

**Ekki skal vitnað í þessa
skýrslu án samráðs við
höfunda**

JARÐLÖG VIÐ VESTMANNAEYJAR

**Áfangaskýrsla um jarðlagagreiningu og könnun
neðansjávareldvarpa með endurvarpsmælingum**

KJARTAN THORS

JÓHANN HELGASON

HAFRANNSÓKNASTOFNUNIN

DESEMBER 1988

EFNISYFIRLIT

	s.
Ágrip	1
1 Inngangur	2
2 Jarðfræði Vestmannaeyja: stutt ágrip	2
2.1 Aldur Vestmannaeyja	2
2.2 Aldur setlaga undir gosmyndun Vestmannaeyja	5
2.3 Bergfræði	5
2.4 Fyrri rannsóknir á hafsbotni við Vestmannaeyjar	5
2.5 Fyrri rannsóknir á landi við Markarfljót	5
3 Almenn um endurvarpsmælingar	6
3.1 Tækjabúnaður	6
3.2 Hljóðhraði mismunandi jarðlaga	7
4 Endurvarpsmælingar við Vestmannaeyjar	8
4.1 Mæilínur	8
5 Niðurstöður	8
5.1 Heildartúlkun mæilína	8
5.2 Endurvarpsmælingar milli lands og Eyja: austur-vestur snið	9
5.3 Landgrunnið milli lands og Eyja: norður-suður snið	17
5.4 Niðurstöður frá Háfadjúpi	17
5.5 Eyjabanki	30
6 Umræða	30
6.1 Tilgáta að myndun lægðar í Háfadjúpi	30
6.2 Jarðlög í Álum	34
6.3 Hæðarkollar við Eyjabanka	36
6.4 Gossvæði Vestmannaeyjasvæðisins	36
7 Ályktanir	38
7.1 Jarðlagaskipan Vestmannaeyjasvæðisins	38
7.2 Þróun eldvirkni við Eyjar	38
8 Heimildir	39

Viðauki: Mæilínur frá 1980 (leiðangur A16-80) og 1983 (leiðangur A2-83) ásamt túlkun mælisniða

SKRÁ YFIR MYNDIR

Myndnúmer	s.
1a Rannsóknarsvæði í Háfadjúpi austan Heimaeyjar	3
1b Rannsóknarsvæði vestan Heimaeyjar	4
2 Tækjabúnaður við endurvarpsmælingar	6
3a Mælilínur austan Heimaeyjar	10
3b Mælilínur vestan Heimaeyjar	11
4 Mælilína 1 á milli lands og Eyja	12
5 Mælilína 2 á milli lands og Eyja	13
6 Mælilína 19 á milli lands og Eyja	14
7 Mælilína 3 á milli lands og Eyja	15
8 Túlkun mælilína (1, 2, 19 og 3) á milli lands og Eyja	16
9a Snið 47480 (NNA-SSV) yfir Álinn á milli lands og Eyja	18
9b Jarðlagagreining sniðs 47480 á milli lands og Eyja	19
10 Snið 47560 (NNA-SSV) í Háfadjúpi ásamt túlkun jarðlaga	20
11 Snið 47540 (NNA-SSV) í Háfadjúpi ásamt túlkun jarðlaga	21
12 Háfadjúp - dýpi á klöpp	22
13 Háfadjúp - þykkt sets frá Nútíma	24
14 Háfadjúp - snið 2 (VNV-ASA), sýnir m.a. þversnið eldvarpa V1 og V1A	25
15 Háfadjúp - snið 3 (VNV-ASA), sýnir þversnið eldvarps V2	26
16 Háfadjúp - snið 4 (VNV-ASA), sýnir þversnið eldvarpa V3 og V3A	27
17 Háfadjúp - snið 5B (VNV-ASA), sýnir þversnið eldvarps V4	28
18 Háfadjúp - snið 6B (VNV-ASA), sýnir þversnið eldvarps V5	29
19 Háfadjúp - lega eldvarpa: svæði E	31
20 Súlurit: dýpi á koll vestan Heimaeyjar	32
21 Dýpi á koll vestan Heimaeyjar: svæði A - D	33
22 Tilgáta um jarðsögu Háfadjúps	35
23 Skematísk afstaða jarðlaga við Vestmannaeyjar	37

ÁGRIP

Endurvarpsmælingar með Sparker á landgrunninu frá Háfadjúpi að austan til Útsuðurshrauns að vestan gefa mynd af afstöðu og dreifingu jarðlaga í efstu 50 - 300 m hafsbotnsins. Úr þeim má því lesa upplýsingar um uppbyggingu og jarðsögu Vestmannaeyjasvæðisins.

Elsta jarðmyndunin sem mælingarnar sýna er sennilega yfirborð gosbergsmýndunar, sem sést í Álum þar sem hún myndar brún meðfram landi. Þessi brún liggur væntanlega áfram austur með landinu þó að hún sjáist ekki í mælisniðum. Sunnan hennar taka svo við þykk landgrunnsög. Ofan á þessar myndanir leggjast svo yngri jarðlög, fyrst setlög, sennilega jökulframburður að verulegu leyti, og síðan gosmyndanir Vestmannaeyjakerfisins. Loks hafa geysipykk setlög safnast fyrir á svæðinu á Nútíma, sérstaklega meðfram landi og í Háfadjúpi.

Mislægi, sem talið er vera frá mótum Ísaldar og Nútíma, má rekja í mælisniðum um allt svæðið. Með því gefst kostur á að setja jarðmyndanir í afstæða tímaröð og gera sér betri grein fyrir nokkrum þáttum í sögu setmyndunar og eldvirkni á svæðinu. Þannig fæst t.d. mynd af tilfærslu eldvirkni í tímans rás frá Eyjabanka (Útsuðurshrauni - Karga) til svæðisins við Einadrang og Þrídranga, þá til Háfadjúps og loks Eyjasvæðisins. Einnig gefur landslagið undir mislæginu hugmynd um áhrif jökla á landgrunnið, sérstaklega myndun Háfadjúps. Þá er mikil þykkt setlaga ofan mislægisins vitnisburður um afkastamikil fallvötn á síðustu árþúsundum.

Vestmannaeyjagoskerfið er stærra en talið hefur verið. Mælisnið úr Háfadjúpi sýna að þar hefur verið töluverð eldvirkni um tíma. Ummerki hennar hafa hins vegar ekki sést fyrr en nú, þar sem eldvörpin hafa færst í kaf undir setlög frá Nútíma.

1. INNGANGUR

Á undanförunum árum hefur Hafrannsóknastofnun framkvæmt endurvarpsmælingar með ströndum landsins. Markmið þeirra er að kanna jarðlög hafsbotsins og afla almennrar þekkingar um íslenska landgrunnio á svæðum þar sem litlar eða engar upplýsingar hafa verið fyrir hendi.

Með þessari skýrslu er ætlunin að taka saman og gera grein fyrir gögnum sem safnað var við Vestmanneyjar í leiðöngurum með skipi Hafrannsóknastofnunar, Árna Friðrikssyni, á árunum 1980 (leiðangur A16-80) og 1983 (leiðangur A2-83). Um er að ræða einrása endurvarpsmælingar (með Sparker).

Áður en mæliniðurstöðum verður lýst, verður gerð grein fyrir jarðfræði Vestmannaeyjasvæðisins og þeirri vitneskju, sem fyrir lá um jarðfræði Vestmannaeyjasvæðisins áður en þessar mælingar voru gerðar. Þá verður fjallað í nokkru máli um hina tæknilegu hlið mælinganna og framkvæmd þeirra í Háfadjúpi.

2. JARÐFRÆÐI VESTMANNAEYJASVÆÐISINS

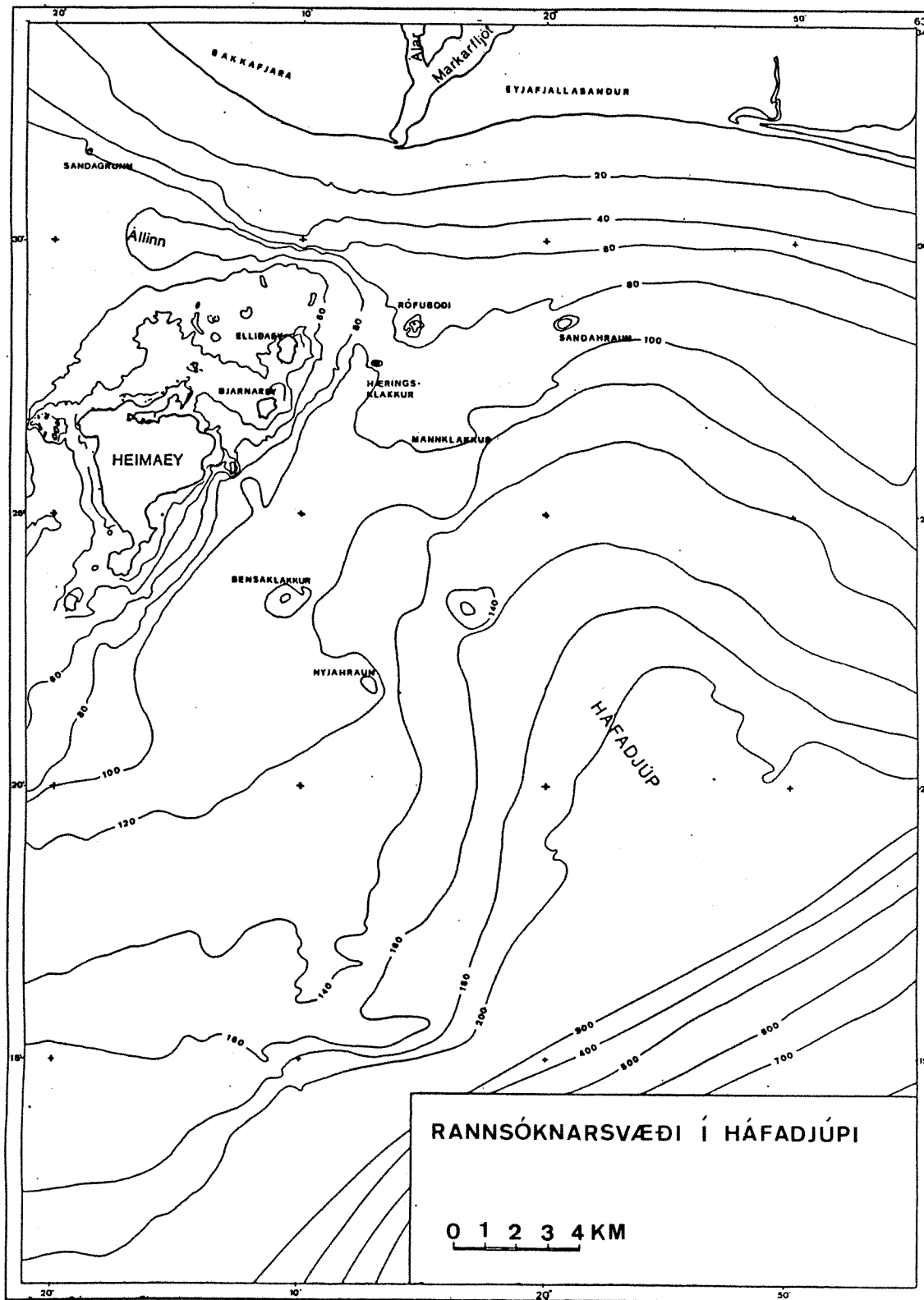
Vestmannaeyjar eru þyrping eyja sem eiga það sammerkt að hafa hlaðist upp við eldgos í hafi (**myndir 1a og 1b**). Þessar eyjar teljast syðsti hluti eystra gosbeltisins á Suðurlandi. Vísbendingar um að miðja goskerfisins sé á Heimaey gefur ísúrt berg sem þar hefur fundist (Sveinn Jakobsson, 1979, s. 12) auk þess sem mest af gosbergi virðist hafa náð yfirborði þar.

Vestmannaeyjakerfið er að mörgu leyti sérstætt, t.d. með hliðsjón af tektóník. Opnar gliðunarsprungur eru lítt áberandi en víxlengishreyfingar eru líklega algengar og ólíklegt er talið að lárétt kvikuflæði skipti verulegu máli (Sveinn Jakobsson, 1979; Sigurður Þórarinnsson, 1977). Í eldstöðvakerfinu er meðalstefna gossprungna $N40^\circ A$ (breytileg frá $N12-45^\circ A$). Talið er (Brander og Wedge, 1973) að í Vestmannaeyjagoserfinu séu tvö víxlengissprungukerfi, þ.e. með stefnu um $N17^\circ A$ og $N70^\circ A$. Í Heimaeyjargosinu sáust m.a. 11 gígar á skástígum sprungum með stefnu $N24-27^\circ N$ og lágu þeir í sprungubelti með hægri hliðrun sem stefndi $N17^\circ A$. Sveinn Jakobsson (1968) telur að Heimaklettur hafi gosið í beltinu með stefnu $N75^\circ A$ á skástígum sprungum með vinstri hliðrun og stefnu $N35^\circ A$. Við Surtsey eru skástígar gossprungur einnig með vinstri hliðrun og stefnu $N35^\circ A$ en stefna **gosbeltisins** er hins vegar orðin $N65^\circ A$, (þ.e. stefnan frá Jólni um Surtsey, Syrtling til Surtlu). J. Brander og G. Wadge (1973) mældu stefnu mestu samþjöppunar samfara Heimaeyjargosinu sem reyndist $N45^\circ A$. Þessi stefna er mjög nálægt meðalstefnu hinna tveggja víxlengissprungukerfa við Vestmannaeyjar.

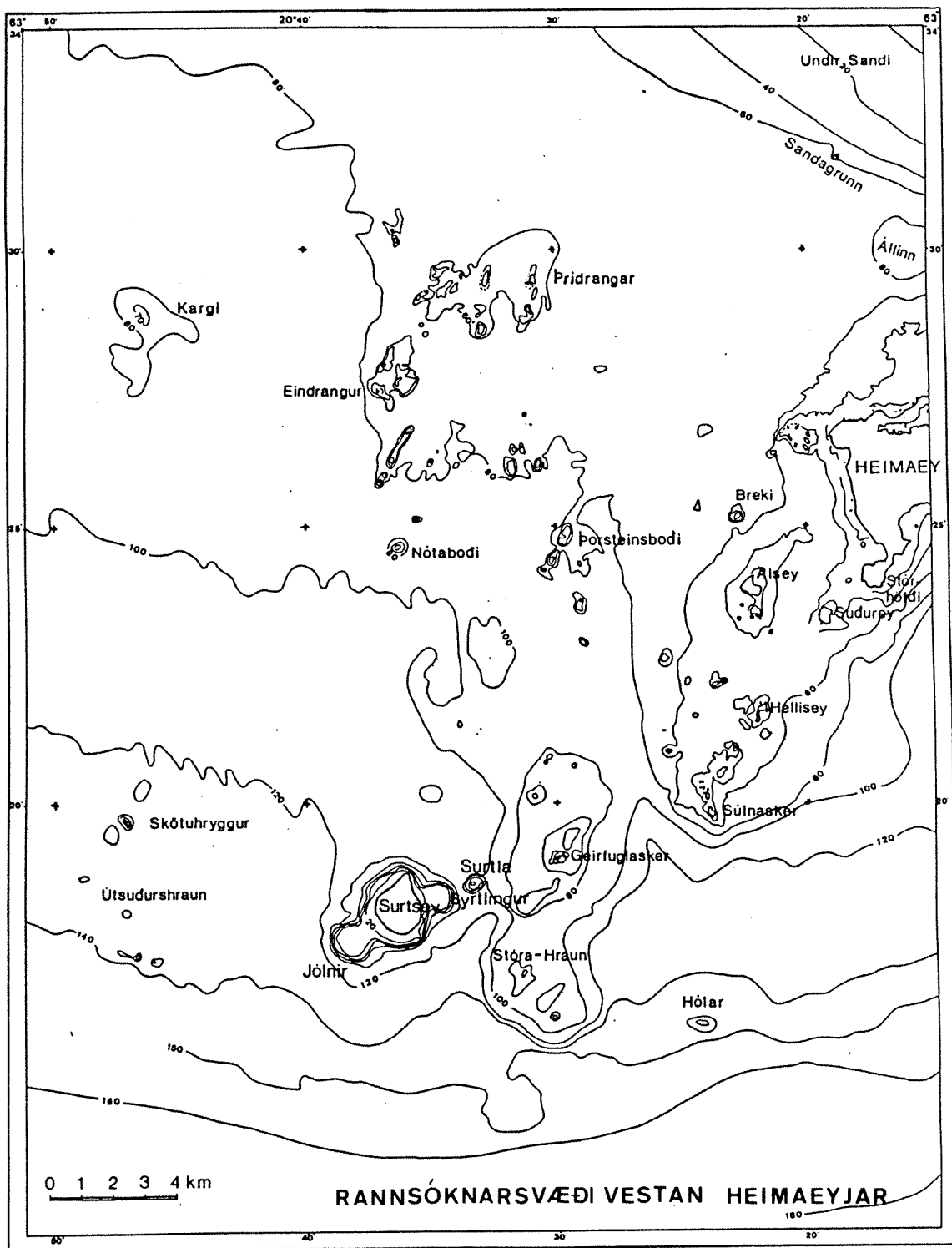
2.1 Aldur Vestmannaeyja. Aldur Vestmannaeyjagoserfisins er lítt þekktur en eyjarnar eru af flestum, sem um þær hafa fjallað, taldar ungt og mjög virkt eldstöðvakerfi.

Könnun á bergmylsnu úr borholu á Heimaey (Guðmundur Pálmason o. fl., 1965) gefur til kynna að jarðlög að 170 m dýpi niður fyrir sjávarmál séu nær eingöngu gosberg að frátöldum tveim jökulbergslögum á 94-104 og 160-168 m. Gosbergið er talið hafa myndast undir jökli eða/og í sjó. Neðan við gosbergið eru 600 - 700 metra þykk setlög/setberg. Neðan við setlögin eru hraunlög sem talin eru af tertíerum aldri. Frumniðurstöður gefa til kynna að gosmyndunin í Heimaey, hafi hafist á síðasta jökulskeiði (Guðmundur Pálmason o. fl., 1965).

Fátt bendir til þess að Vestmannaeyjar hafi gosið á fyrri hlýskeyðum. Að minnsta kosti hafa ekki fundist hraunlög í neðri hluta gosmyndunarinnar á Heimaey, sem gefa vísbendingar um eldgos ofan sjávarmáls. Sé þetta rétt lætur nærri að hámarksaldur Vestmannaeyjagoserfisins sé um 70.000 ár. Á hinn bóginn er ekki hægt að útiloka að svæðið hafa verið undir sjávarmáli þar til tiltölulega nýlega



Mynd 1a. Rannsóknarsvæði í Háfadjúpi austan Heimaeyjar



Mynd 1b. Rannsóknarsvæði vestan Heimaeyjar

þannig að gosbergið í sökkli Heimaeyjar (sem er að mestu móberg) hafi orðið til í neðansjávargosum fyrri hlýskeyða.

