

Haukur Jóhannesson

Vestmannaeyjar

Könnun á jarðfræði og tillögur um boranir eftir heitu vatni

Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja

OS-2002/068

Desember 2002

ISBN 9979-68-108-X

Skýrsla nr.: OS-2002/068	Dags.: Desember 2002	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Vestmannaeyjar Könnun á jarðfræði og tillögur um boranir eftir heitu vatni		Upplag: 35
		Fjöldi síðna: 14 og jarðfr.kort í vasa
Höfundar: Haukur Jóhannesson		Verkefnisstjóri: Sverrir Jóhannsson
Gerð skýrslu / Verkstig: Jarðfræðiathuganir, úttekt á jarðhitalíkum		Verknúmer: 8-630850
Unnið fyrir: Hitaveitu Suðurnesja		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Gefið er yfirlit yfir jarðmyndanir og gossögu á Heimaey og lýst höggun jarðlaga þar. Verkið er liður í könnun á jarðhitalíkum á eyinni. Einnig eru raktar helstu heimildir um jarðfræði Vestmannaeyja. Settar eru fram tillögur um næstu boranir í leit að heitu vatni. Lagt er til að næsta hola verði boruð austan eða sunnan við Helgafell mitt á milli þeirra gosstöðva sem síðast hafa gosið í þeirri von að berggrunnurinn þar hafi brotnað eitthvað upp í eldsumbrotum og leiði því betur vatn en við Skiphella þar sem boruð var djúp hola var 1956. Sú hola reyndist tregleiðandi. Skýrslunni fylgir nýtt jarðfræðikort í mælikvarða 1:10.000.		
Lykilorð: Jarðfræði, höggun, boranir, jarðhiti, heitt vatn, Vestmannaeyjar	ISBN-númer: 9979-68-108-X	
	Undirskrift verkefnisstjóra:	
	Yfirfarið af: SP, PI	

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR.....	5
2. JARÐFRÆÐI	5
2.1. MYNDANIR FRÁ NÚTÍMAA.....	5
2.2. MYNDANIR FRÁ SÍÐASTA JÖKULSKEIÐI	7
2.3. GOSSAGA – ALDUR MYNDANA	9
3. HÖGGUN.....	11
4. HVAR Á AÐ BORA NÆST?	13
5. HEIMILDIR	14

MYNDIR

Mynd 1. <i>Mynd Guðmundar Kjartanssonar (1966) af skilunum milli Helgafellshrauns (efst) og lagskipts túffs frá Sæfelli.</i>	5
Mynd 2. <i>Sýnatökustaður Guðmundar Kjartanssonar (1966). Neðst er þunnlögótt hraun frá Stórhöfða en ofar er lagskipt túff frá Sæfelli.</i>	6
Mynd 3. <i>Snið Guðmundar Kjartanssonar (1966) af skilunum milli Stórhöfða og Sæfells. I er hraun frá Stórhöfða, II er jarðvegur, III er lagskipta túffið frá Sæfelli, 1 er leirkennd fokmold og 2 er mór.</i>	7
Mynd 4. <i>Ofar er ljósmynd af Hánni séð frá suðri en neðar er þversnið jarðlaga.</i>	8
Mynd 5. <i>Aldur gosmyndana á Heimaey í Vestmannaeyjum.....</i>	10
Mynd 6. <i>Sprungur, sprungubelti og gígar á Heimaey.</i>	12

1. Inngangur

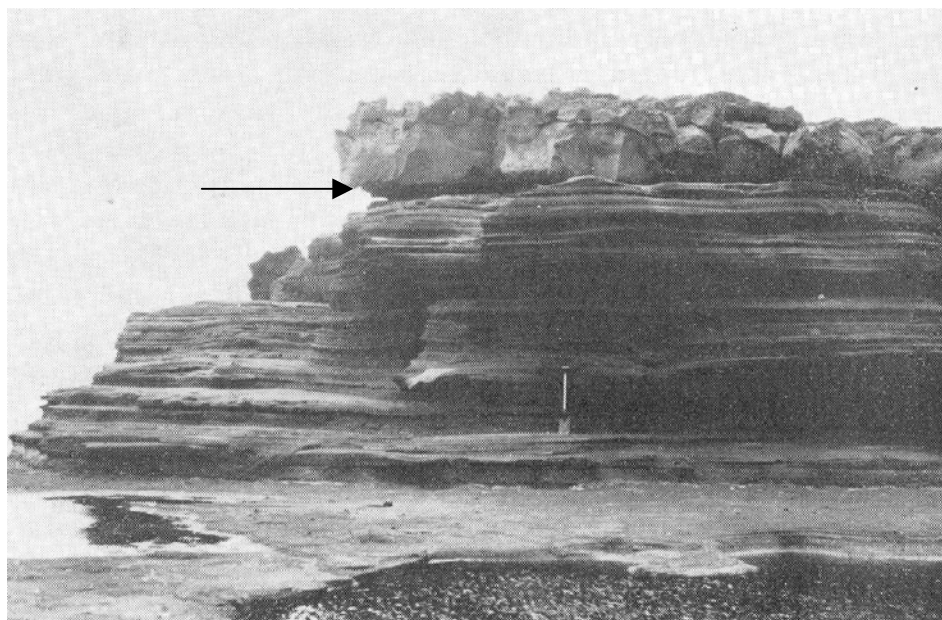
Hitaveita Suðurnesja fór sumarið 2002 fram á að Rannsóknasvið Orkustofnunar gerði úttekt á jarðhitalíkum í Vestmannaeyjum. Höfuðáhersla yrði lögð á kortlagningu jarðfræði og sprungna á Heimaey. Verkið var unnið haustið 2002, annars vegar með vettvangskönnun en hins vegar með könnun eldri heimilda.

