

SKÝRSLA

UM

RANNSÓKNIR Á JARÐHITA

Í

HENGLI, HVERAGERÐI OG NÁGRENNI.

ÁRIN 1947-1949

FYRRI HLUTI

REYKJAVÍK
MARZ, 1950

SKÝRSLA

UM

RANNSÓKNIR Á JARÐHITA

Í

HENGLI, HVERAGERÐI OG NÁGRENNI.

ÁRIN 1947-1949

FYRRI HLUTI

REYKJAVÍK
MARZ, 1950

F O R M Á L I .

Hérmeð leggur jarðborunardeild raforkumálastjórnar ríkisins fram fyrri hluta: "Skýrslu um rannsóknir á jarðhita í Hengli, Hveragerði og nágrenni, árin 1947 - 1949".

Þessi hluti skýrslunnar fjallar að mestu leyti um niðurstöðurmælinga og rannsókna, en drepur hinsvegar ekki á hinar tæknilegu hliðar jarðgufuvinnslunnar né hagnýtingarmöguleika jarðhitans. Gert er ráð fyrir að seinni hluti skýrslunnar fjalli að miklu leyti um þessi mál.

Reykjavík, 15. marz 1950

Jarðboranir ríkisins.

E f n i s y f i r l i t.

1.) Rannsóknir á jarðhita í Hengli og nágrenni, stutt yfirlit.	bls.	1
2.) Stutt lýsing á jarðhitasvæðinu	"	9
3.) Vinnsla jarðgufu á Ítalíu	"	17
4.) Efnagreiningar á hveralofti	"	25
5.) Yfirlit um gufumagn og vatnsmagn á Hengil- svæðinu o.fl. (töflur)	"	28
6.) Borholuþverskurðir	"	47
7.) Skýrsla I. Trausti Einarsson: Jarðhitasvæði Hengils og Hveragerðis	"	57
8.) Skýrsla II. Trausti Einarsson: Um orsakir jarðhitans.	"	72
9.) Skýrsla III. Þorbjörn Sigurgeirsson: Mælingar á geislamagni íslenzkra bergtegunda.	"	98
10.) Skýrsla IV. Baldur Líndal: Rannsóknir á gufu og vatni úr borholum í Hveragerði	"	109
11.) Skýrsla V. Tómas Tryggvason: Greinargerð fyrir rannsókn á borkjörnum frá Reykjakoti og Hveragerði í Ölfusi.	"	117
12.) Skýrsla Va. Tómas Tryggvason: Greinargerð fyrir rannsókn á borkjörnum frá Hengli og Kolviðarhóli.	"	123
13.) Skýrsla VI. Sigurjón Rist og Jakob Björnsson: Mælingar á rennsli hvera í Hveragerði.	"	127

RANNSÓKNIR Á JARÐHITA Í HENGLI OG NÁGRENNI.

Rannsóknir fyrir 1947

ÞORVALD THORODDSEN ber fyrstan að nefna af vísindamönnum, sem unnu að jarðhitarannsóknnum á Íslandi um og fyrir aldamótin. Erlendir fræðimenn, þar á meðal hinn frægi efnafræðingur R. BUNSEN, höfðu að vísu unnið merkilegt starf á þessu sviði, en vegna hinnar djúpu þekkingar Þ.TH. á jarðfræði landsins varð skerfur hans þó veigamestur.

Niðurstöður Þ.TH. er að finna í síðasta riti hans ¹⁾, en auk þess dregur hann þar saman nokkrar niðurstöður annarra fræðimanna, sem fyrir hans daga höfðu unnið að rannsóknnum hér á landi. Þar er mikinn fróðleik að finna, jarðfræðilegs, landfræðilegs og sögulegs eðlis, en á tveim stöðum í ritinu er sérstaklega dregið á jarðhitann í Hengli og nágrenni. Ýmsar breytingar jarðhitasvæðisins við Hveragerði eru skráðar, m.a. myndun nýrra hvera við landskjálfta, en af lýsingunum má ráða, að breytingarnar við landskjálftana 1947 voru engin nýlunda á svæðinu. Þ.TH. telur samband jarðhita og "tektonik" vera augljóst á Íslandi, og bendir á fjölmörg dæmi þess, að hverir og laugar eru við misgengislínur, sprungur og ganga. Hann var þeirrar skoðunar, að mestur hluti heita vatnsins væri yfirborðsvatn.

