

RANNSÓKN Á JARÐHITALÍKUM Á
NORÐVESTANVERÐU SNÆFELLSNESI.

Guðmundur Guðmundsson
Karl Grönvold

RANNSÓKN Á JARÐHITALÍKUM Á
NORÐVESTANVERÐU SNÆFELLSNESI.

Guðmundur Guðmundsson
Karl Grönvold

EFNISYFIRLIT.

	Bls.
1. Inngangur (K.G. + G.G.)	1
2. Um jarðfræði Snæfellsness (K.G.)	1
3. Rafleiðnimælingar (G.G.)	6
4. Hitamæling í borholu (G.G.)	8
5. Niðurstöður og framhald rannsókna (K.G.+G.G.)	8
6. Borkostnaður (K.G.+ G.G.)	10

1. Inngangur

Athuganir á jarðhitalíkum á Snæfellsnesi voru gerðar sumarið 1972 að ósk sveitarfélaganna á Hellissandi, Ólafsvík og Grundarfirði og forráðamanna Lárósstöðvarinnar hf. Alls voru gerðar 13 rafleiðnimælingar á norðurströnd Snæfellsness auk jarðfræðiathugunar.

Beztá vísbending um nýtanlegan jarðhita er heitt eða volgt vatn á yfirborði, en slíku er ekki til að dreifa á þessum stöðum. Niðurstöður rafleiðnimælinga voru hinsvegar fremur jákvæðar, einkum á vesturhluta nessins. Hitamæling á 79 metra dýpi í borholu við Ólafsvík benti í sömu átt.

Ólíklegt er að frekari yfirborðsrannsóknir auki þekkingu okkar á jarðhitalíkum við Ólafsvík og Hellissand. Frekari könnun verður því að fara fram með borun.

2. Um jarðfræði Snæfellsness

Jarðlög á Snæfellsnesi skiptast í tvær höfuðmyndanir og er talsverður munur á gerð þeirra og aldri. Neðri og eldri hluti jarðlaga á nessinu er blágrýtismyndun er varð til seint á tertíertíma og framan af ísöld. Eftir að blágrýtismyndunin varð til var hlé á hleðslu jarðlaga á Snæfellsnesi og raufst þá ofan af henni. Seint á jökultíma hófst eldvirkni á ný og hlóðust þá ný jarðlög ofaná óslétt landslag blágrýtismyndunarinnar og stendur sú eldvirkni enn.

Blágrýtismyndunin er aðallega gerð úr basalhraunlögum svipað og á öðrum blágrýtissvæðum landsins eftir því sem bezt verður séð.

Af jarðlagahalla er ljóst að Snæfellsnes er í samhverfu og liggur ás hennar nokkurn veginn frá Snæfellsjökli um Setberg til norðausturs. Hallar því jarðlögum blágrýtismyndunarinnar til norðvesturs á öllum suður- og austurhluta nessins, en ræmunni norðvestan við samhverfuásinn hallar til suðausturs. Kemur þó fyrir óregla í halla vegna Fróðár-eldstöðvarinnar sem síðar verður getið.

Orsök þessarar samhverfu er ekki að fullu skýrð.

Þó að basalhraunlög séu meginuppistaða blágrýtismyndunarinnar, ber samt mikið á annars konar berglögum í tveim megineldstöðvum sem voru virkar á meðan upphleðsla blágrýtismyndunarinnar stóð yfir. Önnur þeirra er kennd við Setberg en hin við Fróðá.

Setbergseldstöðin hefur verið könnuð af Haraldi Sigurðssyni. Einkennist hún af súru og ísúru bergi ásamt öskju, keilugöngum og djúpbergseitlum samfara mikilli ummyndun eftir jarðhita sem hefur verið virkur á svipuðum tíma og stöðin sjálf.

Fróðáreldstöðin hefur lítið verið könnuð, en einkennist þó greinilega af súru bergi, mikilli ummyndun og sennilega keilugöngum. Virðist eldstöðin hafa náð þvert yfir nesið, en erfitt er að segja um stærð hennar vegna þess hve hún er hulin af yngri jarðlögum. Halli jarðlaga í nágrenni megineldstöðva er venjulega óreglulegri en utan þeirra, en ekki er ljóst að hve miklu leyti þetta á við Fróðár-eldstöðina.

