

II. JARÐFRÆÐI VIÐ NORÐVESTANVERÐAN MÝRDALSJÖKUL

Helgi Torfason¹ og Höskuldur Búi Jónsson²

1: Náttúrufræðistofnun Íslands, Hlemmur 3, 105 Reykjavík

2: Náttúrufræðistofnun Íslands, Borgum við Norðurslóð,
Pósthólf 180, 602 Akureyri

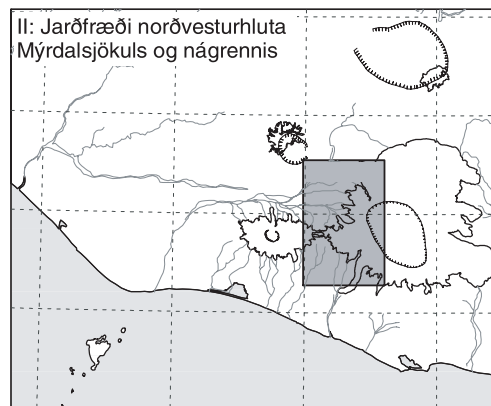
1. Inngangur

Vegna eldgosahættu í norð-vestanverðum Mýrdalsjökli var ráðist í að kanna ákveðin atriði í jarðfræði, á svæði sem afmarkast af Fimmvörðuhálsi, Goðabungu og að Entujökli (myndir 1 og 2). Eins og yfirleitt gerist þegar jarðfræði tiltekinnar svæða er könnuð þurfti að leita útfyrir það svæði sem var afmarkað í fyrstu og því nær jarðfræðikort (mynd 3) suður á Skógaheiði. Útvinna fór fram haustið 2003 og sumarið 2004.

Verkefnið er þríþætt, í fyrsta lagi var leitað að eldvörpum á svæðinu og þau aldursgreind eftir því sem unnt var og athugaðar stefnur gígaraða. Þá var gert brotalínukort og í þriðja lagi var hugað að stöðum sem gætu hlaupið fram vegna eldsumbrota. Einnig var leitað að gömlum framhlaupum á svæðinu.

2. Eldvörp við vestan- og norðvestanverðan Mýrdalsjökul

Í grófum dráttum má segja að eystra gosbeltið liggi frá Vestmannaeyjum til norð-austurs, um Grímsvötn, til Kverkfjalla þar sem það sveigir til norðurs (mynd 2). Gosbeltið (volcanic zone) skiptist upp í sprungureinar (fissure



Mynd 1. Rannsóknarsvæðið.

swarms) og aðskilin eldstöðvakerfi (volcanic systems).

Eystra gosbeltið skiptist upp í nokkur eldstöðvakerfi og er Katla í kerfi sem nær frá Mýrdalsjökli langleiðina til Grímsvatna (mynd 2). Eldstöðvakerfið sem tengist Grímsvötnum liggur rétt austan við það sem tengist Mýrdalsjökli og er ekki ólíkegt að einhver tengsl séu þar á milli, þótt efnafræði kviku sem kemur upp um þessi tvö kerfi sé um margt ólík (Sveinn Jakobsson, 1979) og því má greina eldstöðvakerfin í sundur.

Eldvirknin í Grímsvatna- og Kötlu-kerfunum er sú mesta á landinu og verða

þar fleiri gos en annars staðar. Hekla er einnig mjög virkt eldfjall en þar er framleiðsla minni. Framleiðsla kviku er mikil undir þessum hluta landsins auk þess sem gosin í Grímsvötnum og Mýrdalsjökli verða tíðum undir jökli og framleiðsla lausra gosefna því mikil. Meginberggerðin er basalt en auk þess er mikið af súru bergi tengt þessum eldstöðvakerfum (þó er ekki þekkt súrt berg í Grímsvötnum) en það takmarkast við miðjur þeirra í megineldstöðvunum. Miðja megineldstöðvanna hefur sigið og myndað öskjur í Grímsvötnum og Kötlu, en lítið er vitað um aldur þeirra og myndunarsögu.

Þannig háttar til í Mýrdalsjökli að sprungurein kemur úr norðaustri og liggur inn í Kötluöskjuna. Þá annað hvort sveigir sprungureinin eða ný myndast og liggur sú sprungurein til vesturs um Eyjafjallajökull. Brot eru óljós á þessum mörkum enda eru þau að mestu hulin jökli. Opnar sprungur eru ekki á þeirri sprungurein sem tengist Eyjafjallajökli og liggur um Fimmvörðuháls, en á henni hefur gosið nokkrum sinnum, bæði á ísöld og á nútíma. Auk mismunandi stefna á meginbrotalínunum og gígaröðum er efnafræði bergs mismunandi milli eldstöðva í Mýrdals- og Eyjafjallajökli (Sveinn P. Jakobsson, 1979).

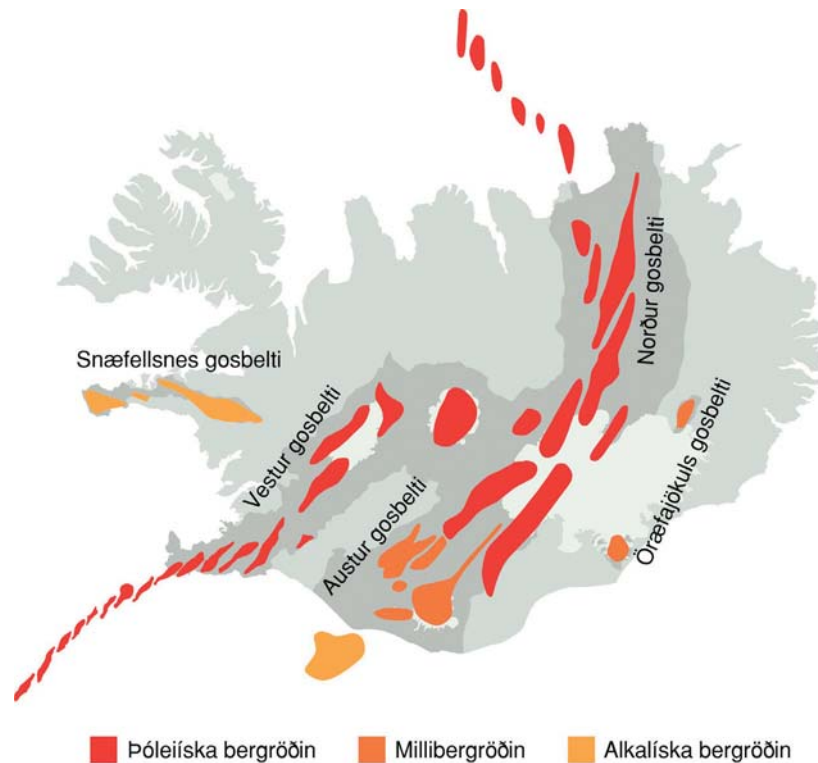
Kraftmikið háhitasvæði er tengt megineldstöðinni í Kötlu en ekkert háhitasvæði virðist tengjast Eyjafjallajökli, svo vitað sé, en jarðhiti finnst á a.m.k. fjórum stöðum sunnan við jökulinn, heitast 80°C (Helgi Torfason, 2003). Katla er auk þess bæði stærri og afkastameiri eldstöð en Eyjafjallajökull. Volgra sem fannst í Þórsmörk sumarið 2004 er eina vísbendingin á yfirborði um að jarðhitakerfi getir legið þar undir en boranir í Húsadal í Þórsmörk 2004 sýna að þar er

jarðhitakerfi að finna (vefsíða ÍSOR www.isor.is).

Stór megineldstöð er í Tindfjöllum og hefur flikrbergslag komið þaðan og myndar neðri hluta móbergsfjalla í Þórsmörk, s.n. Þórsmörk-flikrberg (Sigurður Þórarinnsson, 1969; Jörgensen, 1976; Ritterbusch, 2004).

Rannsóknir undanfarinna áratuga hafa birt mönnum nákvæmari sýn á stærð íslenska meginjökulsins og umhverfisbreytingar. Undir lok síðasta jökulskeiðs, á yngri Dryas tíma fyrir um 11.900 árum (BP) var brún íslenska meginjökulsins utan við núverandi strönd sunnan Eyjafjalla og Mýrdalsjökuls og líklega einnig í upphafi nútíma á Preboreal tíma fyrir 11.000 árum (BP) (Þorleifur Einarsson, 1994; Hreggviður Norðdahl, 1991; Ólafur Ingólfsson, 1991). Fimmvörðuháls og Þórsmörk voru þá vafalaust hulin jökli. Undir lok síðasta jökulskeiðs var landslag það sem við þekkjum í dag í megindráttum orðið til, ef frá eru skilin ungar gosmyndanir og brotahreyfingar.

Á stöðum þar sem virkt gosbelti gengur innundir jökul getur verið erfitt að gera sér grein fyrir aldri jarðlaga. Á síðasta jökulskeiði voru jöklar þykkari en þeir eru í dag og hafa því færri ef nokkur jökulsker staðið upp úr jöklunum. Nokkrum sinnum á síðasta jökulskeiði voru jöklar minni en þeir eru í dag og einnig hafa þeir nokkrum sinnum gengið fram á nútíma og því verið stærri en þeir eru nú. Eftir að jöklar síðasta jökulskeiðs tóku að hörfa fyrir um 11.000 árum (Hreggviður Norðdahl, 1991) munu jöklar víða hafa verið einna stærstir fyrir um 100 árum (um eða rétt fyrir aldamótin 1900) og sjást jökulgarðar frá þeim tíma sums staðar vel. Þó eru til merki um enn eldri kuldaskið og framrás jökla. Ingibjörg Kaldal og Elsa G.



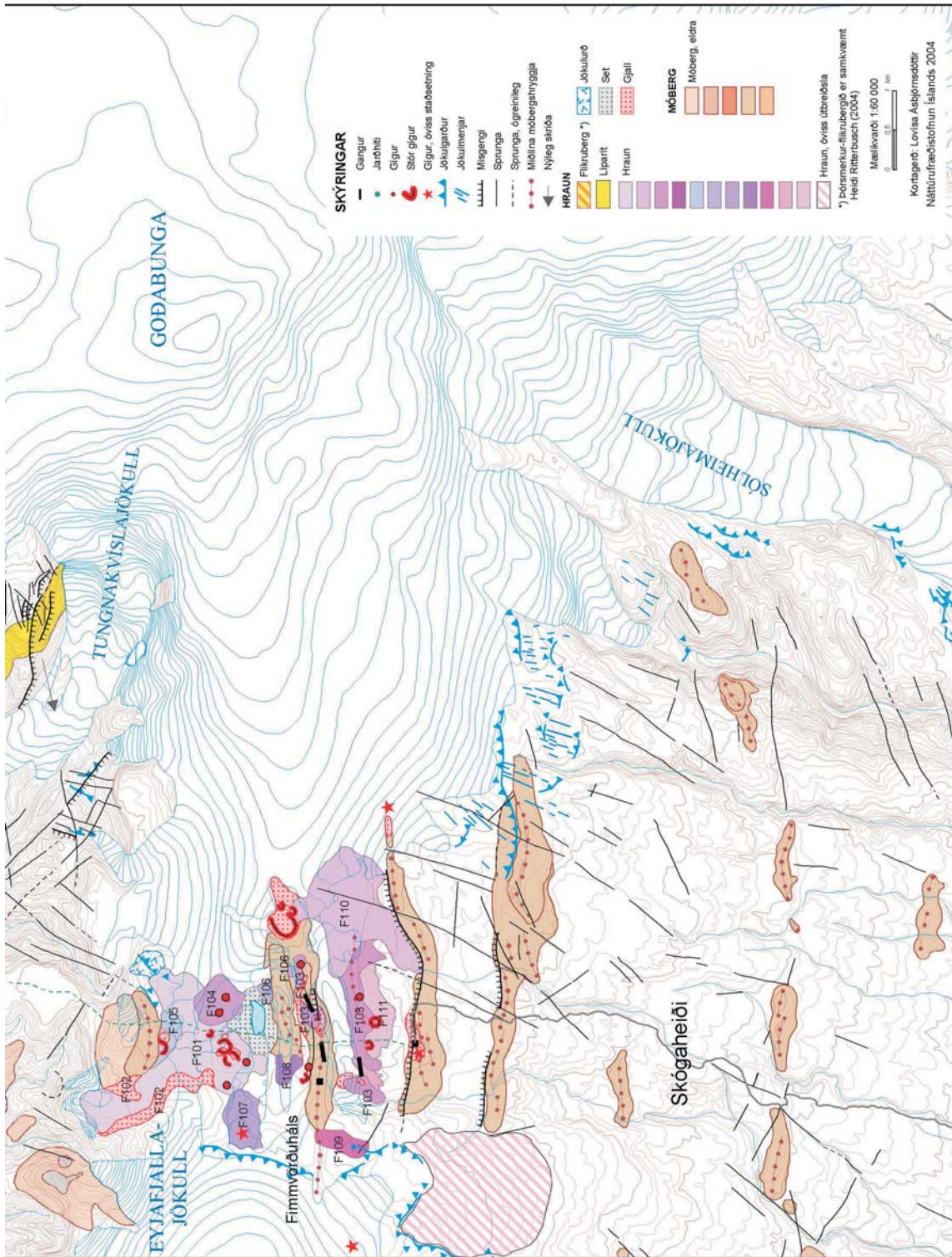
Mynd 2. Gosbeltin á Íslandi (Jakobsson o.fl. 2003). Katla er sunnarlega í eystra gosbeltinu.

