

IX. VIRKNI Í KÖTLUELDSTÖÐINNI OG NÁGRENNI HENNAR SÍÐAN 1999 OG HUGSANLEG ÞRÓUN ATBURÐARÁSAR

*Páll Einarsson¹, Heidi Soosalu^{1,3}, Erik Sturkell^{2,1}, Freysteinn Sigmundsson¹
og Halldór Geirsson²*

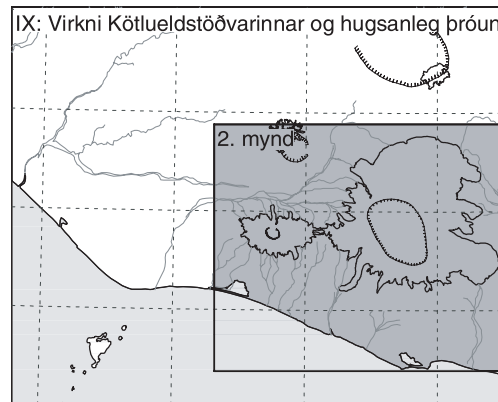
1: Jarðvísindastofnun Háskólans, Sturlugötu 7, 101 Reykjavík
2: Veðurstofu Íslands, Bústaðavegi 9, 150 Reykjavík
3: Bullard Labs, University of Cambridge

1. Inngangur

Katla er ein virkasta og hættulegasta eldstöð Íslands. Á síðustu árum hafa komið fram vísbendingar um aukna virkni í henni og nánasta umhverfi hennar, þar með talinn Eyjafjallajökul (mynd 1). Íslenskar jarðvísindastofnanir hafa tekið höndum saman um að fylgjast með framvindu mála. Helstu aðferðir við eftirlitið eru þessar:

1. Jarðskjálftamælingar.
2. Mælingar á aflögun jarðskorpunnar umhverfis eldstöðina.
3. Mælingar á ám sem renna frá Mýrdalsjökli, bæði rennsli og efnainnihaldi.
4. Mælingar á breytingum á yfirborði jökulsins.

Mælingarnar hafa gefið mikilsverðar upplýsingar um innri gerð og virkni Kötlu og Eyjafjallajökuls sem nauðsynlegar eru til þess að geta gert sér grein fyrir líklegri þróun og framvindu atburðarásarinnar. Þegar meta skal hættu sem af eldstöðvunum stafar er þýðingarmikið að hafa yfirlit yfir hugsanlegar sviðsmyndir virkninnar og mat á líkum hverrar fyrir sig. Katla er stórvirk og ákaflega fjölhæf eldstöð. Jafnvel þótt gos á sögulegum tíma hafi verið talin fremur



Mynd 1. Yfirlitsmynd yfir Kötluvæðið og umfjöllunarefni kaflans.

lík hvert öðru, þá eru greinileg ummerki eftir virkni af fjölbreytilegu tagi á forsögulegum tíma (kafla II). Þá gefur atburðarás síðustu ára tilefni til grunsemda um að næsta gos geti orðið nokkuð frábrugðið síðustu gosum.

Í þessum kafla verður stuttlega gerð grein fyrir atburðarásinni til ársloka 2004, túlkun á henni, og hvernig hugsanleg þróun hennar gæti orðið. Um nánari upplýsingar er vísað til greina sem birtar hafa verið í ýmsum tímaritum um jarðvísindaleg efni.