ÞORKELL ÞORKELSSON hefur framkvæmt víðtækar almennar rannsóknir á jarðhita, en auk þess lagt sérstaka stund á efnagreiningu hvera- og laugaloftsins, og mælt radoninnihald þess. ²⁾ Í ritinu frá 1930 dregur hann á niðurstöður rannsókna á jarðhitasvæðinu við Hveragerði, en í öðrum ritum hans er efnagreininga á hveralofti frá Hengli og nágrenni getið.

1) ÞORVALDUR THORODDSEN: Die Geschichte der isländischen Vulkanen. Köbenhavn 1925.

2) ÞORKELL ÞORKELSSON: The hot springs of Iceland. Köbenhavn 1910. Some additional notes. Reykjavík 1930. On thermal activity in Iceland. Reykjavík 1940.

Það er sem kunnugt merkasta niðurstaða Þ.Þ., að laugaloftið er nær eingöngu köfnunarefni (98% til 99%) en hveraloftið hinsvegar mestmegnis koldíoxíd blandað litlu magni af brennisteinsvetni H_2S , metan CH_4 og vetni H_2 ; hann telur laugaloftið því komið frá andrúmsloftinu, en hveraloftið að mestu leyti komið frá kviku. Þ.Þ. hefur ekki mælt magn hveraloftsins í hveragufunni. Nokkrar af efnagreiningum hans frá Hengli, Hveragerði og nágrenni eru taldar upp á bls. 25 og 26.

Samkvæmt mælingum Þ.Þ. er radoninnihald hveranna í Hengli, einkum í Fremstadal, nokkuð hærri en almennt gerist á hverasvæðum. Á laugasvæðum er radoninnihald laugaloftsins yfirleitt undir 5 $\mu C/l$, í hveralofti er það 10 til 30 $\mu C/l$, en í Fremstadal hinsvegar um 60 $\mu C/l$. Aðeins Geysir í Haukadál hefur hærri gildi eða 113 $\mu C/l$. Þessar niðurstöður telur Þ.Þ. benda nokkuð til þess, að jarðhitinn sé að einhverju leyti háður geislamagni (radioactivity) í jarðlögum, og það mætti því ætla að miðstöð jarðhitans í Hengli sé í nágrenni Fremstadals.

Þ.Þ. telur jarðhitann við Reykjakot og við Hveragerði liggja á NA-lægum línunum, og er uppdráttur hans í ritinu frá 1930 sýndur á bls.27. Sumarið 1928 mældi hann vatnsmagn hveranna, og niðurstöðurnar eru:

Lína	Tala hvera	Vatnsmagn l/sek	Meðalhiti
Reykir I	5	1,9	99,9 °C
Reykir II	7	2,1	96,0 "
Reykir III	21	1,3	80,1 "
Reykir IV	20	4,9	92,3 "
Reykir V	-	0	-
Reykir VI	27	5	95,0 "
Reykjakot I	5	3,9	96,0 "
Reykjakot II	15	1,9	61,1 "
Summa	100	21,0	

Sumrin 1935 og 1936 dvaldi R. SONDER hér á landi við rannsóknir á jarðfræði og jarðhita, og gerði þá nokkuð ýtarlegar athuganir á jarðhitasvæðinu í Hengli og nágrenni; mældi m.a. vatnsmagn hvera, sýrutölu vatnsins og efnagreindi nokkur sýnishorn af vatni og gufu. Hann mældi einnig á nokkrum stöðum innihald hveragufunnar af hveralofti. R. SONDER hefur gert ýtarlega skýrslu ¹⁾ um rannsóknirnar, og telur þar móbergsfjöllin mynduð vegna kvikuinnskota, þ.e. hraungúla (laccolith) undir þeim, en fjöllin sjálf hafa ýtzt upp vegna kvikunnar, sem hefur rutt sér braut milli jarðлага ofarlega í jarðskurninu. Hann telur jarðhitann standa í beinu sambandi við hraungúlana. Meðal íslenzkra jarðfræðinga eru nokkuð skiptar skoðanir um réttmæti kenninga R. SONDERs.

