

Korn	SiO_2	TiO_2	Al_2O3	*FeO*	*MnO*	*MgO*	*CaO*	Na_2O	K_2O	P_2O_5
1	47.22	4.21	13.12	15.00	0.2176	5.22	9.78	3.10	0.7302	0.5105
2	46.85	4.37	12.81	15.21	0.2340	5.28	9.85	3.15	0.7234	0.5166
3	47.14	4.37	13.11	15.08	0.2399	5.14	9.86	3.11	0.7350	0.5202
4	47.25	4.35	13.05	14.74	0.2181	5.29	9.76	3.07	0.6876	0.5595
5	47.39	4.34	13.18	15.02	0.2121	5.15	9.91	2.84	0.7292	0.4546
6	47.03	4.14	13.01	14.98	0.2306	5.20	10.02	2.85	0.7306	0.5179
7	47.16	4.24	13.15	14.90	0.2489	5.15	9.80	2.95	0.7615	0.5588
8	46.91	4.34	13.01	15.15	0.2395	5.18	9.87	2.98	0.7602	0.5933
9	48.31	4.07	13.13	14.35	0.2375	4.75	9.27	3.13	0.8608	0.5183
10	48.14	4.37	13.21	15.19	0.2226	5.14	10.12	2.86	0.7409	0.5086
11	46.57	4.36	12.90	14.79	0.1961	4.99	9.90	3.08	0.7495	0.5142
12	46.90	4.44	13.09	14.96	0.2447	5.05	9.83	2.89	0.7009	0.5197
13	47.24	4.29	13.23	14.89	0.2730	5.05	9.86	2.98	0.7310	0.5099
14	46.70	4.32	12.89	14.96	0.1963	5.49	10.37	2.72	0.6579	0.4443
15	47.06	4.38	12.97	15.15	0.2179	5.25	9.81	3.05	0.7407	0.4949
16	47.19	4.25	13.14	14.70	0.2243	5.13	9.94	2.95	0.7147	0.4912
17	46.97	4.37	13.12	14.94	0.2351	5.12	9.96	2.94	0.7471	0.5079
18	44.47	4.23	12.20	14.90	0.2380	4.88	9.55	3.02	0.7003	0.4496
19	47.04	4.32	13.08	14.74	0.2423	4.93	9.85	2.95	0.7372	0.5270
20	47.07	4.15	13.25	15.02	0.2128	5.15	9.90	3.04	0.7502	0.5153



Mynd 10. Þessi mynd sýnir efnagreiningar á gleri úr svarta öskulaginu í Hólum, gerðar með örgreini Jarðvísindastofnunar HÍ og teiknaðar á mynd sem er fengin frá Bergrúnu A. Óladóttur og fleirum (2008). Höfundar sýna efnasamsetningu margra Kötlulaga sem svört x. Þeirra mælingar eru einnig gerðar með örgreini á glersýnum. Þrjú önnur eldstöðvakerfi eru aðgreind á grundvelli eldri greininga til samanburðar. Greiningar á Hólalaginu eru merktar með rauðum punktum. Bláir punktar eru heildarefnagreiningar á basalti úr Heklukerfinu, sem voru gerðar á ICP-tæki Jarðvísindastofnunar. Mynd a) Hólalagið hefur sömu samsetningu og Kötlulögin og lægra FeO/TiO_2 hlutfall en Hekla. Mynd b) Hólalagið hefur jafn hátt TiO_2 og K_2O og Katla, en aðeins tvö Heklusýni hafa svipað TiO_2 og K_2O innihald.*

3.2 Áhrif jarðvatns á landslagsmótun

Jarðlögin sem hafa orðið til á nútíma umhverfis Heklu einkennast af því að allt vatn sem fellur þar hripar jafnóðum niður og kemur fram sem ár eða lækir undan jöðrum ystu hraunanna. Hraunin eru mjög gropin þó þau myndi margra tuga metra þykkan bunka þar sem þau hafa hlaðist upp næst Heklu. Svipað gildir um unga móbergið, vatn á greiða leið gegnum það enda hefur ummyndun ekki gefist tími til að þétta bergið. Jarðvegsmyndun hefur að miklu leyti átt sér stað á vatnsheldu jökulberginu, eða þar sem vatn kemur undan gropnu jarðlögunum. Neðst í hlíðum móbergsfjallanna hafa myndast gróðurtorfur sem eru mjög viðkvæmar fyrir rofi. Hraunin eru víða vaxin mosa eða jafnvel kjarri, en samfelldur jarðvegur hefur aðeins myndast á þeim hraunum sem hafa runnið langt frá fjallinu og ekki kaffærst í yngri hraunum. Þar er hæð yfir sjó lítil og nægilega stutt niður á grunnvatn. Það vekur umhugsun um hvort lægðin milli jökulbergsins og jökulöldunnar sem er lýst í kafla 2.2, er mynduð og mótuð af ísaldarjöklinum sjálfum, eða vatnsrofi í kjölfar hörfunar hans. Sennilega kemur hvorttveggja við sögu. Sú mikla breyting á ásýnd jökulmenjanna sem þarna sést hlýtur þó að vera af völdum jökulsins. Eftir að jökla leysti tók vatnsrof til við að móta landslagið, með rennslisbreytingum og flóðum.