Ekki er ljóst hvenær né með hvaða hætti upphleðslu blágrýtismyndunarinnar lauk á Snæfellsnesi. Sennilegt er að eldvirkni hefi verið lokið á mestöllu nesinu áður en ísöld gekk í garð fyrir 3 milljónum ára. Sumsstaðar, t.d. á suðurhluta Setbergssvæðisins, hélt eldvirknin og upphleðsla áfram töluvert fram á ísöld. Á vesturhluta nessesins virðist upphleðslu blágrýtismyndunar hafa verið lokið á tertíer.

Eftir að upphleðslunni lauk hófst rof á svæðinu og grófst út breiður dalur eða fjörður með A-V stefnu þar sem nú er norðurhluti nessesins. Þetta roftímabil stóð yfir um miðbik ísaldar.

Myndanir frá síðasta hluta ísaldar urðu til er eldvirkni hófst á ný á Snæfellsnesi, sennilega þegar lifði þriðjungur af ísöld.

Fyrst í stað fylltu þær upp í dal þann eða fjörð sem grafist hafði ofan í blágrýtismyndunina. Síðan hlóðust gosmyndanir þessa tíma-bils upp í æ yngra og ójafnara landslagi eftir því sem leið nær lokum ísaldar, enda hélt rofið áfram óháð upphleðslunni.

Virðist eldvirknin og þar með upphleðslan hafa haldið áfram hvíldar-lítið fram á nútíma, og hefur aragrúi af hraunum runnið síðan ísöld lauk fyrir um 10.000 árum.

Eldvirkni á Snæfellsnesi síðan ísöld lauk er um margt ólík því sem verið hefur annars staðar á landinu á sama tíma. Bæði eru hraunin úr hverju gosi minni en í hinum gosbeltunum utan megineldstöðvanna og eins er samsetning hraunanna töluvert frábrugðin. Bendir ýmislegt til þess að hraunin á Snæfellsnesi séu upprunnin á meira dýpi en hraun annars staðar á landinu.

Sennilegt er að öll eldvirkni á Snæfellsnesi á síðasta hluta ísaldar hafi verið um þetta svipuð nútíma hraununum. Hins vegar virðast hraunin í blágrýtismynduninni vera svipuð og í blágrýtismynduninni annars staðar á landinu og þá líka því sem nú er í aðalgosbeltunum.

Hraun eru þó ekki nema hluti af þeim jarðlögum sem myndast hafa á jökultímanum. Hraun hafa aðeins runnið á hlýskeiðum, en á jökulskaiðum varð til móberg og jökulberg, og setlög hafa myndast í sjó og á láglandi hvers tíma út allt upphleðslutímabilið.

Á mótum blágrýtismyndunar og yngri myndana á norðanverðu Snæfellsnesi er því sem næst óslitið setlag (Búlandshöfðalögin). Steingerðar skeljar í þessu lagi sýna að eitthvað af því að minnsta kosti er sjávarset.

Ofan á setlaginu koma svo hraun- eða móbergslög og er það ýmist hvort er næst ofaná setlaginu.

Jarðhiti á Snæfellsnesi

Mest allur jarðhiti á Snæfellsnesi virðist vera í blágrýtismynduninni

eða tengdur við hana. Jarðhiti er á þessum stöðum:

		Kísilhiti
Landbrotslaug	58°C	
Kolviðarneslaug	64°C	96°C
Lýsuhóll	41°C	175°C
Syðri-Rauðamelur	42°C	
Bergsholt	22°C	
Kolgrafararfjörður sennil.	> 50°C	

Þá er það sérkenni Snæfellsness að þar er mikið um ölkeldur og eru þær 6-10°C heitar. Þótt sennilega sé einhverskonar samband á milli ölkeldna og eldvirkni á Snæfellsnesi þá er það samband alls óljóst og eins mögulegt samband við jarðhitann.