2. Um orðanotkun

Í þessum kafla eru til umræðu fyrirbrigði og hugtök sem ekki hafa verið mikið til umfjöllunar í íslenskri jarðfræði og tengjast virkni súrrar og ísúrrar kviku. Það er því þörf á að gera grein fyrir orða- og hugtakanotkun. Í ensku fræðimáli eru notuð orðin dome og cryptodome um bráðna og hálfbráðna bergmassa með háa seigju. Þeir leita til yfirborðs og storkna og eru sömu orð raunar líka notuð um þessa massa eftir að þeir storkna. Vandamálið við þessi hugtök í ensku er að bæði orðin eru notuð um sama fyrirbrigðið, cryptodome áður en massinn nær til yfirborðs, dome eftir að hann hefur skotið upp kollinum og er orðinn sýnilegur. Cryptodome getur því breyst í dome á einni nóttu án þess að veruleg breyting hafi orðið á eðli myndunarinnar eða atburðum. Við íslenskun á orðunum er skynsamlegt að gera tilraun til að sníða af þessa vankanta. Hér er gerð tillaga um að skilgreina þrjú orð í stað tveggja. Orðið gúll má nota fyrir yfirhugtakið, sem tekur til alls massans án tillits til þess hvort hann sést á yfirborði eða ekki, orðið hraungúll má nota fyrir gúlinn eftir að hann hefur náð yfirborði, leynigúll ef hann sést ekki. Þessi orðnotkun er í samræmi við fyrri orðnotkun, t.d. í kennslubók Þorleifs Einarssonar (1991) sem margir hafa lesið. Þar er notað orðið hraungúll fyrir enska orðið dome. Gúlar eru ávallt ísúrir eða súrir og ætti því að vera óþarfi að taka það fram sérstaklega hverju sinni.

3. Yfirlit um atburðarás

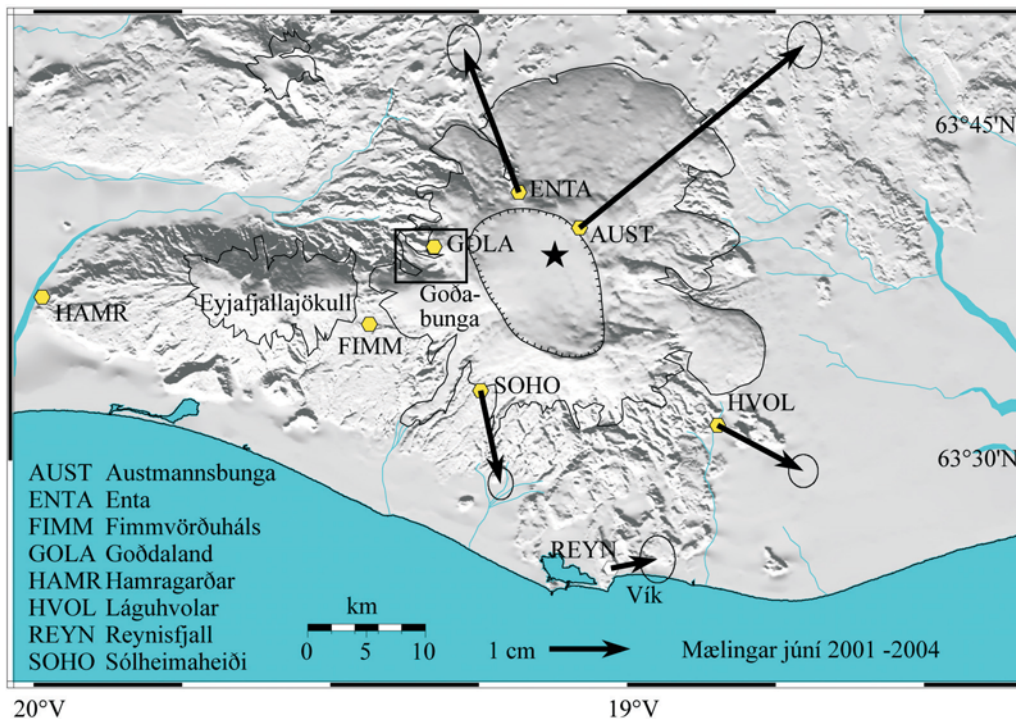
1994 Inskot undir suðurhlíðar Eyjafjallajökuls (Pedersen og Sigmundsson, 2004). Jarðskjálfta-

virgni byrjar að vaxa seint á árinu 1992. Landris hefst haustið 1993 og stendur í minna en 12 mánuði (Sturkell o. fl., 1993a). Landrisið kemur fram í InSAR-, GPS-, og hallamælingum. Rúmmál innskotsins hefur verið metið 17 milljón m³.