Sveinn Jakobsson (1982, s. 148) hefur sett fram reiknað mat á aldri Vestmannaeyjagoskerfisins. Hann byggir m.a. á þeim forsendum að þykkt gosmyndunarinnar á Heimaey gefi til kynna að gosmyndun Vestmannaeyjakerfisins í heild sé að meðaltali yfir 100 m þykk á um 1000 km² svæði og að framleiðsla gosefna í þessu kerfi hafi numið 3.5 km³ á síðustu 12.000 árum (Sveinn Jakobsson, 1979). Niðurstaða hans er sú að Vestmannaeyjar hafi byggst upp á 80 - 120 þúsund árum. Þessi óbeina aðferð er að vísu ónákvæm en stærðargráðan á aldri goskerfisins bendir til þess að eldvirkni á svæðinu hafi a.m.k. ekki verið byrjuð á næstsíðasta jökulskeyði.

2.2 Aldur setlaga undir gosmyndun Vestmannaeyja. Í Heimaey og Surtsey hafa hnyðlingar af setbergi með skeljum og götungum borist til yfirborðs í eldgosum. Talið hefur verið að steingervingar sem fundist hafa í hnyðlingunum frá Heimaey geti verið frá hvaða dýptarbili sem er innan setlaganna undir eyinni (Leifur Símonarson, 1982). Niðurstöður C¹⁴ aldursgreininga á skeljabrotum frá Surtsey sýna annars vegar um 6.000 ár og hins vegar um 10.600 ár (Torbjörn Alexandersson, 1972). Hæpið er að þessar aldursgreiningar segi mikið um aldur setlaganna undir gosbergi Vestmannaeyjasvæðisins því nær ekkert er vitað um stratigrafískan uppruna sýnanna. James Moore (1985, mynd 7) telur að myndun Surtseyjar hafi haft í för með sér umtalsvert umrót í efsta lagi hafsbotsins á meðan á gosi stóð. Þannig hafi skálarlaga geil myndast í setið undir eyinni. Fáí þessi tilgáta staðist er líklegt að setefni sem borist hefur til yfirborðs í gosinu sé að miklu leyti úr yngsta lagi hafsbotsins og því má ætla að aldursgreiningar hnyðlinganna segi lítið um aldur neðri hluta setlaganna undir Surtsey. Flestar tegundir steingerðra sjávardýra sem fundist hafa í hnyðlingum þessa svæðis eru einnig núlifandi við Ísland (Leifur Símonarson, 1974, 1982; Guðrún Helgadóttir, 1984).

2.3 Bergfræði. Berggerð Vestmannaeyjagoskerfisins er basalt en einnig hefur fundist basalt andesít á Heimaey (Eldfell 1973). Basaltið telst vera alkalí ólivín basalt, nephelín normatíft og með hátt alkalí/kísil hlutfall. Í því er títanríkur klínópýroxen (sóneraður) og fyrir kemur að bergið hafi alkalí-feldspat og nephelín steindir. Bergæð (innskotsberg) í sökkli Heimaeyjar reyndist við efnagreiningu vera þóleiit basalt og er þetta eina berg þeirrar tegundar sem fundist hefur í Vestmannaeyjagoskerfinu (Sveinn Jakobsson, 1979, 1982).

2.4 Fyrri rannsóknir á hafsbotni við Vestmanneyjar. Litlar upplýsingar lágu fyrir um jarðfræði hafsbotsins við Vestmannaeyjar áður en sparkermælingarnar voru gerðar þar 1980 og 1983. Nýlegt sjókort af Vestmannaeyjasvæðinu gaf góðar upplýsingar um lögum hafsbotsins og þar með um dreifingu mishæða. Þær upplýsingar hafa verið notaðar m.a. við mat á dreifingu eldvirkni á svæðinu. Árið 1974 tók Kjartan Thors sýni af nokkrum slíkum mishæðum við Eyjar. Sveinn Jakobsson (1982) rannsakaði þessi sýni og staðfesti að þau væru úr gosbergi, þ.e. ýmiss konar móbergi, sem hefur efna- og steindasamsetningu náskylda öðru gosbergi Vestmannaeyja. Á grundvelli ávölunar korna, ummyndunar, veðrunar og rofs reyndi Sveinn að leggja mat á aldur bergsins, þ.e. hvort það væri frá Nútíma eða eldra. Niðurstöðum Sveins um þetta atriði ber vel saman við niðurstöður okkar sem lýst verður hér á eftir.

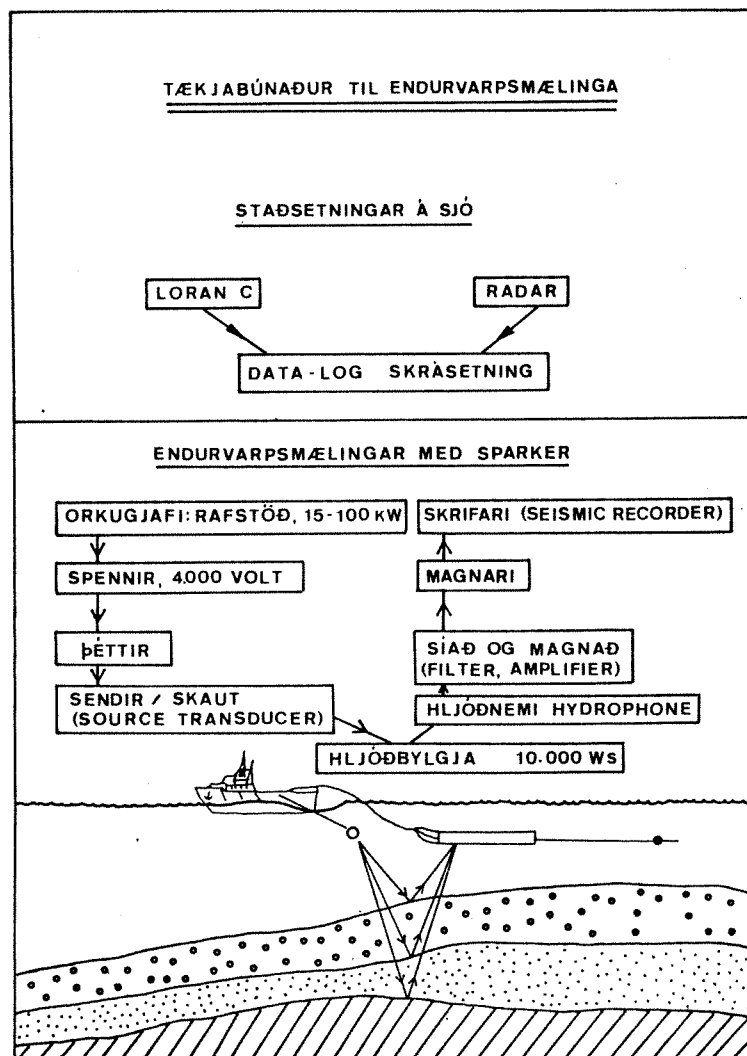
2.5 Fyrri rannsóknir á landi við Markarfljót. Allitarlegar hljóðbrotsmælingar hafa verið framkvæmdar á landi við Markarfljót skammt fyrir norðan það rannsóknarsvæði sem hér er til umræðu (Hreinn Haraldsson og Hans Palm, 1980; Hreinn Haraldsson, 1981). Mælingar þessar veita upplýsingar niður á 200 - 300 m dýpi og eru að því leyti sambærilegar við endurvarpsmælingar okkar. Vegalengd frá nyrstu siglingalínu fyrir landi (lína 1) til syðstu mællínu á landi (snið 2) er um 6 km.

Túlkun gagna af landi sýnir í fyrsta lagi að hraunlög af tertíerum eða kvarterum aldri koma fyrir á 50-400 m dýpi. Við ósa Markarfljóts er talin vera lægð í þessa hraunamyndun, sem nær niður á um 250 m dýpi. Móberg hefur lagst í lægðina en áframhaldandi rof hefur myndað lægð að nýju. Laust set er í þeirri lægð og stefnir framhald hennar til suðurs í Háfadjúp.

3. ALMENNT UM ENDURVARPSMÆLINGAR

3.1 Tækjabúnaður. Árið 1978 fékk Hafrannsóknastofnun til umráða gömul tæki til endurvarpsmælinga (Sparker, Boomer) sem verið höfðu í eigu Rannsóknarráðs Ríkisins en voru notuð um tíma af Orkustofnun (Axel Björnsson, 1975). Haf-rannsóknastofnun lét yfirfara þessi tæki og endurnýja að nokkru og hófst notkun þeirra þegar á árinu 1978 með könnun setlaga útaf Kötlutanga, í Önundarfirði og á Sundunum við Reykjavík.

Endurvarpsmælingar eru einrás (single channel) bergmáls- mæling sem byggir á endurvarpi lágtíðnihljóðbylgna (0.5 - 1.0 kHz) frá jarðlögum með mismunandi eiginleika. Frá skipi eru sendar hljóðbylgjur til jarðlaga á hafsbotni. Hraði hljóðbylgna um jarðlög er breytilegur eftir innri gerð og virka skil á milli jarðlaga oft sem endurvarpsfletir. Talsverð orka endurvarpast frá slíkum flötum en nokkur hluti tapast eða heldur áfram á meira dýpi og endurvarpast þaðan aftur til skips frá öðrum jarðlagaskilum. Með slíkum gögnum er hægt að túlka dreifingu jarðlaga í efsta hluta hafsbotsins. Helstu einingar tækjabúnaðar eru (mynd 2):



Mynd 2. Tækjabúnaður við endurvarpsmælingar

TÆKI TIL MYNDUNAR HLJÓÐBYLGJU FRÁ SKIPI TIL HAFSBOTNS:

- (1) orkugjafi (rafstöð)
- (2) spennir og afriðill, mynda 4.000 volta jafnspennu
- (3) þéttir, safnar rafhleðslu
- (4) sendir/skaut breytir raforku í hljóðbylgju (0.5-1.0 kHz)

TÆKI TIL AÐ NEMA HLJÓÐBYLGJU FRÁ SETLÖGUM:

- (5) hljóðnemi/móttakari (hydrophone) nemur hljóðbylgju og breytir í rafmerki
 - (6-7) (for)magnari og sía. Ýmsar uppsetningar voru notaðar í gegnum árin til að sía eða magna endurvarpað útslag og ná fram hentugri bylgjulengd
 - (8) magnari
 - (9) skrifari
-

Tækjasamstæða Hafrannsóknastofnunar til endurvarpsmælinga (með sparker) er einkar hentug aðferð við:

- (a) könnun yfirborðsjarðlaga hafsbotns á grunnsævi, þ.e. í efstu 50 - 300 m
- (b) meiriháttar upplýsingaöflun um gerð og útbreiðslu jarðlaga

Nokkur tæknilegur munur var á mælingum árin 1980 og 1983. Árið 1980 var móttakan af lægri tíðni (200 - 700 Hz) og upplausn jarðlagagreiningar var þá minni en sýndi jafnframt grófari skiptingu jarðlaga niður á meira dýpi. Árið 1983 hafði móttökutíðnin verið aukin (500 - 1500 Hz) og við það jókst upplausn verulega og lagskipting efstu setlaga kom nú mun betur fram. Óhætt er að fullyrða að gagnasöfn úr þessum tvennum mælingum bæti hvort annað upp.

3.2 Hljóðhraði mismunandi jarðlaga. Hraði hljóðbylgna sem berast um sjó er um 1490 m/sek. Í lausum setlögum er hraðinn svipaður og í sjó, en eykst ef jarðlög harðna. Í þeim mælingum, sem hér verður lýst, hefur ekki verið leiðrétt fyrir hljóðhraðabreytingum sem orsakast af mismunandi eiginleikum jarðlaga. Hraðabreytingar af þessu tagi valda staðbundinni "yfirhækkun" neðri laga, t.d. þegar bylgjur fara annars vegar um móberg og hins vegar um laust set áður en þær endurvarpast frá neðri botnlögum sama dýpis. Í fyrra tilvikinu ferðast hljóðbylgjur hraðar um móbergið en setið og því virðast botnlög neðan við móbergið vera á minna dýpi en samsvarandi botnlög undir lausa setinu.

Líklegt má telja að lausa setið í Háfadjúpi þéttist eitthvað með dýpi vegna feringar en hér hefur verið litið svo á að hraðaaukning og "lyfting" af þessum sökum sé óverulegur skekkjuvaldur við jarðlagagreiningu. Skekkjur vegna mismunandi hljóðhraða í jarðlögum vaxa með dýpi en þar eð tilgangur þessarar rannsóknar er aðeins að kanna jarðlagaskipan **efstu** laga var ekki talið nauðsynlegt að leiðrétta lyftingu vegna breytilegs hljóðhraða jarðlaga.

4. ENDURVARPSMÆLINGAR VIÐ VESTMANNAEYJAR

4.1 Mælingar. Á myndum 3a og 3b eru sýndar þær siglingalínur sem mælt var eftir við Vestmannaeyjar. Mælingar frá 1983 (mælt 7/6 - 10/6) hafa stefnu VNV-ASA og eru númer þeirra 1 - 19. Mælingar frá 1980 (mælt 25/10 - 3/11) stefna um NNA-SSV og hafa þessar línur númer frá 47440 - 47640. Siglingalínur austan Heimaeyjar mynda til samans mælinet sem deilist í ferhyrninga, um 3 km í VNV-ASA stefnu og u.þ.b. 4 km í NNA-SSV stefnu. Vestan Heimaeyjar var gögnum einkum safnað árið 1983 og er mælinetið þar mun gisnara en austan Heimaeyjar.

Til staðarákvörðunar á sjó var notast við Loran C tækni. Staðsetning var skráð með um einnar sjómílu millibili. Þá var einnig notast við radarmælingar á grunn-sævi. Ljóst er að um talsverða ónákvæmni var að ræða. Þó reyndist unnt við úrvinnslu að leiðrétta staðsetningar að nokkru leyti með samanburði á þekktum kennileitum á hafsbotni (af sjókorti nr. 321 í mælikvarða 1:50.000) og þeirri botngerð sem fram kom við mælingar.

5. NIÐURSTÖÐUR

5.1 Heildartúlkun mælinga. Í viðauka eru tekin saman mælingar við Vestmannaeyjar úr leiðingum frá 1980 og 1983 ásamt túlkun jarðlaga. Mælingar við Vestmannaeyjar sýna mikinn breytileika í botngerð og jarðlagaskipan. Í stórum dráttum einkennist vestanvert mælingasvæðið af lítt gegnsæjum botni og þar af leiðandi litlum upplýsingum um jarðlagaskipan. Í Háfadjúpi, Álnum og meðfram ströndinni eru jarðlög hins vegar miklu gegnsærri og afstaða og dreifing þeirra greinilegri.

Í jarðlagastaflanum kemur fyrir mislægi sem rekja má um allt svæðið. Þetta mislægi er ósléttur rofflötur, sem gefur sterkt endurvarp og því víðast auðþekkt. Óvísanlegar miklar upplýsingar um jarðlög undir mislæginu, þótt lagskipting greinist á nokkrum stöðum. Yfirleitt er mislægið hulið yngri jarðlögum, en á nokkrum stöðum vestan Eyja nær það yfirborði hafsbotnsins.

Ofan á mislæginu liggur misþykkur jarðlagabanki. Vestan Eyja er hann yfirleitt mjög þunnur en norðan Eyja og í Háfadjúpi miklu þykkari, eða allt að 150 m. Við teljum að sterkt endurvarp mislægisins gefi til kynna að undir því liggi hörð jarðlög og að sú takmarkaða lagskipting sem fram kemur undir mislæginu bendi til að þetta séu víðast hvar setlög eða móbergslög.

Jarðlagastaflinn ofan á mislæginu er að mestu leyti syrpa af gegnsæjum setlögum með nálega lárétta lagskiptingu en skálögun bregður fyrir, sérstaklega næst landi. Í þessum setlögum koma svo fyrir eldvörp, sérstaklega í Háfadjúpi, eins og síðar verður lýst. Margar gosmyndanir við Eyjar liggja greinilega ofan á mislæginu.

Í viðauka er mislægið, sem hér er lýst, auðgreint sérstaklega og í eftirfarandi lýsingu á niðurstöðum verður þar notað sem leiðarflötur (marker horizon).

Við teljum að mislægið marki skilin milli jarðlaga frá Nútíma annars vegar og eldri myndana hins vegar. Rofflöturinn eigi þannig rætur sínar að rekja til jökla ísaldar og sjávarstöðubreytinga í ísaldarlok. Þessi túlkun er í samræmi við aðrar rannsóknir hér við land (sjá t.d. Kjartan Thors, 1974 og G.S. Boulton o.fl., 1988) og víðar. Á Vestmannaeyjasvæðinu fær þessi túlkun einnig stuðning af mati Sveins Jakobssonar (1982) á aldri gosmyndana við Eyjar. Við munum því hér á eftir nota heitið Nútímaset yfir setmyndanir ofan á mislæginu.

Þess ber að geta að þegar rætt er um lagskipt og ólagskipt set hér á eftir, er átt við lagskiptingu sem sjáanleg er í mælingunum. Í náttúrunni er allt set lagskipt.

Í mælingunum koma fyrir myndanir sem við nefnum móberg. Þessi nafngift er notuð um jarðlög, sem hafa óslétt yfirborð með sterku endurvarpi og litlum innri strúktúr. Undir þessa skilgreiningu falla m.a. myndanir sem hafa útlínur eldvarpa. Í öðrum tilfellum getur verið álitamál hvort um sé að ræða gosmyndanir eða hörð, rofin setlög.

5.2 Endurvarpsmælingar milli lands og Eyja: austur-vestur snið. Nokkrar siglingalínur frá 1983, með austur-vestur stefnu, lágu á milli lands og Heimaeyjar og verður fjórum þeirra lýst hér, þ.e. línur 1 (nyrst), 2, 19, og 3 (syðst) og er staðsetning þeirra sýnd á myndum 3a og 3b. Línurnar eru sýndar á myndum 4 til 7 og jarðlagagreining sett fram á mynd 8.

Mæilína 1 (myndir 4 og 8). Mæilína 1 er staðsett norðan við Álinn. Nútímaset er 75-100 m þykkt í sniðinu. Hið efra er það ólagskipt, um 25 m þykkt, og kann að vera sandur. Neðan þess er um 50-75 m þykkt lagskipt set. Á um 7 km kafla frá merki 1393-1398 virðist móberg koma fyrir á um 150 m dýpi. Þetta er skörðótt myndun og sér ekki í undirlag hennar. Óvíst er hvernig þessi myndun tengist Vestmannaeyjagöskurferfinu. Hún virðist ekki koma fram í sniðum 2 og 19 fyrir sunnan sem liggja eftir Álnum. Með austur- og vesturhliðum móbergsgins virðast vera djúpar "rennur", fylltar seti með skýra lárétta lagskiptingu. Ekkert varð vart við gosberg á yfirborði í sniði 1.