Við Kolviðarneslaug og á Lýsuhóli fékkst töluverð hitaaukning með borunum og kísilinnihald vatnsins bendir til þess að þar megi fá enn heitara vatn.

Jarðhitinn við Lýsuhól og eins í Kolgrafarfirði er í jaðrinum á Setbergseldstöðinni og gætu jarðlög tilheyrandi henni, sennilega gangar, stjórnað heitavatnsrennslinu. Við Kolviðarneslaug er hitinn tengdur misgengi sem greinilega kom fram við segulmælingu. Ekki liggur fyrir hverjar eru jarðfræðilegar aðstæður á hinum stöðunum.

Jarðfræði svæðisins umhverfis Ólafsvík og Hellissand.

Verði farið út í frekari athuganir með borunum á þessu svæði er sennilegt að árangur og borkostnaður fari að miklu leyti eftir jarðlögum á svæðinu. Eins og áður segir er jarðhitinn á Snæfellsnesi allstaðar tengdur blágrýtismynduninni, og beinist jarðhitaleitin því einkum að þeirri myndun. Í yngri myndunum er hins vegar mikið af millilögum og óþéttum jarðlögum sem torvelað geta borun og túlkun hitastigulsmælinga.

Víðast hvar á Snæfellsnesi er berggrunnur láglandisins blágrýtismyndun, en hinar yngri myndanir frá síðasta hluta jökultímans liggja ofan á í mismikilli hæð og misjafnlega langt frá ströndinni.

Vestast á nesinu við Fróðá að norðan en Breiðavík að sunnan hverfa lög blágrýtismyndunarinnar undir yngri myndanir og munar þar sennilega mest um mikla upphleðslu í Snæfellsjökli.

Yngri myndanir þekja því vestasta hluta nessins og eru það ýmist móbergs- eða grágrýtislög. Þó kemur fram á nokkrum stöðum á svæðum kringum Ólafsvík og Hellissand ellilegt berg sem telja má víst að tilheyri blágrýtismynduninni. Liggur hún því sennilegast ekki mjög djúpt á þessum slóðum.

Í tanganum við Hvalsá hjá Ólafsvík kemur fram ummyndað og holufyllt dílótt berg. Svipað berg kemur fram við Svöðufoss og Kerlingarfoss neðst í klettunum sunnar við bæinn Foss milli Hellissands og Ennis og gæti þetta verið sama lagið. Ofan á þessu gamla bergi er 5-15 metra þykkt setlag og þar ofan á grágrýtislög sem ná suður að Búrfelli og austur að Enni og Rjúpnaborgum.

Láglandið fyrir norðan þessa kletta milli Ennis og Prestahrauns er einnig þakið grágrýti fram í sjó. Þó standa upp úr því lítil hvalbök rétt austan við brúna yfir Hólmkelsá og tilheyra þau sennilega blágrýtismynduninni. Verði boruð grunn hitastigulshola virðist heppilegast að bora hana í þessi hvalbök.

Í nágrenni Hellissands er allt þakið hraunum (Prestahraun) og grágrýtishraunlögum frá hlýskeiði. Þykkt þeirra er ekki hægt að áætla né hvort setlagið eða móbergslög liggja milli þeirra og blágrýtismyndunarinnar.

Austan Ennis í Hrafnabjörgum og Bugsmúla er mikill hluti neðstu laganna móberg en þó með nokkru grágrýti. Um 80 metra djúp hola boruð við rafstöðina í Ólafsvík virðist öll hafa verið í þéttum setlögum en ekki er vitað um aldur þeirra.

Enni er stapi, að mestu úr móbergi en með hraunlögum og gíg efst. Hraunið hefur runnið talsvert niðureftir hliðunum vestan megin. Hefur Enni að líkindum myndast seint á seinasta jökulskeiði

og mun móbergsfjallið Búrfell suður af Hellissandi vera álíka gamalt.

3. Rafleiðnimælingar

Alls voru gerðar 13 rafleiðnimælingar á norðanverðu Snæfellsnesi. Staðirnir sem mælt var á eru sýndir á mynd 3.