- 1999 Líklega smágos undir Mýrdalsjökli 18. júlí, skyndihlaup niður Sólheimajökul (Páll Einarsson, 2000, Magnús T. Guðmundsson o. fl., 2000, Oddur Sigurðsson o. fl., 2000).
- 1999 Jarðhitavirkni undir Mýrdalsjökli fer vaxandi. Jarðhitakatlar koma fram og dýpka næstu árin, flestir meðfram öskjujaðri Kötlu (Magnús T. Guðmundsson o. fl., 2000).
- 1999 Innskot undir suðurhlíðar Eyjafjallajökuls á svipuðum en ekki nákvæmlega sömu slóðum og 1994 (Pedersen og Sigmundsson, 2005). Jarðskjálftavirkni byrjar að vaxa í mars 1999 og landris stendur í minna en 10 mánuði, byrjaði eftir júlí 1999 og var lokið í maí 2000. Landrisið kemur fram í InSAR-, GPS- og hallamælingum. Rúmmál innskotsins er metið 30 milljón m³.
- 1999 Landris hefst með miðju á 4-5 km dýpi undir norðanverðri Kötlu-öskjunni (Sturkell o. fl., 2003b).
- 2001 Skjálftavirkni fer vaxandi, einkum undir Goðabungu. Frá hausti 2001 hefur hún verið nánast samfelld (Sturkell o. fl., 2003b).

4. Túlkun

Túlka má atburðarásina og mælingar sem gerðar hafa verið á þann hátt að þrjú ferli séu í gangi á Kötlusvæðinu. Þau



Mynd 2. Færslur mælipunkta umbverfis Kötlu 2001-2004 samkvæmt GPS-mælingum (Sturkell o. fl., 2005). Viðmiðunarpunktur mælinganna er HAMR. Réttbyrningur sýnir svæðið sem fram kemur á mynd 4. Stjarnan merkir rismiðjuna sem best fellur að mæligögnunum.

virðast að nokkru vera óháð en geta einnig haft áhrif hvert á annað. Þetta gerir allar forsagnir um framtíðarþróun atburðarrásarinnar mjög óvissar og margræðar. Ferlin þrjú eru: 1. Innskotavirkni undir Eyjafjallajökli, 2. kvikuinnstreymi í kvikuhólf Kötlu og 3. gúll rís undir Goðabungu. Athugum nú hvert þessara ferla fyrir sig:

4.1. *Eyjafjallajökull.* Landris í sunnanverðum Eyjafjallajökli 1994 og 1999 var mælt bæði með GPS-landmælingum (Sturkell o. fl., 2003a) og InSAR-mælingum (Pedersen og Sigmundsson, 2004, 2005). Auk þess fylgdi umbrotunum veruleg aukning í skjálftavirkni (Dahm og Brandsdóttir, 1997, Bryndís Brandsdóttir, 2000). Skjálftavirkni hófst í bæði

skiptin á undan landrisinu og var þá mest undir norðanverðu eldfjallinu, norðaustan við topp þess. Hugsanlega má túlka það á þann veg að kvika hafi risið upp undir fjallið á þeim slóðum og síðan troðist til suðurs og myndað lagganga undir suðurhlíðum fjallsins. InSAR-mælingarnar benda til þess að innskotin tvö hafi orðið á 4,5 og 6,1 km dýpi, nálægt hvort öðru en ekki á nákvæmlega sama stað. Þau voru metin um 17 og 30 milljón m^3 að rúmmáli. Ef laggangslíkanið er tekið, er laggangurinn víðast minna en 1 m að þykkt. Líkur eru til þess að slíkir gangar kólni og storkni á fáeinum vikum.