4. UMRÆÐA

4.1 Afstaða gjóskulaga í jarðvegssniðum

Þykkt svart gjóskulag finnst víða í sniðum sunnan og suðvestan Heklu. Það er kolsvart, fremur fínkornótt, 10-12 cm þykkt og líkist Kötlulögum eins og þau koma fyrir í jarðvegi á þessum slóðum. Hér á eftir verður skoðað hvort það er hugsanlega sama gjóskan og lurkarnir í Hólum grófust í. Tvílita gjóskulagið næst ofan á trjáleifunum ber einkenni þess að vera frá Heklu komið. Það flokkast sem fín-meðalgróf gosmöl, og er dekkra ofantil í sniðinu. Bryndís G. Róbertsdóttir o.fl. (2002) kortlögðu þrjú tvílit gjóskulög úr Heklu sem fóru til V-NV frá fremur stuttu gosskeiði skömmu eftir stórgosið H3 fyrir um 3000 árum. Þessi lög eru nefnd H-A, H-B og H-C og hafa öll svipaða efnasamsetningu, en útlit í sniðum og hlutfall litaeininga er breytilegt. Þykktarás HA stefnir í vestur og það finnst í jarðvegi allt vestur á Reykjanesskaga. Sniðið í Hólum er tekið beint í V frá Heklu, svo líklega er hér um sama lag að ræða, þar sem lögin HB og HC hafa norðlægari stefnu. HA hefur verið aldursgreint með ^{14}C aðferð. Kolefnisaldur HA var mældur á rannsóknastofu Háskólans í Árósum, mæling AAR-1977, og reyndist leiðréttur aldur þess vera 2540 ár BP (tafla 1). (Magnús Á. Sigurgeirsson og Árný E. Sveinbjörnsdóttir, 1999). Bryndís G. Róbertsdóttir og Guðrún Larsen (2002) lýstu HA í sniði V-VNV af Heklutindi.

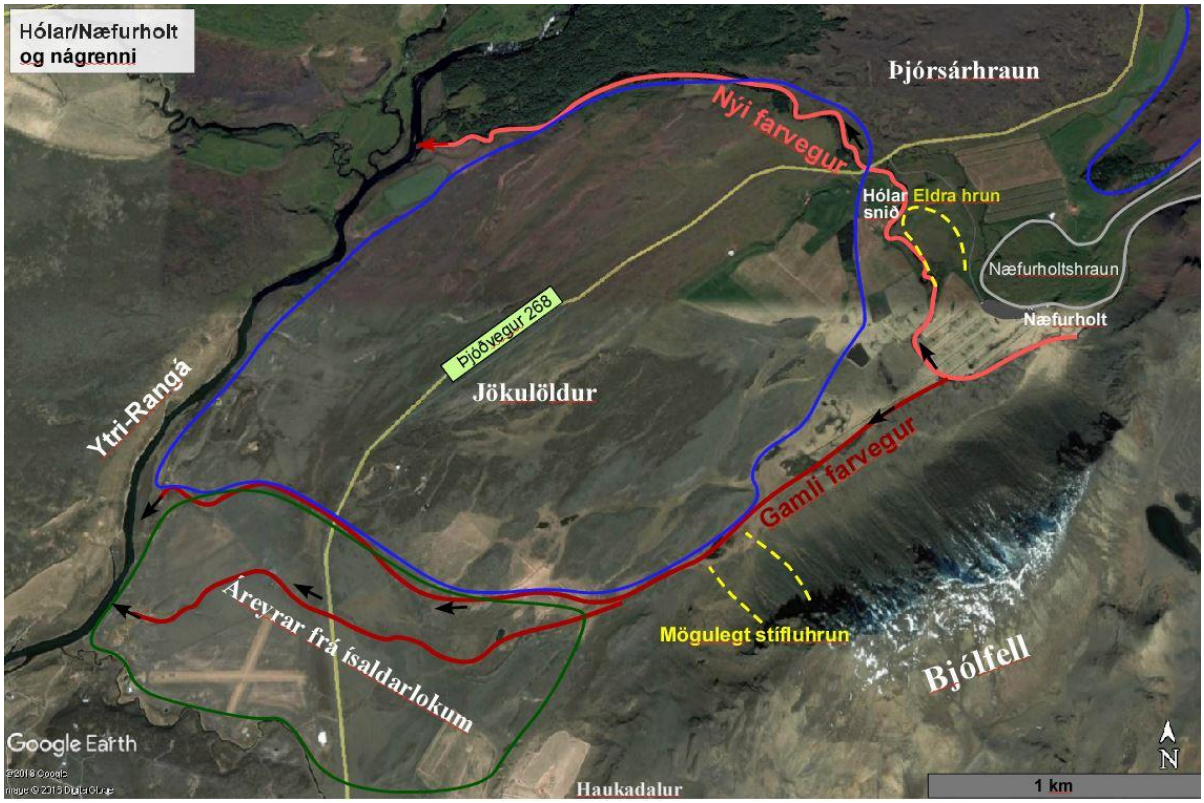
Þegar höfundur þessarar skýrslu vann við kortlagningu svonefnds Selsundsvikurs, sem er vatnsborni hluti gjóskulags frá Heklu sem er nefnt HS, eftir síðustu aldamót, voru tekin snið þar sem jarðvegur hafði myndast ofan HS (óbirt gögn). Þessi snið eru í landi Selsunds og Svínhaga. Þar er tvílitt lag talsvert ofar en HS sem er um 3900 ára BP (tafla 1). Sniðin eru 3-5 km sunnan við áætlaða V-stefnu gjóskugeira HA. Gjóskan er ekki eins gróf og í Hólum, stærstu korn 1,2 cm, og skilin milli ljósa og dökka hlutans virðast skarpari. Þá er skipting litahlutanna jöfn í öllum sniðunum, og dökki hlutinn dekkri en í Hólasniðinu. Þetta getur vissulega endurspeglað breytilegar vindáttir og ákefð gossins meðan á því stóð, og einnig er hugsanlegt að ryðgaða lagið beint ofan á tvílita laginu í Hólum sé hluti af því sama gosi. Þá væri hluti ljósrar gjósku og dökkrar líka jafn þar, og efsti hlutinn jafn dökkur í öllum sniðum.