Jarðhiti lækkar viðnám bergs gegn rafstraumi. En auk jarðhita hefur fleira áhrif á viðnámið, einkum holufylling, ummyndun, jarðlagaskipan og selta. Túlkun rafleiðnimælinga með tilliti til jarðhita byggist einkum á því að bera útkomurnar saman við niðurstöður mælinga á öðrum stöðum þar sem búið er að bora og ætla má að jarðfræði sé svipuð. Snæfellsnes hefur talsverða sérstöðu í íslenskri jarðfræði og þar er lítið búið að bora. Torveldar þetta túlkun rafleiðnimælinganna. Víkjum við nú að mælingunum hverri fyrir sig.

S-1. Berserkseyri.

Eini hver sem vitað er um við norðanvert Snæfellsnes er í skeri nálægt Berserkseyri. Staðurinn er í jaðri fornrar megineldstöðvar og liggur mælilínan þvert á fjölda ganga. Reynsla af mælingum annarsstaðar við slíkar aðstæður er sú að viðnám reynist hátt, hvort sem þar er jarðhiti eða ekki. Útkoman úr mælingunni varð í samræmi við þessa reynslu. Viðnámið er um eða yfir 1000 Ω m niður fyrir 200 m dýpi. Eftir það lækkar viðnámið mikið, en ókleift er að segja hvaða gildi það tekur, m.a. vegna þess að ekki var unnt að hafa straumarm lengri en 650 m.

S-2. Grundarbotn.

Berggrunnurinn er tertiert basalt og viðnámið, tæpir 200 Ω m neðan við 70 m dýpi, er algengt í slíku bergi þar sem jarðhita gætir ekki.

S-3. Grafarnes. Berggrunnurinn er tertíert basalt. Viðnámið er 130-300 Ω m niður undir 300-450 m dýpi, en lækkar talsvert þar fyrir neðan.

S-4 og S-5. Látravík. Berggrunnurinn er tertíert basalt, en viðnámið, 40 Ω m eða minna neðan við 200 m, er óvenju lágt. Til samanburðar má nefna að það er nokkru lægra en lægsta mælt viðnám á þekktum jarðhitasvæðum við Eyjafjörð. Djúp borhola við Eyrarbakka liggur að mestu í basaltlögum, sennilega talsvert yngra bergi en við Látravík. Þar er viðnám um eða undir 32 Ω m og hitastigull ekki fjarri 85°/km.

S-6. Skollaá. Þarna er sennilega tertíert basalt undir og viðnámið, 300-400 Ω m er frekar hátt, en þó ekkert óvenjulegt.

S-7. Fossá. Efsta bergið er þarna svokallað eldra grágrýti myndað á síðasta hluta ísaldar. Allar líkur eru á að þar fyrir neðan taki við tertíert basalt. Gildir það sennilega um allar mælingarnar sem eftir eru nema helzt S-13. Viðnám í S-7 er um 400 Ω m ofantil, en lækkar í 60 Ω m um 100 m dýpi.

S-8. Ólafsvík. Vegna staðhátta var aðeins hægt að komast 264 m til hvorrar handar frá miðpunkti mælingunnar og nær mælingin því ekki djúpt niður. Borun við rafstöðina sýndi að þarna eru þykk setlög og viðnámið í þeim, um 20 Ω m, sýnir að talsvert salt er í jarðvatninu.

S-9 og S-10. Sveinastaðir og Hólmkelsá. Báðar þessar mælingar eru á svipuðum slóðum. Mælingin við Hólmkelsá hafði straumarm 1500 m í hvora átt og gefur því vitneskju um viðnám niður á u.þ.b. 1000 m dýpi. Í þessum mælingum er viðnám yfir 100 Ω m niður undir 300-400 m dýpi, en lækkar þá mikið og fer um eða undir 20 Ω m. Svo lágt viðnám hefur ekki mælst hérlendis á miklu dýpi nema við óvenju mikla seltu eða hita.