2. Jarðfræði

Jarðfræði Vestmannaeyja er ekki ýkja flókin. Sveinn P. Jakobsson (1968) hefur skrifað yfirlit um jarðfræði eyjanna og einnig skrifaði Trausti Einarsson (1948) ítarlega grein um jarðfræði Vestmannaeyja í Árbók Ferðafélags Íslands. Guðmundur Kjartansson (1966) lét aldursgreina mó undan Sæfellsmynduninni. Skipta má jarðmyndunum í tvo flokka. Annars vegar gosmyndanir sem örugglega eru frá nútíma, þ.e. hafa myndast á síðustu 10.000 árum og hins vegar móbergsmýndanir sem orðið hafa til við gos á síðasta jökulskeiði eða fyrr. Jarðfræðikort af Heimaey er í vasa aftast í skýrslunni.

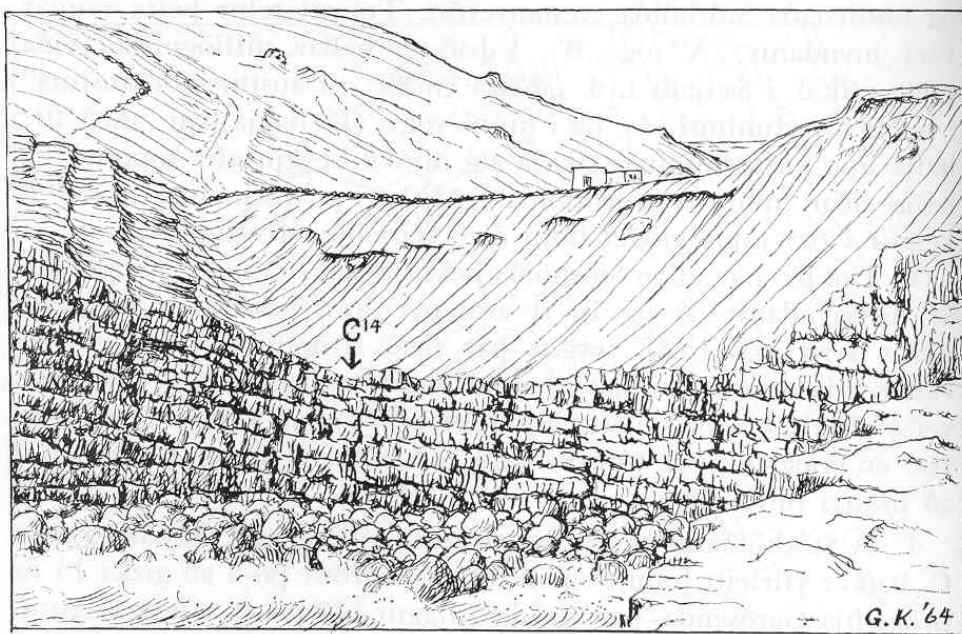
2.1. Myndanir frá nútíma

- *Eldfell og Eldfellshraun* frá 1973. Um það þarf ekki að fjölyrða hér. Í upphafi goss gaus á 1600 m langri sprungu en innan fárra daga var virknin aðeins í einum gíg.
- *Helgafell* er reglulegur gígur sem rís um 150 metra yfir umhverfi sitt. Frá því hefur runnið allmikið hraun sem náð hefur að tengja saman tvær aðskildar eyjar sem fyrir voru, þ.e. Sæfell-Stórhöfða í suðri og Hána og Dalfjall í norðri. Hraunið hefur ekki verið aldursgreint beint en hefur verið talið um 5000 ára gamalt. Ekki verður séð nú að gosið hafi á fleiri gígum en telja verður sennilegt að í upphafi gossins hafi opnast stutt sprunga svipað og í Eldfelli. Hraunið er beltaskipt. Engin jarðvegur er á milli Helgafellshraunsins og Sæfellsmyndunarinnar (mynd 1).