Mælingar R. SONDERs á vatnsmagni hvera í Hengli og Hveragerði eru tilgreindar á bls.28 ásamt áætlunum um gufumagn hvera á svæðinu, er STEINÞÓR SIGURDSSON lét gera. Efnagreiningar og mælingar á hveralofti eru gefnar á bls. 26.

T.F.W. BARTH hefur rannsakað jarðhita Hengilsins og Hveragerðis, og ritað stutta ritgerð um niðurstöðurnar ²⁾. Hann mældi einnig pH hveranna á svæðinu. BARTH telur jarðhitann standa í beinu sambandi við kviku undir svæðinu, en kvikugufan streymi upp um sprungur, og myndi gufuhveri, þar sem hún mætir ekki grunnvatni á leiðinni, en á stöðum, sem grunnvatn er fyrir hendi, þéttist hún í því og myndi vatnshveri. Hann telur pH mælingarnar sönnun fyrir skoðunum sínum, og hefur gert uppdrátt yfir pH hvera á svæðinu. (sjá bls.27) BARTH bendir á, að á láglandinu umhverfis Hveragerði sé nægilegt grunnvatn fyrir hendi til þess að kæfa gufuna, og hverirnir séu þar alkalískir, en eftir því sem ofar dregur minnki grunnvatnsmagnið og kvikugufan komi þar upp á yfirborðið. Þéttivatn kvikugufunnar er súrt og verða hverirnir því súrari

¹⁾ R. SONDER: Studien über heisse Quellen und Tektonik in Island. Zürich 1941.

²⁾ T.F.W.BARTH: Varma kilder og vulkanisme paa Island. Naturen Nr.1 1939.

sem ofar dregur.

Undir forystu STEINÞÓRS SIGURÐSSONAR lét rannsóknarráð ríkisins gera allmargar borholur eftir gufu í Hvergáráði og nágrenni, m.a. holuna við Reykjakot, sem mun vera ein fyrsta gufuholan hér á landi. Í sambandi við boranirnar mun S.S. hafa gert athuganir og rannsóknir á jarðhita í Hengli og víðar, en honum mun þó ekki hafa unnizt tími til að rita um niðurstöðurnar. S.S. var meðan hans naut við helzti forystumaður um gufuboranir hér á landi, og hefur hann á því sviði unnið mikið og merkilegt brautryðjandastarf. Hann hefur ritað tvær greinar um jarðhita 1).

Rannsóknir 1947 og síðar.

Rannsóknir á vegum jarðhitanefndar ríkisins og Reykjavíkur- og Hafnargjarðarkaupstaða hófust í ársbyrjun 1947.

Í byrjun ársins fól nefndin prófessor TRAUSTA EINARSSYNI að gera jarðfræðilega umsögn um fyrirhugaða borun við Reykjakot. Hann skilaði ýtarlegri skýrslu dgs. 24. júní 1947:

"Jarðhitasvæði Hengilsins og Hveragerðis" (Skýrsla I). Efni hennar verður ekki rakið hér heldur vísað til skýrslunnar sjálfrar.

Sumarið 1948 ákvað nefndin að festa T.E. sem jarðfræðilegan, eða öllu heldur jarðeðlisfræðilegan ráðunaut, og sat hann eftir það fundi nefndarinnar. Í lok ársins skilaði hann annarri skýrslu "Um orsakir jarðhita" (Skýrsla II), sem er að nokkru leyti viðbót við fyrri rit ²⁾ hans um jarðhita á Íslandi. T.E. hefur nú í smíðum ýtarlegri skýrslu um jarðfræði Hengilsins og nágrennis, og verður hún væntanlega tilbúin á fyrri helming þ.á.

¹⁾ STEINÞÓR SIGURÐSSON: Nýting jarðhita. T.V.F.I. 1. hefti 1943. Virkjun borholu hjá Reykjakoti. T.V.F.I. 1. hefti 1944.
²⁾ TRAUSTI EINARSSON: Über das Wesen der heißen Quellen Islands. Rvk. 1942.