S-11 og S-12. Hellissandur. Öfanti er viðnám herra þarna en í S-9 og S-10, 400 - 2000 Ω m, og gæti það svarað til ungra hrauna eða lausra jarðlaga, gegnsósa af fersku vatni. Viðnámsskil koma fram um 60 m dýpi og eftir það er viðnám svipað eða jafnvel lægra en í S-9 og S-10 og virðist stefna undir 20 Ω m.

S-13. Í námd við Saxhóla. Þarna eru þurr ung hraun efst um 100 m þykk. Síðan lækkar viðnám í 80 Ω m, en það er algengt gildi í margskonar bergi á Íslandi þar sem jarðhita gætir ekki.

4. Hitamæling í borholu.

Sumarið 1972 var borað við rafstöðina í Ólafsvík og reyndist holan þétt. Hún var hitamæld með hámarksmæli á 79 m dýpi eftir þriggja daga hlé á borun og reyndist 14°C. Meðalhiti á Rifi er 4,4°C og svarar mælingin þá til hitastiguls um 120°/km. Það dregur talsvert úr gildi þessarar niðurstöðu að holan var ekki varðveitt, svo að ekki er hægt að endurtaka mælinguna.

5. Niðurstöður og framhald rannsókna.

Ólafsvík og Hellissandur.

Hitamæling í borholunni við Ólafsvík og rafleiðnimælingar S-9 - S-12 fyrir utan Enni benda til að hér hitastigull sé á þessum slóðum. Því miður er ekki hægt að staðfesta hitamælinguna með endurtekningu og lágt viðnám getur stafað af fleiru en jarðhita. Við höfum lítil tæk á að afla meiri vitneskju um jarðhita með mælingum á yfirborði. Líkurnar á að hitastigull sé nægilega hér til að nothæft vatn til upphitunar fáist á viðráðanlegu dýpi eru svo góðar að við teljum réttlátanlegt, ef sveitarfélögin í Hellissandi og Ólafsvík æskja þess, að ráðast í borun. Þar eru í meginatriðum tveir kostir fyrir hendi.

1. Hitastigulshola. Grunn og mjó hola, 100-150 m, í þéttu bergi gefur traustari upplýsingar um hitastigul en nú eru fyrir hendi á norðanverðu Snæfellsnesi. Hún þyrfti að ná eitthvað niður í tertiera bergið og væri því bezt að hafa hana við Hólmkelsá þar sem slíkt berg nær til yfirborðs.

Ef niðurstöður af þessari rannsóknarborun reynast neikvæðar verður hætt við frekari boranir á þessu svæði. Verði árangur hins vegar jákvæður yrði næsta stig að bora djúpa holu (um 1200 m) annað hvort við Hellissand eða Ólafsvík.

Rétt er að hafa í huga að svo getur farið að hitastigulsholan veiti ekki skýr svör um hitaástand á svæðinu.

2. Vinnsluhola. Sá möguleiki er einnig fyrir hendi að sleppa hitastigulsholunni og byrja strax á holu sem síðan mætti dýpka og nota fyrir vinnsluholu ef árangur verður jákvæður. Vegna ungra jarðlaga á yfirborði er þó hætt við að hola á Hellissandi eða Ólafsvík þurfi að vera 200-400 metra djúp áður en hún gefur jafngóðar upplýsingar og 100-200 metra djúp hola í eldra bergi.

Vinnsluholur ættu að vera sem dýpstar til að auka líkur á að hitta vatnsæðar á nægilega miklu dýpi til að fá nýtanlegan hita. Gerum við ráð fyrir 1200 m djúpri holu með hliðsjón af tækjakosti Jarðborana ríkisins.

Æskilegt er að hitamæla oft á meðan borun stendur yfir til að geta stöðvað borun í tíma ef hitastigull reynist lágur.

Auk hitastiguls fer árangur djúpborunar eftir vatnsæðum og efnainnihaldi vatnsins. Það er algengara að jarðhitaboranir á Íslandi mistakist vegna þess að holan hittir ekki á nægar vatnsæðar en að hitastig sé of lágt. Ef vatnið reynist of salt til beinnar notkunar má hita með því ferskt vatn, en hola þarf þá að skila meira varma magni til að nýting verði hagkvæm.

Lárvaðall og Grundarfjörður.