Vilmundardóttir (2002) greina þrjár kynslóðir jökulgarða vestan við Entujökul. Elstu garðarnir tengjast hopi ísaldarjökulsins, þá eru 2000 ára gamlir garðar og yngstir eru garðar frá 1890. Litla ísöldin 1550-1800 AD er nokkuð vel þekkt kuldaskið og merki um eldri kuldaskið hafa einnig fundist annars staðar í nágrenni Mýrdalsjökuls (Dugmore, 1989; Dugmore og Sugden, 1991). Raunar virðist sem jökulgarður sá sem þær Ingibjörg og Elsa telja vera 2000 ára, gangi upp á fjallaranann sunnan jökulsins og tengist þeim garði sem teiknaður er á mynd 3 (Ingibjörg Kaldal og Elsa G. Vilmundardóttir, 2002). Sé sú tenging rétt bendir það til þess að hraunin þar séu eldri en 2000 ára því jökull hefur farið yfir hluta þeirra á

nútíma. Hugmyndir sem raktar eru hér á eftir um ungan aldur hrauna við jaðar Mýrdals- og Eyjafjallajökuls byggja mikið á þessum rannsóknum á hopi jökla.

Leitað var að eldvörpum og sprungum í giljum og á brúnunum frá Fimmvörðuhálsi norður í Entujökul og eru niðurstöður teknar saman á korti (mynd 3). Brot voru einkum kortlögð af loftmyndum, en gígar og hraun á jörðu niðri. Einnig var svipast um eftir ummerkjum um skriður og framhlaup í giljum og með jökuljaðri á svæðinu frá Fimmvörðuhálsi að Entujökli. Hér á eftir er svæðinu skipt í þrennt til að einfalda umfjöllun, byrjað á Fimmvörðuhálsi, síðan fjallað um Þórsmörk og svæðið sunnan við Entujökul og endað á Entu





og Entukolli. Framhlaupum og skriðuföllum er gerð skil þar á eftir.

2.1. Fimmvörðuháls

Fimmvörðuháls liggur milli Þórsmerkur í norðri og Skógaheiðar að sunnan. Til-
tölulega ungar gosminjar hafa lengi verið þekktar á Fimmvörðuhálsi (mynd 4) en jarðvísindamenn hefur greint á um aldur þeirra, sumir hafa talið þær vera frá nútíma (Sveinn P. Jakobsson, 1979; Jón Jónsson, 1998) en á jarðfræðikortum Náttúrufræðistofnunar Íslands eru þessi hraun talin vera frá hlýskeyðum ísaldar (Haukur Jóhannesson o.fl., 1990). Hér er sett fram sú tilgáta að þessi hraun séu nær öll frá nútíma eða yngri en 10.000 ára gömul. Í lok yngra Dryas í upphafi nútíma (fyrir 11.000 árum) lá jökulröndin sunnan Eyjafjalla og út í sjó sunnan við Eyjafjallajökul (Hreggviður Norðdahl, 1991) og mun Fimmvörðuháls og Þórsmörk þá vafalaust hafa verið hulin jökli. Hraun hafa ekki runnið á þeim tíma heldur myndast móberg við gos undir jökli. Hraun á Fimmvörðuhálsi eru runnin á íslausu landi en verið getur að framhald gossprungna hafi legið undir jökul og þaðan hafi komið gjóska og þar hafi myndast móberg. Hraunin eru misrofin, t.d. eru greinilegar jökulrákir á hrauni F-101, sem þó er talið geta verið frá nútíma, en jöklar frá kuldatímabilum á nútíma hafa farið yfir þau.

Í suðurhlíðum Fimmvörðuháls eru móbergshryggir með A-V stefnu. Jón Jónsson (1998) telur að þeir séu gossprungur frá hlýskeyði, en hryggirnir eru merktir sem móbergshryggir á korti 6 Miðsuðurland (Haukur Jóhannesson o.fl., 1990). Þessir hryggir voru ekki skoðaðir sérstaklega en kortlagðir af loftmyndum (myndir 3 og 4). Hryggirnir eru 8-10 talsins og hafa það sammerkt að stefna

sem næst austur-vestur. Berglög frá þessu svæði hafa verið aldursgreind af Wiese (1993) og skiptir aldur þeirra máli vegna þeirrar tilgátu að hraun á Fimmvörðuhálsi séu frá nútíma.

Frá Skógum og upp að neðri skálanum sem kenndur er við Fimmvörðuháls (mynd 4) er berggrunnur myndaður af basalthraunum á hlýskeyði á síðustu ísöld (Haukur Jóhannesson o.fl., 1990). Undir basalthraunum sér víða í móberg og eru þessi hraun sennilega ekki mörg og mynda ekki þykka einingu. Þau yngstu af þessum hraunum gætu verið frá hlýjum köflum á síðasta jökulskeyði. Tvær aldursgreiningar Wiese (1993) frá Skógaheiði skipta hér mestu máli, þ.e.a.s. Ey-45 og 46 auk STF-5:

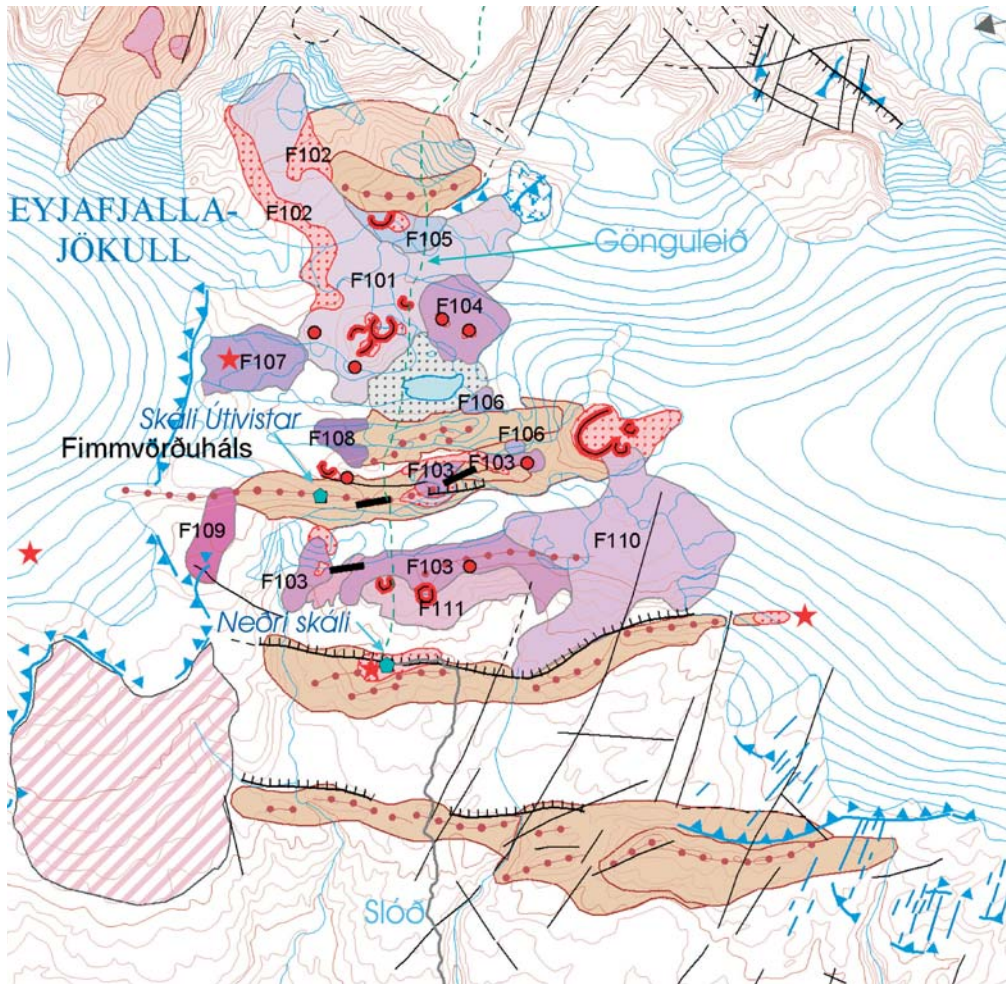
Hlýskeyðshraun:

STF-5 118.000 +/- 34.000 ár "*Hillside up above Skógar, gently dipping aphyric, vesicular lava. Looks young, but older than the last glacial period*" (Wise, 1993). Aldursgreining sýnir að hraunlögin eru frá síðasta hlýskeyði.

Goshryggur:

Ey-45, Ey-46 18.000 +/- 16.000 ár "*Hilltop before Skógaá far above Skógar, between and just south of fissures. Vesicles (small and many); perhaps larger grained than EY-46*" (Wise, 1993). EY-45 og EY-46 er sama lagið. – Aldursgreining er ekki góð, enda á mörkum þess sem svona aldursgreiningar geta greint, en sýnir þó ungan aldur, þ.e. frá lokum síðasta jökulskeyðs.

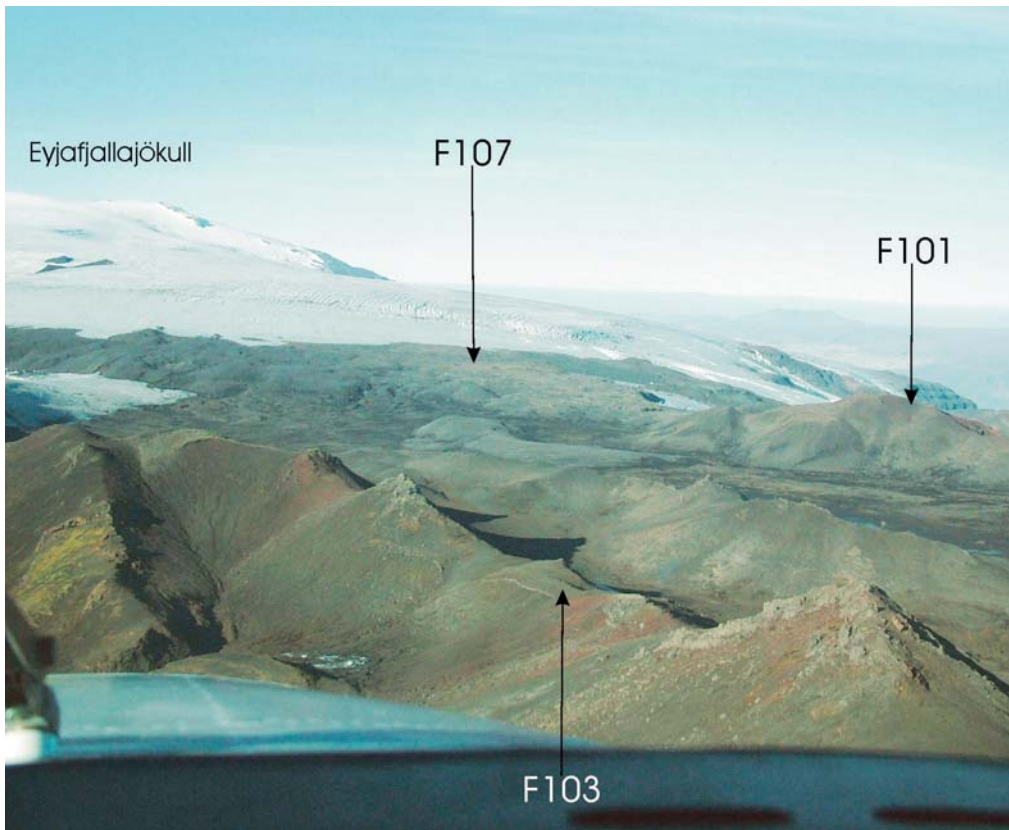
Þótt aldursgreiningarnar séu ekki mjög góðar sýna þær þó að eldri berglögin (STF-5) eru frá síðasta hlýskeyði en þau yngri (EY-45, 46) eru orðin til í lok síðasta jökulskeyðs. Erfitt er að staðsetja þessi lög nákvæmlega eftir lýsingum í



Mynd 4. Fimmvörðuháls, sjá skýringar á mynd 3. Ung braunlög og móbergshryggir.