Mæilína 2 (myndir 5 og 8). Mæilína 2 er um 2 km fyrir sunnan mæilínu 1 og liggur að hluta eftir Álnum. Snið 2 og 19 skerast, eins og sýnt er á mynd 3 og sýna því mjög svipaða jarðlagaskipan.

Norðvestur af Elliðaey, á mótis við merki 1374-1375, koma fyrir smáar hæðir á hafsbotni. Þær liggja ofaná ólagskiptu seti en þar fyrir neðan er lagskipt set og er hvort tveggja er talið myndað á Nútíma. Hæðirnar á yfirborði eru líklega tilkomnar vegna hleðslu gosbergs ofaná lagskipt óharðnað set. Því verður að telja líklegt að hér sé um mjög ungar gosmyndanir að ræða, sem kunna að vera ummerki um eldgos það er Sigurður Þórarinnsson (1977) taldi hafa orðið á þessum slóðum í lok Heimaeyjargössins 1973. Um það verður þó ekki fullyrt án nánari rannsóknar.

Það er einnig athyglisvert að austanvert á svæðinu við merki 1374-1375 er greinileg "renna" á um 200 m dýpi, sem fyllt er lárétt lagskiptu seti.

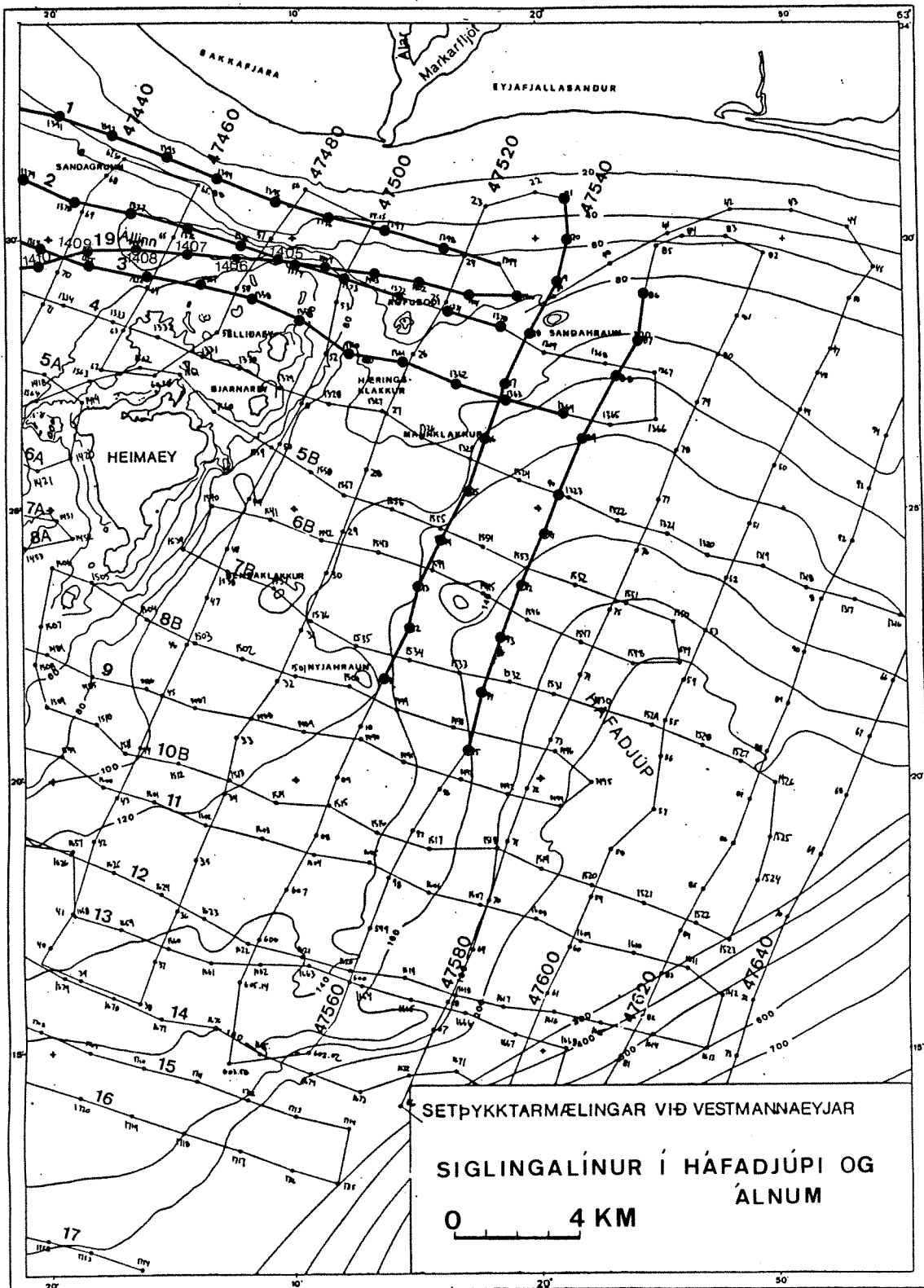
Samanburður á sniðum 1 og 2 sýnir að í stað skörðótttrar móbergsmýndunar á um 150 m dýpi (móberg 1) kemur fyrir um 50 m þykkt "móbergshrúgald" (móberg 2). Aflíðandi flákar af móbergi ganga út frá miðju þess til hvorrar hliðar. Rekja má eystri flákann austur í Háfadjúp. Ofaná honum er setlag með mikla láréttalagskiptingu.

Mæilína 19 (myndir 6 og 8). Í sniði 19 hefur ekki greinst djúp "renna" eins og sú sem er undir móbergi 2 í sniði 2. Í staðinn rís lítil móbergshæð uppí set á um 150 m dýpi við merki 1405. Líklega er hér þegar farið að gæta gosbergs í sökkli Heimaeyjar sem sést mun betur í sniði 3 fyrir sunnan. Setlagið sem móbergshæðin rís uppí hefur mikla lárétta lagskiptingu og er hliðstætt við þá myndun sem hvílir á rúmlega 150 m dýpi ofan á móbergi í sniði 2. Í sniðum 2 og 19 má greina hvernig dýpi á klöpp (jökulruðning?) eykst smám saman frá vestri til austurs, enda eru þessi snið tekin niður eftir Álnum til Háfadjúps.

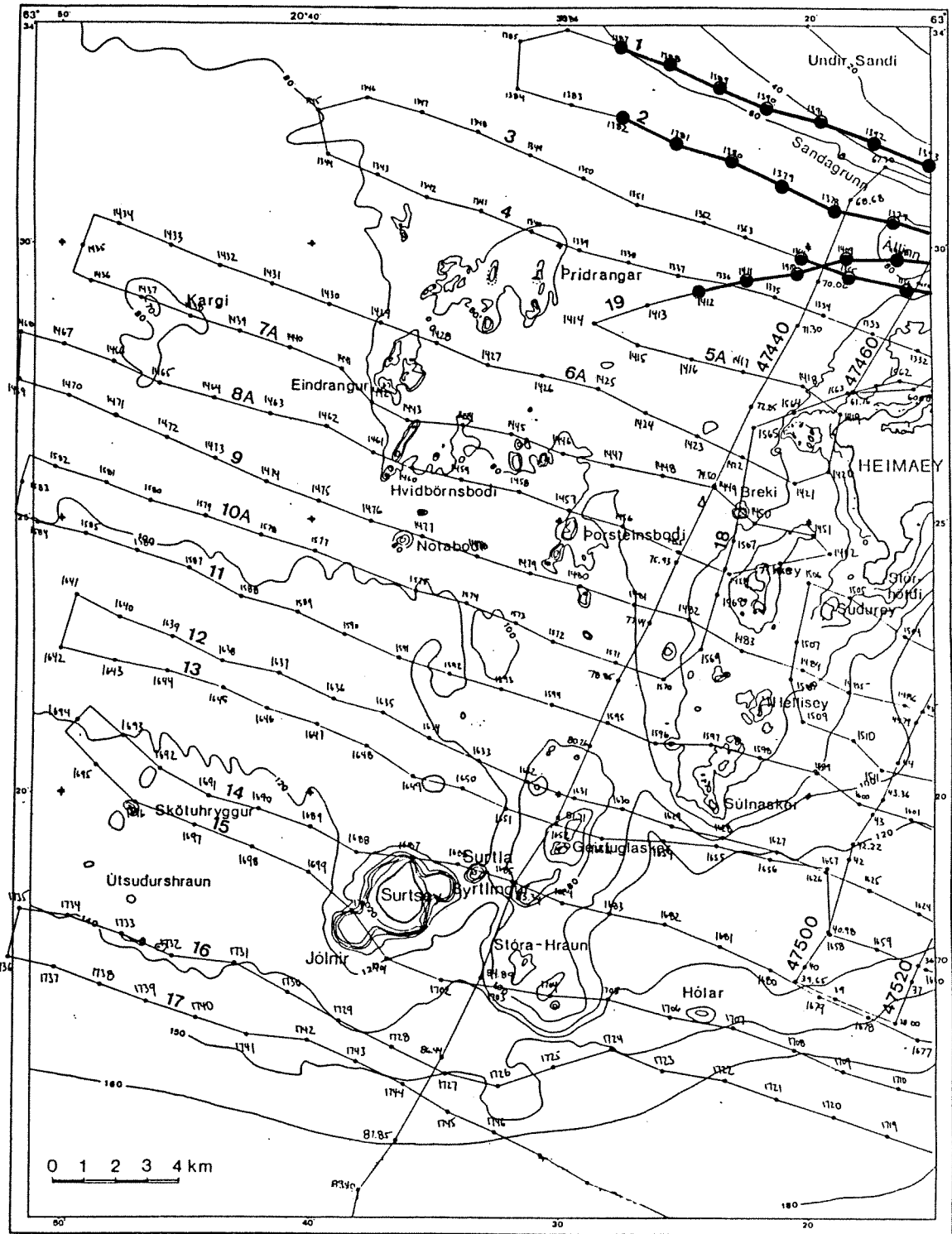
Mæilína 3 (myndir 7 og 8). Í mæilínu 3 sést glögg í þykkun sökkul Heimaeyjar sem þarna nær upp á um 50 m dýpi (1357-1360). Sökkullinn er trúlega gerður af móbergi, setlögum og gosösku. Endurvarpsmælingarnar ná ekki að greina innri gerð sökkulsins.

Það er eftirtektarvert að lagskiptum setlögum vestur með sökkli Heimaeyjar, við merki 1355-1357, hallar til austurs að sökkli en ekki út frá sökkli í vesturátt. Vænta mætti vestlægs halla þessara setlaga ef um væri að ræða gosösku frá eldvörpum á grunninu norður af Heimaey. Austlægur halli gefur til kynna að setið hafi verið flutt niður Álinn og sest þar til á leið sinni austur í Háfadjúp.

Þá er rétt að geta tveggja eldvarpa fyrir austan sökkullinn sem gosið hafa í Háfadjúpi. Það eystra (V2) stendur uppúr en hitt (V2A), sem er minna, er á kafi í seti. Þessar móbergshæðir skera sig glögg frá setinu umhverfis. Það er einkar athyglisvert að stærra eldvarpið hefur mikla setbúnka á jöðrunum úr móbergi sem hallar út frá meginkjarnanum. Lögum þessarar móbergsmýndunar gefur sterklega til kynna að gosið hafi í vatni og gosefni hafi óhindrað getað sest til á jöðrum