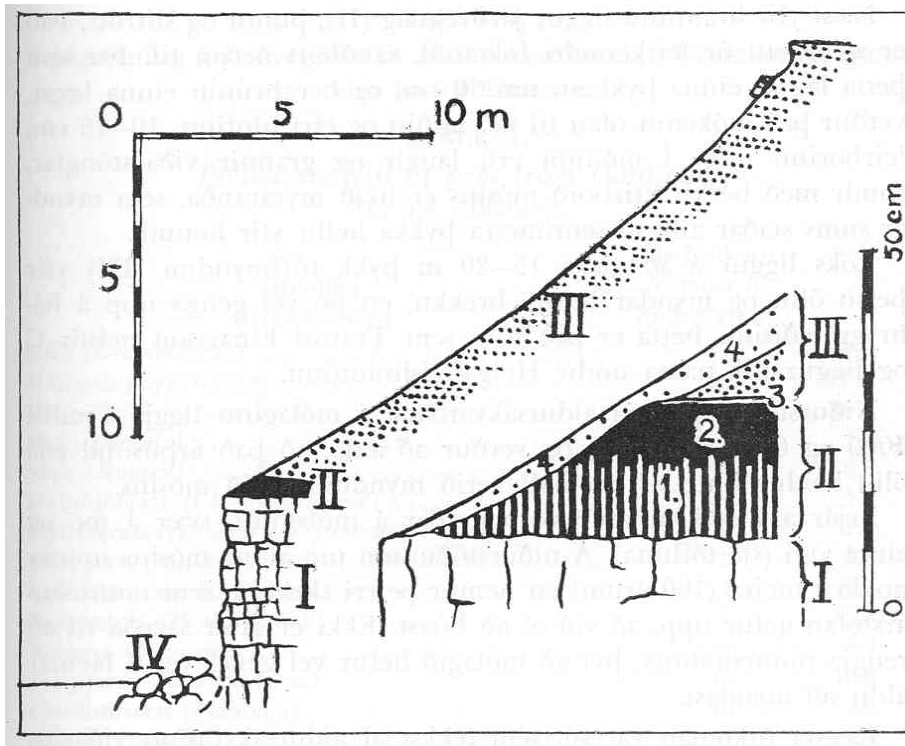
Mynd 1. Mynd Guðmundar Kjartanssonar (1966) af skilunum milli Helgafellshrauns (efst) og lagskipts túffs frá Sæfelli.

- *Sæfell* eru í raun stór öskugígur sem hefur NNA-SSV-stefnu. Í upphafi goss hefur gígurinn verið töluvert stór og tvískiptur en er á gosið leið dróst virknin saman í minni gíg. Sæfellsaskan gengur inn undir Helgafellshraunið en liggur ofan á hrauninu frá Stórhöfða. Krafturinn í Sæfellsgosinu hefur verið mikill og hefur það rífið stór stykki úr gosrásarveggjunum. Kennir þar margra grasa. Gosið hefur þeytt upp a.m.k. tveimur gerðum af basaltgrjóti – annars vegar fersku grófkorna basalti og hins vegar fersku fínkorna basalti. Einnig er þar að finna töluvert af móbergssteinum, sumir allnokkuð ummyndaðir. Jarðvegur skilur að Sæfells- og Stórhöfðamyndanirnar (myndir 2 og 3).



Mynd 2. Sýnatökustaður Guðmundar Kjartanssonar (1966). Neðst er þunnlögótt hraun frá Stórhöfða en ofar er lagskipt túff frá Sæfelli.

- *Stórhöfði* er elsta gosmyndunin sem telja verður frá nútíma enda hafa jöklar ekki gengið yfir hann. Gosið hefur hafist í sjó og hlaðist upp eyja úr gosösku. Hún er lagskipt. Um síðir hefur gosið náð að vinna sig upp fyrir sjávarmál og runnið úr einum stökum hraun gíg efst á höfðanum. Þau mynda hettu ofan honum. Hraunin eru mjög þunn (oft um 0,5 m eða þynnri) og frauðkennd nema taumur sem runnið hefur ofan af höfðanum til austurs og norðausturs. Þar er neðsta beltið þykkt og massíft – þó sést að það er upphaflega myndað úr þunnum hraunþynnum sem hafa runnið saman í massíft lag.



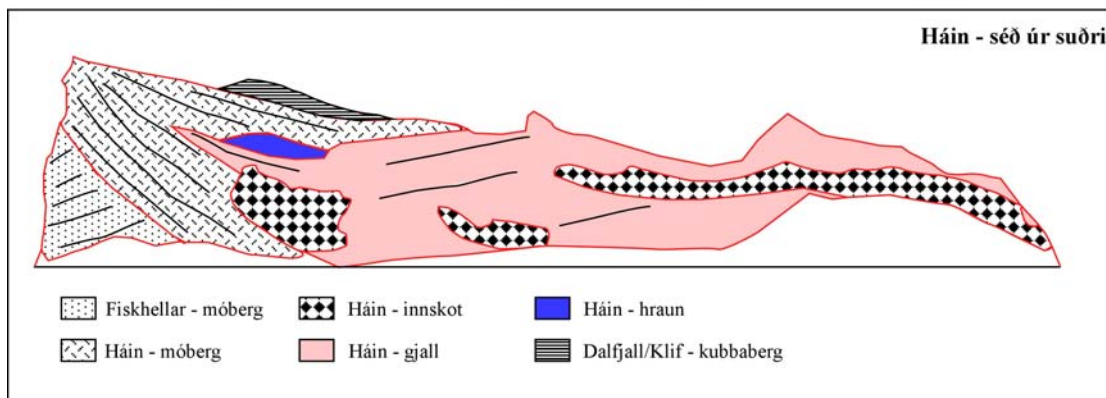
Mynd 3. Snið Guðmundar Kjartanssonar (1966) af skilunum milli Stórhöfða og Sæfells. I er hraun frá Stórhöfða, II er jarðvegur, III er lagskipta túffið frá Sæfelli, 1 er leirkennð fokmold og 2 er mór.