ritgerð Wiese (1993). Eldri lögin (STF-5) eru þó greinilega basalt hraunlög rétt ofan við Skóga en þau yngri eru komin ofar af heiðinni. Samkvæmt því sem Robert Duncan lýsir (í bréflegum upplýsingum, nóv. 2004) eru sýni EY-45, -46 úr hæðum ofan við Skóga, en samt talsvert neðanvið Fimmvörðuháls og því að öllum líkindum úr móbergshryggjunum, sennilega þeim neðsta eða næst-neðsta (900 m). Móbergshryggur sá sem aldursgreindur var er greinilega mynd-

aður á síðari hluta ísaldar og sennilega eru aðrir hryggir þarna einnig frá eldgosum á síðasta jökulskeiði. Hryggirnir eru misrofnir og rautt gjall er í tengslum við suma þeirra sem bendir til að gos hafi náð upp úr jökli. Móbergshryggir uppi á Fimmvörðuhálsi hafa ekki verið aldursgreindir en þar sem undirlag þeirra er myndað á síðasta hlýskeiði hafa þeir sennilega myndast við gos á síðasta jökulskeiði. Það er því ekki óeðlilegt að álykta að ung hraun og gjallbrynjur



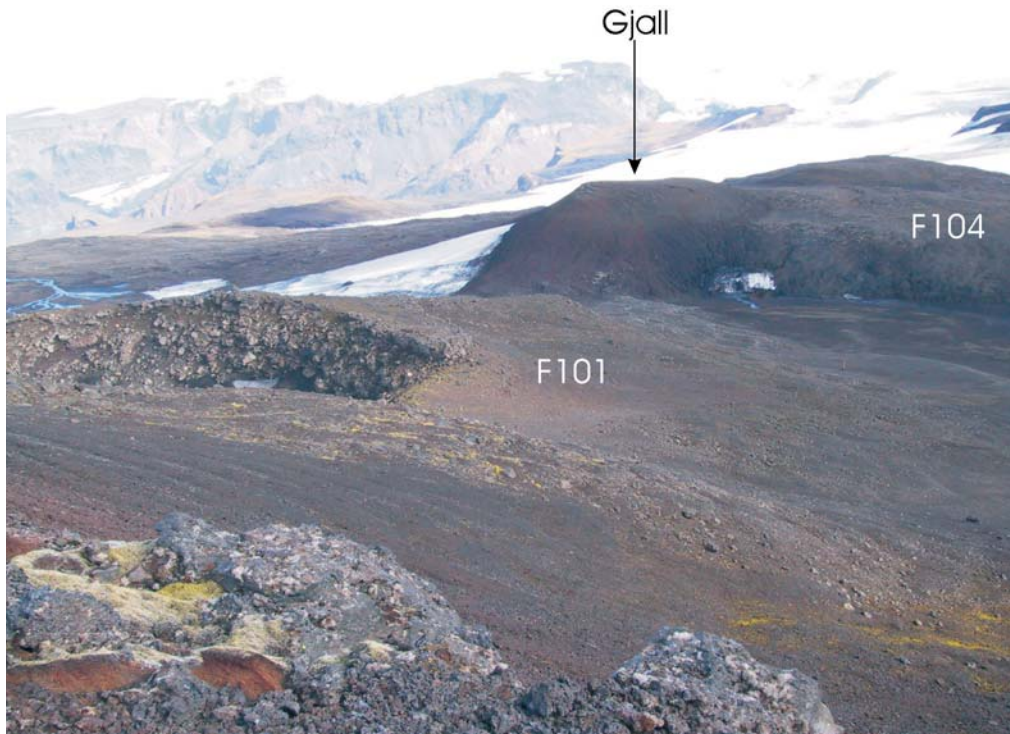
Mynd 5. Fimmvörðuháls, horft til norð-vesturs. Hraun og gjall F-103 þekur móbergshálsa, komið úr suðri. Í baksýn til hægri eru gígar F-101. Eyjafjallajökull myndar baksvið til vinstri, en milli hans og gíganna F-101 er ungt hraun F-107 (ljósm. Magnús Tumi Guðmundsson 2004).

Fimmvörðuhálsi séu frá gosum á nútíma, einkum í ljósi þess hve þessar myndanir eru lítt rofnar.

Eldstöðvar og hraun á Fimmvörðuhálsi eru 10-12 talsins og af þeim eru 6-8 sem gætu verið frá gosum á nútíma (mynd 5). Þessar myndanir eru:

F101: Þrír gígar eru efst á Fimmvörðuhálsi, vestan við gönguleiðina yfir í Þórs-mörk. Tveir vestari gígarnir eru stakdílóttir en sá austasti dífóttur (5-10% plagíóklas dílar). Hraun hafa runnið frá gígnum til norðurs en ekki var unnt að greina hraunin sundur vegna snjóskafla,

þegar rannsóknir fóru fram. Sums staðar má sjá merki þess að jöklar hafa farið yfir hraunin. Efst á stærsta gígnum er laust gjall sem jöklar hefðu átt auðvelt með að rjúfa burtu, hafi þeir á annað borð náð svo hátt. Austasti gígurinn er einnig órofinn og því einnig ungur, innbyrðis afstaða gíganna er óljós, en sennilega er a.m.k. um tvö gos að ræða þar sem dílamagn er svo mismunandi í gígnum. Þessi gosmyndun hefur orðið til í rofna landslagi, hún er lítið rofin og jöklar hafa ekki farið yfir efsta hluta hennar og því eru miklar líkur á að þessi myndun sé frá nútíma.

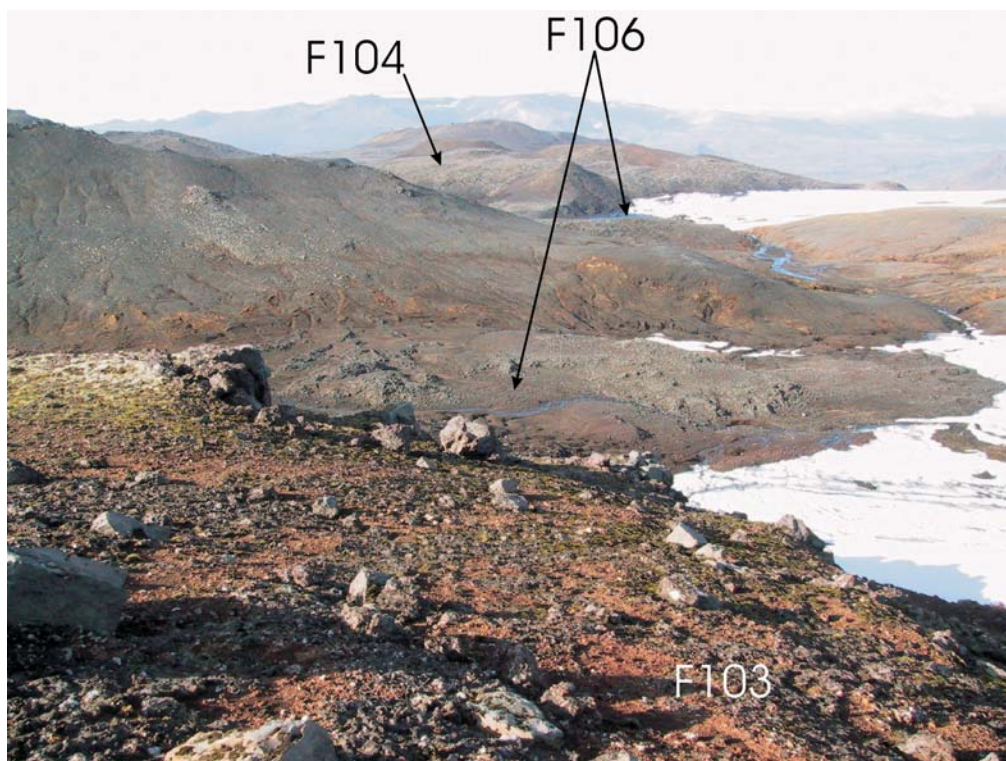


Mynd 6. Næst sér í austasta gíg F-101, en vestari gjallgígur F-104 er ofan við miðja mynd, braun er sunnan megin (hægra megin) við gíginn. Gönguleið yfir Fimmvörðuháls liggur í skarðinu á milli gíganna. (ljósm. Helgi Torfason 2003).

F102: Dílótt hraun (um 10% plagíóklas og 1% ólívín). Hraun liggur undir F-101 og kemur víða fram norðan á Fimmvörðuhálsi. Auðþekkt frá öðrum á þessu svæði vegna díla. Aldur er óviss, gæti verið frá síðasta hlýskeyði en upptök eru ekki þekkt.

F103: Þunn hraun, að mestu mynduð úr sambræddri gjósku frá gosstrókum og þekja víða móbergshálsana sunnan á Fimmvörðuhálsi. Milli fláka úr þessari myndun er lægð með jökli, nafnlaus. Þessi lægð er sunnan við skála Útivistar sem hæst stendur og norðan við skála þar sem bílaslóð endar. Vel getur

verið að gosið hafi í lægðinni og gosstrókarnir náð að mynda hraun sitt hvorum megin við. Þó er sennilegast að gosstöðvarnar séu á hryggnum sunnan við lægðina (merkt á kort, mynd 4) og hraunslettur þakið móbergshálsana í kring (mynd 5). Hraunin eru dílalaus. Á hryggnum vestur af gígnum F-110 eru þessi lög óhreyfð og hefur jökull ekki gengið þar yfir. Norðan við gönguskála Útivistar er lítill, gíglaða kvos, gjall í kring og þunn hraunsvunta á móbergshryggnum norðan við og til austurs. Þessi myndun er sennilega sú sama og F-103. Þetta hraun er dílalaust.



Mynd 7. Fimmvörðubáls austanverður. Ung braun milli móbergshryggja. Hraun F-106 er í gílinu fremst á myndinni og nyrðri blutinn neðar (norðan) við gilið. Í baksýn eru gígar brauns F-104 (ljósm. Helgi Torfason 2003).

F104: Hér eru sennilega tvö hraun sem ekki voru greind í sundur. Um er að ræða tvo gíga og markar gjall líklega staðsetningu þeirra. Vestari gjallhrúgan (mynd 6) er með 1-2% plagíóklasdíla en austari gígurinn er dílalaus. Hraun virðast aðallega hafa runnið til norðurs og vesturs. Til suðurs hafa lítil hraun runnið, ef til vill rofin burtu að hluta. Jökull hefur farið yfir og sléttað dálítið þessi gígasvæði og yfirborð hrauna en talsvert gjall er enn eftir þótt ekki sé unnt að greina upprunalegt magn eða lögun gíganna. Hér er það lega myndunarinnar í rofnu landslagi, tilvist þessa gjalls og að það hefur ekki verið rofið alveg burtu sem bendir til ungs aldurs, þ.e. að það sé myndað

eftir að síðasta jökulskeiði lauk. Enn hefur ekki verið unnt að greina aldur þessara gíga en sennilega hafa þeir myndast í gosum á nánast sama tíma.

F105: Gjall frá eldvörpum er við móbergshrygg norðan á Fimmvörðuhálsi. Ekki náðist að rekja hvert hraunið frá þessum eldstöðvum hefur runnið og er gígurinn það núinn að gígform er illgreinanlegt. Gjallið er dílalaust og því frábrugðið gjalli á nálægum eldvörpum. Þessi myndun er eldri en F-101 og gæti verið frá nútíma.

F106: Um er að ræða tvo aðskilda en litla fláka (mynd 4 og 7): Nyrðri hraunflákinn er fremur lítill og undir



Mynd 8. Gjallgígur við rætur Mýrdalsjökuls og hraun rennur til suðurs frá honum (ljósm. Magnús Tumi Guðmundsson 2004).

honum er gjall og aska. Hraunið er dílótt (5-7% plagíóklas og um 2% ólivín) og 1,5-2 m þykkt. Aldur er ólós en það er dálítið núið og eitthvað hefur rofnað af því. Vestan við þetta hraun er lægð með vatni og hefur hraunið runnið þangað og er annað hvort rofið burt eða hulið seti. Hraunið er annað hvort komið úr austri þegar jökull var mun minni en hann er í dag eða það er komið frá hrygg sem er sunnan þess og hefur runnið á íslausu landi. Syðri hraunflákinn er í gili skammt frá og er þunnur og ræfilslegur. Hraunin eru mjög sennilega frá nútíma og úr sama gosi.

F107: Þetta hraun kemur úr vestri, und-

an Eyjafjallajökli, frá gosstöðvum sem eru nú huldar jökli en voru íslausar er hraunið rann (sjá mynd 8). Hraunið er um 6 m þykkt og um 4% dílar í því (plagíóklas um 1%, ólivín 1-2% og pyroxen um 1%). Aldur er óljós en hraunið er runnið í núverandi landslagi eins og raunar flest þessara ungu hrauna. Það er vafalítið runnið á nútíma.