4.2. *Kötluskjan.* GPS-mælingar á neti punkta sem umlykur Kötlusvæðið sýna

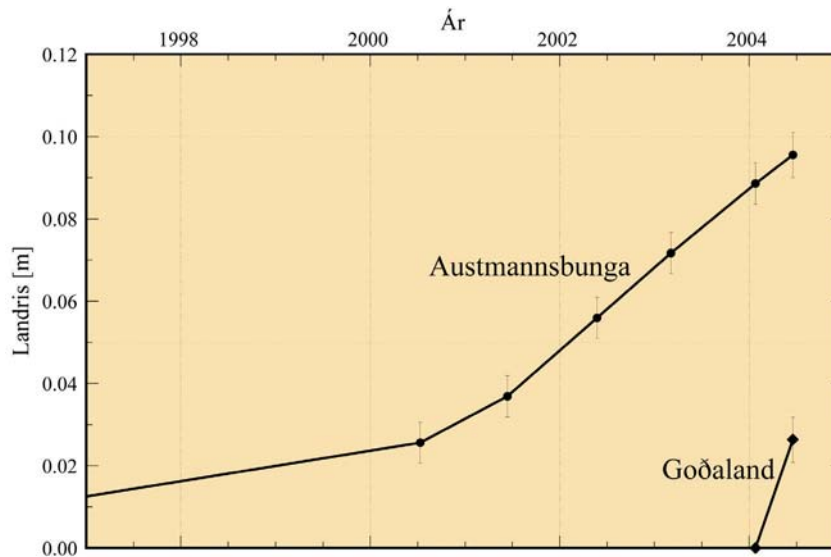
að landris hófst seint á árinu 1999 (Sturkell o. fl., 2003b). Þetta ris er með miðju undir norðanverðri öskjunni (mynd 2), líkast til á um 4-5 km dýpi. Risið má túlka sem afleiðingu af aðstreymi kviku inn í kvikuhólf á þessu dýpi. Hugsanlegt er að lóðrétti þáttur rissins geti stafað að nokkru af minnkandi jökulfargi (Freysteinn Sigmundsson o. fl., 2004). Ef gert er ráð fyrir því verður útreiknuð þrýstingsmiðja að vera á minna dýpi. Rishraðinn er ekki sérlega hár og gæti samsvarað því að um 5 milljón m^3 af kviku bætist í kvikuhólfið á ári. Staðsetning kvikusöfnunarsvæðisins er nokkuð óviss og ekki alveg ljóst hvort það er nákvæmlega það sama sem kom fram í skjálftamælingum Ólafs Guðmundssonar o. fl. (1994). Að minnsta kosti er það á svipuðum slóðum. Best sést risið á mælipunkti á Austmannsbungu sem staðsett er á öskjubarmi Kötlu (mynd 3). Risið þar nemur um 2-3 cm á ári. Samfelldar mælingar á GPS-stöðvum við suður og suðausturbrún Mýrdalsjökuls sýna að risið hefur haldið áfram allt til dagsins í dag. Þetta ferli er mjög líkt því sem mælst hefur í tengslum við gos í Kröflu og Grímsvötnum. Hér er líklega um að ræða basaltkviku og þá líklega af sama tagi og komið hefur til yfirborðs í gosum Kötlu á sögulegum tíma (Guðrún Larsen, 2000), hinum "hefðbundnu Kötlugosum".

4.3. *Goðabunga*. Skjálftavirkni hefur verið viðloðandi og þrálát á svæðinu vestan Goðabungu í að minnsta kosti 30 ár og líklega talsvert lengur. Hún er árstíðabundin og lá oftast niðri seinni part vetrar (Páll Einarsson og Bryndís Brandsdóttir, 2000). Upp úr 1999 tók hún að vaxa og síðan haustið 2001 hefur hún verið nánast stöðug. Árstíðasveiflunnar gætir þó enn nokkuð. Slík virkni rétt