2.2. Myndanir frá síðasta jökulskeiði

- *Dalfjall-Klif* er yngst af þessum myndunum. Myndunin er nokkuð flókin að uppbyggingu. Neðst í Klifinu, einkum norðaustast við Eiðið, er massíft ólagskipt móberg sem greinilega hefur myndast við gos undir jökli en ekki í sjó. Gosið virðist hafa náð að vinna sig upp úr jöklinum, og ofan á massífa móberginu er lagskipt þursaberg og völuberg og ofan á því þunn kubbabergslög, en efst er hraunhetta. Botninn á hraunhettunni er í um 180 m hæð. Frá ætluðum gíg norðan í Klifinu hefur runnið kubbabergshraun til vesturs, frekar tvö en eitt og mynda þau hrygginn upp af Herjólfsdal. Einnig hefur runnið kubbabergslag niður í átt að höfninni og sjást leifar þess á hryggnum norðan við Hána. Þar er um fimm metra þykkt völuberg undir því en ofan á Háarmynduninni. Annar gígur hefur verið í eða í grennd við Dalfjallið. Stuðluð innskotlög hafa troðist inn í gosöskuhauginn, einkum í Klifinu.
- *Heimaklettur* er að mestu úr massífu lítt lagskiptu móbergi sem telja verður að hafi orðið til við gos undir jökli. Efst er hraun sem hefur storknað inni í gíg. Botninn á hrauninum er í um 100 m hæð. Eftir því sem best verður séð hafa gígarnir verið a.m.k. tveir. Annar og sá stærri hefur verið þar sem nú er hafnarmynnið og norður-barmur hans sést í Heimakletti hafnarmegin. Annar gígur virðist hafa verið norðan við Heimaklett.
- *Ystiklettur* er eldri en Heimaklettur og hefur verið farinn að rofna áður en gosið varð er myndaði Heimaklett. Heimaklettsmyndunin leggst mislægt ofan á Ystaklettsmyndunina og sést það best norðan á rananum sem tengir þá saman. Ystiklettur er að mestu úr massífu móbergi sem myndast hefur undir jökli en efst er lítil hraunhetta

sem bendir til að gosið hafi náð upp úr jöklinum, en kubbabergslag liggur frá gígnum til suðurs fram á Klettsnef.

- *Háin* er öskugígur og þar bendir ekkert til nærveru jökuls. Háin liggur inn undir Dalfjalls-Klifsmýndunina og er því eldri. Gígurinn er lagskiptur og samsettur úr ótalmörgum þunnum lögum svipað og er í Surtsey. Í lok goss hefur gígurinn lokast frá sjó og hraun runnið inni í honum. Botninn á hraununum er í um 100 m hæð. Undir því er mikið af lagskiptu gjalli (mynd 4). Af lagskiptingu má vera ljóst að gígarnir hafa verið tveir og sá nyrðri er upp af Skiphellum. Í honum er líka hraun og er botn þess í um 70-80 m hæð. Norðan undir Dalfjalli, skammt vestur af Klifinu, er lagskipt túff niður undir fjöru sem að líkindum er hluti af Hánni. Í Skiphellum er hálfsmetra gangur sem stefnir nærri N-S og verður að telja hann hluta af Hánni en ekki verður fullyrt hvort hér sé um gosgang að ræða eða bergæð.
- *Fiskhellar* eru í þverhníptum hömrum vestan í Hánni og vita að Herjólfsdal. Þeir eru úr lagskiptu túffi og hallar að Herjólfsdal. Háin leggst mislægt ofan á þessa myndun. Hún er augljóslega mynduð við gos í sjó. Telja verður nokkuð víst að upphaflegi gígurinn hafi verið þar sem nú er Herjólfsdalur en myndunin hefur verið mikið rofin áður en næsta gos huldi hana.



Mynd 4. Ofar er ljósmynd af Hánni séð frá suðri en neðar er þversnið jarðlaga.