F108: Skammt norðan við skála Útivistar er nokkuð auðþekkt hraun með þrennskonar dílum (5-10% plagíóklas, 1-2% ólivín og 1-2% pyroxen). Hraunið er þunnt og liggur upp í lágan móbergshrygg. Gosstöðvar sjást ekki en hraunið hefur runnið til vest-

urs og er horfið undir sand í víðáttumikilli lægð sem þarna tekur við (norðan við skála). Aldur er óljós en hraunið hefur runnið á íslausu landi í núverandi landslagi og því fremur ungt, þ.e. sennilega eftir ísöld en er dálítið illa farið og slitrótt.

F109: Þetta hraun var ekki skoðað á staðnum en sást til vesturs frá skála Útivistar. Það er sennilega komið frá Eyjafjallajökli eða úr gígum á hálsunum vestan við gönguskálann. Víðáttumikil hraun koma fram dálítið sunnar og liggja til vesturs innundir jökulinn (skástrikað á korti á mynd 3). Aldur þessara hrauna er óviss en eftir útlitinu að dæma eru þau tiltölulega ung.

F110: Þessi myndun samanstendur af gíg við rætur Mýrdalsjökuls og hrauni sem hefur runnið þaðan til suðurs. Jón Jónsson (1998) lýsir þessum gíg sem nútímagíg og hafi jökull ekki farið þar yfir. Gígurinn er úr gjalli og mjög greinilegur (mynd 8). Gígurinn er mjög líklega frá nútíma, enda vandséð hvenig hann hefði getað haldið lögun sinni eftir átök við jökla síðasta jökulskeiðs. Sennilega hafa jöklar farið yfir hraunin að meira eða minna leyti.

F111: Norðan við sæluhúsið sem stendur við enda bílaslóðar er lágur hryggur. Meginhluti hryggjarins er úr hraunum F-103 en undir þeim er eldri myndun sem sennilega er ekki frá nútíma. Sums staðar er gjall sem bendir til nálægðar við eldvörpin en þau eru ekki vel afmörkuð.

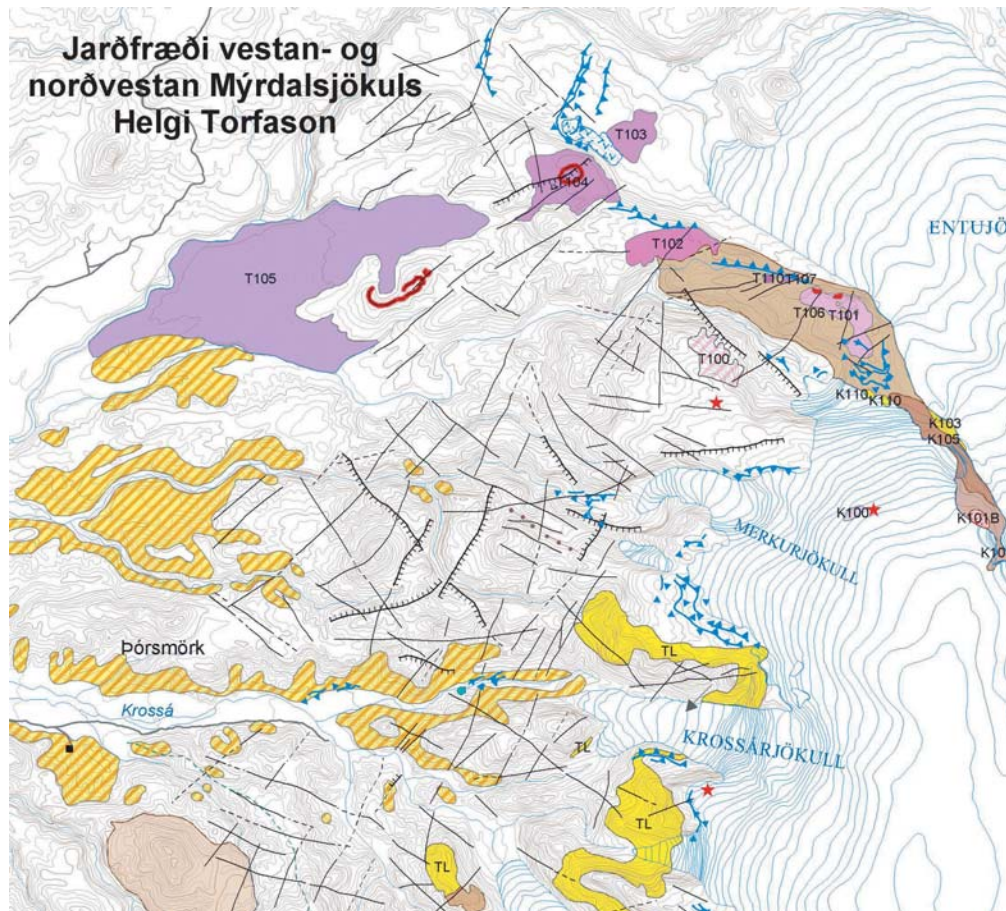
Sæluhúsið þar sem bílaslóðin endar stendur á gjallhól. Gjallið er núíð og hafa jöklar farið þar yfir. Aldur er því

óljós en varla er um mjög gamla myndun að ræða, ekki eldri en frá síðasta hlýskeiði og sennilega eitthvað yngri en ekki eru haldbær rök fyrir hendi til að telja það frá nútíma.

Fimmvörðuháls er eldbrunninn og virðist sem a.m.k. 6-8 gos hafi runnið þar eftir að jöklar síðasta jökulskeiðs hurfu af svæðinu. Ekki er líklegt eftir útliti þeirra að dæma að þessar myndanir séu eldri, eða frá því að jökull lá yfir svæðinu allt til sjávar. Hafi Fimmvörðuháls orðið íslaus á síðasta jökulskeiði og þessar myndanir eru allar frá þeim tíma mætti ætla að jökulrofs myndi gæta mun meira á hrauninum en raun ber vitni. Því má álykta að Fimmvörðuháls hafi verið eldvirkur á fyrri hluta nútíma og þar megi því vænta eldgosa í framtíðinni.

2.2. Þórsmörk og svæðið sunnan við Entujökul – Illihnúkur

Þórsmörk og svæðið meðfram vesturjaðri Mýrdalsjökuls, frá Fimmvörðuhálsi að Entujökli er að mestum hluta móberg frá síðasta jökulskeiði. Eins og minnst er á að framan hefur flikrubergr frá Tindfjallajökli komið úr vestri og farið yfir stóran hluta svæðisins (mynd 9). Flikrubergið var aldursgreint með Ar^{40}/Ar^{39} aðferð af Lacasse og Gorbe-Schonberg (2001). Það er u.þ.b. 55.000 ára gamalt og hefur myndast þegar svæðið var jökullaust (flikrubergr myndast ekki undir jökli). Frá þessum tíma geta því einnig verið til hraunlög sem síðar fóru undir jökul. Eftir að þetta flikrubergr myndaðist fór svæðið undir jökul og móbergið sem myndar fellin í Þórsmörk varð til. Á kortinu á myndum 3 og 9 er þetta flikrubergr sýnt sem skástrikað rautt/gult lag (flikrubergið er merkt inn samkvæmt kortum Ritterbusch (2004)



Mynd 9. Jarðfræðikort af Þórsmörk (sjá skýringar á mynd 3).

og Jörgensen (1976) en er víða merkt of þykkt, a.m.k. austast í Þórsmörk inn að Krossárjökli).

Nokkuð þykk og víðáttumikil líparítmyndun (TL) er norðan og sunnan við Krossárjökul. Þessi myndun er að öllum líkindum mynduð á síðari hluta síðasta jökulskeiðs en áður en því skeiði lauk, því móbergsmýndun liggur ofan á líparítinu. Aldur súra bergsins er því á bilinu 10-55 þús. ára og líklega ekki mikið eldra en 10-20 þús. ára. Öskulag virðist tengt því eða samtíma gosi en virðist ekki hafa náð langt til vesturs. Ekki er auðsætt hvort um er að ræða innskot eða

hraunlag en hallast er að því að þetta sé grunnstætt innskot, alla vega að hluta til.

Frá Fimmvörðuhálsi og að Illhöfði eru engar eldsstöðvar frá nútíma að sjá utan jaðars Mýrdalsjökuls. Sunnan við Krossárjökul má sjá gjall og hraun í brúnum fjallanna, en ekkert hraun er að finna á láglendi né neitt sem tengist eldsumbrotum á nútíma. Gjallið er sennilega frá gosi á síðasta jökulskeiði sem náði upp úr jökli. Mjög ógreiðfært er um brúnir fjallanna við jaðar Mýrdalsjökuls á þessu svæði og sums staðar alveg ófært.



Mynd 10. Hraun T-101 skammt vestan við Illhöfuð, Entujökull er til vinstri. Undir hrauninu er gjall og móbergsmýndun þar neðan við. Ofan á hrauninu er um og yfir 2 m þykkt öskulag sem gæti tengst gosmyndun í Entukolli (K-101B) eða einhverju yngra Kötlugosi (ljósm. Helgi Torfason 2004).

K-100: Upp af Merkurjökli er jökulsker (mynd 14) sem samanstendur af gjalli og núnu hraunlagi en ekki var unnt að sjá hvaðan það hefur runnið eða hve gamalt það er. Því verður lýst betur í næsta kafla.

T-100: Ógreinilegt hraun sunnan við Illhöfuð. Lagið sést nokkuð vel frá Illhöfði og virðist sem það hafi komið úr austri frá jaðri Merkurjökuls. Jökull hefur farið yfir það og er aldur þess óviss.

T-101: Á Illhöfði er nútímahraun (mynd 10). Þar hefur gosið og hraun runnið til suðurs og norðurs en Entujökull hefur rofið burtu þá hluta hraunsins sem fóru norður. Undir hrauninu er gjall, víða 1-3 metrar á þykkt sem bendir til nálægðar við gosstöðvar en gjall liggur einnig ofan á hrauninu á kafla. Jökull hefur gengið yfir hluta hraunsins austan við hátindinn og má sjá þunna og slitrótta dreif jökulruðnings ofan á lausu gjalli. Unnt er að sjá að jökull hefur ekki gengið yfir allt gjallsvæðið og er það óhreyft þar. Auðséð er að jökull hefur ekki mætt á gjallinu en vatn frá honum hefur sennilega skolast yfir hluta þess og skilið eftir þunna grjótdreif. Hraunið og gjallið er vafalaust frá nútíma.

Í fjallsbrún vestur af Illhöfði má sjá bergganga sem tengjast þessu lagi og hafa þeir NA-SV stefnu.

Mynd 11. Hraun T-102 vestan við Illhöfuð. Hraunið er þunnt og myndar þekju yfir hæðirnar í fjarska, maðurinn á myndinni situr á hrauninu. Tindfjöll í fjarska (ljósm. Helgi Torfason 2004).





Mynd 12. Hraun og gjall T-104 austan við litla bæð þar sem sennilega er hluti af eldvarpi. Vikrar eru til vesturs en Tindfjöll eru í baksýn (Helgi Torfason 2004).

T-102: Um 2 km vestur af Illhöfði er annað nútímahraun (mynd 11). Þetta hraun er þunnt og hefur komið úr eldstöðvum sem Entujökull hefur rofið í burtu. Jökull hefur náð upp á hraunið að norðanverðu og liggur hluti af jökulgarði þar við brúnina. Aldur er óviss en þó er hraunið frá nútíma og hefur runnið í núverandi landslagi. Það hefur rofist af framgangi jökla á kuldaskeiði á nútíma, sennileg fyrir 2000 árum (Ingibjörg Kaldal og Elsa G. Vilmundardóttir, 2002).

T-103: Hraun sést liggja framan við Entujökul en ekki var farið þangað til að kanna þetta lag. Sennilega er um sama hraun að ræða og T-104.