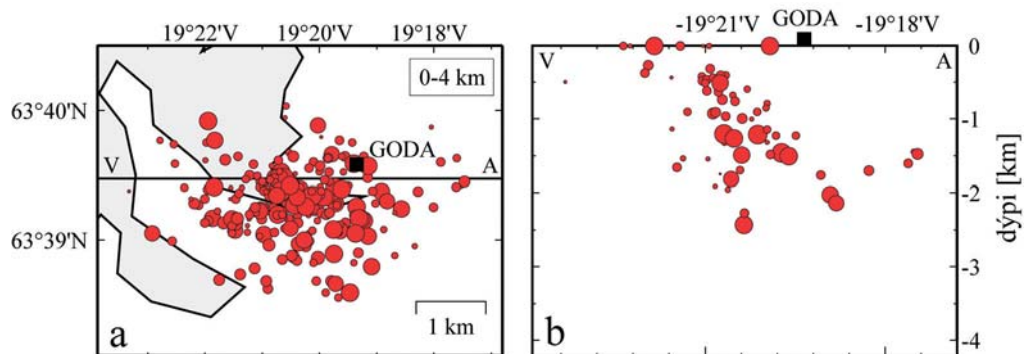
utan við meginöskju eldstöðvar er fremur óvenjuleg og krefst skýringa. Skjálftar með upptök á þessum slóðum hafa nánast allir lágtíðni-yfirbragð en það er eitt af megineinkennum eldvirkniskjálfta, þ. e. skjálfta sem tengjast virkni eldstöðva. Þeir hafa oft ógreinilegar P- og S-bylgjur og er því erfitt að staðsetja upptök þeirra af nákvæmni. Skjálftaupptökkin mynda þéttan hnapp eða þyrpingu og dreifast lítið út frá henni. Vorið 2003 gafst tækifæri til að kanna dreifingu upptakanna með meiri nákvæmni en áður. Settir voru upp færnanlegir skjálftamælur í næsta nágrenni upptakaþyrpingarinnar og var einn mælir settur nánast beint ofan á hana (Soosalu o. fl., 2005). Fram kom að skjálftaupptökkin eru flest á minna en 2 km dýpi og staðfest er að þyrpingin er þétt, jafnvel þéttari en fyrri mælingar sýndu (mynd 4).

Fram hefur komið sú hugmynd að túlkun að hér sé á ferðinni gúll af súrri kviku sem rís í átt til yfirborðs. Súrir gúlar eru algengir í mörgum eldstöðvum erlendis en hafa ekki verið áberandi í virkni íslenskra eldstöðva síðustu aldirnar. Þeir eru þó ekki óþekktir hérlendis. Má í því sambandi nefna hraungúlana Hlíðarfjall og Jörund í Mývatnssveit, Hágöngur við Sprengisandsleið, og Hrafninnuhraun og Laugahraun á Torfajökulssvæðinu. Þessi túlkun á virkninni við Goðabungu er studd eftirfarandi mælingum og rökum:

- Jarðskjálftavirknin við Goðabungu er sérlega stöðug og breytist lítið frá degi til dags.
- Jarðskorpuhreyfingar sem fylgja skjálftavirkninni eru mjög staðbundnar. Ekki kemur fram mælanleg hreyfing á nálægum GPS- og hallamælingastöðvum, t.d. við Fimmvörðuháls. Þetta er einmitt einkenni rísandi gúla. Þeir rísa upp úr jörðinni, stundum



Mynd 3. Landris við Kötlu samkvæmt GPS-mælingum (Sturkell o. fl., 2005). Sýnt er ris á mælipunktunum á Austmannsbungu á NA-barmi Kötluöskjunnar og í Goðalandi nálægt skjálftaþyrpingu Goðabungu. Viðmiðunarpunktur mælinganna er við Hamragarða vestan Eyjafjallajökuls.



Mynd 4. Upptök skjálfta við Goðabungu á tímabilinu mars-júní 2003 samkvæmt mælingum Soosalu o. fl. (2005). A) Kort af skjálftamiðjum sýnir hve þétt skjálftaþyrpingin er. B) Dýptarsnið í gegnum miðja skjálftaþyrpinguna. Upptakapunktur skjálfta á 0,68 km breiðu belti er varpað á lóðrétta flöt með strikstefnu A-V. Stærstu skjálftarnir verða á u.þ.b. 1,5 km dýpi. Fram kemur gúllaga, skjálftalaust svæði undir miðri þyrpingunni.

nánast eins og korktappi úr flöskustút, án þess að valda verulegri aflögun í skorpunni umhverfis. Ný GPS-mælistöð hefur verið sett upp ofan á skjálftaþyrpingunni við jökulröndina vestan Goðabungu. Mælingarnar sýna ris sem nemur um 3 cm á hálfu ári (mynd 3).