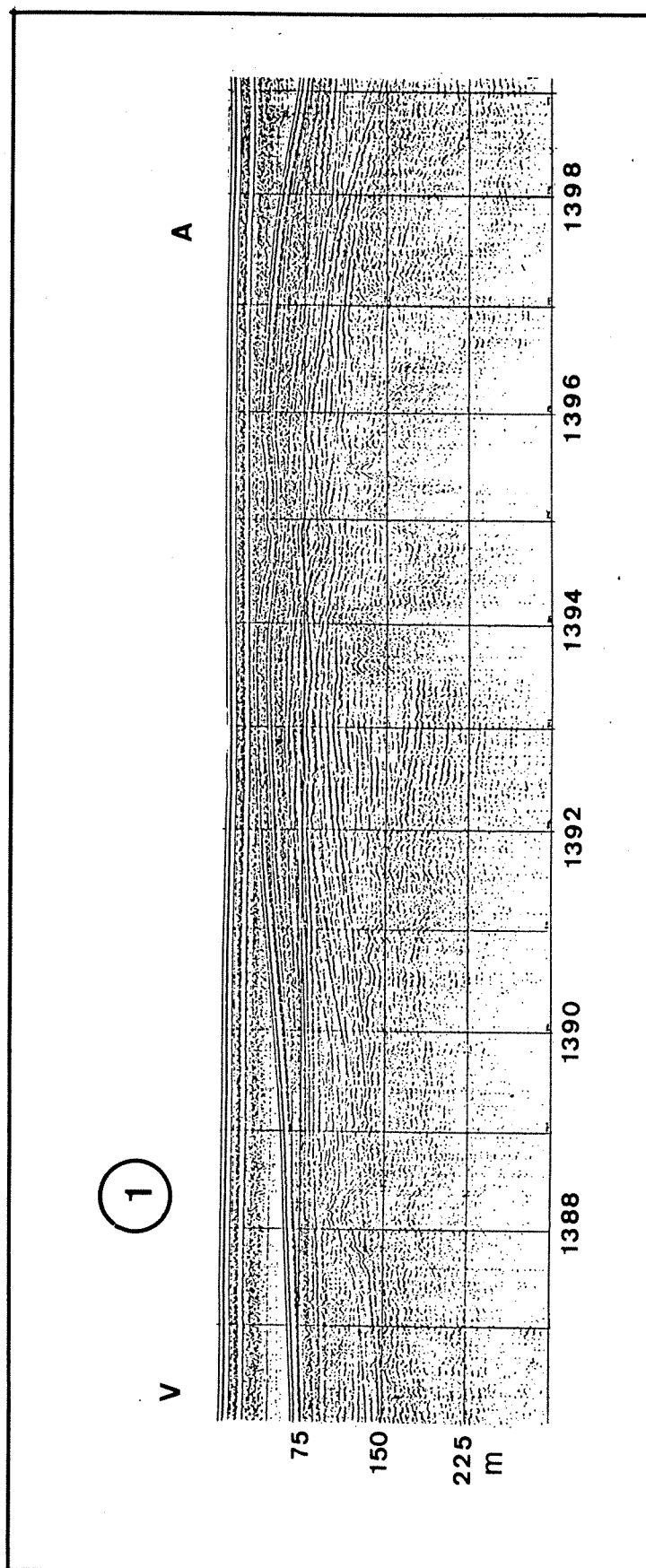
Mynd 3a. Mælingin austan Heimaeyjar



SIGLINGALÍNUR VESTAN HEIMAEYJAR

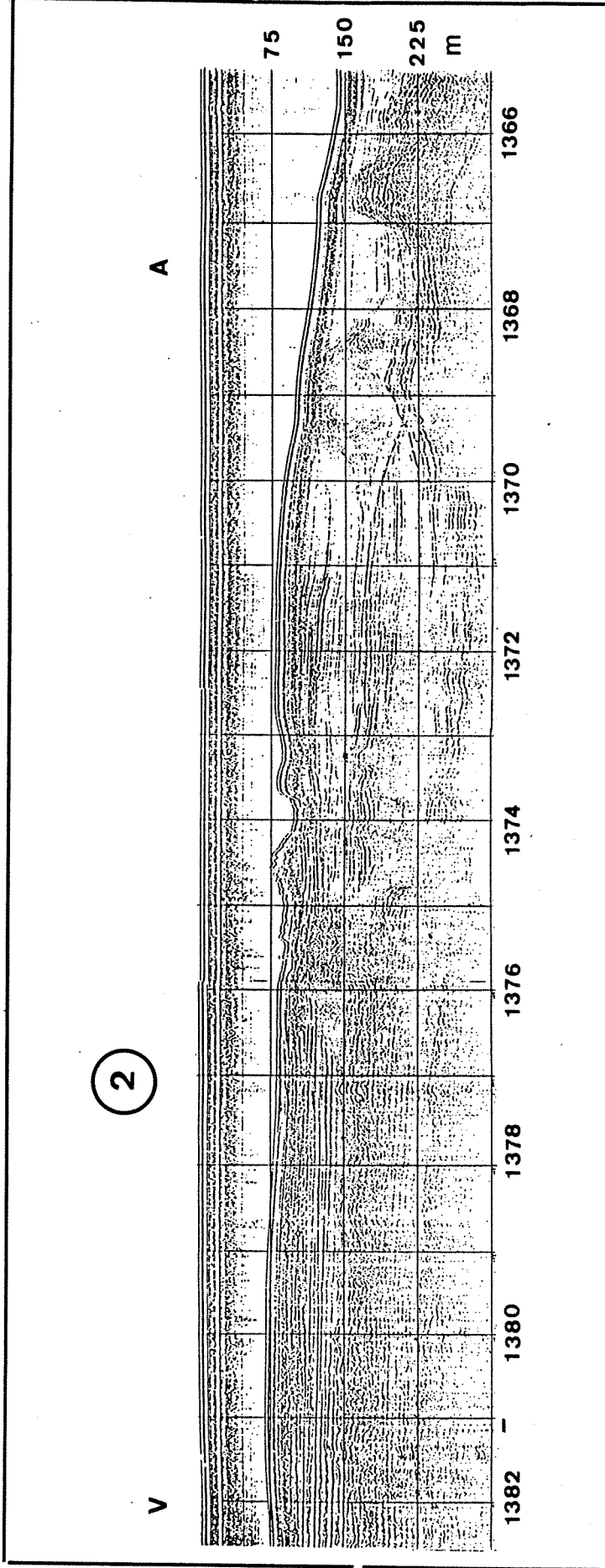
Mynd 3b. Mæilínur vestan Heimaeyjar

MYND 4



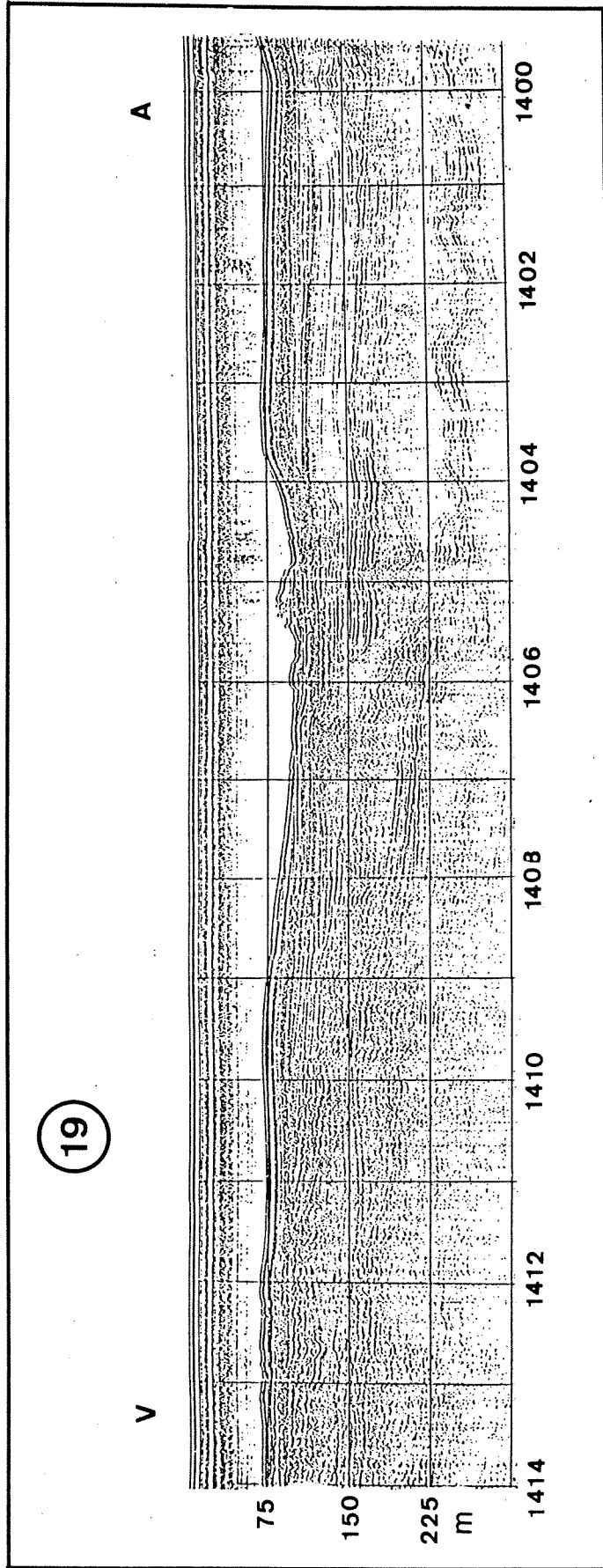
Mynd 4. Mæilína 1 á milli lands og Eyja

MYND 5



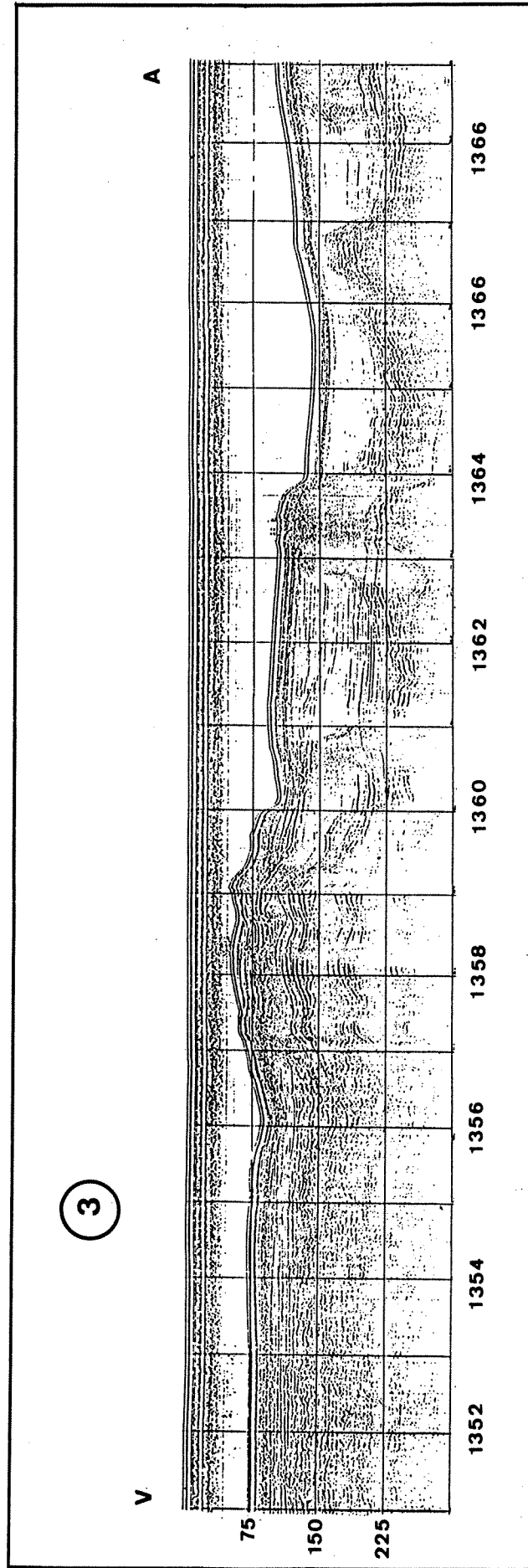
Mynd 5. Mæli lína 2 á milli lands og Eyja

MYND 6

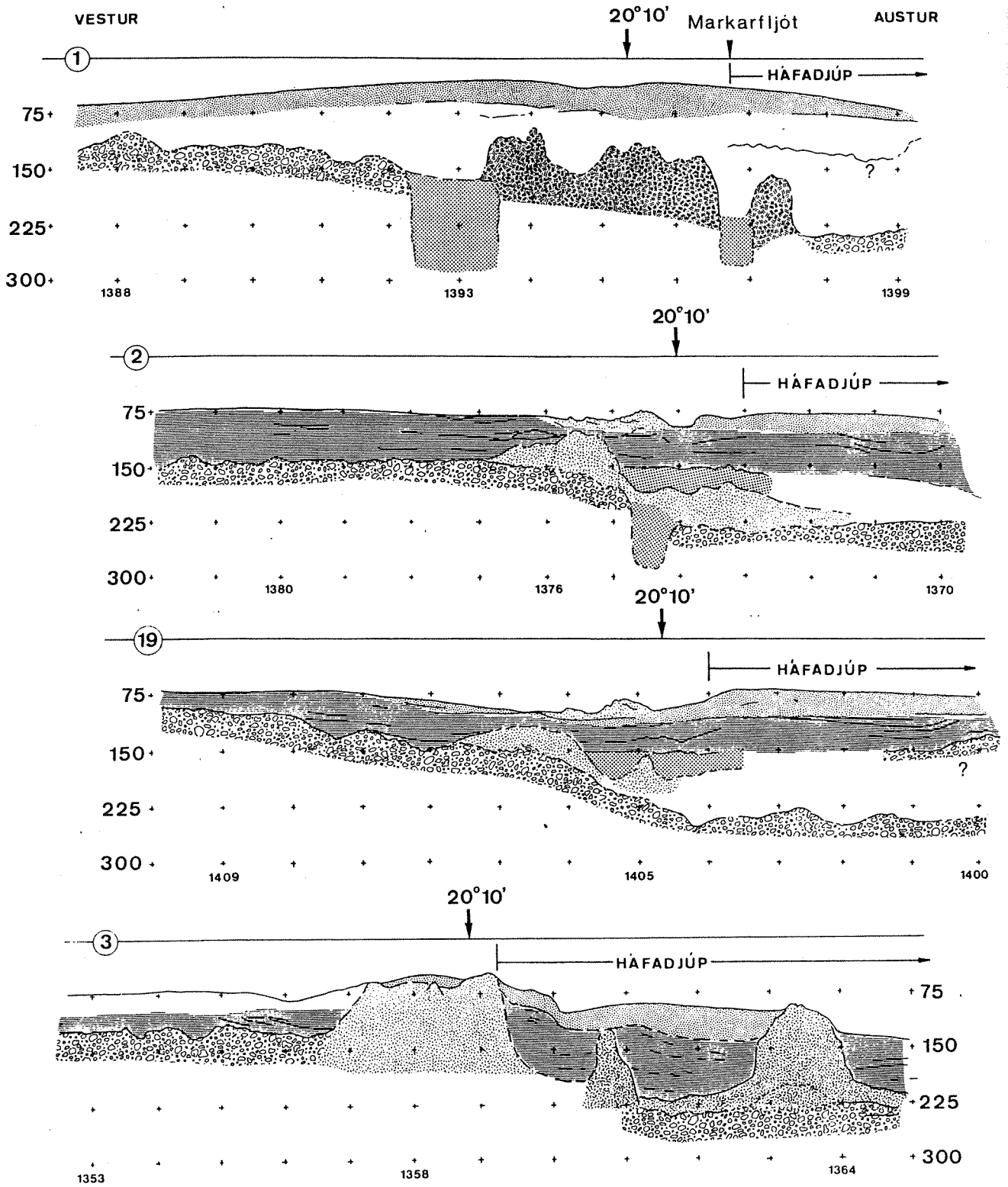


Mynd 6. Meeilína 19 á milli lands og Eyja

MYND 7



Mynd 7. Mæilína 3 á milli lands og Eyja



SKÝRINGAR

- | | | | | | | | |
|--|----------|--|-----------------|--|----------------------------------|--|---------------|
| | MÓBERG-1 | | JÖKUL-RUDNINGUR | | Rennur með lárétt lagskiptu seti | | ÓLAGSKIPT SET |
| | MÓBERG-2 | | MÓBERG-3 | | LAGSKIPT SET | | |

Mynd 8. Túlkun mæilína (1, 2, 19 og 3) á milli lands og Eyja

eldvarpsins. Slíkt hefði varla gerst ef eldgos hefði brotist út undir jökli. Við gos undir jökli hefði lögun eldvarpsins verið mun brattari og jaðarmyndun til muna minni vegna aðhalds jökulveggja, sbr. lögun móbergshryggja og móbergsstapa í virka gosbeltinu á landi.

5.3 Landgrunnið á milli lands og Eyja: norður-suður snið.

Snið 47480 er sýnt á mynd 9a og stefnir það þvert yfir Álinn norðan Heimaeyjar. Sniðið sýnir í fyrsta lagi lögun hafsbotsins yfir Álinn. Þar sést að norðanmegin í Álnum er botninn aflíðandi en brattari að sunnanverðu og með tvo stalla. Túlkun gerir ráð fyrir að syðri stallurinn í Álnum sé gerður af móbergi og jafnframt sé þessi myndun sökkull Heimaeyjar og norðurmörk hins virka Heimaeyjargoskerfis. Efst á þessum stalli er keilulaga hæð, líklega framhald þess eldvarps sem nefnt var hér að framan (mynd 8, mæli lína 2, merki 1374-1375).

Setlög í Álnum fylla djúpt trog. Breidd þess er um 1 km í sniði 47480 (en allt að 3 km í nálægum sniðum) og virðist botn vera á um 260 m dýpi en mælingin leyfir ekki öllu dýpri greiningu. Þetta þýðir að sunnan við þau hraunlög sem talið er að séu á um 225 m dýpi er a.m.k. 35 m stallur niður að sýnilegum botni trogsins og er hér um lágmarksdýpi að ræða. Siglingalínur frá 1980 lágu í stefnu nálægt norður-suður. Eitt slíkt snið, 47480, er sýnt á mynd 9a og stefnir það þvert yfir Álinn norðan Heimaeyjar.

Jarðlagagreining er sýnd á mynd 9b. Nútímaset nær niður á um 150 m dýpi norðantil á svæðinu. Það skiptist annars vegar í ólagskipt efra set, um 40 m þykkt, og hins vegar lagskipt neðra set, um 40-50 m þykkt. Norðan við Álinn hefur neðra setið hins vegar lárétta lagskiptingu. Á um 120 m dýpi er mismunandi með sterku endurvarpi hljóðbylgna. Þessi skil hafa nokkurt "landslag" og neðan þeirra sést nær engin lagskipting fyrr en á um 225 m dýpi þar sem skörp skil koma fram. Ekki er ólíklegt að móberg sé helsta efnið á 120 - 225 m dýpi og gæti það svarað til móbergs 1 í sniði 1 á mynd 8. Hreinn Haraldsson og Hans Palm (1980) telja að á um 100 m dýpi í landi, um 2 km frá ósi Markarfljóts, sé móberg ofaná hraunlögum. Móbergið sem fundist hefur (a) í mælisniði 47480, um 2 km undan landi, (b) í mælisniði 1 (móberg 1 á mynd 8) og (c) á 100 m dýpi á landi, kann að tilheyra sömu myndun.

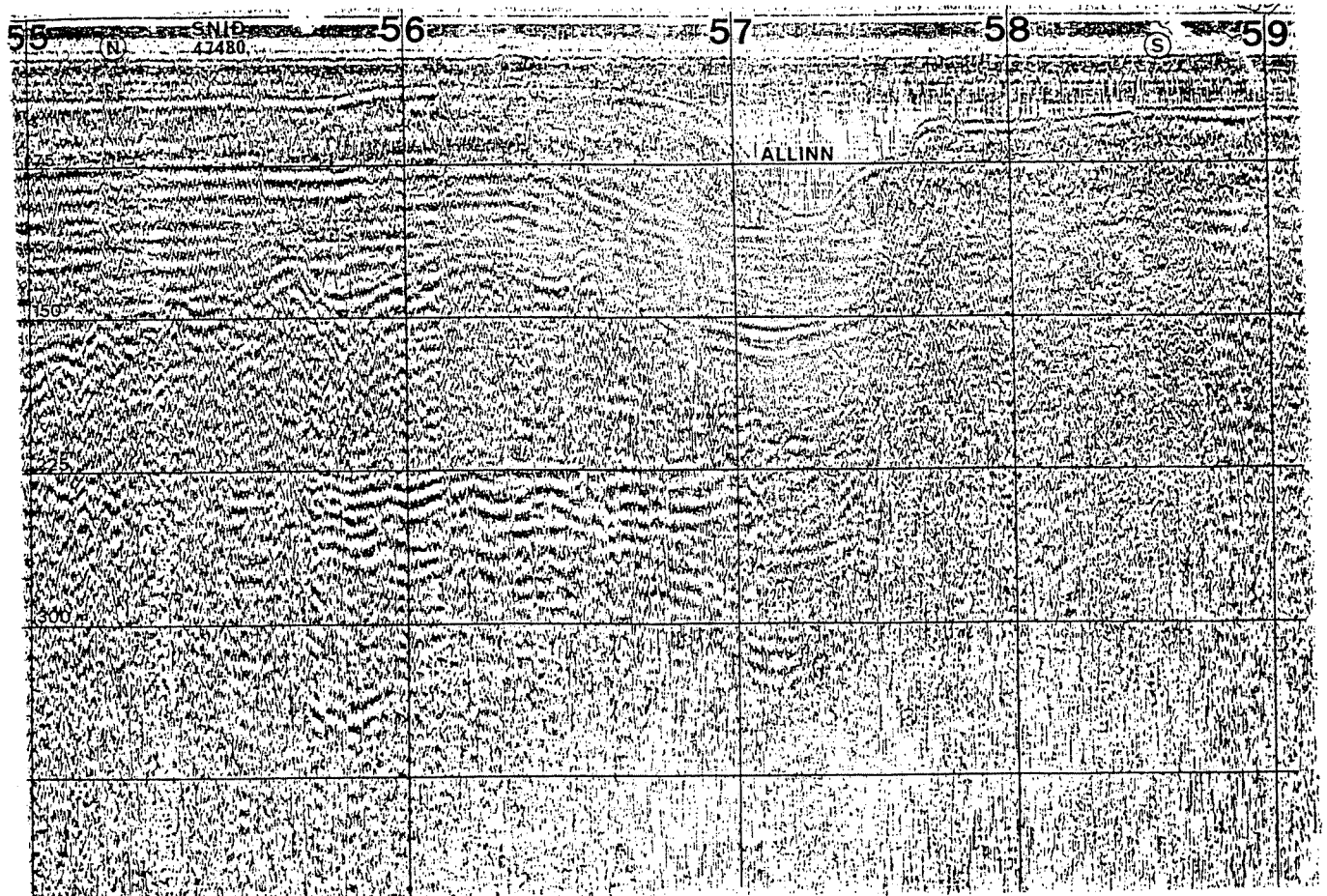
Endurvarpsflöturinn á 225 m dýpi er nær láréttur og nær frá nyrsta hluta rannsóknarsvæðisins (um 2 km undan landi) að Álnum, þ.e. á 2 km löngum kafla. - Þessi flötur nær suður undir Vestmannaeyjarsökkulinn. Við teljum þetta vera yfirborð hraunlaga og verða þeim gerð nánari skil í kafla 6.2.

5.4 Niðurstöður frá Háfadjúpi. Tvö snið frá árinu 1980, þ.e. 47560 og 47540 (myndir 10 og 11) sýna dæmigerða skiptingu jarðlaga eftir Háfadjúpi. Á sniði 47560 (mynd 10) sést allþykkt Nútímaset ofaná mismunandi. Undir mismuninu sést nokkur lagskipting.

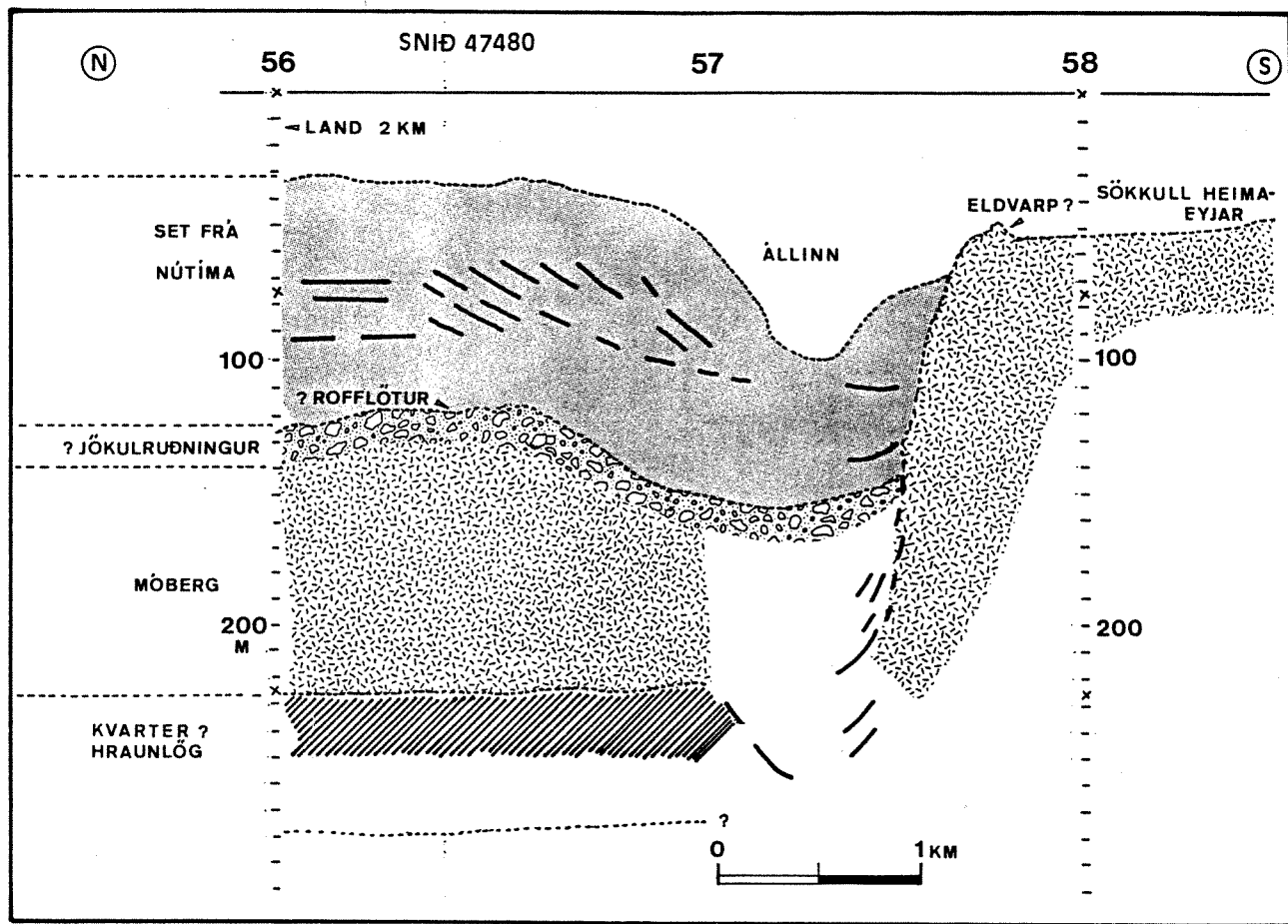
Mynd 11 sýnir endurvarp eftir næstu siglingalínu fyrir vestan (47540) og er þar um ólíka jarðlagaskipan að ræða. Fram koma hæðarkollar sem rísa upp í setið og ná sumir uppúr því. Þessar hæðir eru taldar vera eldvörp úr móbergi.