T-104: Hraun þetta hefur komið frá gígum sem eru vel merkjanlegir, þ.e.a.s. gjallið frá gígnum er greinilegt (mynd 12). Jökull hefur ekki farið þar yfir nema að hluta og virðist sem hraunið hafi runnið til suðurs og má vera að það finnist í giljunum þar sunnan við. Í gili suðaustan við þetta hraun eru merki um jökulhlaup, stór björg eru þar og sennilega hefur það

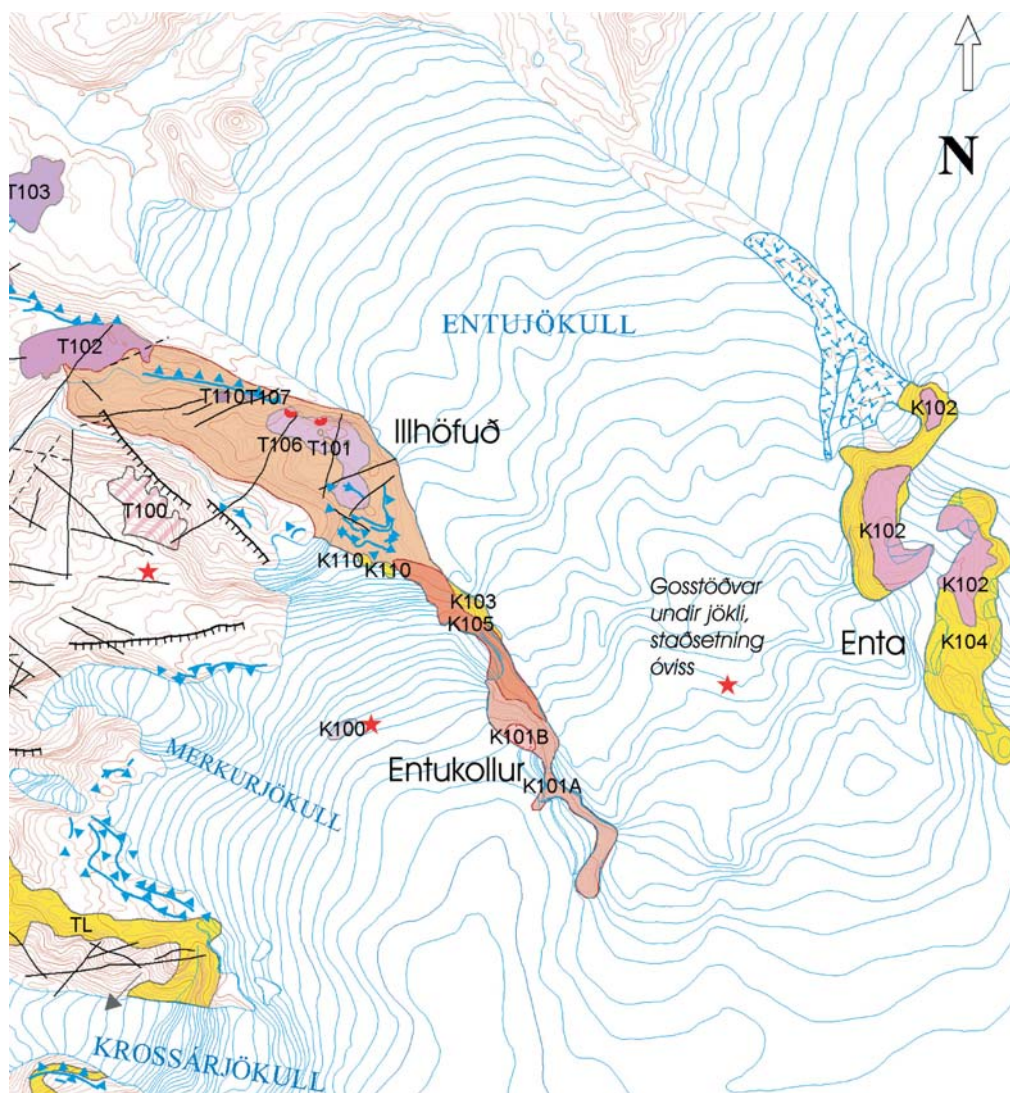
hlaup rofið hluta af þessu hrauni úr gílinu.

T-105: Greinilegur gígur og hraun frá honum hafa runnið til vesturs. Þessi myndun var ekki kortlögð nákvæmlega. Gígur er í beinni stefnu á T-104 og er ekki ólíklegt að um sama gos sé að ræða. Jökulhlaup hefur komið frá Entujökli og yfir hluta af hrauninu og grafið undir mól og sandi en kortlagningu hraunanna er ekki lokið.

T-106: Sennilega sama hraun og T-101 og liggja hraunin saman. Gangar liggja í fjallsbrún norðanmegin og hafa NA-læga stefnu.

T-107: Lítið hraun skammt vestan við Illhöfuð og gæti tengst því. Hraunið er í lægð og er jökulgarður við það. Hraunið gæti tengst hraunum T-101 og T-106.

T-110: Hraunbleðill á vesturhlíð móbergshryggjar, skammt ofar og vestar en T-107. Undir hrauninu er jökulruðningur en hraunið er sennilega myndað úr strókavirkni austar, e.t.v.



Mynd 13. Enta og Entukollur (skýringar á 3. mynd).

tengt T-101 og T-106. Þetta er það lítilt bleðill að ekki er líklegt að um sérstakt gos sé að ræða.

Sumarið 2004 fannst 13°C heit volgra á suðurbakka Krossár í Þórsmörk og er hún sýnd á myndum 3 og 9, skammt vestan við Krossárjökul (blár hringur). Rennslið er lítið, um 0,1 l/s, smávægilegar hvítar útfellingar eru við volgruna

og rafleiðni mældist 760 microsiemens.

Eldvirkni hefur verið lítil á nútíma í Þórsmörk og að Entujökli, sennilega aðeins þrjú eða fjögur eldgos á undanförunum 11.000 árum. Stefna brota, gosprungna og bergganga er NA-SV eins og kemur fram á jarðfræðikortinu (myndir 3 og 9) og því má vænta þess að sú stefna sé ríkjandi á þessu svæði en NV-SA brotastefnur eru annað hvort



Mynd 14. Sker í Merkurjökli K-100, að mestu gjall og fínkornótt braunlag, dálítið breyft af jökli (ljósm. Helgi Torfason 2003).

vegna áhrifa frá Eyjafjallajökli eða tengdar upphleðslu og rofi móbergs í Þórs-mörk. Þótt jarðeldar komi upp í Þórs-mörk er fremur lítil hætt á spjöllum á

öðrum mannvirkjum en ferðamannaskálum og vegslóðum. Miðað við fyrri goshegðun má frekar búast við hraungosum í Þórs-mörk og litlu öskufalli en miklum



Mynd 15. Lagskiptingu í gosösku K-101B í Entukolli ballar til norðausturs. Illhöfuð í fjarska og ber manninn í það. Horft til norð-vesturs (ljósm. Helgi Torfason 2003).



Mynd 16. Laust gjall og bombur efst í Entukolli (ljósm. Helgi Torfason 2003).

sprengigosum. Þó getur hraunrennsli stíflað ár og valdið minniháttar hlaupum.

2.3. Enta og Entukollur

Enta er fjall upp af Entujökli að austan, en að vestan nefnist fjallaraninn Entukollur og liggur sá rani norðvestur á Illhöfuð. Erfitt er að komast um þessi fjöll og oft illviðrasamt. Þessi fjöll eru mest úr móbergi, líparíti og ungum gosmyndunum (mynd 13).

K-100: Upp af Merkurjökli stendur sker upp úr jöklinum. Í skerinu er gjall og núíð hraunlag en ógerlegt er að sjá hvaðan það hefur runnið eða hve gamalt það er. Þó er nokkuð ljóst að hraunið hefur ekki runnið úr norðri því nokkuð bratt er til norðurs niður af jöklinum. Hraunið er úr basalti, fínkorna og dílalaust og er gjallið vafalaust frá sama gosi (mynd 14). Gjallið er

sums staðar brætt saman í hart lag sem hefur myndast nærri eldstöðvunum. Slík lög eru víða nærri gígum og verða til þegar hraunflyksur sem hafa þeyst upp í gosstrókum hafa ekki náð að kólna áður en þær lentu á jörðinni heldur hafa steypst í hart eða hálfhart lag myndað úr afmörkuðum hraunflyksum, einskonar kleprabrynju. Slík lög geta einnig myndað stutta hraunstrauma þar sem gjallið hefur sameinast kvikunni að hluta áður en hún storknaði (Karhunen, 1988).

Skerið er um 100 m x 50 m að stærð og er tiltölulega

nýlega komið undan jökli. Miðað við aldur jarðlaga í Þórsmörk er ljóst að þetta berg er ekki frá síðasta jökulskeiði. Að öllum líkindum er þessi myndun frá nútíma, eða eftir að jökla leysti á svæðinu en erfitt getur orðið að sannreyna það.

K-101B: Fjallaraninn Entukollur allt að Illhöfði er úr tveimur eða þremur móbergsmýndunum en efsta myndunin er harðnað gjall og basaltgjóska, sennilega frá nútíma. Efstu mynduninni er skipt upp í K-101A og K-101B, (sjá kortið á mynd 13). K-101B er móberg og að hluta til hálfumbreytt gjóska en efri hluti myndunarinnar K-101A er laust gjall. Neðri hluti myndunarinnar K-101B er víða orðinn að móbergi sem er lagskipt, mest aska og gjallbrot og hallar lögunum um 35° til norðausturs (mynd 15). Lagskiptingu hallar til austurs og sennilega hafa upptök gossins verið í þeirri átt.



Mynd 17. Enta séð frá Entukolli. Til suðurs (hægri) er líparít upp á topp, en norður-blutinn er líparít þakið þunnu lagi af sambræddri kleprabrynju úr basalti. Milli Entu og Entukolls er Entujökull sem streymir til norðvesturs, til vinstri á myndinni (ljósm. Helgi Torfason 2003).

Sunnan við hæsta kollinn hallar lagskiptingu í móberginu í báðar áttir og myndunin sveigir til suðvesturs. Í klettastáli sem liggur að Entujökli má sjá að lögum hallar til sitt hvorrar áttar í móberginu og gæti verið að eystri hluti myndunarinnar hafi sigið til eftir að gosinu lauk og því sé halli breytilegur eða um gíggrima sé að ræða. Ekki var unnt að komast að þessum stað en er jökull hörfar frekar mun þetta væntanlega skýrast betur.

K-101A: Laust basaltgjall myndar efri hluta Entukolls og hefur jökull ekki skriðið þar yfir (mynd 16). Gjallið er með bombum og framandsteinum (bergbrotum). Lagskiping er greinileg og nánast lárétt eða hallar aðeins til austurs. Ekki er að sjá að gjallið hafi bráðnað saman þarna og hefur gjallið því verið storknað er það féll. Tilvist gjallsins bendir til þess að gosstöðvar hafi verið nálægt en gjallið er þó ekki hluti af gíg.

K-102: Þunnt lag af sambræddu gjósku-bergi þekur Entu að sunnan og virðist ná að jökli norðan megin (mynd 17). Lagið er um 1 m að þykkt og sums staðar þykkara. Sennilega eru gosstöðvar nærri og er ekki ólíklegt að þessi efsti hluti Entu og Entukolls sé myndaður í sama gosinu, sem e.t.v. gæti hafa komið upp þar sem Entujökull er nú en engar vísbendingar eru um það aðrar en lega þessara “ungu” myndana sitt hvorum megin við skriðjökulinn. Upphaf gossins er myndaði K-101B var undir jökli og askan mynduð við sprengingar í gígnum. Gígurinn hefur síðan byggst upp fyrir mörk jökuls og gjall það sem liggur efst á fjöllum væri þá myndað í síðari hluta gossins. Ekki var unnt að komast í norðanverða Entu vegna veðurs er rannsóknir fóru fram en æskilegt er að ná sýnum úr myndun K-102 og bera saman við efnasamsetningu K-101 til að kanna hvort um sömu myndun sé að ræða.

Skálarlaga hvilft austan í Entu norð-

anverðri líkist gíg en gæti einnig verið rof eftir lítinn skálarjökul (mynd 18). Ef um gíg væri að ræða þarna er eðlilegt að gosefni væru þar þykkust og ekki aðeins þunnt lag af sambræddu gjalli. Verið getur að rannsóknir á þessum óaðgengilega stað leysi þá spurningu hvar þetta lag kom upp.

K-103: Neðst í Entukolli kemur líparít fram á þremur stöðum (K-103 og K-110). Sennilega er um sömu myndun að ræða.

K-104: Líparít myndar Entu og er sennilega orðið til við gos undir jökli því nyrðri hlutinn er sveipóttur og virðist hafa kólnað hratt (mynd 17). Vestan undir hátindinum má sjá á að giska 10-20 m þykkt súrt öskulag en ekki náðist að skoða það í návígi. Verið getur að súra bergið í Entukolli sé hluti af þessari myndun eða tengist henni á einhvern hátt, þó er nokkuð þykkt móberg (50-100 m) yfir líparítinu í Entukolli. Einnig er mögulegt að eitt-hvað af þeim súru gosum sem hafa orðið á nútíma eigi rætur sínar hér (Guðrún Larsen, 2000; Guðrún Larsen, 2001). Þá er mögulegt að í sambandi við það gos (og gosið þegar K-101 og K-102 mynduðust) hafi orðið einhverjar breytingar á barmi Kötluöskjunnar þarna, en barmurinn er skammt sunnan við Entu. Breytingar á landslagi undir jöklinum gætu hafa haft áhrif á stærð vatnasvæðis Entujökuls og valdið breytingum á tíðni hlaupanidur Entujökul.