Sumarið 1948 ákvað nefndin einnig að fela ÞORBIRNI SIGURGEIRSYNI mag. scient. að gera mælingar á geislamagni bergs í Hengli og nágrenni, með það fyrir augum að athuga, hvort slíkar mælingar gætu komið að gagni við hinar jarðfræðilegu rannsóknir svæðisins, og einnig að fá úr því skorið, hvort geislamagn bergs á svæðinu sé herra.en almennt gerist. Þ.S. skilaði í lok ársins skýrslu um mælingarnar (Skýrsla III); niðurstaðan var neikvæð, og reyndist geislamagnið ekki á neinn hátt óvenjulegt. Þessi niðurstaða þarf þó ekki að vera í ósamræmi við mælingar ÞORKELS ÞORKELSSONAR, þar eð Þ.Þ. athugaði aðeins radoninnihald hverloftsins, en það getur verið algerlega óháð geislamagni yfirborðsbergisins.

Vorið 1948 var dr. HELMUTH SCHWABE, þýzkum líffræðingi, sem dvaldi hér á landi um eins árs skeið, falið að gera yfirlitsefnagreiningar á öllu hveravatni á jarðhitasvæði Hengilsins og Hveragerðis. Hann skrásetti hverina, og gerði ýmsar athuganir á jurta- og dýralífi í þeim, og athugaði kísil- og kalkútfellingar.

H.S. hefur skilað ýtarlegri skýrslu um rannsóknirnar, en nokkur hluti hennar fjallar þó um efni, sem ekki er í beinu samhengi við markmið rannsókna jarðhitanefndarinnar, og skipta niðurstöður efnagreininganna því mestu máli. Hér skal gefið yfirlit yfir helztu niðurstöður H.S., en efnagreiningarnar eru gefnar á bls. 30 til 45.

H.S. skiptir lindunum á jarðhitasvæðinu sem hér segir:

	Hití	Tala
1) kaldar lindir	undir 10°C	
2) volgrur	10°C til 30°C	samtals 1 og 2 yfir 100
3) ölkeldur		3
4) kolsúrur laugar	55°C til 85°C	
5) laugar	30°C til 70°C	
6) vatnshverir	yfir 90°C	samtals 4 til 6 yfir 250
7) gufuaugu	undir 120°C	yfir 300

Köldu lindirnar er að finna á öllu svæðinu; þær eru að engu leyti frábrugðnar köldum lindum á öðrum stöðum á landinu, og hafa venjulegt klóríðmagn, þ.e. um 10 mg/l eða minna.

Kolsúru laugarnar eru að dómi H.S. ¹⁾ komnar fram vegna blöndunar hveravatns við jarðvatn frá moldarjarðvegi. Þær er ætíð að finna við rendur á stórum jarðvegstorfum, sem hvíla á hallandi undirlagi. Hveravatnið kemur upp ofarlega í torfunni, blandast jarðvatninu, en blandan leitar undan hallanum, og kemur fram við rönd torfunnar. Í kolsúru laugunum er yfirleitt talsverður gróður (Schizophyceen). H.S. gerir ráð fyrir að mikill hluti kolsýrunnar sé kominn frá jarðveginum. Ágæt dæmi um kolsúrur laugar er að finna í Reykjadal við Hverakjálka.

Vatnshverir eru einkum í Hveragerði og nágrenni; vatnið er alkalískt, og inniheldur talsvert kóríðmagn (um 200 mg/l) á svæði, sem nær frá Hveragerði norður að Gufudal, Reykjakoti og Hofmannafleti, en þar fyrir norðan er klóríðmagn lauga og hvera ekki hærra en venjulegt er. H.S. telur klóríðið vera komið úr berginu í nágrenni Hveragerðis. Hann bendir einnig á, að suðurtakmörk hverasvæðisins við Hveragerði séu mjög skörp, og telur ekki ósennilegt, að varmagjafinn liggja þar á meiri dýpt en ofar á svæðinu.