- c) Þrálát skjálftavirkni með lágtíðniyfirbragði er einungis þekkt frá þremur stöðum á landinu, þ.e. við Goðabungu, við Skaftárkatla í Vatnajökli, og undir sunnanverðri Torfajökulsöskjunni. Skjálftar á þessum stöðum er því líklega af öðrum toga en annars staðar.
- d) Katla hefur myndað súra gúla áður. Súra bergið í Gvendarfelli, Kötlu-kollum, og við Entu er til orðið á þennan hátt. Allir þessir staðir eru skammt utan við öskjubarminn. Það sama á við um sumar aðrar megineldstöðvar, t.d. Kröflu. Þar raða súrir gúlar sér í krans utan við öskjuna. Skjálftaþyrpingin við Goðabungu hefur sömu afstöðu til öskjunnar og þekktu gúlarnir við Kötlu og Kröflu.
- e) Skjálftamælingarnar vorið 2003 sýna hvernig skjálftaupptökin mynda eins konar hatt ofan á skjálftalaus svæði (mynd 4). Skjálftalaus svæðið gæti verið gúllinn, gerður úr heitu bergi sem aflagast án þess að brotna. Ofan á honum er bergið stökkt og brotnar undan hreyfingum hans. Samkvæmt þessari túlkun er gúllinn á um 1,5 km dýpi.

Það styrkir þessa túlkun umtalsvert að einkenni virkninnar við Goðabungu eru með sama hætti og þekkt er frá gúlagosum annars staðar í heiminum. Sérstaklega eru það stöðugleiki skjálftavirkninnar, lágtíðniyfirbragð skjálftanna og það hversu staðbundnar hreyfingarnar eru sem minnir á gúlavirkni annarra eldstöðva. Benda má á nýleg gos í Usu

eldfjallinu í Japan og núverandi umbrot í Mt. St. Helens í Bandaríkjunum til samanburðar.

5. Hugsanleg þróun atburðarásar

Hér verður gerð tilraun til að lýsa þeim möguleikum sem skapast geta við áframhaldandi kvikuvirkni á Kötlusvæðinu. Það er nánast ómögulegt að gera sér grein fyrir hverjar líkur eru á tiltekinni atburðarás. Til þess eru möguleikarnir of margir og jafnvel að einhverju leyti háðir tilviljunum. Upptalningin hér á eftir er ekki tæmandi og hafa verður í huga að fleiri en ein atburðarás geta gerst samtímis.

A) Aðstreymi kviku hættir og eldstöðin leggst í tímabundinn dvala. Þessi möguleiki er vissulega fyrir hendi þó á þessari stundu bendi ekkert til að hægi á aðstreyminu. Benda má á landrisið við Hrómundartind sem hófst 1994 (Freysteinn Sigmundsson o. fl. 1997) en hætti 1998 áður en til frekari tíðinda dró.

B) Hefðbundið Kötlugos. Kvikuinnsreymið undir öskjunni leiðir til þess að veggir kvikuhólfsins bresta og kvikan kemur til yfirborðsins. Mestar líkur eru til þess að atburðarásin leiði til basaltgoss undir þykkum ís innan öskjunnar með tilheyrandi vatnsflóði. Við núverandi aðstæður gæti gos af þessu tagi orðið með litlum fyrirvara, $\frac{1}{2}$ - 34 klukkustunda, sjá inngangskafila.

C) Gos í Eyjafjallajökli. Fleiri innskot af því tagi sem urðu 1994 og 1999 auka líkurnar á að eldfjallið gjósi. Gos getur orðið annað hvort í toppi fjallsins eða í hlíðunum, jafnvel á láglandi við fjallsræturnar. Ef gosið er undir jökli fylgir

Því vatnshlaup. Gos í Eyjafjallajökli á nútíma hafa verið fremur lítil og ekki eru vísbendingar um að nokkru sinni hafi verið stórhamfarir í fjallinu. Líklegt verður að telja í ljósi atburðarásar síðustu ára að gos í Eyjafjallajökli eigi sér aðdraganda í einhvers konar innskoti sem gæti tekið vikur eða mánuði.