2.3. Gossaga – aldur myndana

Erfitt eða nær ógjörningur er að aldursgreina með beinum hætti gosmyndanir á Heimaey þegar yngstu myndanirnar eru frátaldar. Um Eldfell þarf ekki að fjölyrða. Helgafell hefur verið álitid vera um 5000 ára og er þar byggt á öskulagasniðum ofan á hrauninu. Milli Sæfells- og Stórhöfðamyndananna er jarðvegur allt að 30 sm þykkur. Neðan til er fokmold en mór ofar. Guðmundur Kjartansson (1966) lét aldursgreina sýni úr móluginu með geislaskolsaðferðinni. Niðurstöður hans voru eftirfarandi:

Sýnisnúmer	Staður	Efni	Aldur*
U-519	Garðsendi 1	Mór	5460±170
U-539	Garðsendi 2	Mór	5930±120
U-521	Garðsendi 3	Viður	5260±200

* aldur miðað við $T_{1/2}=5730$

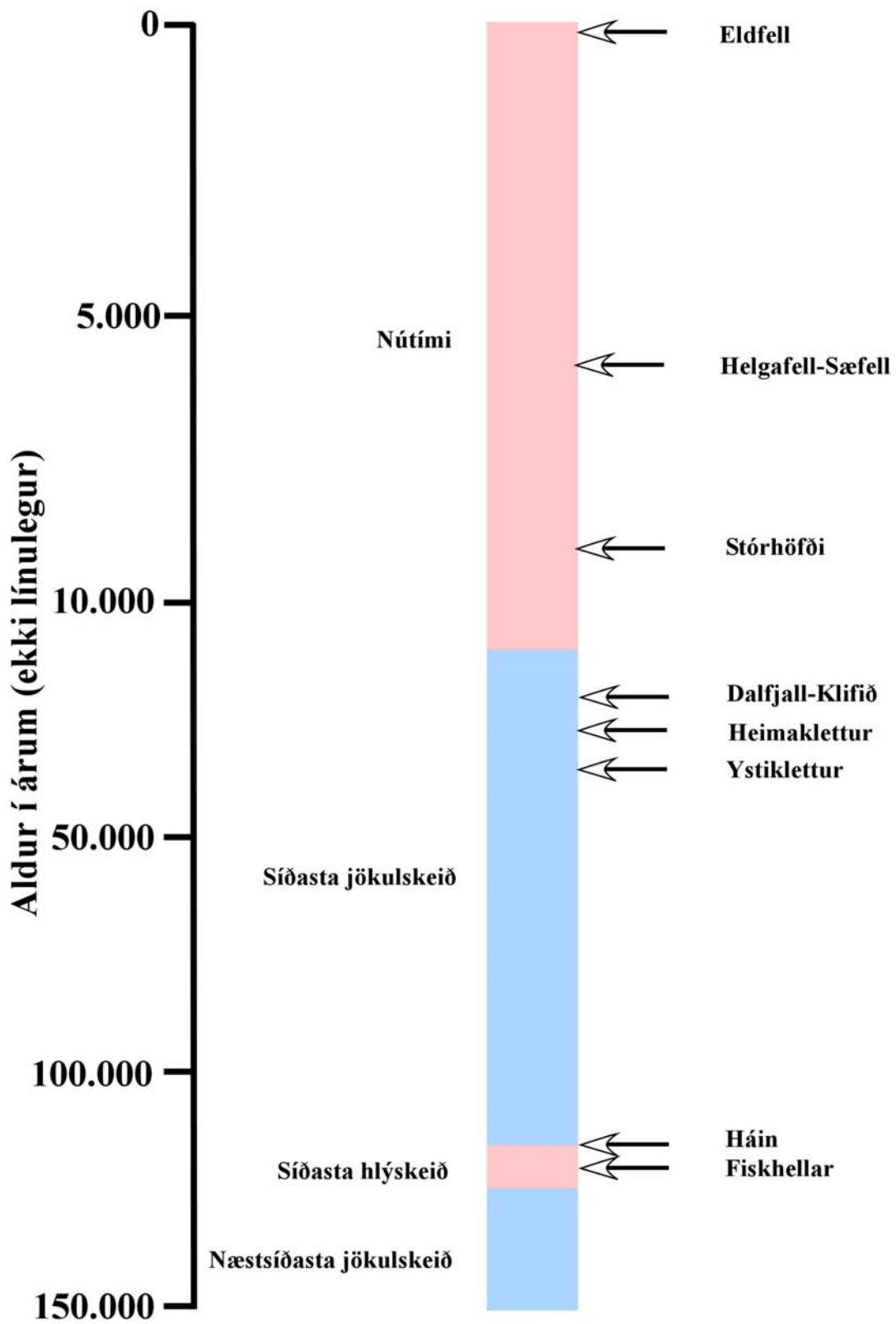
Leiðréttur aldur er um 6000 ár. Þessi aldur gefur okkur aldurinn á Sæfellsgosinu. Stórhöfði er eitthvað eldri. Þar sem enginn jarðvegur er milli Sæfellsmyndunarinnar og Helgafellshraunsins gefur það til kynna að tímenn þar á milli sé stuttur. Eitt atriði sem mér finnst blasa við, en ekki hefur verið stungið upp á fyrr, er að Sæfells-gosið sé upphafið að Helgafellsgosinu og fyrir því eru tvær höfuð röksemdir. Annars vegar að Helgafellshraunið leggst beint ofan á Sæfellstúffið og ekki verður vart við neinn jarðveg eða neitt rof á skilunum. Hins vegar er nokkuð augljóst að Helgafell og gígarnir í Sæfelli eru á sömu línunni og því gæti verið, eins og tilfellið var í Eldfellsgosinu, að gosið hafi hafist á stuttri sprungu. Fyrir þetta gos er alveg ljóst að Stórhöfði var stök eyja og eins Dalfjallið og Heimaklettur/Ystiklettur. Í gosinu hafa hlaðist upp túffeyjar og að lokum hefur virknin dregist saman á einn stað og þar kom að lokum að gígurinn lokaðist og hraun fór að renna og Helgafell hlóðst upp með tímanum. Í gosinu myndaðist Heimaey í núverandi mynd.