Gufuaugun eru dreifð um allt jarðhitasvæðið, að svæðinu sunnan Varmár undanskildu. H.S. telur áberandi, að mörg gufuaugu, sem legið hafa á hæðardrögum, eru nú nær kulnuð, en önnur ný hafi myndast í hlíðunum fyrir neðan. Vatnið í gufuaugunum inniheldur mjög lítið klóríð, en hinsvegar er jafnan talsverð brennisteinssýra í vatninu, en hún gefur því hina súru svörun (pH). Sýrumagnið er þó áberandi minna í gufuaugunum í Innstadal, Hveradölum og við Selfjall en annarsstaðar á jarðhitasvæðinu. Hveravatnið sunnan Varmár er yfirleitt mjög lint; harkan hækkar þegar norðar d regur, og vatnið í gufuaugunum í Kerlingarskarði er óvenjulega hart (yfir 30 þ.s.).

¹⁾ H. SCHWABE: Hinweise zur Auswertung der Thermalaktivität Islands. T.V.F.I. 1. hefti 1949.

BALDUR LÍNDAL efnaverkfræðingur hefur mælt og efnagreint hvera-loft í gufu frá } borholum og úr hvernum í Hveradölum. Hann hefur gert skýrslu um niðurstöðurnar (Skýrsla IV).

SVAVAR HERMANSSON efnaverkfræðingur hefur undanfarin ár starf-að við efnagreiningu lauga- og hveravatns, og eru nokkrar af efnagrein- ingunum, sem tilgreindar eru á bls.46 framkvæmdar af honum, en önnur sýn- ishorn eru efnagreind af ALDÍSI JÓNSDÓTTUR, aðstoðarstúlku á efnarann- sóknarstofu jarðborunardeildarinnar.

TÓMAS TRYGGVASON jarðfræðingur hefur unnið að steinafræðilegum athugunum á borkjörnum, og eru þverskurðirnir á bls. 47- 54 gerðir af honum. Þeim fylgir sérstök skýrsla (Skýrsla V og Va).

SIGURJÓN RIST vatnamælingamaður hefur mælt vatnsmagn hvera í Hveragerði og skilað um það sérstakri skýrslu (Skýrsla VI).

Þeir KAI F. SÖRENSEN og MAGNÚS SIGURÐSSON gerðu á sumrinu 1948 uppdrátt af Hveragerði og nágrenni í mælikvarða 1:1000. Uppdrátturinn er í vörzlu Jarðborunardeildarinnar.

Störf jarðborunardeildarinnar hafa verið með þrennu móti. Ofangreindar rannsóknir hafa verið unnar í samráði við deildina, og hefur hún haft umsjón með nokkrum hluta starfseminnar, útvegað áhöld og haft annan vanda af henni.

Þá hefur deildin framkvæmt allar jarðboranir í sambandi við rannsóknirnar, og hafa alls verið boraðar 11 holur:

Reykjakot I, við hlöðuna að Reykjakoti	dýpt 201 m.
Reykjakot II, 500 metrum SV. af Reykjakoti	" 269 "
Hveragerði I, undir Hamrinum	" 152 "
Hveragerði II, í suðurjaðri þorpsins	" 65 "
Borhola í Reykjadal við Hverakjálka	" 150 "
Borhola í Miðdal	" 134 "
Borhola við Kolviðarhól	" 89 "