Útkoman úr mælingum við Lárvaðal og Grundarfjörð var ekki eins jákvæð og í mælingum 9 - 12 utan Ennis. Þarna ætti því ekki að hafast frekar að fyrr en búið er að bora í Ólafsvík eða Hellissandi. Ef þar næst góður árangur mætti hugsa til hreyfings við Lárvaðal og Grundarfjörð og byrja þá á að líta betur á jarðfræði og lengja mælingu S-3.

6. Borkostnaður

Áætlanir um borkostnað eru afar ónákvæmar og kemur tvennt til.

1. Borhraði fer eftir hörku bergsins. Þegar verst gengur er hann undir 1 m/klst., en kemst stundum yfir 50 m/klst. Þetta er miðað við Wabco bor sem notaður yrði við djúpbörðun. Búast má við að berglög í djúpri holu séu talsvert mishörð, en meðalhraði í holum er líka mjög breytilegur eftir landshlutum. Engin reynsla er af djúpbörðun á Snæfellsnesi en við teljum rétt að miða við meðalhörku.
2. Vatnsæðar sem koma fram áður en borinn nær dýpi með nýtanlegum hita þarf að þétta með steypu. Kostnaður við hverja slíka vatnsæð gæti orðið 30-120 þúsund kr.

Miðað við gjaldskrá Jarðborana ríkisins í árslok 1972 gízkum við á að 1200 m djúp hola með Wabco bor á utanverðu Snæfellsnesi kosti um 4,8 milljón kr. Væri hætt við holuna í 400 metrum verður kostnaður um 2,5 milljón kr.

Hitastigulshola, 100-200 m djúp, boruð með Craelius bor gæti kostað 0,3 - 0,7 milljón kr.

Verði ákveðið að leggja í einhverja borun munu Jarðhitadeild og Jarðboranir ganga frá sundurliðaðri verk- og kostnaðaráætlun áður en verkið hefst. Þar er lýst frágangi á borplani, fóðringum og krónuvídd á hverju dýpi. En vandlega unnin verklýsing dregur ekkert úr óvissu um berghörku og fjölda kaldra vatnsæða.