Gosmyndun	Aldur	Heimild
Eldfell	1973	
Helgafell	~ 6000	Guðmundur Kjartansson 1966
Sæfell	~ 6000	Guðmundur Kjartansson 1966
Stórhöfði	> 6000	Guðmundur Kjartansson 1966

Það eina sem um Stórhöfða er hægt að segja er að hann er nokkru eldri en Sæfell en þó ekki frá jökulskeiðinu síðasta því gígurinn og hraunið er alveg óurið.

Aldur móbergsmýndana á Heimaey norðanverðri er óviss. Þó er ljóst að gosið hefur við tvenns konar ólíkar aðstæður. Annars vegar eru tvær elstu myndanirnar, Háin og Fiskhellar, dæmigerðar Surtseyjarmýndanir, þ.e. gosið hefur í sjó þar sem snöggkæling kvikunnar hefur myndað mikla ösku sem sest hefur til í vel lagskipta stabba. Hins vegar eru Dalfjall/Klif, Heimaklettur og Ystiklettur sem virðast hafa myndast við gos í jökli. Þar sem ljóst er að Háin og Fiskhellar eru eldri en Dalfjall/Klifið verður að telja að síðarnefndu myndanirnar séu frá síðasta jökulskeiði og frá þeim tíma er jöklar gengu hvað lengst fram þ.e. fyrir 18-20.000 árum. Háin og Fiskhellar eru eldri og að líkindum frá síðasta hlýskeiði eða frá stuttum hlýindakafla snemma á síðasta jökulskeiði. Á mynd 5 er sýnd aldursafstaða gosmýndana á Heimaey eins og hún er sett upp hér.

Aldur gosmyndana á Heimaey



Mynd 5. Aldur gosmyndana á Heimaey í Vestmannaeyjum.

3. Höggun

Sprungumynstrið sem fram kemur í Vestmannaeyjum stjórnast af líkindum fyrst og fremst af eldvirkni. Brander og Wadge (1973) greindu tvö sprungukerfi. Annars vegar NNA-SSV stefnu sem er mjög áberandi og henni fylgja gígarnir austantil á eyggi sem raða sér á um 500 m breitt belti. Hins vegar er ANA-VSV stefna sem kemur fram í móbergsmýndunum nyrst á eyggi (Sveinn P. Jakobsson 1968) og er það einnig um 500 m breitt belti, hér nefnt norðurbeltið (mynd 6).

Síðastliðið sumar (2002) var gerð nokkuð ítarleg könnun á sprungustefnum á Heimaey. Leitað var að sprungum og brestum í móbergsmýndunum bæði á norðurhluta eyjarinnar og einnig í túfflögum í Sæfelli og móberginu í Stórhöfða. Ekki var í öllum tilvikum hægt að skoða þær í návígi vegna slæms sjólags. Á mynd 6 eru sýndar nokkrar af þeim sprungum sem mældar voru.