Lögun lægðar undir Háfadjúpi. Á mynd 12 eru dregnar jafndýptarlínur á "klöpp" í Háfadjúpi. "Mörk lægðar í Háfadjúpi", sem dregin eru á þessa mynd voru valin þannig að innan þeirra er þykkt sets frá Nútíma alls staðar yfir 20 m. Þannig fengust þær útlínur fyrir Háfadjúp sem dregnar eru á mynd 12. Breidd lægðarinnar (mynd 12) er víðast um 10 km í stefnu austur-vestur. Frá ströndinni er lengd hennar hins vegar um 25 km í suðurstefnu. Dýpi á botn er jafnan mikið í miðri lægðinni (um og yfir 225 m) en nær hámarki sunnarlega, um 275 m. Hins vegar kemur fram lágur þröskuldur syðst í lægðinni, um 25 - 35 m hár. Vesturhliðin er mun brattari en austurhliðin, sem er aflíðandi. Norðanvert í lægðinni virðist lágur hryggur ganga til vesturs en hann nær þó ekki að samtengjast vesturhliðinni.

Lægð í Háfadjúpi breiðkar á milli lands og Eyja en heldur annars áfram til norðurs

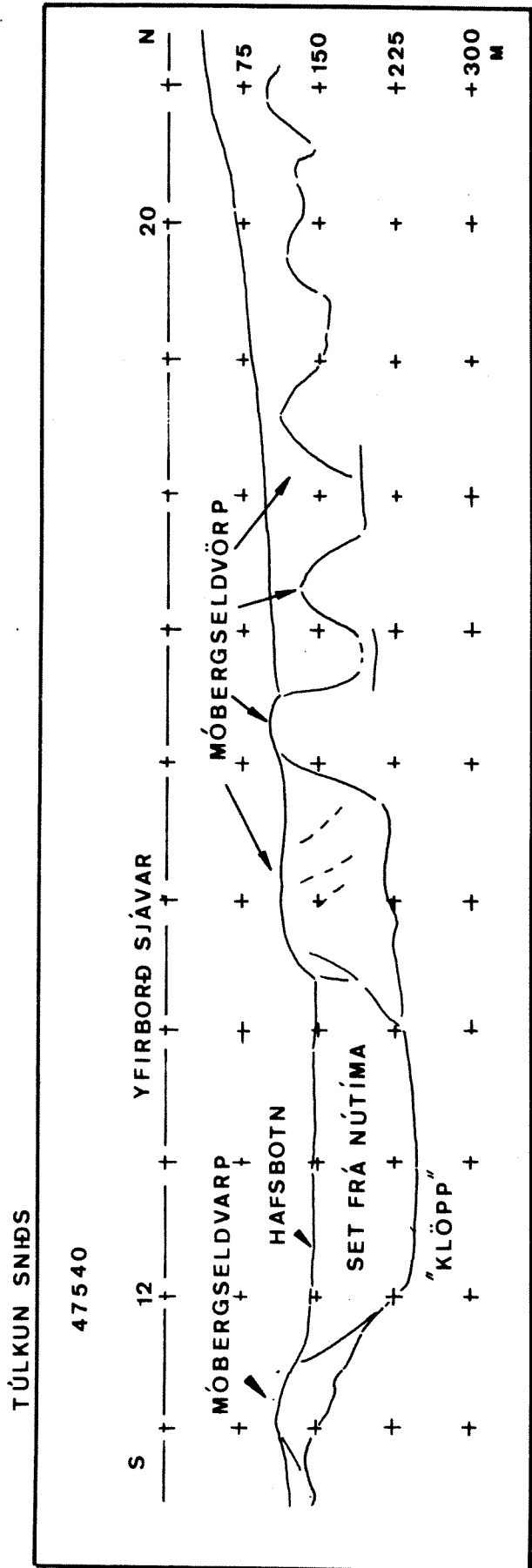
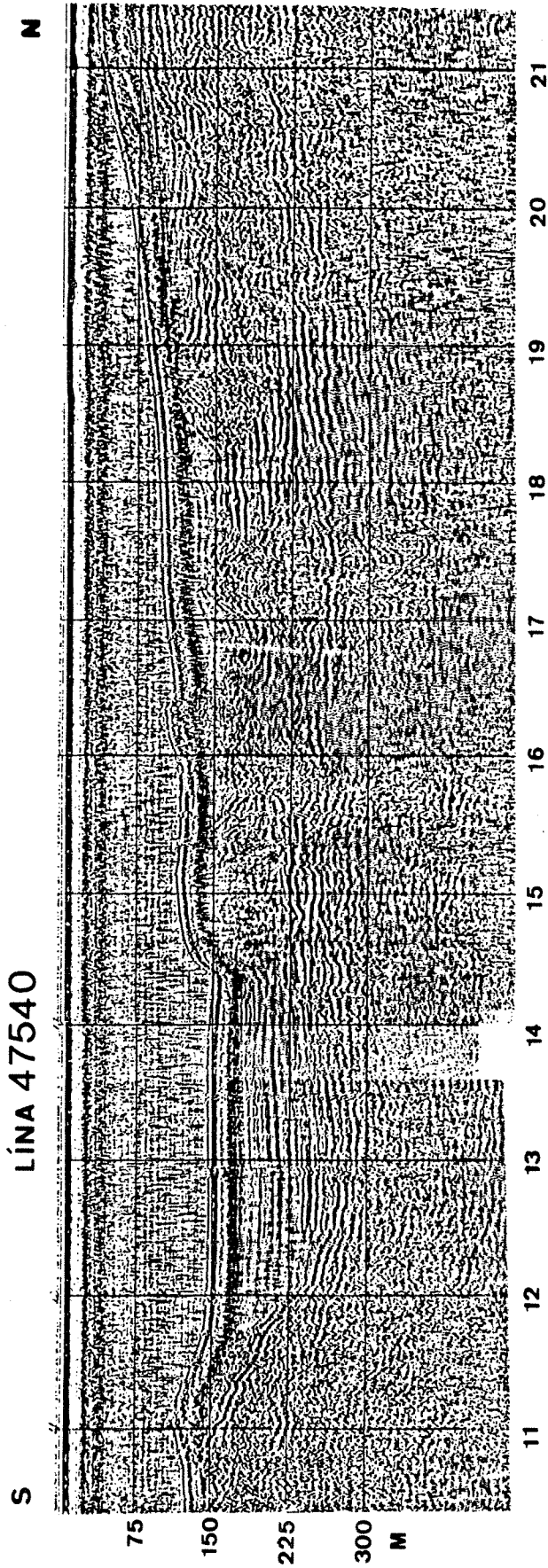


Mynd 9a. Snið 47480 (NNA-SSV) yfir Álinn á milli lands og Eyja

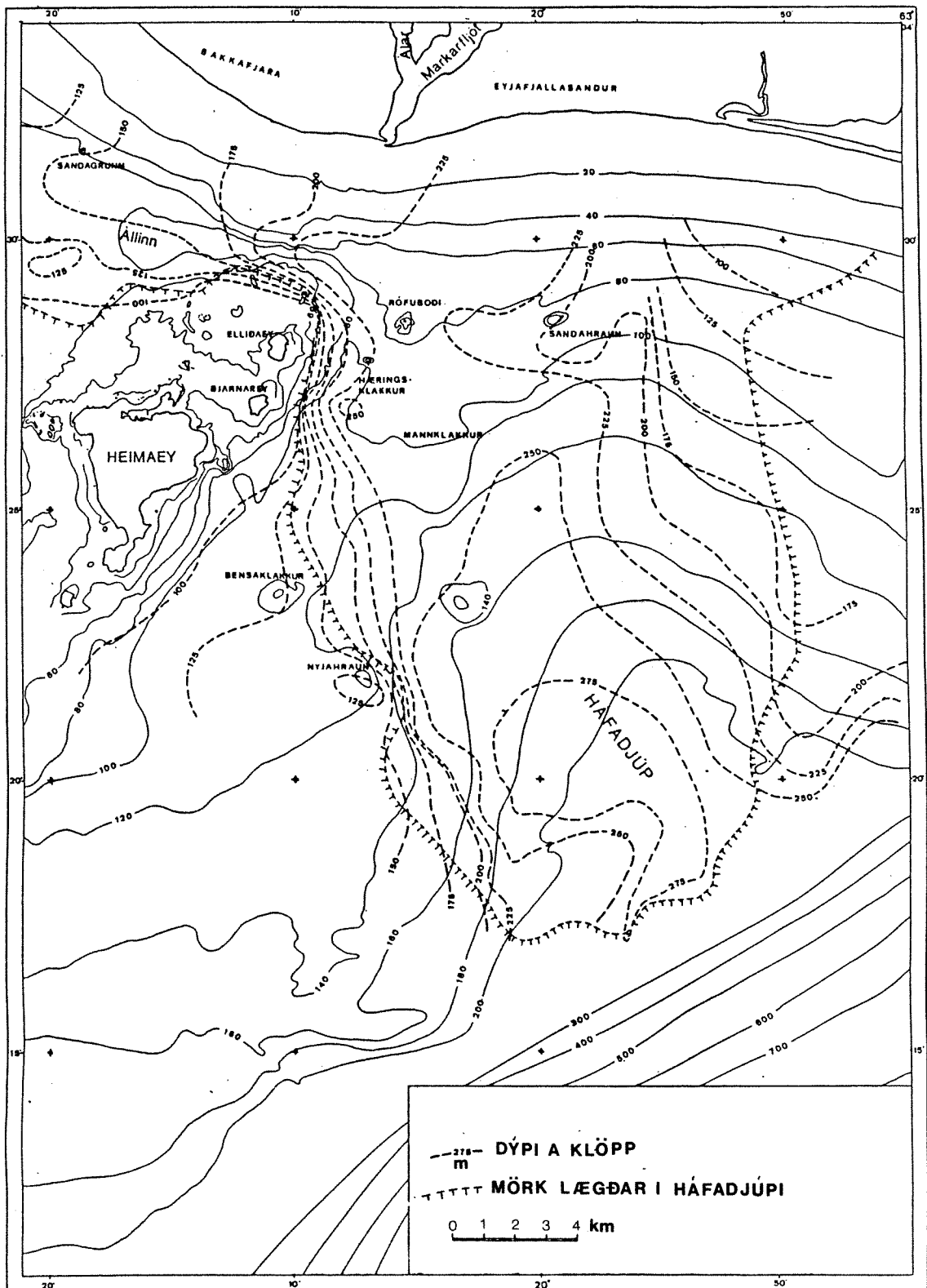


Mynd 9b. Jarðlagagreining sniðs 47480 á milli lands og Eyja

Mynd 10. Sníð 4/200 (NNA-SSV) í Háfadjúpi ásamt túlkun jarðlaga



Mynd 11. Sníð 47540 (NNA-SSV) í Háfadjúpi ásamt túlkun jarðlaga



Mynd 12. Háfadjúp - dýpi á klöpp

undir Markarfljótsaura.

Setþykkt í Háfadjúpi. Í Háfadjúpi er set frá Nútíma greinilega þykkara með vesturbrún lægðarinnar, sem er til muna brattari en austurhliðin (**mynd 13**). Mesta setþykkt, 180 m, mældist næst landi, í rennu fram af Markarfljóti. Vestanvert í djúpinu, um 2 km austur af Bjarnarey, nær Nútímaset um 150 m þykkt. Að öðru leyti er þykktin breytileg vegna eldvarpa sem víða skjóta upp kollinum, einkum nyrst. Yfir slíkum hæðum er setþykktin að jafnaði minnst.

Lýsing mælisniða eftir Háfadjúpi. Móbergshæðirnar í Háfadjúpi virðast frábrugðnar öðrum gosmyndunum á svæðinu að því leyti að þær ná niður á um 250 - 300 m dýpi. Þetta er mun meira dýpi en nemur þykkt gosmyndunar í Heimaey sem nær aðeins um 160 m niður fyrir sjávarmál.

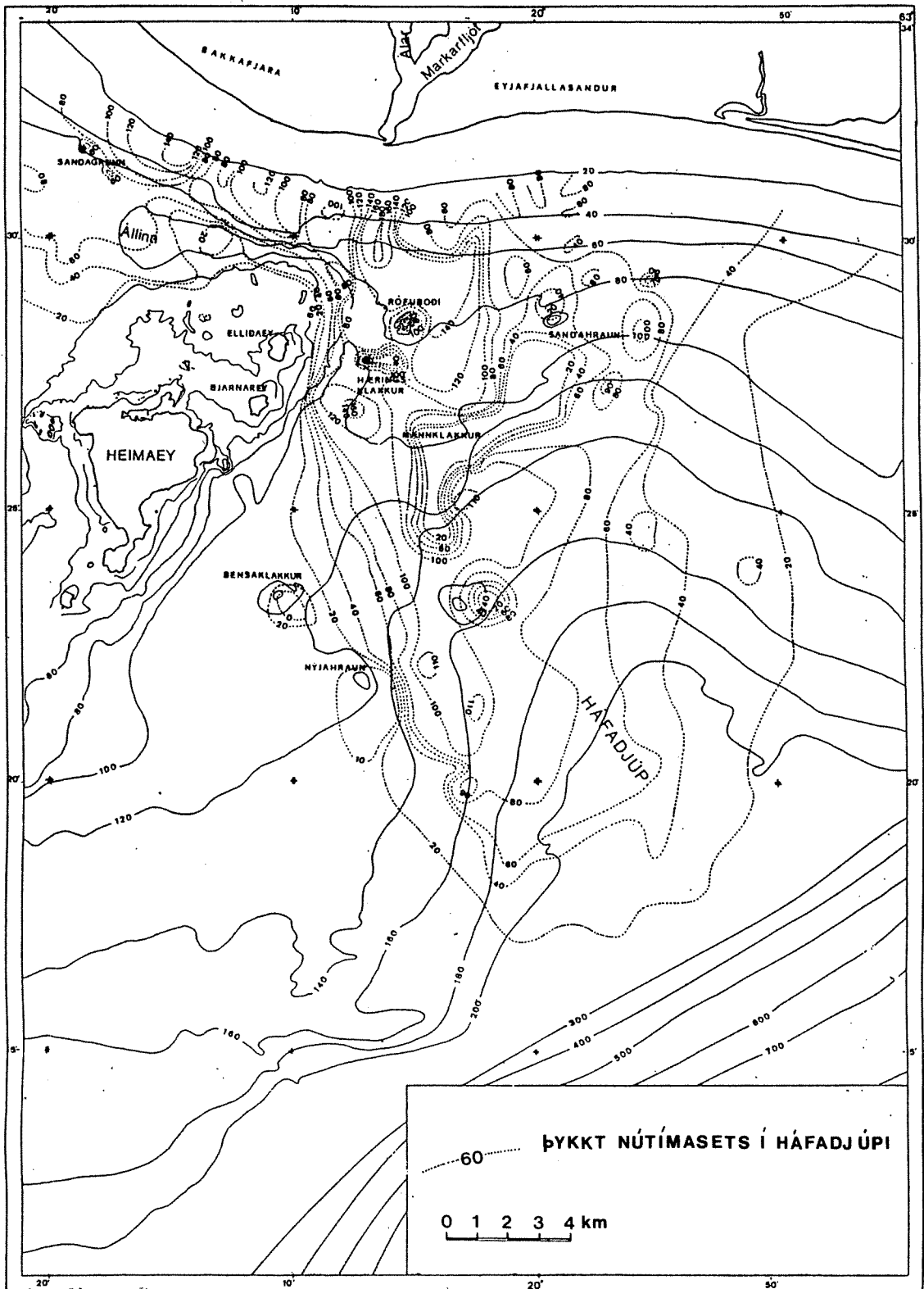
Til að kanna nánar þessar móbergsmýndanir og afstöðu þeirra til annarra jarðlaga eru 5 snið sýnd á **myndum 14 til 18** með legu þvert yfir lægðina í Háfadjúpi í austur-vestur stefnu.

Snið 2 (mynd 14) er um 6 km frá landi. Það hefst í Álnum og nær austur fyrir Háfadjúp. Í sniðinu er dýpi lítið (innan við 100 m) en setþekjan ofaná "klöpp" að sama skapi þykk (100-150 m). Á móts við merki 1368-1370 rís eldvarp úr móbergi, þ.e. eldvarp V1. Yfirborð hafsbotsins er aflíðandi í austurátt og ekki verður vart við óreglur yfir eldvarpi V1 sem er á kafi í seti.