Þar til kortlagning á útbreiðslu HA liggur fyrir er gert ráð fyrir að Heklulagið í Hólum sé sama lagið, og gengið út frá aldursgreiningunni sem var gerð á viði úr laginu á 10. áratugnum og gaf 2540 ár BP (tafla 1) (Magnús Á. Sigurgeirsson og Árný E. Sveinbjörnsdóttir, 1999).

Tvílita Heklulagið í sniðinu í Hólum virðist hafa fallið fljótlega eftir að Kötlulagið féll, þó liðu um 200 ár milli gosanna samkvæmt aldursgreiningum. Vísbending í sniðinu í Hólum um að jarðvegsefni hafi verið byrjuð að setjast til á mörkum Kötlulagsins og Heklulagsins staðfestir aldursmun á þessum lögum. Sniðin í Selsundi og Svínhaga voru tekin í þurrlendisjarðvegi og þar er ekkert svart öskulag beint undir meintu HA, heldur jarðvegur og 2 þunn, dökk öskulög í honum með nokkuð jöfnu millibili, og neðar þykka svarta lagið sem er getið um hér að ofan. Jarðvegsþykknun milli þessara tveggja aldursgreindu öskulaga var metin með SAR aðferðinni í þremur sniðum í Selsundi og Svínhaga. Samkvæmt því féllu þunnu lögin milli HA og þykka svarta lagsins um 80 og 150 árum eftir að það síðarnefnda féll, ef er reiknað með að það sé af sama aldri og lurkalagið. Þetta eru grófar tölur með mikla óvissu, en benda þó eindregið til þess að um sömu lög sé að ræða. Það að 200 ára jarðvegsmyndun vantar í mýrasniðið í Hólum, er skýrt með því að lurkalagið hafi verið á kafi í grunnu vatni sem einhver hreyfing var á, alveg þar til HA féll og því hafi enginn jarðvegur náð að myndast og gjóskulögin tvö næst á undan HA hafi ekki sest til, eða einfaldlega skolast burt með vatninu.

4.2 Merki um flóð og áhrif þeirra við Heklurætur

Líklegt er að skömmu eftir að öskulagið frá Kötlu féll fyrir 2750 árum, hafi vatnsfall á svæðinu stíflast og síðan hafi stíflan brostið af slíku afli að hún ruddi skóginn. Þá hafi vatnið fundið sér framrás og síast burtu að hluta, en jarðvatnsstaða samt haldist svo há að þurrlendisjarðvegur náði ekki að myndast á 200 árum. Þegar tvílita grófa gjóskulagið féll var enn betur lokað fyrir súrefnisflæði niður í vatnsósa lögin, en efsti, basískasti hluti nýfallinnar gjóskunnar oxaðist í votlendinu, og eftir það tók að myndast þurrlendisjarðvegur. Á neðri innfelldu myndinni á mynd 5 sést vel hvernig skógarleifarnar hafa hrúgast upp. Ef gjóskufall úr lofti hefði gert út af við skóginn mætti ætla að trén hefðu fallið stefnulaust til jarðar. Í Selsundi, sem er syðsti bærinn af þremur í byggð, hafa fundist tæplega 3900 ára gamlar skógarleifar þar sem trjábolirnir hafa verið allt að 40 cm í þvermál. Þessi skógur eyddist í eðjuflóði samtíma stóru gosi í Heklu og trén hafa fallið stefnuháð undan flóðinu (Guðrún Larsen ofl. 2013 , Guðrún Sverrisdóttir 2004). Hafi flóð grandað skóginum í Hólum hefur það verið vatnsflóð sem varð á skömmum tíma og það hefur ekki flutt skóginn eða öskuna langt. Sú ályktun er byggð á því að engin merki um vatnsnúning sjást á öskunni og hún er ekki blönduð jarðvegi eða öðrum gosefnum. Þessi tvö gjóskulög eru dæmi um flóðborna gjósku sem hefur fundist í jarðvegi í næsta nágrenni Heklu sunnan og suðvestan megin, en vitað er að eðju- og vatnsflóð voru samfara stærstu Heklugosunum á forsögulegum tíma (Elsa G. Vilmundardóttir og Árni Hjartarson, 1985) og líklega einnig mörgum gosum á sögulegum tíma(Guðmundur Kjartansson, 1967). Þau flóð voru sennilega í fyrstu gjósku og eðjuflóð sem flest runnu niður hlíðar fjallsins norðvestan megin. Síðan barst vatnsflutta efnið, ásamt loftföllnum vikri ef stefna gjóskugeirans var norðlæg, með stórum vatnsföllum langar leiðir frá fjallinu. Þessi vatnsflutti vikur og aska finnst í jarðvegi og farvegum á Suðurlandi langt út fyrir Suðurlandsgosbeltið.