D) Gúlagos við Goðabungu. Ef leynigúllinn nálgast yfirborðið má reikna með að hans taki að gæta í vaxandi mæli. Fyrstu merki eru líklega aukinn jarðhiti með tilheyrandi jöklabráðnun og smá-hlaupum. Síðan gætu orðið gufusprengingar, jafnvel gæti jökull horfið af svæðinu á þessu stigi. Landris færi vaxandi og yrði sýnilegt með berum augum. Að lokum kæmi gúllinn sjálfur í ljós og myndaði nýtt fjall. Ef ekki koma til önnur ferli (sjá E og F) sem trufla þessa atburðarás, þarf gúlagos ekki að vera mjög átakamikið. Dæmi um tiltölulega friðsæl gúlagos eru frá Usu-eldfjallinu á Hokkaido í Japan. Gúlagos eiga sér oft langan aðdraganda, mánuði eða ár.

E) Fjallhrap af völdum Goðabungugúlsins. Brattar hlíðar umhverfis rísandi gúla geta orðið óstöðugar og hrunið í mikilli skriðu. Við þetta snöggglækkar þrýstingur á kvikuna í gúlnum. Gas í kvikunni losnar þá og getur valdið því að gúllinn springur í miklu sprengigosi. Ef gúllinn er stór geta þetta orðið miklar hamfarir. Atburðarás af þessu tagi er þekkt frá gosinu 1980 í Mt. St. Helens í Bandaríkjunum. Hamfarirnar eiga sér vanalega nokkurn aðdraganda, mánuði eða ár. Mikilvægt er að fylgst sé með landslagi umhverfis rísandi gúla og hugað að sprungum og öðrum merkjum um óstöðugar hlíðar.

F) Basalt-innskot inn í Goðabungugúl-

inn. Gangainnskot frá nærliggjandi kvikuhólfi getur ratað inn í virka kvikugúla. Ef innskotakvikan er heitari en gúllinn getur hann hitnað og sprungið. Líklegt verður að telja að kvikan sem nú safnast undir Kötluöskjuna sé basísk og því allmiklu heitari en súr gúllinn undir Goðabungu. Þessi atburðarás er því engan veginn útilokuð. Minna má á að sprengigosið mikla í Öskju 1875 varð að öllum líkindum við slíka atburðarás, einnig sprengingin í Víti við Kröflu 1724 við upphaf Mývatnselda. Einnig er atburðarás við Vatnaöldugosið árið 870 og Veiðivatnagosið 1480 lík þessu (McGarvie, 1984). Þá urðu til Hrafn-tinnuhraun og Laugahraun á Torfajökulsvæðinu. Hugsanlegt tilbrigði við þessa atburðarás er að laggangur frá Eyjafjallajökli rati inn í Goðabungugúllinn og sprengi hann. Benda má á að fjarlægð frá innskotunum í Eyjafjallajökli 1994 og 1999 til Goðabungugúlsins er litlu meiri en frá kvikuhólfi Kötlu. Gos af þessu tagi gæti átt sér skamman aðdraganda, $\frac{1}{2}$ - 34 klukkustundir.

6. Heimildir

- Bryndís Brandsdóttir. 2000. Jarðskjálftar og kvika undir Mýrdalsjökli og Eyjafjallajökli. Febrúarráðstefna 2000, Ágrip erinda og veggspjalda. Jarðfræðafélag Íslands, s. 3-4.
- Dahm, T., B. Brandsdóttir. 1997. Moment tensors of microearthquakes from the Eyjafjallajökull volcano in South Iceland. *Geophys. J. Int.*, 130, 183-192.
- Freysteinn Sigmundsson, Páll Einarsson, Sigurður Rögnvaldsson, G. R. Foulger, K. M. Hodgkinson, Gunnar Þorbergsson. 1997. The 1994-1995 seismicity and deformation at the Hengill triple junction, Iceland: Triggering of earthquakes by minor magma injection in a zone of horizontal shear