Snið 3 (mynd 15) er um margt sambærilegt. Miðsvæðis í lægðinni undir Háfadjúpi, á móts við merki 1364-1365, kemur fram bjöllulaga eldvarp úr móbergi (eldvarp V2). Þvermál þessa eldvarps er a.m.k. 2 km eða svipað og eldvarps V1 í sniði 2. Nútímasetið er hins vegar þynnra í þessu sniði. Þrátt fyrir svipaða hæð eldvarpa V1 og V2 þá er ljóst að efst á hæð V2 rísa hæðarkollar uppúr setinu. Það er athyglisvert að austan við eldvarpið er um 40 m dýpra á setþekjuna en við vesturhliðina. Vestan við eldvarp V2, við merki 1360-1361, rís brött hæð uppí Nútímasetið. Þessi hæð, hér nefnd V2A, er í útjaðri Hæringsklakks og er talin vera eldvarp, einkum í ljósi þess að á aðliggjandi svæðum (sniði 2) er mjög líklega um framhald sömu hæðar að ræða í Rófuböða (**mynd 3a**). Vestar í sniði 3, á móts við merki 1359, rís hæð á hafsbotni (V2B) en hliðstæð hæð kemur einnig fram í sniðum 2 (eldvarp V1A) og 4 (eldvarp V3A) fyrir norðan og sunnan. Líklegt er að þarna sé um sam tengdan hrygg að ræða, sem er a.m.k. 7 km langur með stefnu N25A. Elliðaey og Bjarnarey eru á þessum hrygg. Sveinn Jakobsson (1979, s. 12) telur að báðar þessar eyjar hafi myndast á kröftugu gostímabili fyrir 5.000 til 6.000 árum.

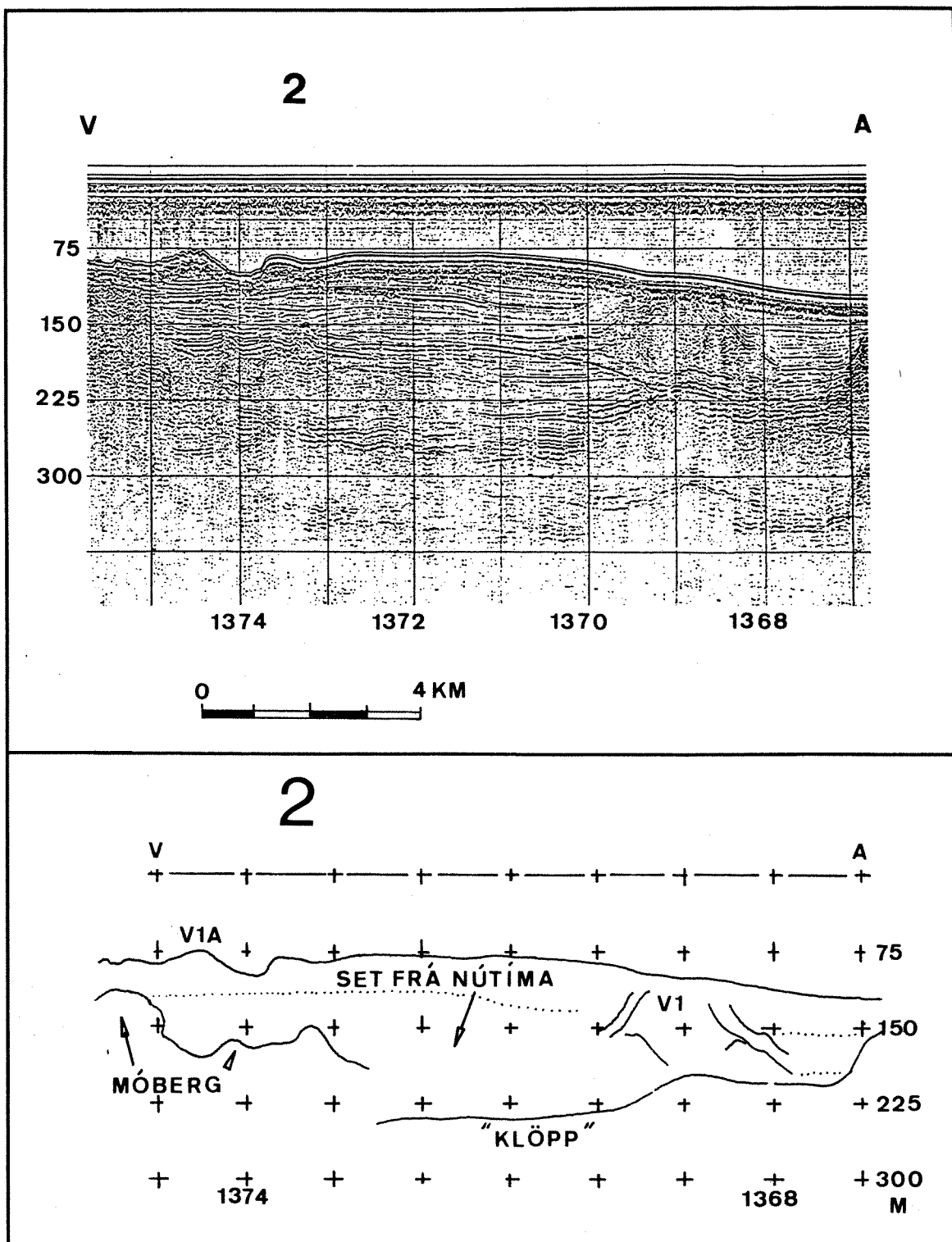
Snið 4 (mynd 16) er um 2.5 km sunnan við snið 3. Litill munur kemur fram í túlkun jarðlaga í sniðum 3 og 4 að frátöldu því eldvarpi sem áður var á minnst (eldvarp V3A) og rís að yfirborði hafsbots vestanvert í djúpinu. Sem fyrr segir eru eldvörp V2A og V3A líklega samfelldur goshryggur á einni og sömu sprungu eða nokkrum skástígum sprungum svipað og gerist við Surtsey. Snið 4 liggur yfir framhald þess neðansjávarsökkuls sem skagar til norðurs frá Heimaey, þ.e. frá merkjum 1329-1332. Í sniði 4 er sökkullinn betur greinanlegur og talsvert hærri og breiðari en í sniði 3. Að sama skapi er Háfadjúp mjórara sem því nemur. Þá er vert að taka eftir halla lausu setlaganna á milli eldvarpa V3A og V3. Lögnum má skipta í efri og neðri setlög. Neðri setlögin hafa skýra lagskiptingu og er halli þeirra til austurs. Efri setlögin, sem á yfirborði hafa litla lagskiptingu, mynda setfleyg sem þynnist til vesturs auk þess sem yfirborði setsins hallar einnig til vesturs.

Snið 5b og 6b (myndir 17 og 18) eru keimlík. Í báðum sniðum koma fyrir um 100 m há eldvörp vestanvert í Háfadjúpi (V4 og V5). Sameiginlegt báðum sniðum er einnig setþekja sem fyllir bilið á milli Heimaeyjarsökkulsins og eldvarpanna en austan þeirra er setþekjan þynnri og lægri. Slíkt bendir til þess að eldvörp V4 og V5 séu samliggjandi og myndi hrygg því ef svo væri ekki, þ.e. að um aðskildar keilur eða hæðir væri að ræða, mætti ætla að set bærst greiðlega austur fyrir eldvörpin. Eldvörpin í sniðum 5b og 6b virðast því samliggjandi og má ætla að þau myndi þröskuld sem að nokkru leyti takmarkar setflutning til austurs. Þetta gæti



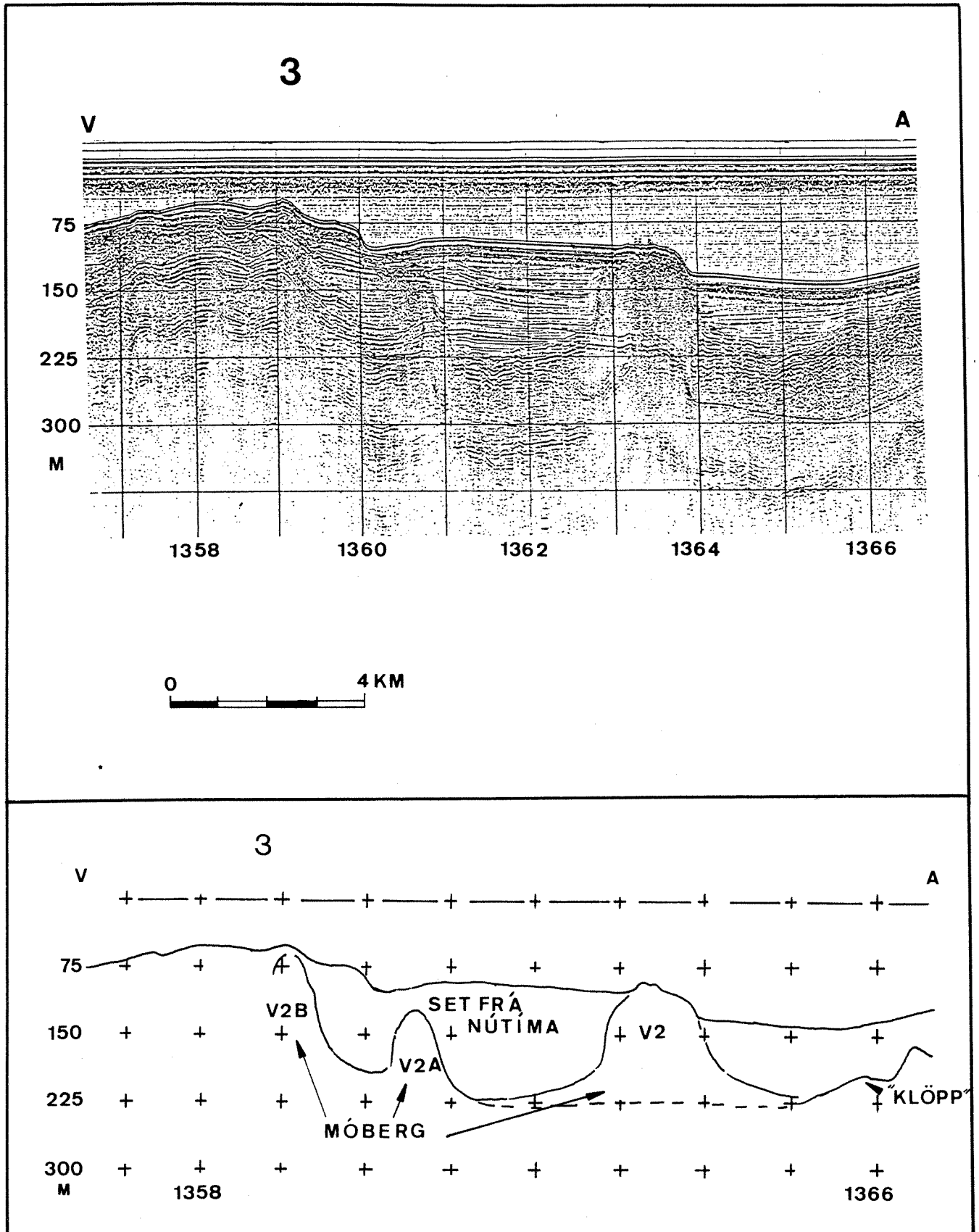
Mynd 13. Háfadjúp - þykkt sets frá Nútíma

MYND 14



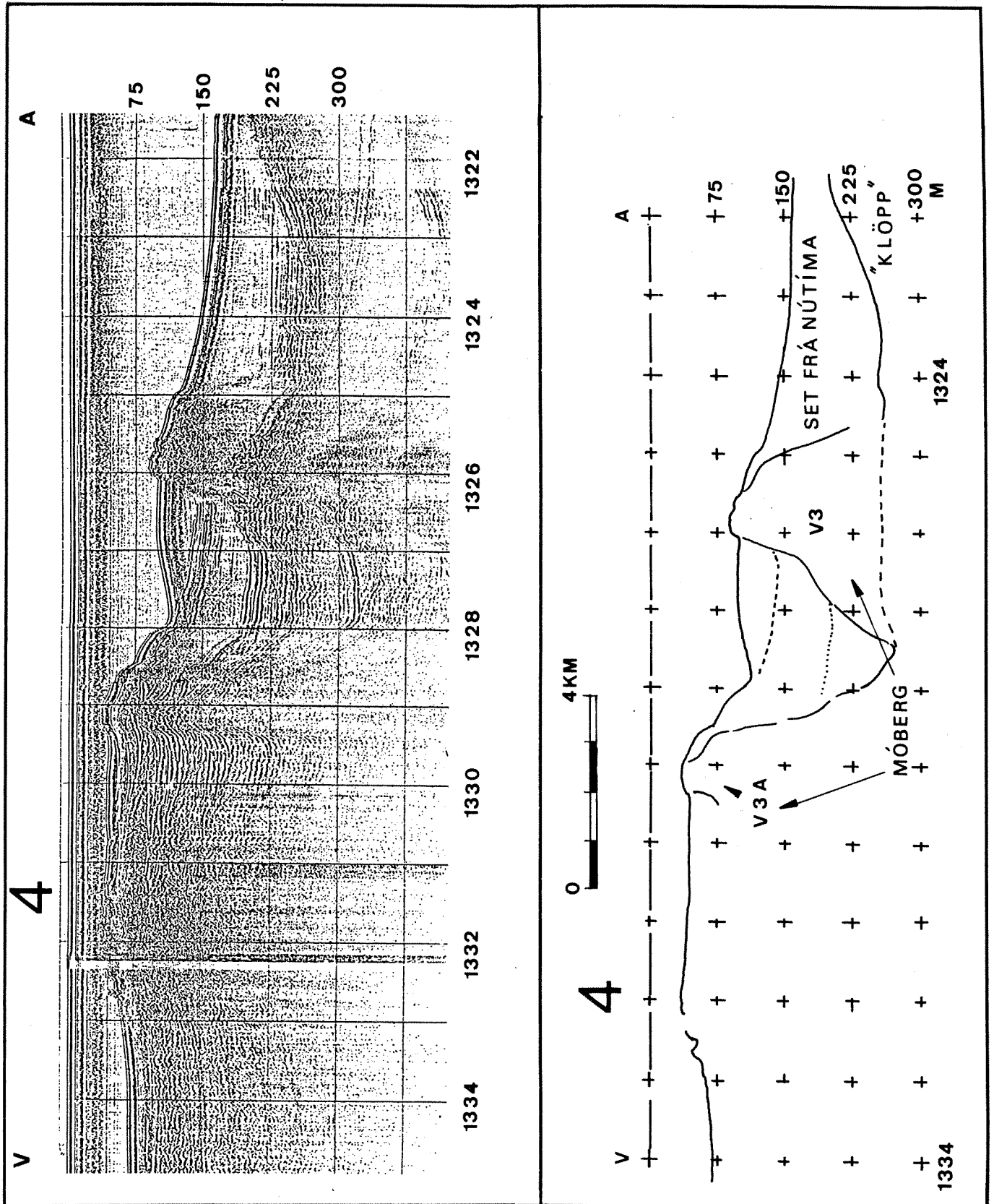
Mynd 14. Háfadjúp - snið 2 (VNV-ASA), sýnir m.a. þversnið eldvarpa V1 og V1A

MYND 15



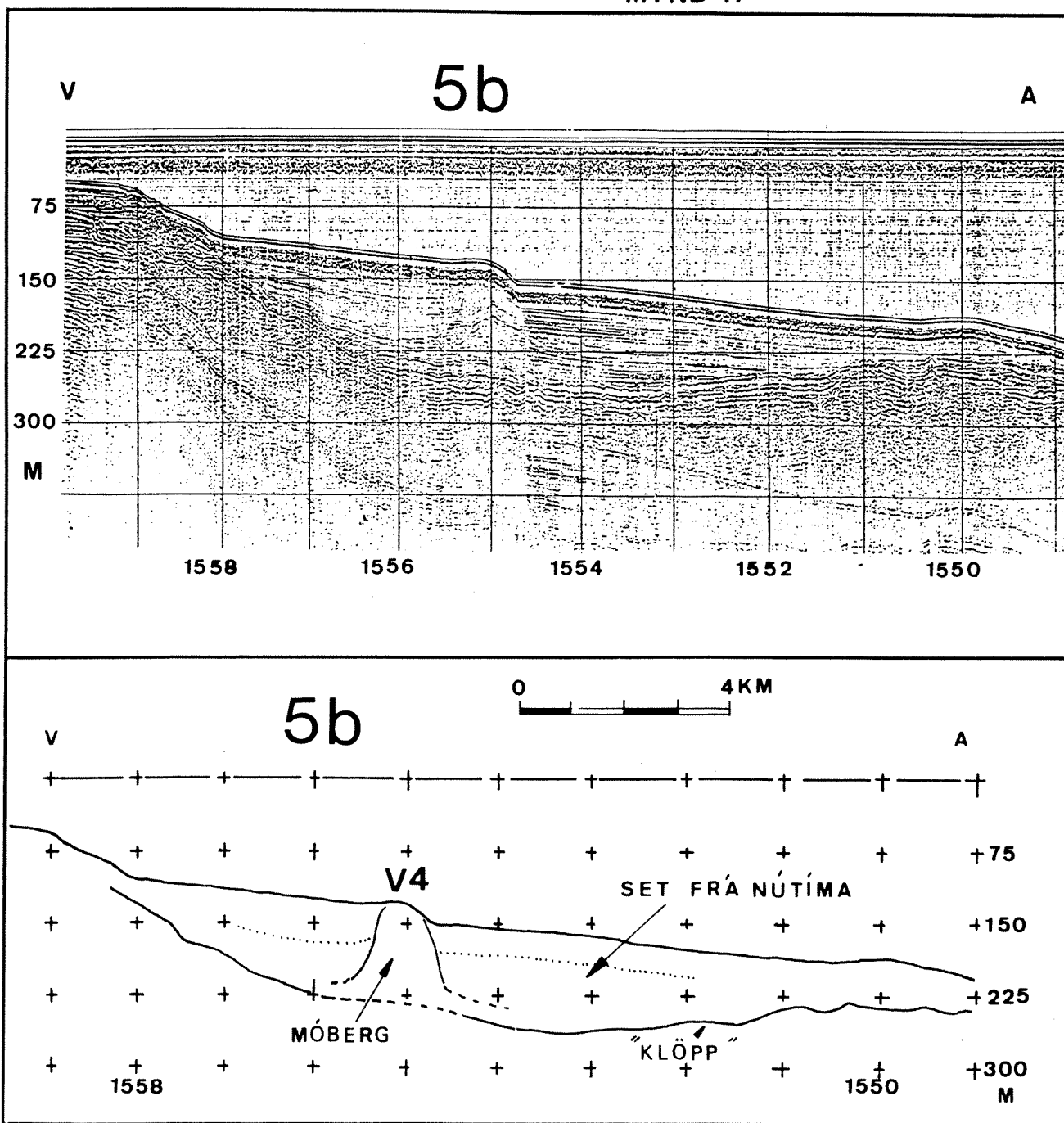
Mynd 15. Háfadjúp - snið 3 (VNV-ASA), sýnir þversnið eldvarps V2