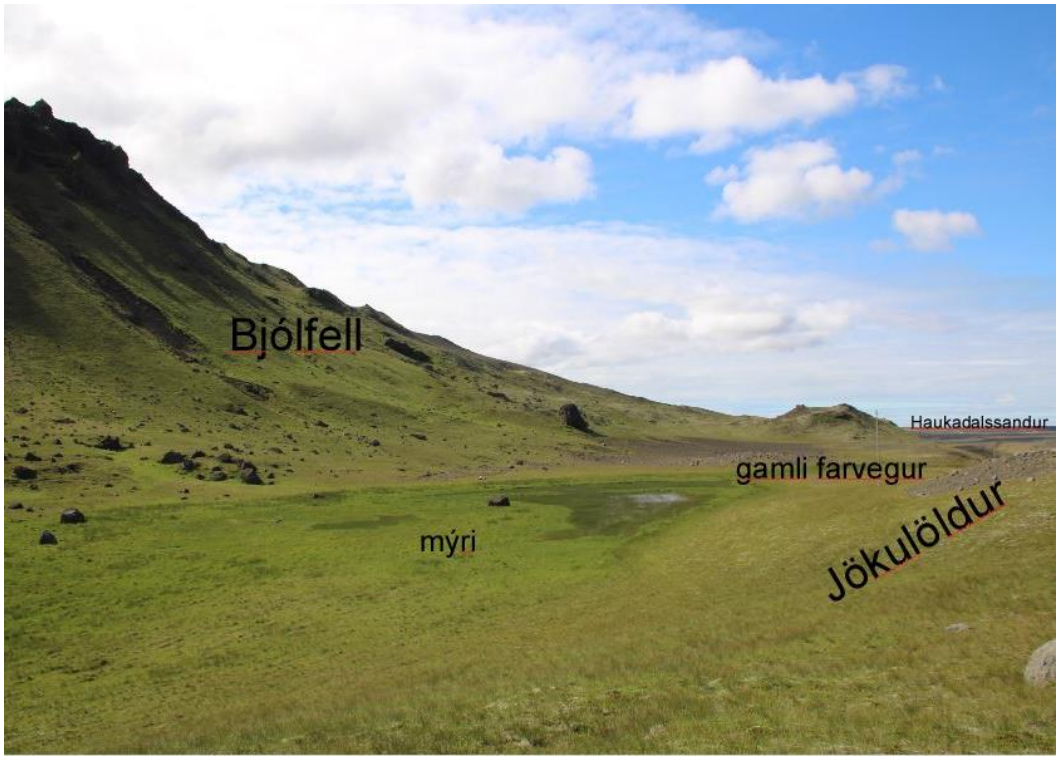
Mynd 11. Sviðsmynd af því sem er líklegt að hafi breytt landslagi og gróðurfari fyrir um 2760 árum á láglendinu þar sem bæirnir Hólar og Næfurholt voru byggðir löngu síðar. Á myndinni eru jarðmyndanir á svæðinu merktar þannig; jökulberg sem er sýnilegt á yfirborði er afmarkað með bláum línum, en áreyrar með grænni. Núverandi farvegur Næfurholtslækjar er merktur með ljósrauðri línu, en gamlir farvegir með dökkrauðri. Lækurinn hefur sennilega runnið í tveimur kvíslum sunnan jökulöldunnar. Þá er sýnt með gulum punktalínum hvernig hrun úr Bjólfelli gæti hafa stíflað gamla farveginn. Eldra hrun úr Bjólfelli, sem hefur komist mun lengra frá fjallinu, er sýnt með samskonar punktalínu. Myndin er unnin á grunn frá Google Earth.

Hvað gæti hafa komið atburðarásinni sem gróf birkiskóginn í Kötluöskunni, af stað? Á mynd 11 er sýnd sviðsmynd sem gæti skýrt það. Afrennsli svæðisins er núna Næfurholtslækur/Hraunteigslækur. Það er allmikið vatnsfall sem safnar jarðvatni úr hraununum og móberginu norðaustan Bjólfells, grefur sig djúpt í jarðveginn í lægðinni og rennur hægt í bugðum, þar til hann grefur þröngan farveg milli syðstu jökulöldunnar og Þjórsárhraunsins, áleiðis út í Rangá og heitir þá Hraunteigslækur. Þau skil sjást á mynd 11 þar sem akvegurinn, sem er ljósgul lína, þverar lækinn. Jökulöldur eru afmarkaðar með blárri línu á myndinni, en líklegt er að jökulberg liggi einnig undir lægðinni þar sem Hólatúnið er. Þetta hefur varla verið eðlilegasta leið jarðvatns af svæðinu austan skriðjökulsins meðan hann var að hörfa. Hæð láglendisins yfir sjávarmál er um 120 m.y.s. á öllu svæðinu frá Bjólfelli að Hraunteigslæk, og einnig suður með fjallinu. Aftur á móti er jökulaldan milli Bjólfells og Ytri-Rangár um 20 m hærri yfir sjó. Jökulbergið undir lægðinni gæti hafa verið einhverjum metrum hærra áður en vatnsrof fór að vinna á því. Þetta landslag eins og það er nú, er sýnt á mynd 4. Sennilega hefur afrennslið fyrrum safnast í farveg suður með Bjólfelli meðfram jökulröndinni og niður á aurana vestan Haukadals og þaðan út í farveg þar sem Ytri-Rangá rennur nú. Á mynd 11 er þessi „gamli farvegur“ dökkrauð lína. Mikil mýri er meðfram Bjólfelli að vestan, og syðst eru aðeins mjóir mýrarpyttir áður en landið lækkar hratt niður á Haukadalssand, sem eru áreyrar framan við jökulbrúnina (mynd 12). Sandurinn afmarkast að norðan af