ORKUSTOFNUN

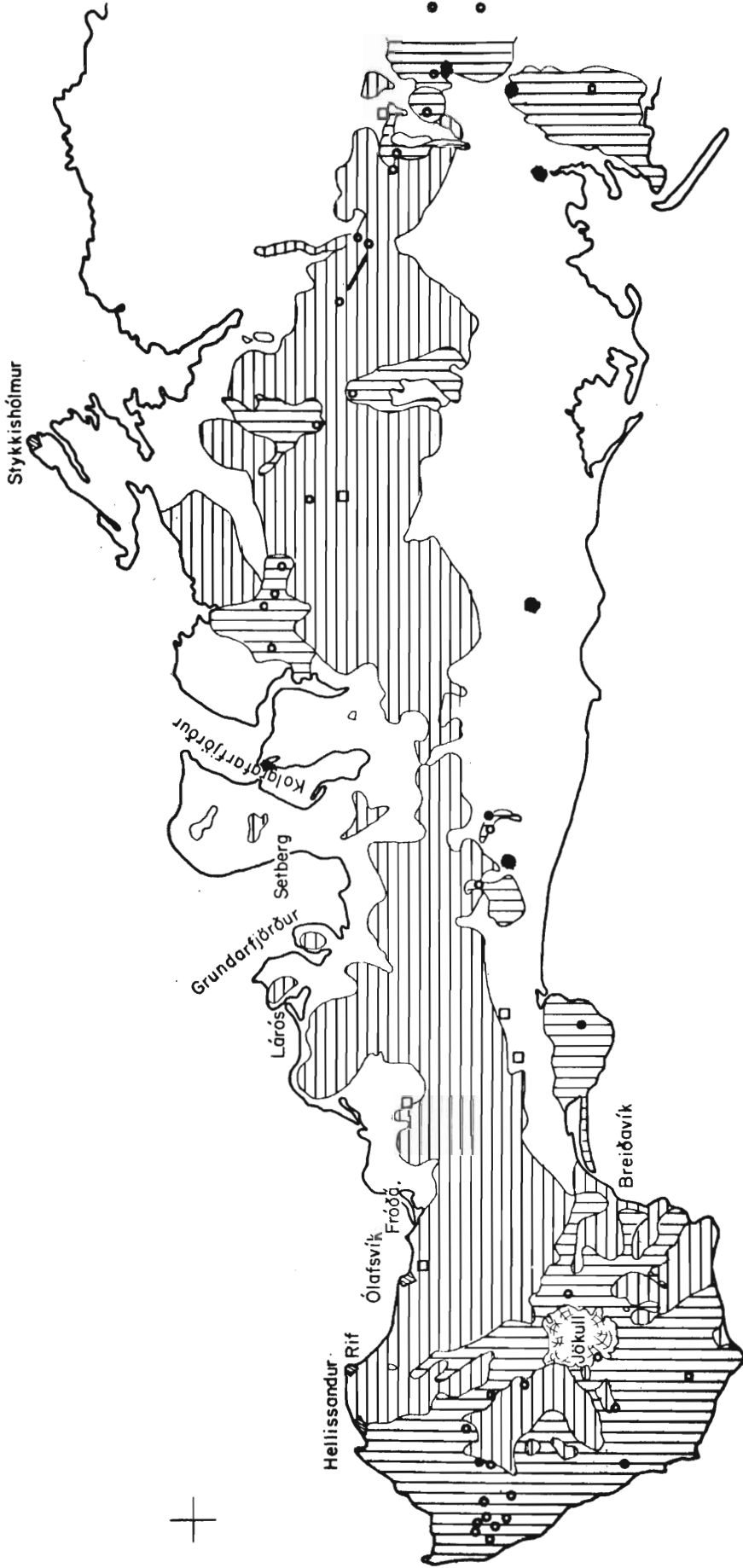
13.11.72 K.G/EK







Tnr. 13

J- Snæfellisn.