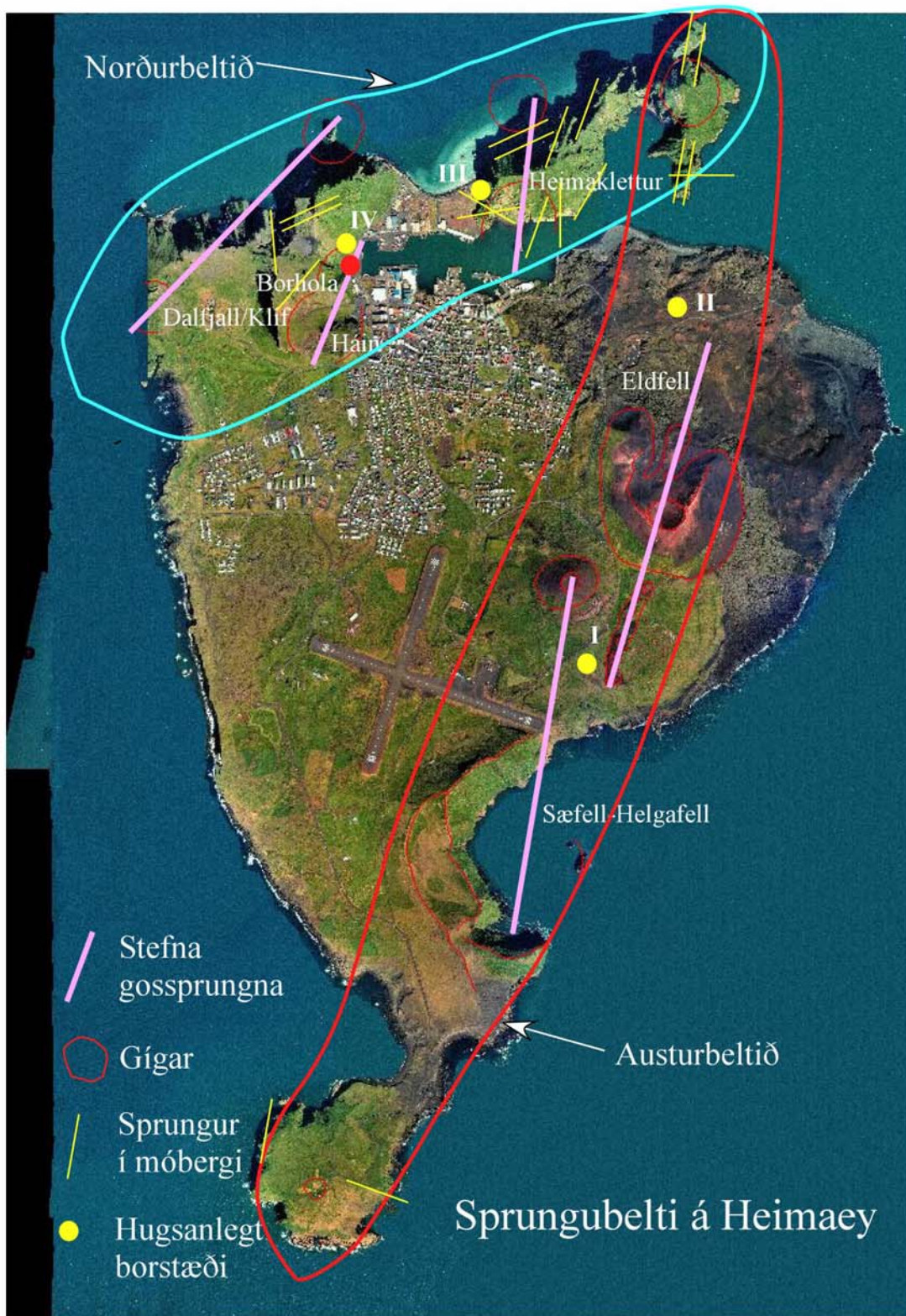
Í Litlklifi eru hátt í 10 sprungur á um 25 m kafla og er stefna þeirra N60-70°A. Í veggnum sem liggur niður frá Litlklifi að Skiphellum eru nokkrar sprungur og er stefna þeirra flestra um N40°A en einnig sjást á þessu svæði sprungur sem stefna N5°V og N45°V en þær eru fáar. Í vesturhömrum Heimaeyjar á Eiðinu eru sprungur sem stefna N80°A og N60°V. Í hömrunum sunnan á Heimakletti og í Klettsnefi eru allmargar sprungur en þó áberandi flestar og styst á milli þeirra í Klettsnefinu. Þær stefna langflestar um N20°A (á stuttum kafla í Klettsnefi eru 13 sprungur sjáanlegar). Í Kambi norðan á Heimakletti eru tvær stefnur áberandi. Annars vegar N20°A og hins vegar N70°A og ber miklu meira á þeim austlægari (taldar um 10 sprungur). Norðan í Heimakletti er myndarlegur gangur 5-10 m þykkur og stuðlaður. Hann stefnir nærri N20°A. Vestan í Stórhöfða eru fáeinar sprungur sem stefna N-10-20°A og ein austan á honum með stefnu N20°V.

Á norðurbeltinu er mun meira af sprungum en þær virðast vera fremur ellilegar margar hverjar. Á því svæði eru tvær “populasionir” (þýði) af sprungum. Annars vegar N20°A og hins vegar N70°A sprungur. Á tveimur stöðum var sprunguþéttleiki nokkru meiri en annars staðar. Í Ystakletti í framhaldi af austurbeltinu koma fram NNA-SSV sprungur, allmargar á mjóu belti frá Klettsnefi og norður í Faxa. Ekki var vegna veðurs hægt að kanna þær í návígi en þær virtust vera fremur unlegar. Hins vegar er sprungukerfi sem gengur eftir háhryggnum á Klifinu með stefnuna NNA-SSV og virðast sumar þeirra vera nokkuð opnar. Í jarðskjálftunum 2000 hrundi mikið úr Klifinu. Ekki sást hliðrun á sprungunum. Mun austlægara (N70-80°A) sprungukerfi liggur norðanhalt í Heimakletti og í stefnu á Skiphella eða þar um bil. Þær sprungur virðast ellilegar.