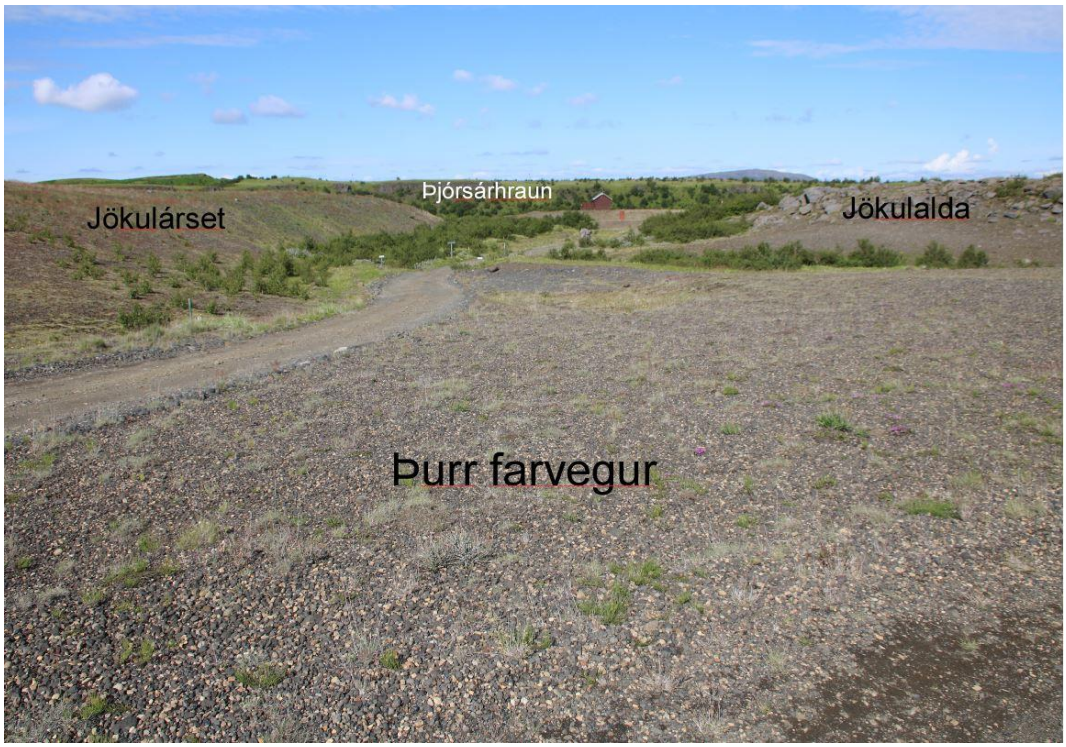
jökulöldunni stóru. Ef gengið er meðfram henni frá Bjólfelli allt vestur að Ytri-Rangá, kemur í ljós greinilegur vatnsfarvegur í sandinum framan við jökulölduna og raunar annar minni heldur sunnar. Báðir farvegir eru sýndir sem rauðar línur á mynd 11. Farvegurinn liggur þvert á stefnu skriðjökulsins og hefur grafist niður í sandinn sem er myndaður framan við hörfandi jökul, eftir að hann var farinn af svæðinu (mynd 13).

Sé þarna um að ræða eldri farveg Næfurholtslækjar þarf að skýra hvað varð til þess að hann breytti um farveg, sennilega svo snögglega að hann ruddi skóg í lægðinni sem bæirnir standa í. Farvegurinn hlýtur að hafa stíflast, vatnið safnast upp að einhverju marki meðan það var að finna sér nýja leið og síðan ruðst fram af einhverju afli. Það hvernig trén eru vöðluð saman bendir til þess. Einnig að lurkahrúgan er skammt frá útfalli núverandi Næfurholtslækjar úr lægðinni niður meiri halla til vesturs. (mynd 14). Farvegurinn sem lækurinn ruddi þar er ekki á skilum hrauns og jökulbergs, heldur hefur vatnið grafið sér leið gegnum jökulbergið, en það bendir til mikils rofmáttar á skömmum tíma. Lítill bæjarlækur hefði frekar seytlað gegnum hraunið, eða jafnvel runnið ofan á jökulberginu. Vatnshelt jökulberg undir lægðinni hefur myndað skilyrði fyrir myndun uppistöðulóns þegar gamli farvegurinn stíflaðist, og skyndiflóði þegar lónið tæmdist. Fyrsta tilgáta um ástæðu breytingar á farvegi afrennslisins var að hrauntunga sem hefur runnið niður á láglendið suður með Bjólfelli hafi stíflað afrennslið (mynd 15). Við athugun á jarðvegi og gjóskulögum ofan á hrauninu kom í ljós að það er miklu yngra en lurkalagið, runnið skömmu fyrir landnám og hefur því ekki haft áhrif á umrætt flóð fyrir 2760 árum.