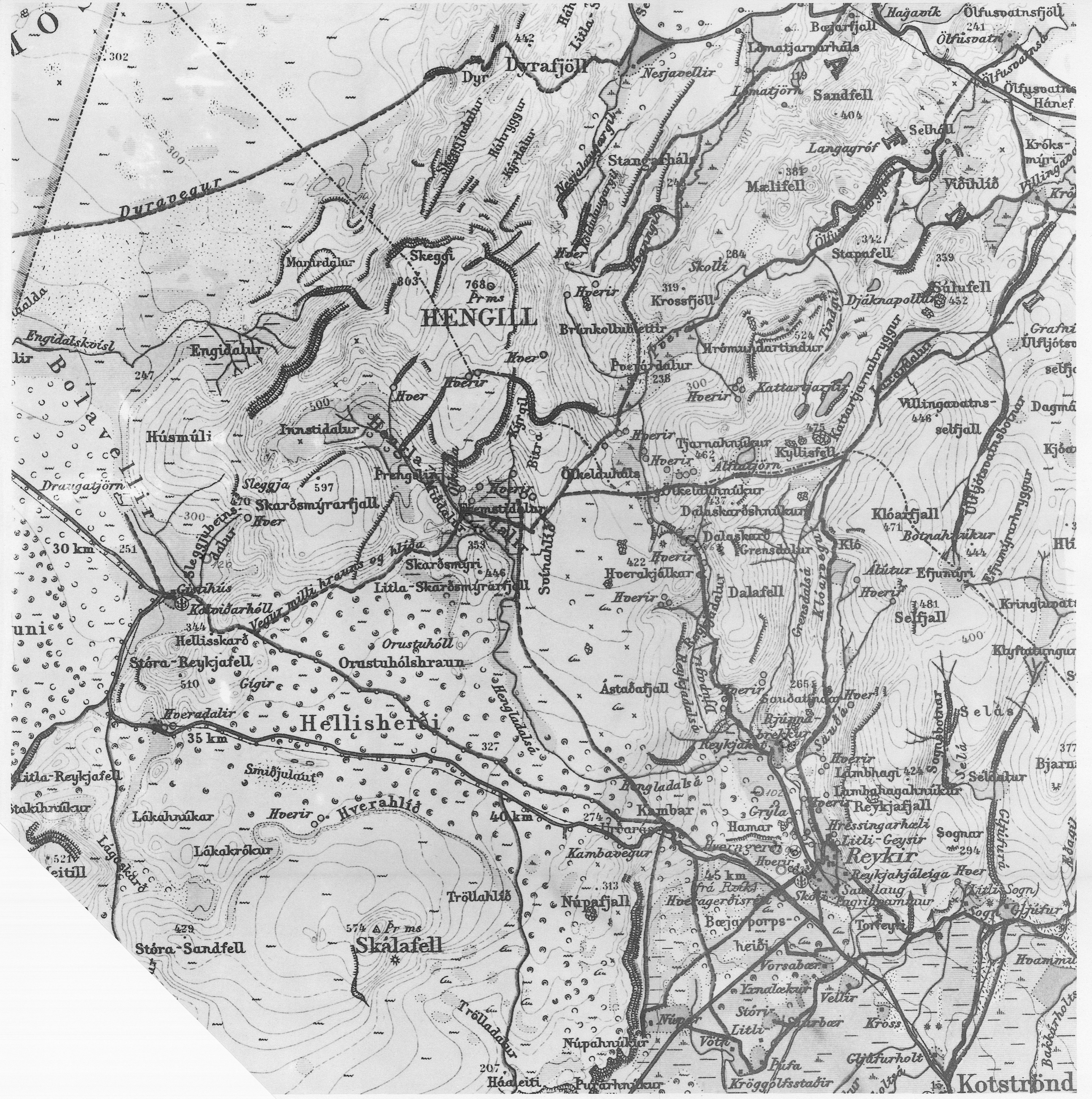
Dýpkun holu við Gljúfurholt dýpt 20 m.
3 grunnar holur fyrir sunnan Hveragerði . . smt. " 74 "
Samtals dýpt: 1.154 m.

Yfirverkstjóri við boranirnar hefur verið AGNAR GUÐMUNDSSON.
Jarðfræðilegir þverskurðir eru á bls. 47 til 54 , en hitamælingar eru
í línurití bls. 55.

Þá hefur deildin tekið við öllum rannsóknarskýrslum, og mun
vinna úr þeim í samráði við TRAUSTA EINARSSON. Ýmsir fræðilegir og tækni-
legir útreikningar hafa verið gerðir; nokkur sjónarmið voru sett fram í
skýrslu, sem deildin samdi í árslok 1948 "On thermal activity in Iceland",
en þessi skýrsla er nú að vissu leyti úrelt, og mun því ekki rætt frekar
um hana hér.

Sumarið 1948 lét deildin framkvæma mælingar á hinu lóðréttu
segulsviði á 3 línunum í nágrenni Hveragerðis í stefnu SA-NV. Mælingarnar
voru gerðar með Thiberg áhaldi og nákvæmni þeirra ekki meiri en um 500
gamma. Niðurstaðan er dregin upp á bls. 56.