K-105: Meginhluti jarðlaga í rananum Entukollur-Illhöfuð, neðan við K-101B, er að öllum líkindum myndaður á síðari hluta síðasta jökulskeiðs, þótt beinar sannanir vanti fyrir því, einung-

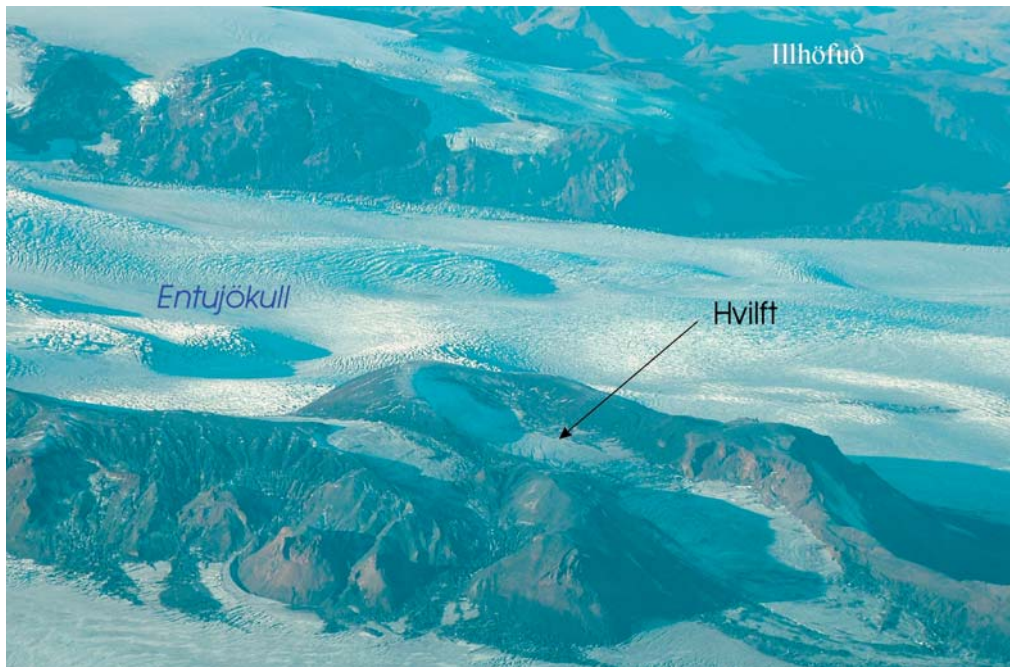
is er dæmt út frá legu og gerð bergmyndana. Móbergið er að norðan sundurskorið af göngum og innskotum sem eru líklega frá þeim tíma þegar móbergið var að myndast. Líparít kemur fram á þremur stöðum, stór opna norð-austan við Entukoll (K-103) og tvær opnur sunnan við Illhöfuð (K-110). Verið getur að um sömu myndun sé að ræða. Miðað við hvar líparítið kemur fram getur einnig verið að það tengist líparíti austast í Þórsmörk (TL) og sé því ekki skylt líparítmyndunum í Entu.

K-110: Líparít kemur fram í tveimur opnum sunnan við Illhöfuð. Þetta er sennilega sama eining og K-103 og gæti tengst TL í Þórsmörk.

3. Brotalínur og innskot

Inn á kortið á mynd 3 eru teiknaðar brotalínur sem eru aðallega fengnar af loftmyndum. Sumar brotalínurnar voru skoðaðar úti við en erfitt er að rannsaka brotalínur og misgengi í móbergi vegna þess hve mjúkt það er og veðrast illa. Um er að ræða þrjár meginstefnur, NA-SV, A-V og VNV-ASA og eru þær ríkjandi á mismunandi svæðum (mynd 3). Það er sérstakt á þessu svæði, miðað við aðra hluta gosbeltanna, að sunnan við Torfajökul allt til sjávar eru engar opnar sprungur og gliðnun er ekki greinileg (Krisján Sæmundsson, 1979; Haukur Jóhannesson o.fl., 1990).

1. Greinilegasta stefna brota er NA-SV (raunar nær NNA-SSV) og samsvarar hún meginbrotastefnum í eystra gosbeltinu. Þessi stefna er ráðandi norðan Mýrdalsjökuls og er einnig greinileg í Skógaheiði. Stefna gosbeltisins norðan við Mýrdalsjökul er NA-SV.



Mynd 18. Hvilft austan í norðurluta Entu, gæti verið gígur eða skál eftir lítinn jökul (ljósm. Magnús Tumi Guðmundsson 2004).

2. Önnur greinileg stefna er A-V og er hún einkum bundin við Fimmvörðuháls og Skógaheiði. Þessi stefna tengist Eyjafjallajökli og finnst bæði í misgengjum og sem brot. Þessi stefna kemur fram í gígaröðum á Fimmvörðuhálsi og í móbergshryggjum á Skógaheiði. Svo virðist sem A-V og NA-SV stefnurnar séu báðar virkar á svæðinu milli Eyjafjalla- og Mýrdalsjökuls og tengjast sennilega sveigju eða broti í gosbeltinu milli Kötlu og Eyjafjallajökuls. Gosvirkni hefur verið bundin við A-V stefnuna. Erfitt er að rekja brotalínur með stefnu NA-SV í Skógaheiði þar sem jöklar hafa skriðið niður heiðina í líka stefnu.

Eldstöðvakerfið í Eyjafjallajökli hefur A-V stefnu (mynd 3) og eru brotahreyfingar þar því frábrugðnar brotastefnum annars staðar í austurgosbelt-

inu. Hvað þessu veldur er ekki þekkt en á sennilega rætur að rekja til brotahreyfinga djúpt í jörðu. Það vekur athygli að skjálftavirkni í Goðabungu undanfarin ár er nálægt mótum þessara breytinga á stefnu meginbrota. Á Fimmvörðuhálsi hafa berggangar og gígaraðir einnig þessa stefnu sem bendir til þess að kvika muni í framtíðinni koma upp um A-V sprungur á þessu svæði. Misgengi og sprungur með A-V stefnu eru ekki mörg enda er erfitt að greina brot á Fimmvörðuhálsi og í Skógaheiði.

3. Þriðja stefnan er VNV-ASA og er nokkuð greinileg á Þórsmerkursvæðinu, sennilega undir áhrifum frá Eyjafjallajökli en gæti einnig tengst móbergshryggjum sem myndast hafa við gos undir jökli á ísöld og rofi þeirra. Þessi stefna sést ekki í gígaröðum og

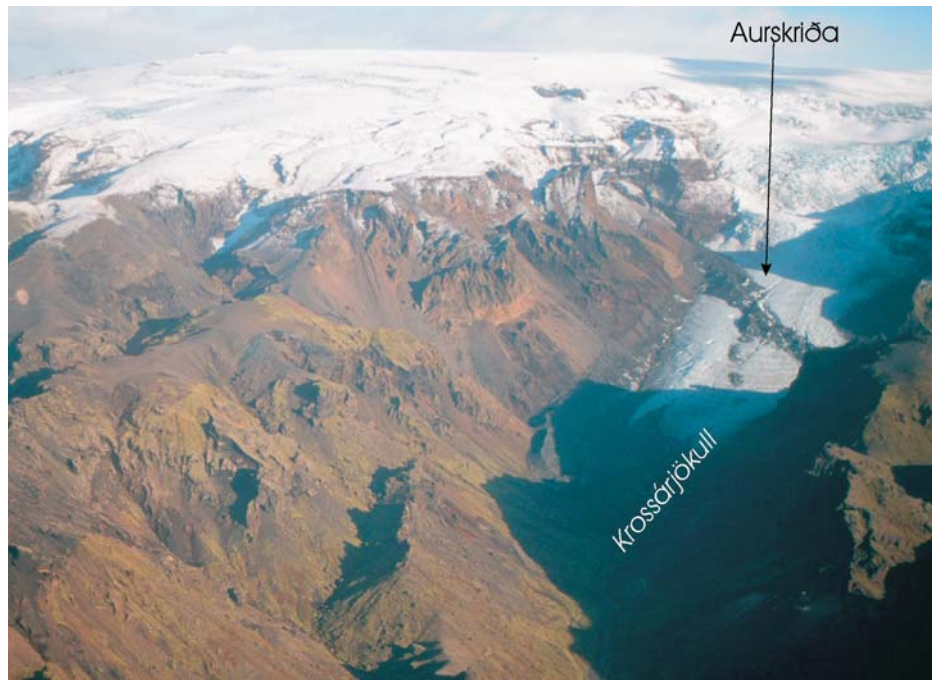
hefur ekki sést í stefnu bergganga á svæðinu. Þessi stefna brota er sennilega áhrifaminnst hvað varðar eldvirkni norðvestan við Mýrdalsjökul.

Vegna langvarandi skjálftavirkni undir Goðabungu (kaflí IX) hafa komið upp hugmyndir um að þar geti innskot verið að stinga sér inn í jarðskorpuna valdið skjálftunum. Innskotið getur síðar náð til yfirborðs og myndað þar gúl. Af þessum ástæðum voru aðstæður við Goðabungu kannaðar sérstaklega.

Gúlar (lava dome, tholoid) eru yfirborðsmyndanir en bergeitlar (crypto-dome, laccolith) eru innskot sem myndast á fremur litlu dýpi (1-4 km) undir eða í eldfjöllum. Grunnum innskotum er skipt í nokkra flokka eftir lögun og útliti. Gúlar eru yfirleitt súrir eða ísúrir og einnig svonefnd "crypto-domes" en bergeitlar eru úr öllum berggerðum. Myndun gúla getur verið róleg og tekið mánuði eða ár en talsverð breyting getur orðið á landslagi við myndun þeirra þar sem þeir leggjast ofan á eldri myndanir, t.d. Hlíðarfjall við Mývatn. Gúlar myndast við streymi seigrar kviku til yfirborðs og því breytist afstaða eldri jarðлага ekkert við myndun gúla. Ein frægasta myndun gúls er Showa Sin-zan í Japan, sem myndaðist rólega frá janúar 1943 fram í október 1945 og varð um 300 m hár (McDonald, 1972). Showa Sin-zan byrjaði sem bergeitill rétt undir eða við yfirborð, en slík fyrirbrigði eru nefnd "crypto-dome". Sumir jarðvísindamenn hafa þýtt enska orðið "crypto-dome" sem "leynigúll" og vísa þá til þess að þar sé innskot á ferðinni sem myndar gúl. Þannig geta bergeitlar náð að skjóta öngum til yfirborðs þótt slíkt sé sennilega sjaldgæft. Nái kvikan ekki að afgangast geta orðið sprengigos og gufusprengingar meðan gúlar eru að vaxa, og er meiri

hætta á slíku ef þeir vaxa hratt. Bergeitlar geta valdið talsverðri landlyftingu sem aftur gæti orsakað framhlaup og skriðuföll, allt eftir því hvar eða hve djúpt slíkar myndanir skjóta sér inn í berglagastaflann. Sandfell í Fáskrúðsfirði er dæmi um bergeitil sem hefur lyft jarðlögum talsvert upp og aflagað. Einnig má nefna bergeitil undir St. Helens í Bandaríkjunum sem kom upp á yfirborð og myndaði gúl.

Ef gúll er að koma sér fyrir myndi það vafalaust sjást á yfirborði, ekki síst ef slík fyrirbrigði væru að stinga sér upp undir jökli. Tölur um hve langan tíma gúlar eða bergeitlar eru að myndast eru ekki til frá Íslandi en erlendis er tíminn yfirleitt talinn í mánuðum (McDonald 1972). Engar heimildir eru um myndun gúla eða bergeitla á sögulegum tíma þótt þeir séu vel þekktir í berggrunni landsins (Þorleifur Einarsson 1994). Hraði basískrar kviku frá möttli til yfirborðs hefur verið mældur á nokkrum stöðum s.s. í Japan (Mt. Unzen) og í Bandaríkjunum (Mt. St. Helens) og er á bilinu 0,001- 0,015 m/s (Rutherford og Gardner 2000) en súr og ísúr kvika fer eitthvað hægar. Miðað við stöðugt streymi kviku til yfirborðs í þann tíma sem jarðskjálftar hafa verið undir Goðabungu ætti að vera farið að marka fyrir landhækkun af völdum bergeitils, ef hann er að koma sér þar fyrir. Merki um að bergeitill væri þegar farinn að ryðja sér til rúms á litlu dýpi gætu verið sýnileg landlyfting samfara myndun sprungna og jarðhita. Landlyfting undir jökli gæti komið fram í bungumyndun en einnig gæti jarðhiti valdið staðbundinni bráðnun og myndun sigdældar. Engin þessara merkja eru komin fram á svæðinu umhverfis Goðabungu. Því er ólíklegt að myndun bergeitils sé hafin þó að staðbundið landris samfara jarðskjálftum



Mynd 19. Aursflóð úr gili norðan við Krossárjökul, sennilega fallið vorið 2003 (ljósm. 3. okt. 2003 Helgi Torfason).

vestan Goðabungu kunni að vera forboði slíks (kafla IX).