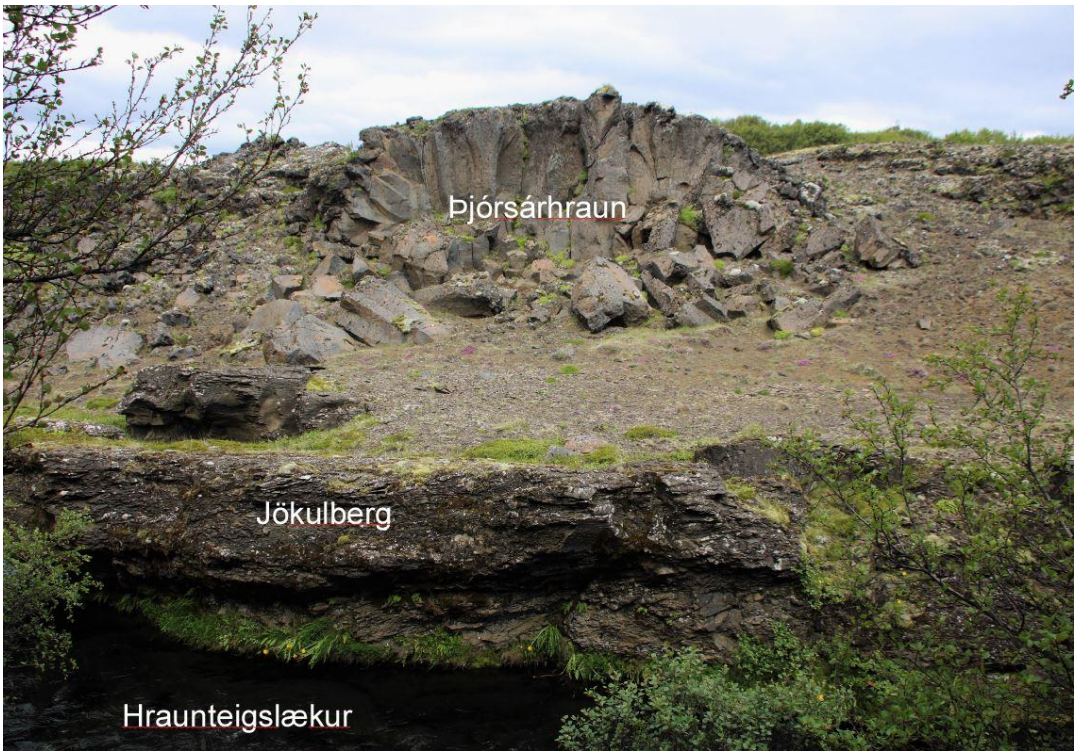
Vesturhlíð Bjólfells er mjög brött og enn hrynur grjót niður hana. Ætla má að hrunið hafi verið mest fljótlega eftir að jökla leysti og minnki með tímanum þegar halli hlíðarinnar minnkar. Ekki sést hversu langt frá fjallinu hrunið hefur náð þar sem mýrajarðvegurinn gæti hulið grjótskriður. Á öðrum stað fannst þó móbergshröngl um 700 m frá rótum Bjólfells (mynd 16). Það virðist vera undir núverandi jarðvegi og stefnan bendir til að þetta séu leifar skriðu úr norðurhluta fjallsins. Suðurhluti fjallsins er brattari, og jafnframt er jökulaldan þar skammt frá fjallshlíðinni, varla nema 150 m eftir því hvernig fjallsræturnar eru skilgreindar. Þar hefur því ekki þurft mjög stóra skriðu til að stífla þáverandi „Næfurholtslæk“, hafi hann átt farveg þar fyrrum. Það er sennilegasta atburðarásin. Gjóskulagið frá Kötlu hefur verið nýlega fallið, sem sést á því hvað lagið með lurkunum er óblandað jarðvegsefnum, en einnig kann skógurinn að hafa verið viðkvæmari fyrir álagi eftir að gjóskan féll.



Mynd 12. Hugsanlegur eldri farvegur Næfurholtslækjar meðfram Bjólfelli syðst. Horft til suðvesturs.



Mynd 13. Lægð sunnan jökulöldunnar við Hóla. Horft til vesturs. Hægra megin sést grýtt aldan, vinstra megin áraurar. Húsið stendur á eystri bakka Ytri-Rangár og Þjórsárhraunið sem rann fyrir um 8600 árum (Árni Hjartarson 1988), sést vestan árinnar. Þetta líkist vatnsfarvegi sem er greinilega mun yngri en ársandurinn vinstra megin á myndinni.



Mynd 14. Þjórsárhraunið ofan á jökulbergi, og Hraunteigslækur/Næfurholtslækur.