Það er greinilegt, að positiv segulskekkja ^{allt að} um/3.000 gamma er
fyrir hendi á 300 til 400 metra breiðri ræmu í stefnu NA yfir hverasvæð-
ið í Hveragerði. Þetta gæti orsakast af intrusívi, en er þó enn órannsakað
að mál, og er nauðsynlegt að gera kerfisbundna athugun á seguleiginleikum
móbergs, áður en úr þessu verður skorið. Mælingarnar voru gerðar yfir
hrauni, og eru hinar einstöku niðurstöður því mjög sundurleitar.



Duravegur

HENGILL

Hellisherói

Reykir

Skálafell

Kotströnd

STUTT LÝSING JARÐHITASVÆÐISINS.

Niðurstöður framangreindra rannsókna skulu hér dregnar saman, og svæðinu lýst á grundvelli þeirra; en auk þess mun jarðborunardeildin drepa á nokkur atriði til viðbótar. Að sjálfsögðu er þar fyrst og fremst um skoðanir deildarinnar að ræða, en hún telur rétt að gera grein fyrir þeim, enda þótt gera megji ráð fyrir, að ágreiningur geti verið um einstök atriði.

Hálendið sunnan Þingvallavatns til Skálafells - hér nefnt Hengilsvæðið - er hluti af víðáttumikilli brúngrýtismyndun, sem nær allt frá Langjökli suður á Reykjanes. Efni þess er kvartert brúngrýti með grá- eða blágrýtismillilögum; í nágrenni Hveragerðis (Núpafjall) má greina þennan þverskurð: síðkvartert grágrýti (300 m.y.s.), yngra brúngrýti, blágrýti (ca. 150 m.y.s.) og eldra brúngrýti, en undirstaða þess/^{kemur ekki fram á sjálfu svæðinu.} Hinsvegar kemur eldri grágrýtismyndunin fram ~~kemur~~/beggja megin Hengilsvæðisins; austan við það í Biskupstungum, Grímsnesi og Flóa, en vestan við það í Mosfellssveit. Grágrýtinu hallar nokkuð inn að brúngrýtismynduninni, og virðist mega gera ráð fyrir, að grágrýtismyndunin liggji einnig undir Hengilsvæðinu; þ.e. Henglafjöllin eru brúngrýtishraukar, sem liggja ofan á basaltplötunni, en eldri grágrýtismyndunin er sem kunnugt talin efsti hluti hennar.

Sennilega er dýptin á basaltplötuna undir Hengilsvæðinu ekki ýkjamikil, e.t.v. innan við 500 m., en um það verður að sinni ekkert fullyrt. Fyrir jarðboranir og gufuvinnslu á svæðinu er þetta þó veigamikilið atriði, einkum vegna þess, að vart er hægt að gera ráð fyrir artesisku vatni nema innan basaltplötunnar.

Hengilsvæðið er sundurskorið af NA-SV lögum tektoniskum línunum, en þessi stefna er sem kunnugt aðalsprungustefnan á Suðvesturlandi. Líurnar eru mjög greinilegar á svæðinu fyrir norðan í Henglinum, þ.e. í Þingvallasveitinni, en halda áfram suður Henglafjöllin, sem eru skorin í aflangar sigspildur; sigið er einna mest á svæðinu milli Klóarfjalls

og Jórúkleyfar. Sprungur með annarri stefnu eru einnig fyrir hendi á svæðinu, m.a. virðist spildan sunnan Varmár sigin, en misgengislínan liggur að nokkru leyti um farveg Varmár.

Jarðeldar hafa verið mjög virkir á öllu brúngrýtissvæðinu frá Langjökli suður á Reykjanes. Fyrir norðan Hengilsvæðið hafa dyngjurnar Skjaldbreið og Lambahraun gosið eftir ísöld, mikið hraunflóð hefur komið úr 20 km. langri gjá fyrir austan Tindaskaga og Hrafnabjörg. Sandey í Þingvallavatni er eldstöð, og við Nesjavelli er lítil gígaröð, sem gosið hefur nýlega. Sunnan í Henglinum er eldsprunga, sem rekja má frá mynni Innstadals suður til Stóra-Meitils; úr henni hafa Hellisheiðarhraunin komið. Þar fyrir sunnan taka við hinar fjölmörgu eldstöðvar á Reykjanesi. Af síðkvarterum eldstöðvum má nefna Mosfellsheiði og Selvogsheiði. <

Á Hengilsvæðinu er jarðhiti beggja megin línu, sem nær frá Hveragerði norður til Dyrafjalla og Nesjavalla, en auk þess er hiti einnig fyrir vestan línuna á Fremstadal, Innstadal, Sleggjubeinsdal, Hveradölum og í Hverahlíð. Eins og fyrr hefur verið getið um, hafa alls verið talin yfir 300 gufuaugu og yfir 250 heitar lindir á þessu svæði.