MYND 16



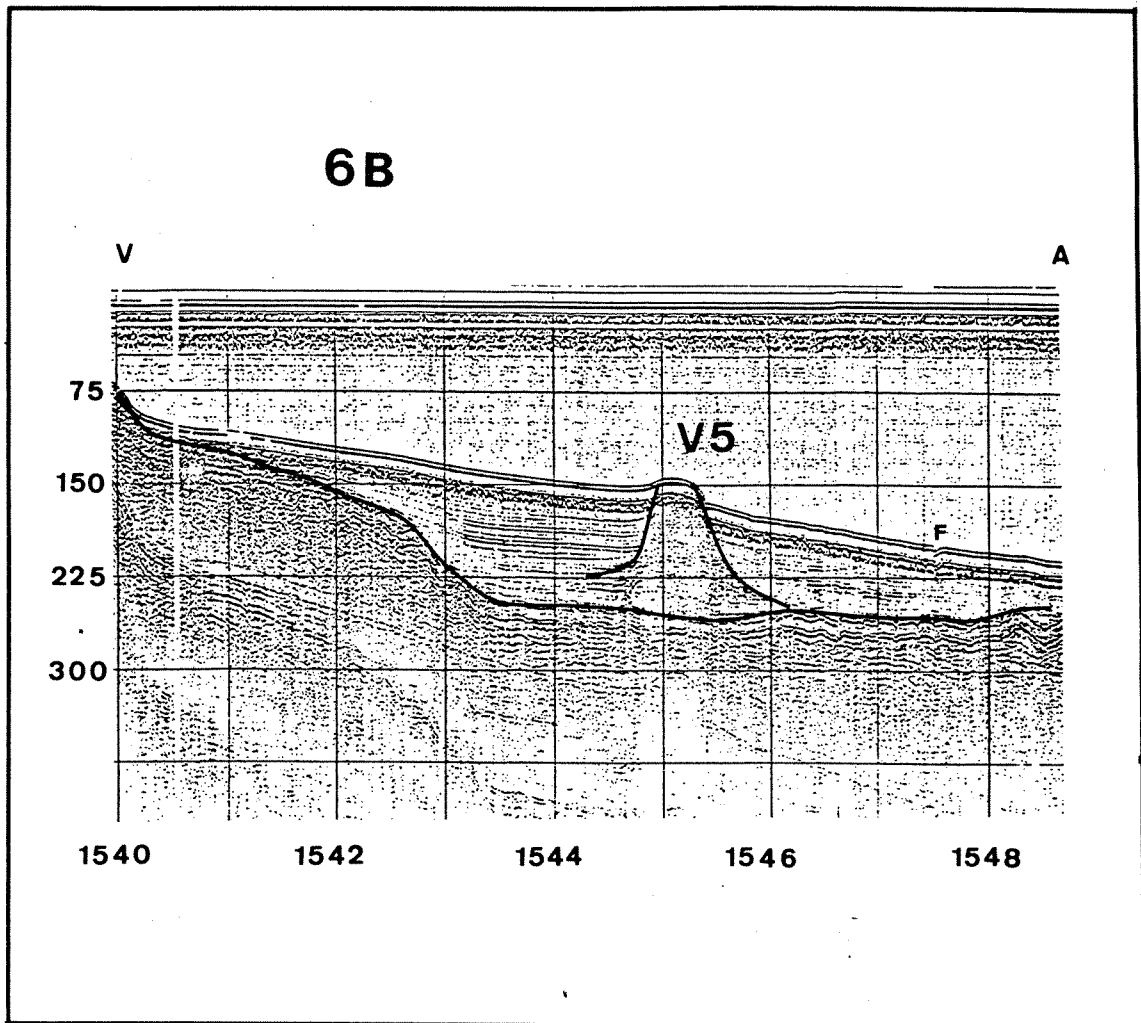
Mynd 16. Háfadjúp - snið 4 (VNV-ASA), sýnir þversnið eldvarpa V3 og V3A

MYND 17



Mynd 17. Háfadjúp - snið 5B (VNV-ASA), sýnir þversnið eldvarps V4

MYND 18



Mynd 18. Háfadjúp - snið 6B (VNV-ASA), sýnir þversnið eldvarps V5

ennfremur bent til þess að rof við Vestmannaeyjar eða framburður Markarfljóts sé veigamikil uppspretta setefnis í Háfadjúpi. Austanvert í sniði 6b (**mynd 18**) kemur fram lítil V-laga rauf í yfirborðið sem líklega er farvegur á hafsbotni.

Á **mynd 19** hafa eldvörp í Háfadjúpi verið dregin fram sem skyggð svæði. Þar sést að í miðju Háfadjúpi er áberandi stórt svæði með eldvörpum sem myndar eins konar hrygg, um 8 km langan. Suðaustur við þennan hrygg eykst sjávardýpi en þar er setþekjan að sama skapi þynnri. Þar eð sams konar áhrif koma fram í því sniði sem liggur um stakt eldvarp skammt sunnan við þennan hrygg (eldvarp V5 í sniði 6b á **mynd 17**) má telja líklegt að staka eldvarpið samtengist hryggnum að einhverju leyti þótt slík samtenging komi reyndar ekki fram í þeim sniðum sem könnuð voru. Hryggurinn er stærsta gosmyndunin í Háfadjúpi. Þar sem hann rís hæst nefnist hann Mannklakkur (dýpi 48 m). Þarna er líklega um samtíma gosmyndanir að ræða þótt ekki verði útilokað að eldvörpin hafi myndast í fleiri en einu eldgosi. Af mælisniðunum má ráða, að öll þessi eldvörp liggi ofan á "klöpp", þ.e. mislæginu, sem skilur að Nútíma og eldri myndanir.

5.5 Eyjabanki. Sá hluti rannsóknarsvæðisins, sem er vestan Háfadjúps og sunnan Álsins verður hér nefndur Eyjabanki. Mæliúfur frá þessu svæði (sjá **viðauka**) sýna nokkuð einhlíta og tiltölulega einfalda mynd. Nútímaset er víðast þunnt á svæðinu og á nokkrum stöðum erfitt að greina það frá undirlaginu (mislæginu). Dýptarkortið (**mynd 20**) sýnir að flestar eyjarnar, þ.m.t. Heimaey, standa upp úr hrygg, sem afmarkast af 60 m dýptarlínu. Aðrar stórar mishæðir eru svæðið umhverfis Geirfuglasker, Stóra-Hraun og hóll suður af því, og loks Surtsey með Jólni, Syrtlingi og Surtlu. Þar sem mælisniðin liggja yfir þessar mishæðir má alls staðar rekja leiðarflötinn (mislægið) undir þær. Þær eru því yngri en mislægið. Vesturhluti rannsóknarsvæðisins, þ.e. vestan línu sem dregin væri milli Surtseyjar og Heimaeyjar (**mynd 20**), einkennist af fjölmörgum litlum hæðarkollum sem rísa bratt upp af tiltölulega flötum botni. Í mælisniðunum eru þessir kollar hluti af mislæginu. Þeir hafa því væntanlega myndast áður en mislægið varð til og rofist með því. Flestir kollarnir eru taldir vera úr móbergi.

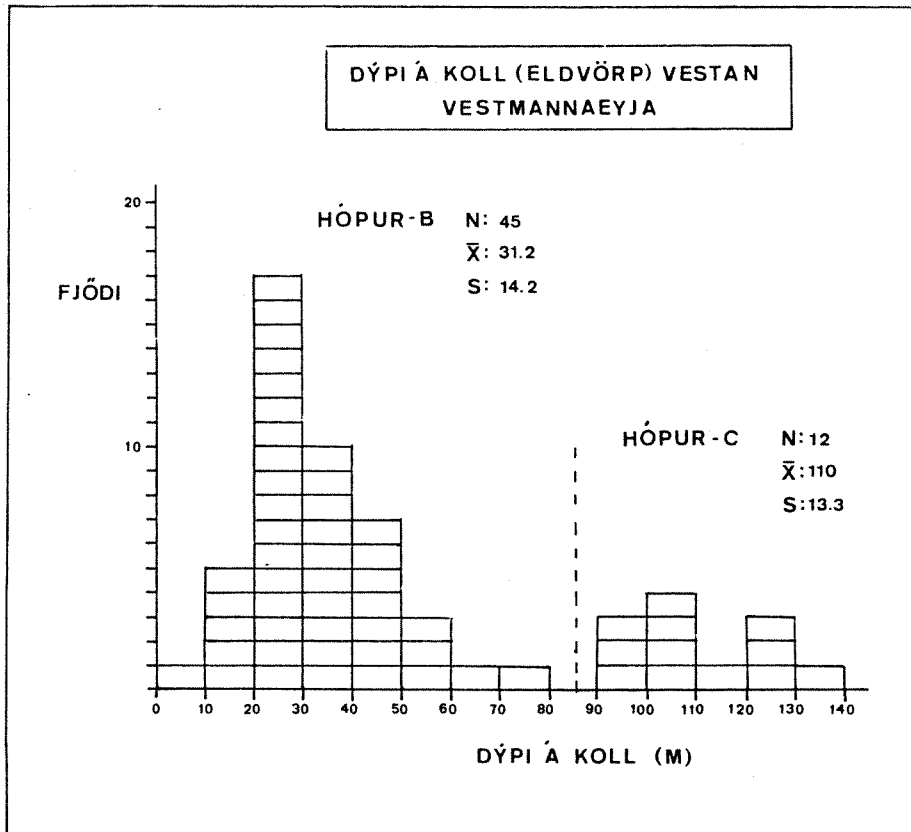
Talið var að dreifing dýpis á hæðarkollana myndi varpa ljósi á hvort þessi eldvörp hefðu myndast við svipaða sjávarstöðu en slíkt gæti gefið vísbendingar um innbyrðis aldursafstöðu þeirra. Í þessu skyni var notast við sjókort Sjósmælinga númer 321 fyrir Vestmannaeyjagrunn í mælikvarða 1:50.000. Alls var kannað dýpi á 57 hæðarkolla neðansjávar. Súluritið á **mynd 20** sýnir að dreifing dýpis á koll er greinilega tvítoppa (bimodal), annars vegar er mikill fjöldi kolla á um 30 m dýpi og hins vegar er nokkur fjöldi kolla á yfir 100 m dýpi. Mælingum var því skipt í tvo hópa (B og C) sem ekki skarast og er meðaldýpi fyrir hóp B 31 m (45 gildi) og hóp C 111 m (12 gildi). Því næst var kannað hvort gildi hvors hóps um sig hefðu svæðibundna dreifingu. Í ljós kom að af 45 gildum í hópi B voru 43 innan afmarkaðs svæðis, hér eftir nefnt svæði B (**mynd 21**). Dýpri gildin voru utan svæðis B, flest á Útsuðurshrauni 5-10 km vestur af Surtsey, hér eftir nefnt Svæði C (**mynd 21**). Af 12 gildum í hópi C féllu 11 innan svæðis C.

Eitt gildi úr hópi B féll innan svæðis C, þ.e. Skötuhyggur á 54 m dýpi. Bergsýni frá Skötuhygg benda til þess að hann sé myndaður á Nútíma (Sveinn Jakobsson, 1982).

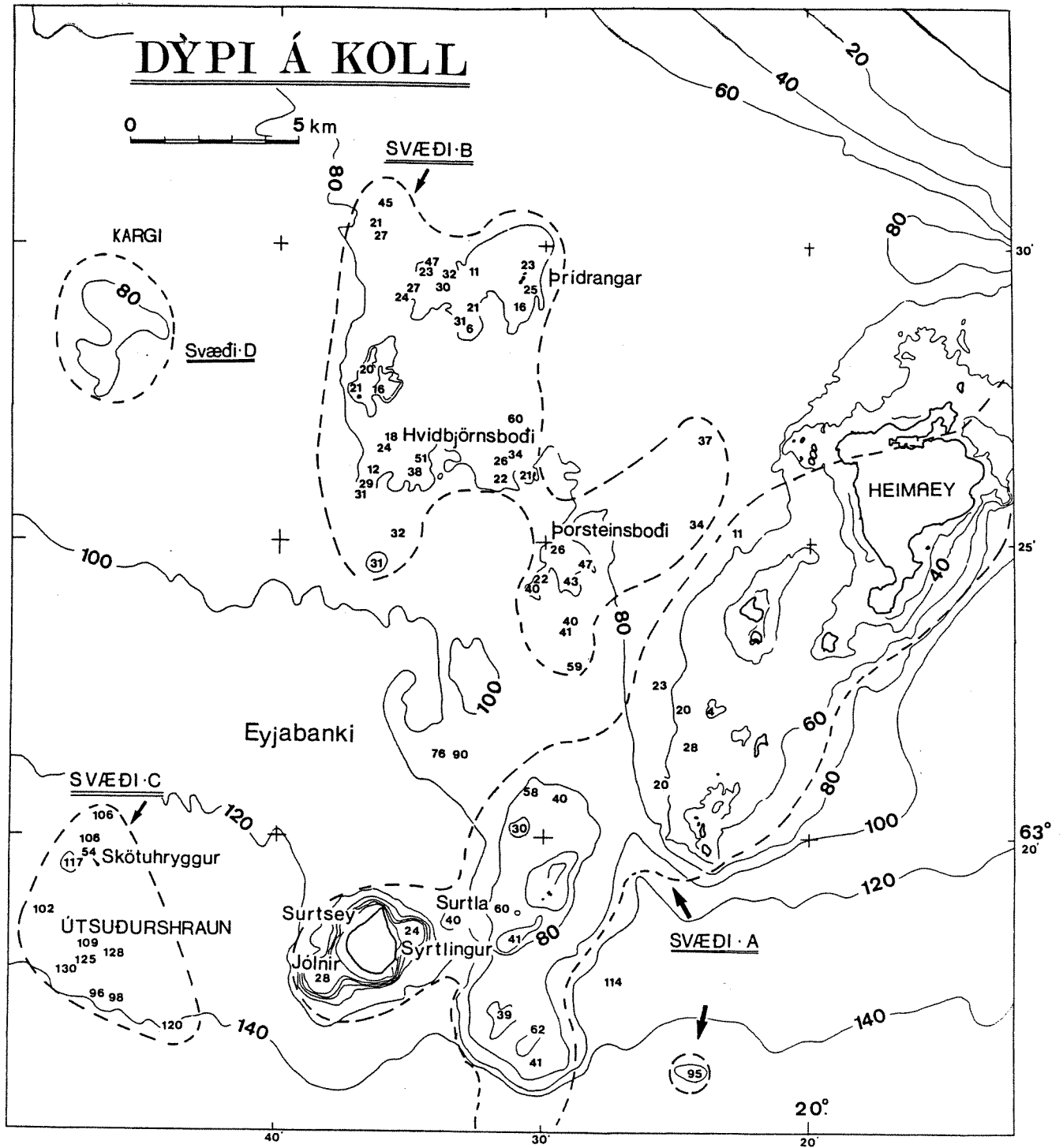
Einnig var könnuð hæð hæðarkollana yfir hafsbotni í innan við 1 km fjarlægð. Á svæði B var þessi hæð 45 m en aðeins 21 m á svæði C. Þetta verður nánar rætt í kafla 6.3.

6. UMRÆÐA

6.1 Tilgáta um myndun lægðar í Háfadjúpi. Í kafla 5 hér að framan var rakið hvernig lægðin í "klöppinni" í Háfadjúpi "gengur á land" innundir Markarfljótsaura. Lægðin, sem hefur ávalar hlíðar, er væntanlega jökulsorfinn dalur að uppruna og



Mynd 20. Súlurit: dýpi á koll vestan Heimaeyjar



Mynd 21. Dýpi á koll vestan Heimaeyjar: svæði A - D

virðist jökull hafa legið í dalnum langleiðina suður á landgrunnsbrún. Þar gæti jökull hafa kelft í sjó í hæð sem nú svarar til um 250 m dýpis, þ.e. núverandi dýpi á botn syðst í Háfadjúpi.

Hér verður sett fram tilgáta um jarðsögu og upphleðslu jarðmyndana í Háfadjúpi sem skiptist í fjögur þróunarstig (sjá mynd 22).

Stig I. Sagan hefst á síðasta jökulskeiði (Weichsel), sem stóð yfir fyrir um 70.000 - 15.000 árum. Á hámarki síðasta jökulskeiðs er talið að jökulskjöldur hafi náð að landgrunnsbrún sunnan Vestmannaeyja (Þorleifur Einarsson, 1971). Þá var sjávarstaða á jörðinni um 150 m neðar en nú gerist. Hins vegar var landinu við Vestmannaeyjar þrýst niður undir farg ísskjaldar, ef til vill niður fyrir sjávarmál þess tíma. Jökull gekk til suðurs frá hálendinu niður á láglandi og út fyrir núverandi strönd. Gosmyndanir Vestmannaeyja hafa myndað fyrirstöðu fyrir jökulinn sem hefur skafið utanaf sökklí Heimaeyjar á leið sinni til suðurs enda er Háfadjúpslægðin mun brattari Heimaeyjarmegin.

Stig II. Jökull hefur síðan horfið af svæðinu og sjór gengið inn yfir dalinn. Á meðan þessi breyting stóð yfir var samkeppni á milli jökulhörfunar, hækkunar sjávarstöðu vegna ísbráðunar og landlyftingar vegna afléttingar íss. Hvert þessara ferla gæti hafa virkað skyndilega og því verður fátt sagt um samspil þeirra á milli. Í ljósi þess sem gerist á næsta stigi virðist setmyndun einhverra hluta vegna hafa verið mjög lítil í suðurhluta svæðisins á stigi II.

Stig III. Á þessu stigi hafa eldgos brotist út og fjöldi eldvarpa orðið til neðansjávar. Þessi eldvörp eiga það sameiginlegt að vera "botnföst", þ.e. undir þeim kemur botn eða klöpp Háfadjúps fram á sama dýpi og til hliðar þar sem eldvörp eru ekki fyrir hendi. Þetta bendir til þess að myndunarsagan hafi gengið hratt fyrir sig í Háfadjúpi skömmu eftir lok síðasta jökulskeiðs. M.ö.o. virðast eldvörpin hafa orðið til áður en efni tók að setjast til í lægðinni eða að setmyndun hafi fyrst og fremst verið norðar, þ.e. nær upptökum jökulvatna inni landi.