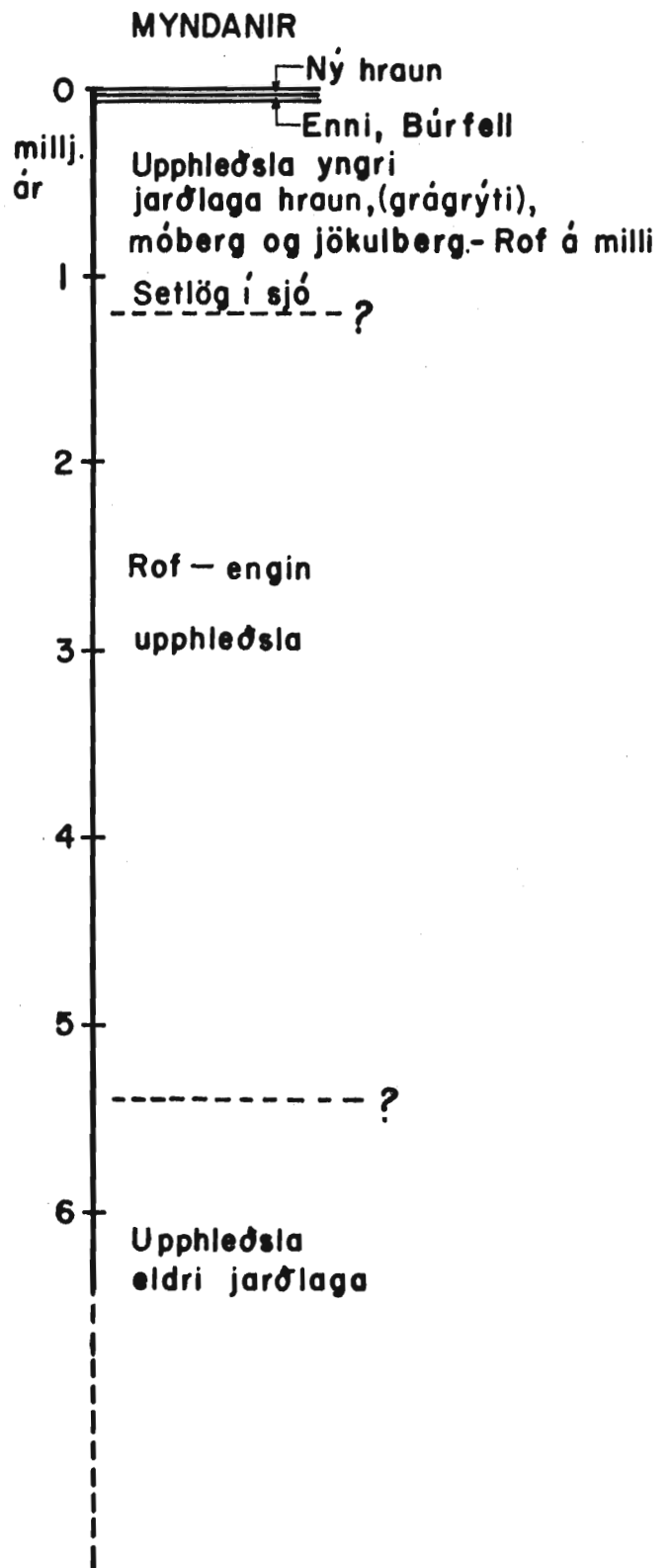
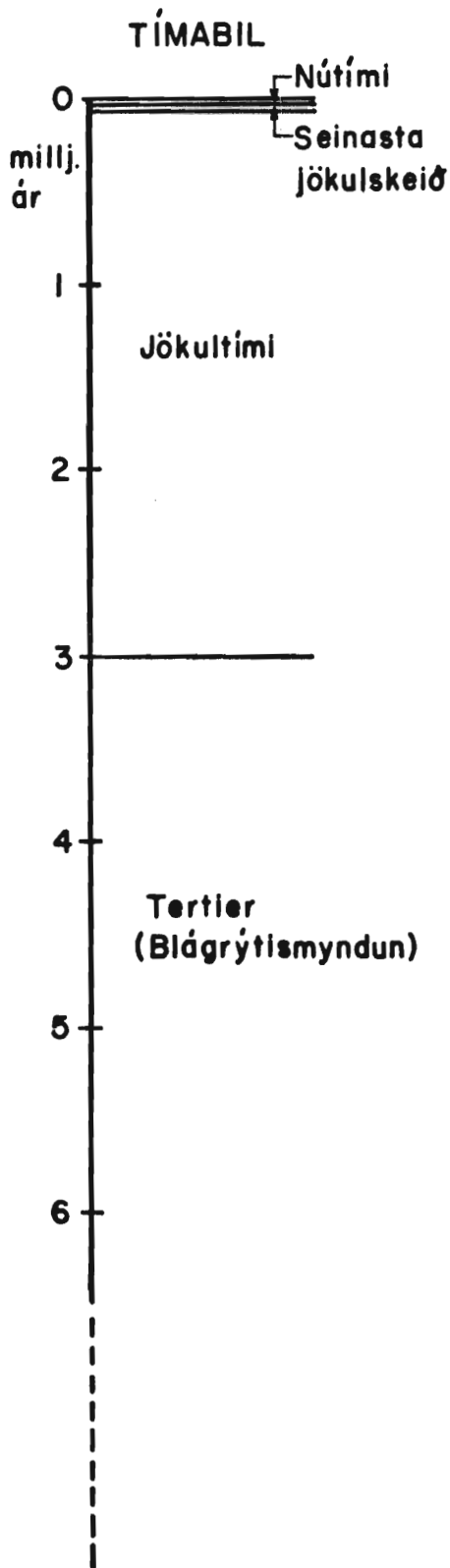
Fnr. 10864

Snæfellsnes — jarðfræðikort



-  Hraun frá nútíma
-  Jarðlög frá jökultíma
-  Blágrýtismyndunin
-  Gígur
-  Jarðhiti
-  Ölkeldur





14.11.72 KG/EK
Tnr 796 Tnr 12
J-viðn. J-Snaet
Fnr. 10863

ORKUSTOFNUN

Snaefellsnes — viðnámsmælingar