Mynd 15. Næfurholt. Hraunið fyrir ofan bæinn virðist líklegt til að hafa stíflað lækinn tímabundið. Það rann þó allöngu eftir að lækurinn skipti um farveg.

Mynd 16. Myndin er tekin frá hrauninu ofan Næfurholts og sér til Hólabæja. Gamli bærinn er yst til vinstri á myndinni, sá nýi í jaðrinum hægra megin. Blá lína umlykur móbergshröngl sem er hugsanlega leifar fornrar skriðu úr Bjólfelli.

5. SAMANTEKT

Helstu ályktanir sem eru dregnar af athugun á jarðvegssniði við Hóla, 13 km vestur af Heklutindi.

1) Gjóskufall frá Kötlu, sem finnst í þurrlendisjarðvegi í nágrenninu sem 10 cm þykkt lag, hefur fallið á skóglendi fyrir um 2760 árum. Skömmu síðar varð vatnsflóð sem hreif með sér gjóskuna og skóginn og vöðlaði þessu saman í 20 cm þykkt lag í lægð í landslaginu. Næstu 200 árin að minnsta kosti var þarna votlendi, en ekki myndaðist þó vatnaset. Eftir það tók að myndast þurrlendisjarðvegur þó enn séu mýraflákar á hluta láglendisins. Misræmi er í þurrlendissniðum á svæðinu og á þessu sniði, þar sem enginn jarðvegur myndaðist í votlendinu næstu 200 árin. Á sama tíma féllu 2 gjóskulög og 10-20 cm jarðvegur myndaðist á þurrlendinu. Sennilega hefur verið hreyfing á vatninu svo gjóska hefur flotið ofan af og enginn jarðvegur myndast.

2) Líklegt er að skriðufall úr Bjólfelli hafi stíflað þáverandi afrennsli af allstóru svæði, og þegar það fann sér nýjan farveg með skyndiflóði, hreif það með sér skóg sem var orðinn viðkvæmur vegna álags nýfallinnar gjósku.

3) Gróðursæld og frjósemi vestan Heklu er mikil vegna vatnsheldni jökulbergs sem einkennir vestasta hrygg svæðisins. Þetta sama jökulberg „lokar af“ jarðvatn á láglendi sem hefur ekki farið undir hraun, og þar er nánast allt núverandi ræktarland. Nútímahraunin eru svo gropin að þau halda nánast engu vatni. Jarðvegsmyndun þar tekur því óratíma. Gjóskufall og áfok verða helst til að auðvelda gróðri að festa rætur þegar um hægist.

4) Flóðborinn vikur í tengslum við eldvirkni í Heklu finnst víða á Suðurlandi, en lurkalagið í Hólum er eina þekkta lagið sem ber vott um vatnsflóð án tengsla við eldvirkni.

Þakkir

Sæmundur Ari Halldórsson las handritið yfir í vinnslu og þáði ég af honum góðar leiðbeiningar. Guðrún Larsen las handritið yfir og benti á ýmislegt sem betur mátti fara. Hreggviður Norðdahl fræddi mig um megindrætti í myndun jöklalandslags. Árný Erla Sveinbjörnsdóttir var mér innan handar við aldursgreiningar. Rósa Ólafsdóttir og Þórdís Högnadóttir aðstoðuðu við myndvinnslu og umbrot. Kann ég þeim öllum bestu þakkir fyrir. Að lokum vil ég þakka Guðlaugi Hermannssyni fyrir samfylgd í vettvangsferðum og góðar ábendingar varðandi málfar skýrslunnar.

6. HEIMILDIR

Árni Hjartarson 1988: *Þjórsárhraunið mikla-stærsta nútímahraun jarðar*. Náttúrufræðingurinn 58 (1), 1-16.

Árni Hjartarson og Kristján Sæmundsson 2014: *Berggrunnskort af Íslandi, 1:600.000*. Íslenskar orkurannsóknir, Reykjavík.

Benn, D.I. & Evans, D.J.A. (2010). *Glaciers & Glaciation.* London: Hodder Education.

Bennett, M.R. & Glasser, N.F. (2009). *Glacial Geology: Ice Sheets and Landforms*. West Sussex: John Wiley & Sons.

Bergrún A. Óladóttir, Olgeir Sigmarsson, Guðrún Larsen og Thor Thordarson, 2008: *Katla volcano, Iceland: magma composition, dynamics and eruption frequency as recorded by Holocene tephra layers*. Bull Volcanol 70:475-493.

Bergrún A. Óladóttir, Guðrún Larsen, Þorvaldur Þórðarson og Olgeir Sigmarsson, 2005: *The Katla volcano S-Iceland: Holocene tephra stratigraphy and eruption frequency.* Jökull 55:53-74.

Boulton, G.S., Dobbie, K.E. & Zatsepin, S. (2001). *Sediment deformation beneath glaciers and its coupling to the subglacial hydraulic system*. Quaternary International, 86, 3-28.

Bryndís G. Róbertsdóttir, Jón Eiríksson og Guðrún Larsen 2002: *Tvílitt gjóskulag úr Heklu sem leiðarlag á Suðurlandsundirlendi og Reykjanesskaga*. Jarðfræðafélag Íslands Vorráðstefna. Reykjavík 15. Apríl 2002, Ágrip.