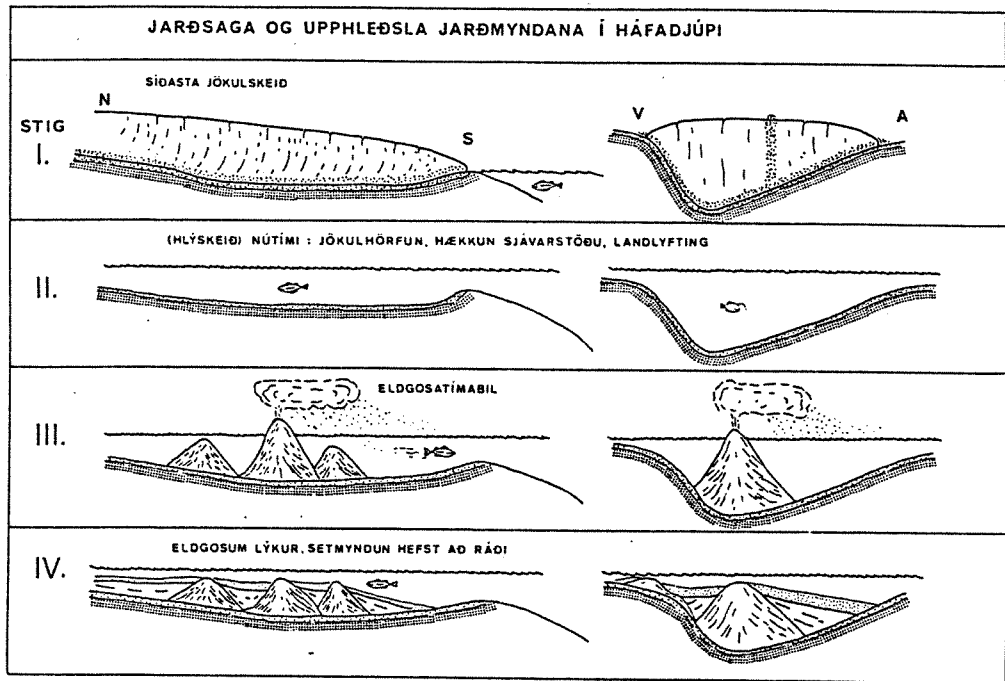
Stig IV. Svo virðist sem eldgos í Háfadjúpi hafi varað í skamman tíma og að setmyndun hafi fyrst hafist þar að ráði þegar eldgosum linnti en eldvörpin liggja undir allþykku Nútímaseti.

Þó gæti setmyndun hafa hafist nokkru seinna á Nútíma í Háfadjúpi, þ.e. nokkuð löngu eftir að eldvörpin höfðu myndast. Til dæmis er hægt að hugsa sér að í lok síðasta jökulskeiðs hafi setmyndun fyrst og fremst verið mun norðar, þ.e. í þeim firði sem talið er að hafi náð norður í Þórsmörk (Hreinn Haraldsson, 1981). Á þessum tíma kann setmyndun við Vestmannaeyjar að hafa verið mjög lítil. Vitað er (Sveinn Jakobsson, 1979) af öflugri eldvirkni vestur með brún Háfadjúps fyrir 5000-6000 árum og þá mynduðust Elliðaey, Bjarnarey, Sæfell-Helgafell, og Stórhöfði. Á þessum tíma hefur vafalítið mikið magn af gosmöl og ösku borist í Háfadjúpslægðina. Til dæmis sést greinlega í vestanverðu Háfadjúpi að lagskiptu yfirborðsseti hallar til austurs frá Heimaeyjarsvæðinu. Við teljum því að eldvörpin í Háfadjúpi hafi að minnsta kosti verið til staðar þegar eldgos mynduðu eldvörp frá Elliðaey til Stórhöfða fyrir um 5000-6000 árum síðan.

Efri setlög in umhverfis Vestmannaeyjar skortir greinanlega lagskiptingu sem kann að stafa af því að þau innihalda minna magn öskulaga en neðri setlögin. Slíkt myndi benda til þess að seinast á Nútíma hafi eldvirkni að mestu legið niðri við Vestmannaeyjar.

6.2 Jarðlög í Álum. Sé fyrst litið á norðurhlið Álsins sést að í skörðóttri móbergsmýndun koma fyrir tvær djúpar rennur með norðlæga stefnu. Að auki kunna aðrar misfellur í móberginu einnig að vera minni háttar rennur. Þessar rennur eru fylltar með lárétt lagskiptu seti. Við teljum þær líklega myndaðar við jökulrof.

Á Vestmannaeyjasvæðinu er mjög breytilegt á hvaða dýpi hraunlög koma fyrir. Á mynd 9b er gert ráð fyrir hraunlögum á um 225 m dýpi í mælisniði 47480 sem enda við norðanverðan Álinn. Á landi fundu Hreinn Haraldsson og Hans Palm (1980, mynd 35) einnig hraunlög á um 250 m dýpi við ósa Markarfljóts. Lítið er vitað um aldur



Mynd 22. Tilgáta um jarðsögu Háfadjúps

hraunlaganna norðan Álsins sem gætu hvort heldur verið af kvarterum eða tertíerum aldri. Á um 820 m dýpi undir Vestmannaeyjum hefst samfelld myndun basalt-hraunlaga (Guðmundur Pálmason o. fl., 1965) sem nær niður á a.m.k. 1550 m dýpi. Ummyndun þessara hraunlaga og rauð millilög benda til tertíers aldurs. Til að skýra 600 m hæðarmun á milli hraunlaga annars vegar undir Vestmannaeyjum og hins vegar norðan Álsins settu Guðmundur Pálmason o. fl. (1965) fram þá tilgátu að í tertíera berggrunninn væri stallur sem lægi eftir Álnum.

Með segulmælingum hefur Leó Kristjánsson (1976) sýnt fram á að í landgrunninu fyrir Suður- og Suðausturlandi er stallur í berggrunninn á um 300 km kafla (sjá einnig Leó Kristjánsson o.fl., 1977). Sá stallur liggur um 5-14 km fyrir innan landgrunnsbrún. Hraunbrúnin í Álnum er í beinu framhaldi af þessum stalli og því eðlilegt að gera ráð fyrir að hér sé um framhald hans að ræða. Er það þá í fyrsta skipti sem þessi stallur sést öðru vísi en með segulmælingum.

Á grundvelli þessarar túlkunar og með hliðsjón af niðurstöðum Guðmundar Pálmasonar o.fl. (1965) setjum við fram á mynd 23 tilgátu um afstöðu jarðlaga í landgrunninu við Vestmannaeyjar. Í þessari tilgátu felst að á svæðinu hafi myndast landgrunn með svipuðu sniði og á öllu svæðinu austur fyrir land. Sérstætt við Vestmannaeyjasvæðið er hins vegar að þar hófst eldvirkni á síðasta jökulskeiði og gosmyndun hlóðst ofan á landgrunnið.

Við erum engu nær en Leó Kristjánsson um uppruna hraunbrúnarinnar í landgrunninu (Álnum) en hann taldi hana hafa getað myndast vegna aukinnar eldvirkni norðan brúnarinnar og/eða sigs fyrir sunnan. Við myndum þó vilja bæta því við að sjávarrof gæti hafa haft umtalsverð áhrif á lögum brúnarinnar.

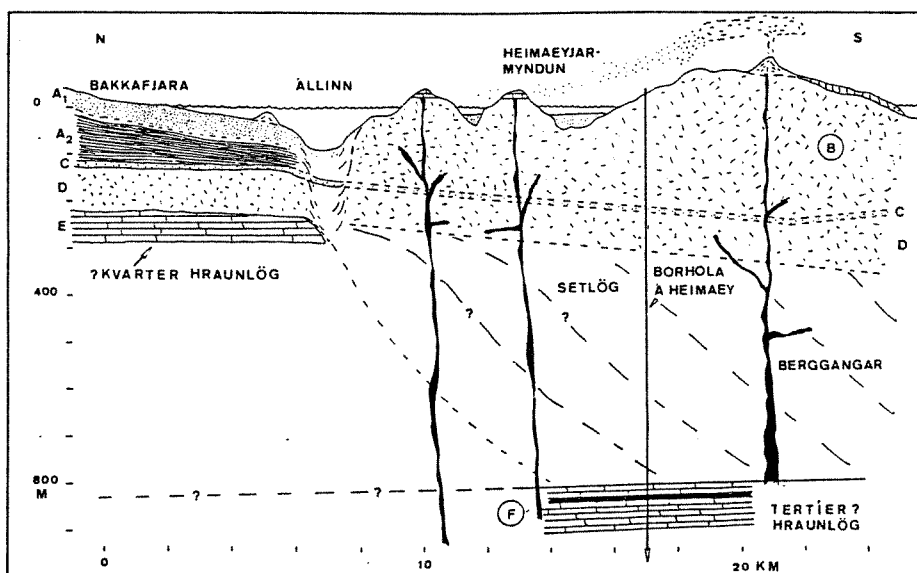
6.3 Hæðarkollar á Eyjabanka: Tvennt vekur athygli við dýpi á hæðarkolla á svæðum B og C við Eyjabanka. Það er í fyrsta lagi fjöldi eldvarpa á svæði C sem er á yfir 100 m dýpi. Í öðru lagi eykst dýpi skyndilega meðfram vestur- og suðurhlið svæðis B og er þetta svæði eins konar upphækkaður pallur. Hafsbotninn umhverfis svæði C er hins vegar flatur eða fylgir vægum halla landgrunnsins til suðurs.

Ljóst er að brimrof við núverandi sjávarstöðu getur ekki hafa rofið eldvörp/ niður á 100 m dýpi og svo mikið landsig er afar ólíklegt fyrir svæði C, a.m.k. á Nútíma. Gætu jöklar síðasta jökulskeiðs hafa valdið meira rofi eldvarpa á svæði C? Slíkt er einnig afar ólíklegt. Til að jökull frá landi nái svæði C þarf hann fyrst að fara yfir svæði B sem ætti því að hafa orðið fyrir a.m.k. jafnmiklu rofi. Gæti landlyfting í lok síðasta jökulskeiðs hafa verið meiri á svæði B? Væntanlega hefur landlyfting farið vaxandi í átt til fasta landsins vegna aukinnar afléttingar og þar með verið meiri á svæði B. Það er því vafalítið að landlyfting hefur verið eitthvað meiri á svæði B en hér verður að hafa í huga þann mun annan sem er á þessum svæðum. Þannig myndar svæði B pall miðað við hafsbótinn fyrir vestan og sunnan en slíkur pallur er, sem fyrr segir, ekki á svæði C. Það skiptir einnig máli að meðaldýpi frá kalli að hafsbotni umhverfis er 45 m á svæði B en aðeins 21 m á svæði C. Þetta bendir til þess að svæði C sé eldra því þar hafi set náð að jafna út mestu óreglur hafsbotsins umhverfis hæðarkollana. Skýringin fyrir pallinum á svæði B er líklega sú að þar hefur gosið seinna en eldvörpin urðu til á svæði C og rof og/eða setmyndun því ekki náð að jafna út botn svæðis B.

6.4 Gossvæði Vestmannaeyjagöskkerfisins. Þessi könnun bendir til þess að eldvirkni innan Vestmannaeyjagöskkerfisins sé bæði bundin við aðgreind svæði og háð breytingum í tíma. Alls hafa verið greind að fimm gossvæði eins og sýnt er á myndum 19 og 21 og töflu I. Svæði A, þ.e. Heimaey-Surtsey, er miðja Vestmannaeyjagöskkerfisins og er talið að þar hafi a.m.k. gosið frá síðasta jökulskeiði. Aðeins tvö svæðanna hafa verið virk á Nútíma, þ.e. svæðið Heimaey-Surtsey og Háfadjúp (svæði E). Minnst er vitað um svæði D, þ.e. við Karga um 22 km norðvestan við Heimaey, en eftir landmótun að dæma virðist það elst. Eins og vikið var að í grein 6.3 bendir

ýmislegt til þess að svæði C sé eldra en svæði B en þó eru bæði mynduð fyrir Nútíma.

Lagt var mat á flatarmál svæðanna og á grundvelli þess og aldursröðun sést að svæði eldvirkinnar hafa farið stækkandi, einkum á Nútíma. Rúmmál einstakra svæða er óþekkt en líklega hefur gosframleiðslan aukist eftir því sem flatarmál gossvæðanna jókst sem kann að benda til þess að eldvirkni í Vestmannaeyja-goskerfinu hafi farið vaxandi frá síðasta jökulskeiði.



Mynd 23. Skematísk afstaða jarðlaga við Vestmannaeyjar:

- A₁ - ólagskipt set frá Nútíma
- A₂ - lagskipt set frá Nútíma
- B - Heimaeyjarmyndun, móberg
- C - líklega jökulruðningur frá síðasta jökulskeiði
- D - móbergssset og/eða sjávarset
- E - hraunlög, ef til vill af kvarterum aldri
- F - hraunlög, líklega af tertíerum aldri

Tafla 1

Mat á flatarmáli gosbergssvæða við Vestmannaeyjar

Svæði	Flatarmál km ²	Aldursröð
A: Heimaey-Surtsey	213	5 (yngst)
B: Eyjabanki-norðanverður	88	3
C: Útsuðurshraun	16	2
D: Kargi	12	1 (elst?)
E: Háfadjúp	165	4

7. ÁLYKTANIR

7.1 Jarðlagaskipan Vestmannaeyjasvæðisins. Við teljum að innri gerð landgrunnsins við Vestmannaeyjar sé svipuð landgrunninu austan Eyja. Þannig liggja undir yngstu myndunum svæðisins landgrunn, sem gert er af gosbergi landmegin, en þykkum fleyg af seti sjávarmegin. Ofan á þessu landgrunni liggur þykkt lag af jökulruðningi, sem hefur harðnað og rofist. Eldvirkni í Vestmannaeyjagöskerfinu, sem hófst að öllum líkindum á síðari hluta síðasta jökulskeiðs, hefur síðan hlaðið gosmyndunum ofan á þennan jarðlagastafla. Jöklar ísaldar grófu dal í landgrunnið þar sem nú er Háfadjúp. Elstu gosmyndanir í sökkli Heimaeyjar urðu í vegi fyrir ísstreymi frá landi og beindu því austur í Háfadjúpið. Þá er líklegt að ís hafi gengið yfir Eyjabanka og rofið gosmyndanir þar.

Í kjölfar jökulhörfunar og sjávarstöðubreytinga í ísaldarlok myndaðist mislægi það, sem rekja má í jarðlögum á svæðinu. Ofan á það lögðust síðan Nútímanyndanir, þ.e. annars vegar gosmyndanir í Háfadjúpi og í virka beltinu við Eyjarnar, og hins vegar Nútímaset. Setmyndun hefur verið mjög mikil á Nútíma en hefur að mestu takmarkast við þykkar setfleyg undan suðurströndinni og framhald hans niður Háfadjúp. Setmyndun hefur hins vegar verið lítil á Eyjabanka.

7.2 Þróun eldvirkni við Eyjar. Eldgos hafa orðið á stærra svæði við Vestmannaeyjar en hingað til hefur verið talið. Dreifing eldvirkinnar hefur hins vegar verið breytingum háð. Líklegt er að sökkull Heimaeyjar sé frá upphafi eldvirkni á svæðinu og að Heimaeyjarsvæðið hafi verið virkt allan þann tíma, sem Vestmannaeyjagöskerfið hefur verið í gangi. Hins vegar virðist eldvirkni utan Heimaeyjarsvæðisins hafa færst til í tímans rás. Þannig hafi upphaflega gosið við Karga (svæði D), þá við Útsuðurshraun (svæði C) og síðan á norðanverðum Eyjabanka (svæði B). Bensaklakkur gæti hafa verið virkur á svipuðum tíma. Í upphafi Nútíma gaus í Háfadjúpi en að því loknu hefur eldvirkni verið bundin við tiltölulega mjótt belti frá Álnum í norðri og suður fyrir Surtsey.

8. HEIMILDIR

- Alexandersson, Torbjörn 1972: The sedimentary xenoliths from Surtsey: Turbidites indicating shelf growth. **Surtsey Research Progress Report - VI**, 101-116.
- Axel Björnsson 1975: Lýsing tækja og aðferðar, frumniðurstöður, setkönnunar í Faxaflóa. **Skýrsla Orkustofnunar: OSJHD 7513**, 17 s.
- Brander, J. and G. Wedge 1973: Distance measurements across the Heimaey eruptive fissure. **Nature**, Vol. 244, 496-498.
- Boulton, G.S., K. Thors, and J. Jarvis 1988: Dispersal of glacially derived sediment over part of the continental shelf of south Iceland and the geometry of the resultant sediment bodies. **Marine Geology**, Vol. 83, 193-223.
- Guðmundur Pálmason, Jens Tómasson, Jón Jónsson, og Ísleifur Jónsson 1965: Djúpbörðun í Vestmannaeyjum. **Skýrsla Jarðhitadeildar og Jarðborana Ríkisins til Raforkumálastjóra**, 43 s.
- Guðrún Helgadóttir 1984: Senkvartære foraminiferer og sedimenter í Faxaflói-Jökuldjúpområdet vest for Ísland. **Cand. Scient - ritgerð við Óslóarháskóla**, 116 s.
- Hreinn Haraldsson 1981: The Markarfljót sandur area, southern Iceland: sedimentological, petrographical and stratigraphical studies. **Striae**, Vol. 15, 58 s.
- Hreinn Haraldsson and Hans Palm 1980: A seismic investigation in the Markarfljót sandur area, southern Iceland. **Striölæ**, Vol. 2, 54 s.
- Kjartan Thors 1974: Sediments of the Vestfirðir shelf, NW-Iceland, **Doktorsritgerð við Manchesterháskóla**, fyrri hluti, 144 s.
- Leó Kristjánsson 1976: A marine magnetic survey off southern Iceland. **Marine Geophysical Researches**, Vol. 2, 315-326.
- Leó Kristjánsson, Kjartan Thors og Haraldur Karlsson 1977: Confirmation of central volcanoes off the Icelandic coast. **Nature**, Vol. 268 (5618), 325-326.
- Leifur Símonarson 1974: Fossils from Surtsey - A preliminary report. **Surtsey Research Progress Report - VII**, 80-83.
- Leifur Símonarson 1982: Fossils from Heimaey, Iceland. **Surtsey Research Progress Report - IX**, 152-154.
- Moore, James 1985: Structure and eruptive mechanism at Surtsey volcano, Iceland. **Geological Magazine**, 6, 649-661.
- Sigurður Þórarinnsson 1977: Gossprungukerfið í Heimaeyjargosinu, **Náttúrufræðingurinn**, 47 (1), 1-7.
- Sveinn P. Jakobsson 1968: The geology and petrography of the Vestmann Islands - A preliminary report. **Surtsey Research Progress Report - IV**, 113-130.

Sveinn P. Jakobsson 1979: Petrology of recent basalts of the eastern volcanic zone, Iceland. *Acta Naturalia Islandica*. Vol. 26, pp. 103.

Sveinn P. Jakobsson 1982: Dredge hauls from Vestmannaeyjagrunn, Iceland. *Surtsey Research Progress Report - IX*, 142-148.

Þorleifur Einarsson 1971: *Jarðfræði - Saga bergs og lands*, Heimskringla, Reykjavík, 254 s.

VIÐAUKI

Í viðauka hafa verið færð öll túlkuð snið sem fengin voru með endurvarpsmælingum umhverfis Vestmanneyjar. Þau hafa öll verið teiknuð með stafrænum hætti í tölvu. Mælikvarði sniðanna er (a) lóðrétt: 100 m dýptarbil, (b) lárétt: um 1 sjómíla (1865 m) á milli marka. Staðsetning sniðanna er sýnd á myndum 3a og 3b.