4. Könnun á berghrunshættu í vestanverðum Mýrdalsjökli

Við rannsóknir á loftmyndum af svæðinu frá Fimmvörðuhálsi og að Entujökli ásamt vettvangsferðum fundust engin stór berghlaup. Verið getur að slík hafi orðið en skriðjöklarnir hafi máð burtu ummerki þeirra, enda mestar líkur að berghlaup falli þar sem skriðjöklar eru. Skriðuföll á svæðinu frá Fimmvörðuhálsi að Entujökli eru aðallega tiltölulega litlar aurskriður og grjóthrun. Skriðuföll á rannsóknarsvæðinu geta valdið litlum hlaupum eða vatnsflóðum úr vesturhluta Mýrdalsjökuls ef þau falla niður í dalina þannig að þau stífla ár eða læk. Senni-

lega veldur gerð jarðlaga því að skriður falla oft en eru fremur litlar. Grjóthrun er algengt, aðallega á vorin og getur verið varasamt. Einnig er sennilegt að jarðskjálftar hafi valdið grjóthruni eða framhlaupum þótt ekki hafi menn orðið vitni að því. Þá má geta þess að úr austurhlíðum Bláfells (vestan Tungnakvíslarjökuls) var nánast stöðugt grjóthrun úr líparítklettum sumarið 2004 þegar farið var um svæðið, en aðallega voru þetta smásteinar. Framhlaup eru flokkuð á eftirfarandi hátt:

Bergflóð (rock avalanche) er stór massi af lausu grjóti sem verður til vegna hruns eða hlaups í hlíð eða klettabelti og hreyfist á miklum hraða langa vegalengd, jafnvel þótt halli minnki. Slík flóð geta farið upp hlíðar hinumegin dals, t.d. Vatnsdalshólar.

Berghlaup (rock slide) er hreyfing á bergmassa eftir sléttum skerfleti, sam-síða halla hlíðar eða því sem næst.

Aurskriða (debris flow) inniheldur blöndu af fínu efni (sandur, silt og leir), grófu efni (möl og steinar) og mismiklu magni af vatni. Skriðan myndar aurkenndan massa sem flæðir niður halla, oft eftir afmörkuðum farvegum.

Aurhlaup (debris slide) er hlaup óharðnaðs efnis sem rennur eftir ákveðnum skriðfleti, getur breyst í aurskriðu.

Berghrun - Frjálst fall stórs bergstykkis, oftast úr háum klettabeltum.

Grjóthrun er frjálst fall á grjóti, úr bröttum brekkum eða klettabeltum.

4.1. Bergflóð – berghlaup

Bergflóð á þessu svæði er líklegasti skriðuatburðurinn til að valda vatnshlaupi og er þá átt við þegar mikill massi efnis (> 1 millj. m^3) eða heil bergstykki hrynja úr klettabeltum og tæst sundur. Við slíka atburði getur skriðuefnið stíflað ár eða valdið tímabundnum myndunum lóna framan við jökla og er vatn brýst síðar gegnum stífluna getur það valdið flóðum. Engin vötn eða jökulón eru á rannsóknarsvæðinu (mynd 4) sem skriða getur fallið í og valdið flóði. Steinsholtshlaupið sem féll 1967 er dæmi um bergflóð sem olli miklu vatnsflóði og hlaupi í Krossá (Guðmundur Kjartansson, 1967 og 1972) en sú skriða féll í lón framan við skriðjökul.

4.2. Aurskriða – aurhlaup

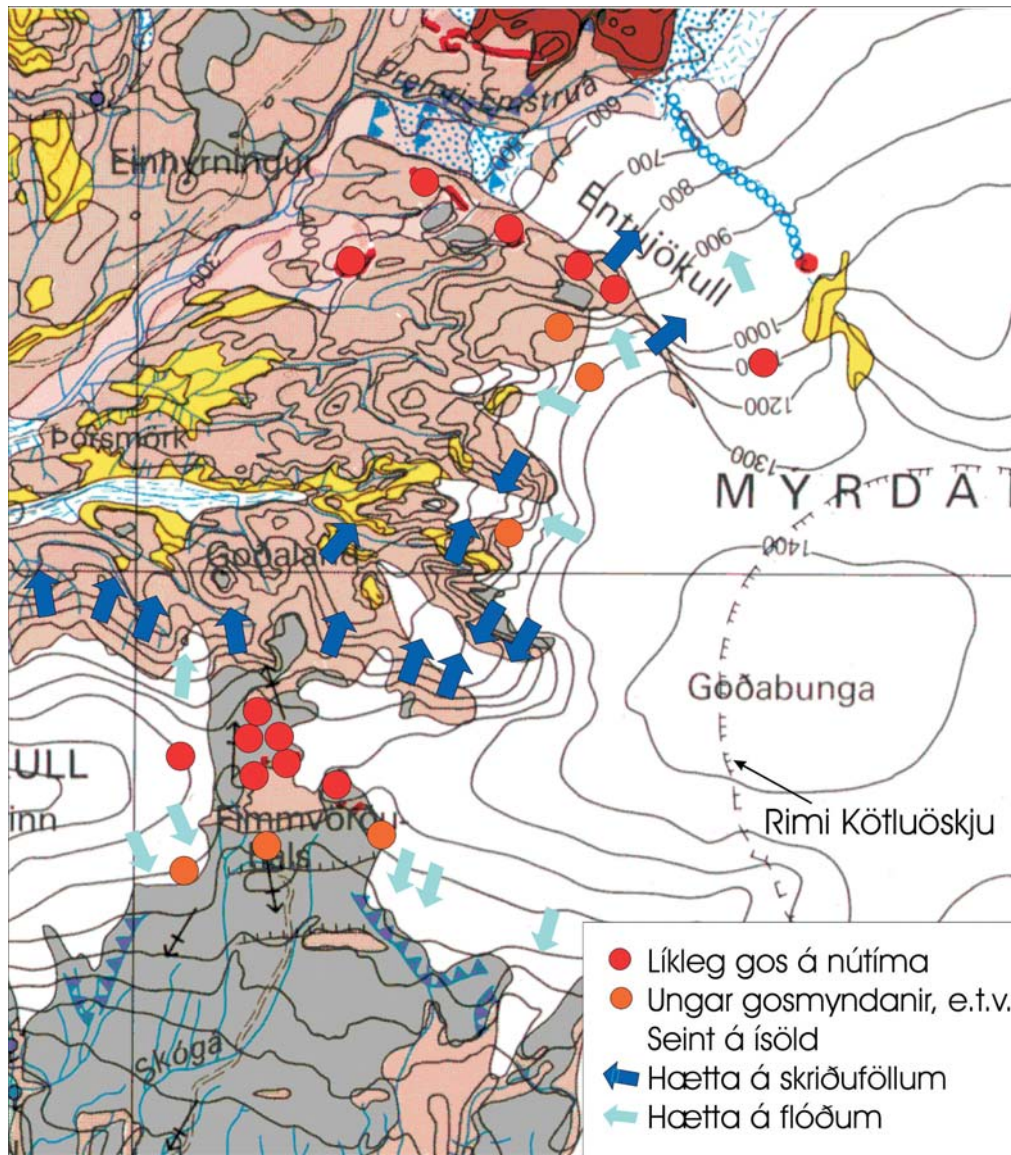
Algengt er að aurskriður og aurhlaup falli í miklum vatnsveðrum og í leysingum, einkum á vorin. Í flestum tilvikum valda svona skriður litlu tjóni ef þær

verða í óbyggðum en geta skapað ferðamönnum mikla hættu. Aurskriða mun hafa fallið seint 2002 eða snemma 2003 á Krossárjökul og náð að fara yfir jökulinn án þess að menn yrðu varir við. Skriða þessi sást úr lofti 2003 (mynd 19). Skriða hefur sennilega fallið niður á Tungnakvíslarjökul um eða eftir 1990 en á loftmynd frá 1994 sést mikill aurbunki framantil á jöklinum.

4.3. Berghrun – grjóthrun

Meginberggerð í norðvesturhluta Mýrdalsjökuls er móberg en berg- og grjóthrun er mjög algengt úr móbergsfjöllum. Einnig er þekkt að úr slíkum fjöllum geta fallið stór bergstykki og sem dæmi má nefna að slíkt hrun varð úr Lómagnúpi á síðustu öld (Ólafur Jónsson, 1976) og úr Reynisfjalli (Höskuldur B. Jónsson, 1997) þótt ekki hafi orðið teljandi tjón í þeim tilvikum. Algengt er að sjá stór bergstykki ($1-10 m^3$) neðan við klettabelti Eyjafjalla sem hafa komið úr móbergshörmrum ofanvið skriðurnar. Úr fjallabrúnum á þessu svæði geta fallið stór bergstykki og þá einkum við jarðskjálfta eða í leysingum að vori til. Algengara er að steinar, hnúllungar eða samfelld grjóthrun verði við leysingar en slíkt veldur einungis staðbundnu raski.

Talsverðar líkur eru á því að við stóra jarðskjálfta ($> M4-5$) geti stórar bergspildur fallið þar sem skriðjoklar eru að hörfa og hlíðar fjalla í ójafnvægi vegna undangraftar jökuls. Ójafnvægi er sennilega víða í norðvestanverðum Mýrdalsjökli, þá helst við jaðra skriðjökla þar sem þeir hafa grafið sig djúpt niður í berggrunn og há og brött fjöll liggja að þeim. Yfir lit yfir þá staði þar sem hætt er á skriðföllum og berghruni er á mynd 20. Ef bergeitlar eða önnur stór innskot byrja



Mynd 20. Eldstöðvar á svæðinu sem skoðað var. Frá flestum gosstöðvunum sem merktar eru á kortið má búiast við braunum frekar en gjósku, þó ekki frá gosstöðvum í nágrenni við Entujökul. Hætta getur verið á berghruni eða skriðuföllum úr bröttum hlíðum norðvestan í Mýrdalsjökli.

að myndast undir svæðum eins og Goðabungu má vænta þess að landslag breytist mikið og hætta á skriðuföllum aukist til muna. Við slíkar aðstæður má eiga von á atburðum sem ekki hafa sést á

sögulegum tíma fram til þessa. Hrun fjalshlíða eða heilla fjalla er óþekkt hér á landi en þegar stór innskot breyta landslagi samfara auknum hita í berggrunni, jafnvel hvellsuðu í jarðhitakerfum, geta

myndast aðstæður þar sem slíkt er mögulegt. Enn sem komið er hefur ekkert sést sem bendir til slíkra atburða.

4.3.1. *Fimmvörðuháls*

Sunnan í Fimmvörðuhálsi er engin hætta á skriðum eða framhlaupum. Landslag þar er lítið grafið af jöklum. Öðru máli gegnir um svæðið norðan við Fimmvörðuháls, þar eru brött gil og þar gætu fallið björg og bergfyllur ef eldsumbrot yrðu á hálsinum samfara jarðskjálftum.

4.3.2. *Þórsmörk*

Talsverð hætta er á aurflóðum úr giljum á svæðinu frá Fimmvörðuhálsi og norður að Entujökli. Hlíðar eru brattar og skriðjökla að hopa. Hætta er einkum í leysingum þegar laust efni er vatnsmettað og getur skyndilega farið af stað, t.d. í jarðskjálftum.

Þekkt er að jarðskjálftar tengdir jarðhræringum eða eldsumbrotum geti hleypt af stað hrúni eða framhlaupum. Brot sem sjást á loftmyndum í fjöllum austan við Tungnakvísarjökul gefa til efni til að vera á varðbergi vegna þess að þar gætu stórar spildur fallið fram. Á loftmyndum frá 1960 og frá 1994 sjást sprungur í fjalllendinu austan við Tungnakvísarjökul og þótt ekki hafi fallið þar stór berghlaup hafa minni skriður fallið þar niður á jökulinn á þessu árabili, sennilega aurskriður.

4.3.3. *Enta-Entukollur*

Hrunhætta er einkum norðaustan í Entukolli þar sem Entujökull hefur grafið sig niður í berggrunnin. Brattir hamrar liggja að jöklinum og þar er hætta á berghruni við jarðhræringar. Sama á við meðfram Entujökli sunnanverðum langleiðina niður að jökulsporði. Land fer hins vegar lækkandi niður með

jöklinum og berghrun yrði þeim mun minna sem neðar dregur.