- stress. *J. Geophys. Res.*, 102, 15,151-15,161.
- Freysteinn Sigmundsson, F., E. Sturkell, V. Pinnel, Páll Einarsson, R. Pedersen, Halldór Geirsson, Magnús T. Guðmundsson, Helgi Björnsson, C. Pagli. 2004. Deformation and eruption forecasting of volcanoes under retreating ice caps: Discriminating signs of magma inflow and ice unloading at Grimsvotn and Katla volcanoes, Iceland. *Eos. Trans. AGU*, 85 (47), Fall Meeting Suppl., Abstract G42A-07.
- Guðrún Larsen. 2000. Holocene eruptions within the Katla volcanic system, south Iceland: Characteristics and environmental impact. *Jökull*, 49, 1-28.
- Helgi Torfason og Höskuldur Búi Jónsson. 2005. Jarðfræði NV Mýrdalsjökuls og nágrennis. Þetta rit, kafli II.
- Magnús T. Guðmundsson, Þórdís Högnadóttir, Helgi Björnsson, Finnur Pálsson. 2000. Jarðhitinn í Mýrdalsjökli og atburðirnir sumarið 1999. Ráðstefna Jarðfræðafélags Íslands um umbrot í Mýrdals- og Eyjafjallajökli, 17. febrúar 2000. Ágrip erinda, bls. 13.
- McGarvie, D. W. 1984. Torfajökull: A volcano dominated by magma mixing. *Geology*. 12, 685-688.
- Oddur Sigurðsson, Snorri Zóphoniásson og Erlingur Ísleifsson. 2000. Jökulhlaup úr Sólheimajökli 18. júlí 1999. *Jökull*, 49, 75-80.
- Ólafur Guðmundsson, Bryndís Brandsdóttir, W. Menke og Guðmundur Sigvaldason. 1994. The crustal magma chamber of the Katla volcano in south Iceland revealed by 2-D seismic undershooting. *Geophys. J. Int.* 119, 277-296.
- Páll Einarsson. 2000. Atburðarás í tengslum við hlaup í Jökulsá á Sólheimasandi í júlí 1999. Ráðstefna Jarðfræðafélags Íslands um umbrot í Mýrdals- og Eyjafjallajökli, 17. febrúar 2000. Ágrip erinda, bls. 14.
- Páll Einarsson og Bryndís Brandsdóttir. 2000. Earthquakes in the Mýrdalsjökull area, Iceland, 1978-1985: Seasonal correlation and connection with volcanoes. *Jökull*, 49, 59-73.
- Pedersen, R. and F. Sigmundsson. 2004. InSAR based sill model links spatially offset areas of deformation and seismicity for the 1994 unrest episode at Eyjafjallajökull volcano, Iceland. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L14610, doi:10.1029/2004GL020368.
- Pedersen, R. and F. Sigmundsson. 2005. Temporal development of the 1999 intrusive episode in the Eyjafjallajökull volcano, Iceland, derived from InSAR images. *Bull. Volc.*
- Soosalu, H., K. Jónsdóttir, P. Einarsson. 2005. Seismic crisis at the Katla volcano, Iceland – signs of a cryptodome? Sent til birtingar í *J. Volc. Geothermal Res.*
- Sturkell, E., F. Sigmundsson, and P. Einarsson. 2003a. Recent unrest of the Eyjafjallajökull and Katla volcanoes, Iceland. *J. Geophys. Res.*, 108, No. B8, 2369, 10.1029/2001JB00091.
- Sturkell, E., Páll Einarsson, Freysteinn Sigmundsson, Halldór Geirsson, Halldór Ólafsson, Rósa Ólafsdóttir, Gunnar B. Guðmundsson. 2003b. Þrýstingur vex undir Kötlu. *Náttúrufræðingurinn*, 71 (3-4), 4-10.
- Sturkell, E., P. Einarsson, M. Roberts, H. Geirsson, M. T. Guðmundsson, F. Sigmundsson, H. Geirsson, G. B. Guðmundsson. 2005. Signs of volcanic unrest at Katla subglacial volcano, Iceland. *Grein í undirbúningi.*
- Þorleifur Einarsson. 1991. Myndun og mótun lands. *Jarðfræði. Mál og menning*, 299 s, Reykjavík.