Í Sæfellstúffinu sem er um 5500 ára fundust engar sannfærandi sprungur og í Stórhöfða eru þær fáar en stefna NNA-SSV. Eldfellssprungan er vel þekkt og var kortlögð af Brander og Wadge (1973) og hún var samsett úr stuttum bútum sem voru hægri skástígar. Svo virðist vera að þótt eldvirkni á nútíma hafi verið bundin við eystra sprungubeltið á Heimaey þá sjáist þess lítil merki í elstu myndunum.

Á mynd 6 eru sýndir gígar í móberginu eins og þeir koma blekbóna þeim sem hér heldur á penna fyrir sjónir.

Í Ystakletti sést móta fyrir einum gíg og inni í honum er smá hraunbleðill.



Mynd 6. Sprungur, sprungubelti og gígar á Heimaey.

Í Heimaklettsmynduninni eru gígarnir að því er virðist tveir. Stefnan á milli þeirra er nálægt N10-20°A. Annar opnast inn í höfnina og efst í Heimakletti er hraunlagabunki sem er hangandi innan í gígnum. Annar virðist vera norðan við Heimaklett og þar sést stuðlabergsgangur sem stefnir um N30°A en að öðru leyti er gígurinn að mestu horfinn.

Í Dalfjalli/Klifi eru merki um tvo gíga. Annar norðan í Klifinu og að mestu nú í sjó. Efst í Klifinu er 10-15 m hraunastabbi. Frá Klifinu hefur runnið kubbabergshraun til suðvesturs og má rekja það allt að Dalfjalli. Í Dalfjalli eru leifar af öðrum gíg sem telja verður samtíma Klifinu. Stefnan á milli þeirra er nálægt N50°A.

Í Hánni eru greinilega tveir gígar. Sá syðri er vel sýnilegur með töluverðu af gjalli og smáhraunsnepli í miðju. Það mótar fyrir öðrum gíg í skvompunni norðan við Skiphella en sá er ógleggri en í honum er líka smáhraunsnepill. Stefnan milli þeirra er N20-25°A.

Stefna Eldfellssprungunnar er N20°A og sameiginleg stefna Sæfells og Helgafells er N10°A.

4. Hvar á að bora næst?

Djúpa holan sem boruð var við Skiphella (Guðmundur Pálmason o.fl. 1965) er svo að segja inn í nyrðri gígnum í Hánni og einnig á því svæði þar sem ANA-VSV sprungukerfið sker gíginn. Djúpa holan er því nokkuð vel staðsett sé tekið mið af höggun og gígakerfum í norðurbeltinu. Holan reynist vera nokkuð treg. Aftur á móti hefur eldvirkni á norðurbeltinu engin verið að séð verður á síðustu 10.000 árum. Austurbeltið hefur aftur á móti verið virkt og gosið að minnsta kosti þrisvar sinnum (jafnvel fjórum sinnum) á sama tíma. Því væri ráðlegt að bora í nánd við þær gígaraðir sem gosið hafa síðast á Heimaey í þeirri von að berggrunnurinn hafi brotnað eitthvað upp við umbrotin. Lagt er til að næsta hola verði boruð austan eða sunnan við Helgafell en vestan við litlu gígaröðina frá 1973 sunnan Eldfells – mitt á milli þeirra eldstöðva sem síðast hafa gosið (mynd 6). Aðrir möguleikar eru einnig taldir upp í meðfylgjandi töflu.

	Borstaður	Röksemd
I	Austur eða suður af Helgafelli	Bora lóðrétt milli yngstu gossprungnanna í von um sprungið berg
II	Norðan Eldfells gegnt Klettsnefi	Bora lóðrétt í hugsanlegt sprungukerfi milli Eldfells og Klettsnefs
III	Vestan undir Heimaey	Bora á ská til norðausturs og reyna að skera ANA-VSV-sprungur norðan í Heimakletti
IV	Við Skiphella	Bora á ská til vesturs eða norðvesturs og reyna að skera ANA-VSV-sprungur í Klifinu

5. Heimildir

Brander, J. & G. Wadge 1973. Distance measurements across the Heimaey eruptive fissure. *Nature* 244: 496-498.

Guðmundur Kjartansson 1966. Nokkrar nýjar C^{14} -aldursgreiningar. *Náttúrufræðingurinn* 36: 126-141.

Guðmundur Pálmason, Jens Tómasson, Jón Jónsson og Ísleifur Jónsson 1965. Djúpborun í Vestmannaeyjum. Raforkumálastjóri. Jarðhitadeild og Jarðboranir ríkisins - skýrsla. 43 bls.

Sveinn P. Jakobsson 1968. The geology and petrography of the Vestmann Islands. *Surtsey Research Progress Report IV*:113-132.

Trausti Einarsson 1948. Bergmyndunarsaga Vestmannaeyja. *Árbók Ferðafélags Íslands* 1948. Bls. 131-157.