Í stórum dráttum má segja að það sé einkum ójafnvægi sem myndast við aðstæður eins og t.d. frost og þíðu, vatns- og vindrof og svo óvenjumikla staðbundna rigningu sem getur hleypt af stað skriðuföllum. Jarðskjálftar eru einkum líklegir til að koma af stað skriðuföllum ef þeir verða við ákveðnar aðstæður, t.d. ef berg er vatnssósa og í ójafnvægi. Rétt er að benda á að grjót- og berghrun er algengt á mestöllu svæðinu sem hér er fjallað um og einkum þarf að fara með gát um svæði neðan brattrar hlíða og á jöklum og vera ekki á ferli þar í votviðri að vori til nema nauðsyn beri til. Stór bergflóð eru sennilega sjaldgæf á svæðinu, ef dæma má af því að ummerki um slík flóð hafa ekki fundist. Meiri hætta væri á að stórir bergmassar, t.d. hlutar móbergsfjalla, fari af stað ef stórir jarðskjálftar verða nærri þar sem hlíðar eru brattar og háar (mynd 20).

Ekki er að sjá að hætta á hlaupi eða vatnsflóði af völdum skriðufalla sé mikil á þessu svæði. Eins og fyrr segir er þó ekki hægt að útiloka að berghrun geti stíflað dal eða gil sem hleypt gæti af stað litlu hlaupi þegar sú stífla brysti, þeir atburðir yrðu þó líklega ekki stórir.

5. Samandregnar niðurstöður

Hætta á eldvirkni er vissulega fyrir hendi á því svæði sem rannsakað var en getur varla talist mikil að jafnaði, nema jarðskjálftar, landris og annar órói bendi til annars (sjá kafla IX). Ljóst er að á sl. 11.000 árum hafa orðið 10-12 eldgos á rannsóknarsvæðinu, ef til vill fleiri eða um það bil eitt gos á 1000 ára fresti. Síðustu eldsumbrot urðu sennilega fyrir meira en 1000 árum.

Á síðari helmingi síðasta jökulskeiðs myndaðist móbergið sem myndar Þórs-mörk frá Entujökli suður undir Fimmvörðuháls og sennilega einnig stór hluti af vestanverðum Mýrdalsjökli. Miða má við myndun flikrubeigsins í Þórsörk sem varð til í eldgosi í Tindfjallajökli fyrir um 55.000 árum en það liggur undir móbergsmýndunum í Þórsörk (Lacasse og Garbe-Schonberg, 2001). Rétt er að geta þess að ekki er ljóst hvort flikrubeigið rann upp að móbergsfjöllum sem mynda vesturhluta Mýrdalsjökuls eða hvort fjöllin eru yngri en flikrubeigið. Til þess að skera úr um það þarf að kortleggja og rekja móberg og súr gjóskulög í Þórsörk mjög nákvæmlega.

Þau gos sem eru þekkt af rannsóknarsvæðinu eru flest hraungos en slík gos valda yfirleitt mun minni bráðahættu en t.d. sprengigos. Gjóskulög í Entukolli og Entu benda til þess að gos hafi orðið undir Mýrdalsjökli eða í nágrenni við Entujökul á nútíma en gosstöðvar eru óþekktar. Gosprungur á Fimmvörðuhálsi liggja sennilega inn undir bæði Eyjafjallajökul og Mýrdalsjökul. Ef eldgos verður á Fimmvörðuhálsi og gossprungan liggur undir jökul má eiga von á meiri átökum undir jöklinum en utan hans og ef til vill verður hætta á litlum vatns- og/eða aurflóðum (sjá kafla X). Þótt slík flóð yrðu aðeins svipur hjá sjónmiðað við Kötluhlaupin sjálf, gætu þau orðið mjög varasöm og valdið tjóni á mannvirkjum og því fólki sem er á svæðinu. Við hraungos á Fimmvörðuhálsi má vænta þess að hraun nái miklum hraða er þau renna niður Skógaheiði eða fram af hömrum til norðurs og niður í Þórsörk.

Yfirlit yfir nútímaeldstöðvar og eldvörp sem hafa verið virk á nútíma eða seint á síðasta jökulskeiði eru merkt á mynd 20. Um aldur þessara gosa er lítið

hægt að segja annað en þau eru að öllum líkindum öll forsöguleg og þau sem eru við Entujökul eru sennilega eldri en 2000 ára.

Engin vötn eða lón eru framan við skriðjökla á rannsóknarsvæðinu og því er ekki hætta á skyndilegum vatnsflóðum þótt skriðuföll verði úr bröttum hlíðum. Hins vegar geta skriðuföll stíflað upp dali og farvegi og þannig safnast fyrir vatn sem síðar kæmi fram í flóði en fylgjast má með slíkum atburðum og lágmarka hættu vegna þeirra.

Skriðuföll eru algeng á svæðinu en flest eru þau fremur lítil. Sennilega eru aurflóð og grjóthrun algengastir þessara atburða. Miðað við þær athuganir sem gerðar voru á svæðinu má búast við aurflóðum á nokkurra ára fresti, einkum úr giljum í vesturhluta Mýrdalsjökuls. Mest hætta er sennilega síðla vetrar eða að vori til. Hætta á snjóflóðum er sennilega einnig mikil á þessu svæði.

Hlíðar fjalla í innanverðri Þórsörk eru víða brattar og komast fljótt í ójafnvægi ef breytingar verða á landslagi t.d. vegna myndunar innskota grunnt undir Godabungu eða við kröftuga jarðskjálfta. Við slíkar aðstæður eykst hætta á berghruni eða jafnvel að stórir bergmassar fari af stað. Hrun fjalla eða framskrið fjallshlíða eru það sjaldgæfir atburðir að það er nánast ábyrgðalaust að telja þá fram sem raunhæfa möguleika á þessu svæði. Ummerki um slíkar hamfarir hafa ekki fundist á rannsóknarsvæðinu sem bendir til að slíkt hafi ekki gerst sl. 11.000 ár. Hins vegar verður að gæta þess að þótt ólíklegt sé að slíkar hamfarir verði er jafnábýrgðalaust að láta sem slíkt geti ekki eða hafi aldrei gerst. Eina raunhæfa leiðin til að varast slíkar hamfarir er að fylgjast vel með framvindu mála ef jarðhræringar verða undir vesturhluta Mýrdalsjökuls eða í nágrenni við

Fimmvörðuháls. Þá má einnig benda á að þótt gos verði utan rannsóknarsvæðisins getur það haft mikil áhrif á öryggi fólks í Þórsmörk eða á Fimmvörðuhálsi.

Fimmvörðuháls og Þórsmörk eru vinsæl göngusvæði og ferðamennska á öðrum hlutum rannsóknarsvæðisins er vaxandi. Því eru í vaxandi mæli ástæður til að fylgjast vel með öllum jarðhræringum á þessu svæði og skrá þá atburði sem verða til að geta brugðist rétt við þegar á reynir. Undanfarin ár hefur verið aukin skjálftavirkni undir vesturhluta Mýrdalsjökuls og er það rakið annars staðar (kafla IX). Eldgos hefur ekki orðið í Mýrdalsjökli síðan 1918. Meðaltími milli eldgosa í Kötlu er um 50 ár og því ástæða til að búast við gosi undir Mýrdalsjökli. Hver sem framvindan verður er mikilvægt að fylgjast vel með þróun þessa svæðis og vera viðbúinn því sem að höndum ber.

6. Heimildir

- Dugmore, A.J. 1989. Tephrochronological studies of Holocene glacier fluctuations in South Iceland. J. Oerlemans (ed), *Glacier fluctuations and climatic change* 37-55, Kluwer Acad. Publ.
- Dugmore, A.J. og D.E. Sugden. 1991. Do the anomalous fluctuations of Sólheimajökull reflect ice-divide migration? *Boreas* 20, 105-113.
- Guðmundur Kjartansson. 1967. Steinsholtshlaupið 15. janúar 1967. Náttúrufræðingurinn 37, 120-169.
- Guðmundur Kjartansson. 1972. Steinsholt og Steinsholtshlaupið. Árbók Ferðafélags Íslands 1972, 83-96.
- Guðrún Larsen. 2000. Holocene eruptions within the Katla volcanic system, south Iceland: characteristics and environmental impact. *Jökull*, 49, 1-28.
- Guðrún Larsen, A.J. Newton, A.J. Dugmore and Elsa G. Vilmundadóttir. 2001. Geochemistry, dispersal, volumes and chronology of Holocene silicic tephra layers from the Katla volcanic system, Iceland. *Journ. Quat. Sci.*, 16, 119-132.
- Helgi Torfason. 2003. Jarðhitakort af Íslandi og gagnasafn um jarðhita. Orkustofnun og Náttúrufræðistofnun Íslands NÍ-03016, 90+77 s.
- Haukur Jóhannesson, Sveinn P. Jakobsson og Kristján Sæmundsson. 1990. Jarðfræðikort af Íslandi, blað 6, Miðsuðurland, þriðja útgáfa. Náttúrufræðistofnun Íslands og Landmælingar Íslands, Reykjavík.
- Hreggviður Norðdahl. 1991. Late Weichselian and early Holocene deglaciation history of Iceland, *Jökull* 40, 27-50.
- Höskuldur B. Jónsson. 1997. Um skriðufallavá, skipulag byggða og verklegra framkvæmda: Rannsóknir á skriðuföllum í Vatnsdalsfjalli og Reynisfjalli. Óbirt skýrsla til Nýsköpunarsjóðs námsmanna, 26 bls.
- Ingibjörg Kaldal og Elsa G. Vilmundadóttir. 2002. Jökulmenjar á Emstrum, norðvestan Mýrdalsjökuls. Orkustofnun-Rannsóknarsvið OS-2002/080, 29 s.
- Jón Jónsson. 1998. Eyjafjöll. Drög að jarðfræði. Rannsóknastofnunin Neðri Ás, No.53, 111 s, Hveragerði.
- Jørgensen, K.A. 1976. Geologisk undersøgelse af Thorsmörk området, centrale S-Island. Del II Thorsmörk ingnimbriten. Master thesis, Geological Institute, Copenhagen University.
- Karhunen, R. 1988. Eruption mechanism and rheomorphism during the basaltic fissure eruption in Biskupsfell, Kverkfjöll, North-Central Iceland. NVI Research Report 8802.
- Kristján Sæmundsson. 1979. Outline of the geology of Iceland. *Jökull* 29, 7-28.
- Lacasse, C. og Garbe-Schonberg, C.D. 2001. Explosive silicic volcanism in Iceland and the Jan Mayen area during the last 6 Ma: Sources and timing of major eruptions. *J.Volc. Geotherm. Res.* 107, 113-147.
- McDonald, G.A. 1972. *Volcanoes*. Prentice Hall Inc., New Jersey, 510 bls.
- Ólafur Ingólfsson. 1991. A review of the late

- Weichselian and early Holocene glacial and environmental history of Iceland. Í J.L. Maizels og C.J. Caseldine (ritstj.) Environmental changes in Iceland past and present, 13-29. Kluwer, Dordrecht.
- Ólafur Jónsson. 1976. Berghlaup. Akureyri, Ræktunarfélag Norðurlands, 622 bls.
- Ritterbushc, Heidi. 2004. Aspects of the volcanology and geochemistry of the Thorsmörk ignimbrite, south Iceland. Cand.Sci-ent thesis, Háskólinn í Kaupmannahöfn, 126 s.
- Rutherford, M.J og J.E. Gardner. 2000. Rates of magma ascent. In Haraldur Sigurðsson (ritstj.) Encyclopedia of Volcanoes. Academic Press, 207-217.
- Sigurður Þórarinnsson. 1969. Ignimbrít í Þórs-mörk. Náttúrufræðingurinn, 39, 139-155.
- Sveinn P. Jakobsson. 1979. Petrology of recent basalts of the Eastern Volcanic Zone, Iceland. Acta Naturalia Islandica 26, 103 s, Reykjavík.
- Sveinn P. Jakobsson, Páll Einarsson, Leó Kristjánsson og Magnús Tumi Guðmundsson. 2003. Volcanic systems and segmentation of the plate boundary in SW-Iceland. Plume-IV: Beyond the Plume Hypothesis. GSA Penrose Conference, August 25-29, 2003, Hveragerði. Abstract Volume, 191-193.
- Wiese, Katryn P. 1993. Geochemistry and geochronology of the Eyjafjöll Volcanic System, Iceland. MS-thesis, Oregon State university, 230 s.
- Þorleifur Einarsson. 1994. Myndun og mótun lands. Jarðfræði. Mál og menning, 301 s, Reykjavík.