Elsa G. Vilmundardóttir 1977: *Tungnaárhraun*. Orkustofnun, fjölrit: OS ROD 7702, 156 s.

Elsa G. Vilmundardóttir og Árni Hjartarson 1985: *Vikurhlaup í Heklugosum*. Náttúrufræðingurinn 54:1-16.

Freysteinn Sigmundsson, Sigurður Steinþórsson, Páll Einarsson, Kristján Sæmundsson, Sveinn P. Jakobsson, Guðrún Larsen, Magnús Tumi Guðmundsson og Gunnar B. Guðmundsson, 2013.

Ísland: Innræn öfl og uppbygging. Í Náttúruvá á Íslandi. Júlíus Sólnes, Freysteinn Sigmundsson og Bjarni Bessason (ritstjórar).

Friðþór Sófus Sigurmundsson, Höskuldur Þorbjarnarson, Guðrún Gísladóttir og Hreinn Óskarsson, 2012: *Breytingar á útbreiðslu og þéttleika birkiskóglendis á jörðum í nágrenni Heklu 1987-2012*. Landabréfið, Journal of the Association of Icelandic Geographers 2012. Ágrip.

Gro Birkefeldt Möller Pedersen, Jorge Montalvo, Páll Einarsson, Olga Kolbrún Vilmundardóttir, Friðþór Sófus Sigurmundsson, Joaquín Munjoz-Cobo Belart, Ásta Rut Hjartardóttir, Fadi Kizel, Rose Rustowicz, Nicola Falco, Guðrún Gísladóttir and Jón Atli Benediktsson, 2018: *Historical lava flow fields at Hekla volcano, South Iceland.* Jökull 68: 1-26.

Guðmundur Kjartansson 1945: *Hekla*. Árbók Ferðafélags Íslands, Reykjavík, 1-155.

Guðmundur Kjartansson 1951*: Water Flood and Mud Flows. The eruption of Hekla 1947-1948 II, 4.* Vísindafélag Íslendinga: 1-60.

Guðrún Larsen 2018*: Eldgos á suðurhálendi á fyrstu öldum byggðar-áhrif í Rangárvalla- og V-Skaftafellssýslum.* Náttúrufræðingurinn 88(1-2), 5-18.

Guðrún Larsen, Guðrún Sverrisdóttir, Haukur Jóhannesson, Árni Hjartarson og Páll Einarsson, 2013. *Hekla*. Í Náttúruvá *á Íslandi*. Júlíus Sólnces, Freysteinn Sigmundsson og Bjarni Bessason (ritstjórar).

Guðrún Sverrisdóttir, Níels Óskarsson, Árný E. Sveinbjörnsdóttir og Rósa Ólafsdóttir, 2004*: Xenolith loaded pumice/meltwater lahar of the 3900 cal BP Hekla eruption*, IAVCEI general assembly 2004, Pucón, Chile, 14-19 Nov., 2004. Ágrip.

Helga Lucia Bergsdóttir, 2015: *Landmótun og laus jarðlög við Fláajökul*, meistararitgerð, Jarðvísindadeild, Háskóli Íslands, 67 bls.

Kristján Sæmundsson, 2013: *Torfajökull,bls 279-289* í: Í Náttúruvá á Íslandi. Júlíus Sólnes, Freysteinn Sigmundsson og Bjarni Bessason (ritstjórar).

LaFemina, T.H. Dixon, R. Malservisi, T. Árnadóttir, E. Sturkell, F. Sigmundsson og P. Einarsson, 2005: *Geodetic GPS measurements in South Iceland: Strain accumulation and partitioning in a propagating rift system*. Journal of Geophysical Research, Vol. 110 B11405, doi:10.1029/2005JB003675, 2005

Magnús Á Sigurgeirsson og Árný E. Sveinbjörnsdóttir 1999: *Forsöguleg gjóskulög á Suðvesturlandi:* Jarðfræðafélag Íslands, vorráðstefna 2. Apríl 1999. Ágrip, bls 51

Níels Óskarsson, Guðmundur E. Sigvaldason og Sigurður Steinþórsson, 1982: *A dynamic model of rift-zone petrogenesis and the regional petrology of Iceland.* Journal of Petrology. Volume: 23 Issue: 1, 28-74.

Ramsey C.B., 2009: *Bayesian analysis of Radiocarbon dates.* Radiocarbon, 51(1) 337-360.

Reimer P.J., Edouard Bard, Alex Bayliss and J, Warren Beck, 2013: *IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0-50,000 years cal BP*. Radiocarbon vol. 55(4) pp 1869-1887.

Shaw, J. (2002) *The meltwater hypothesis for subglacial bedforms*. Quaternary International, 90, 5-22.

Stuiver, M., and Polach, H.A., 1977: *Discussion of reporting 14C data*. Radiocarbon 19(3) 355-363.

Sigurður Þórarinsson, 1967: *The eruptions of Hekla in historical times. A tephrochronological study*. Í: Eruption of Hekla 1947-1948. I: 1-183. Vísindafélag Íslendinga. Reykjavík.

Sveinn P. Jakobsson 1979: *Petrology of Recent Basalts of the Eastern Volcanic Zone, Iceland.* Acta Naturalia Islandica 26, bls. 1-103