Á láglendinu við Hveragerði, Gufudal og Reykjakot eru eingöngu vatnshverir, sem flestir ná suðuhita, einkum á línunni frá Gufudal til Hveragerðis. Efnainnihald vatnsins einkennist af háu klóríðmagni, og svipar því að ýmsu leyti til hveranna í austanverðri Árnassýslu. (Sjá niðurstöður efnagreininga á bls. 46). Vatnsmagnið er nokkuð breytilegt; ÞORKELL ÞORKELSSON mældi sumarið 1928 samtals um 21 l/sek á láglendinu, en SIGURJÓN RIST sumarið 1949 um 60 l/sek. Gufumagn hveranna hefur ekki verið mælt, enda er það vart gerlegt. Hinsvegar hefur það verið áætlað um 20 tonn/klst. Á láglendinu eru allmargar borholur, sem gerðar hafa verið af rannsóknarráði ríkisins, jarðborunum ríkisins og Ólafi Jóhannssyni bormanni. Borholur þær, sem jarðboranir ríkisins hafa gert fyrir

jarðhitaneftndina voru taldar upp á bls. 7 , en auk þeirra eru þessar holur markverðastar:

Hola	Boruð	Vídd mm.	Dýpt m.	Vatn l/sek.	Gufa t/klst.
Reykjakot	Rannsóknarráð 1943	89	22	ca. 2,5	ca. 2
Gufudalur	Jarðboranir 1947	152	15	-	- 3
Garðyrkjusk.	- 1947	152	27	-	- 3
Hveragerði	- 1946	152	51	5	- 3
Hveragerði	- 1949	152	154	0	- 0
Hverahvammur	- 1947/48	152	85	-	- 2

Samtals: ca. 13 -

Burtséð frá holunni í Hveragerði 1949 eru þetta öflugustu gufuholur í Hveragerði.

Á því líkur ekki nokkur vafi, að gufan kemur vegna sjálfs uppgufunar vatns, sem er 125°C til 150°C, en það streymir inn í holurnar úr sprungum og glufum í hinu sundursoðna bergi. Grynntu holurnar þrjár hafa gosið stöðugt síðan lokið var við þær. Hveragerði 46 hefur einnig verið nær stöðug, enda þótt hún hafi í tvö skipti legið niðri um skamma stund. Fyrra skiptið var holan hreinsuð með jarðbor, og kom þá samtundis gos í hana. Seinna skiptið lá hún niðri í nokkrar stundir, en kom aftur upp án aðgerðar. Holan í Hverahvammum hefur einnig hætt að gjósa í tvö skipti, og var hreinsuð með jarðbor í fyrra skiptið, en kom upp í seinna skiptið eftir að karbítur var látinn í hana. Hveragerði 49, sem er dýpsta holan, gaus í nokkra mánuði eftir að lokið var við hana, en hætti skyndilega, og hefur ekki verið hægt að vekja hana aftur. Sama er að segja um nokkrar þrengri (2" eða 3") holur á svæðinu, sem ekki hafa verið taldar í töflunni. Hinar dýpri þeirra (50 til 80 m) hafa allar verið stopular og aðeins gosið af og til, en hinar grynntu hafa verið nær stöðugar.

Yfirleitt hefur borun verið hætt, þegar álitlegt gos hefur

komið úr holunum, þ.e. þær eru aðeins boraðar niður að fyrstu sprungu eða glufu, sem veitt hefur nægilegu magni af vatni til þess að viðhalda gosinu. Reynslan er því sú, að mun heppilegra er að ná vatninu úr grunn- um sprungum en djúpum, og er hyggilegt að gæta þessa við gufuboranir í Hveragerði. Á þessu stigi málsins virðist ekki heppilegt að fara þar mikið niður fyrir 50 m. með holur sem boraðar eru með litlum borvélum og nota á til hitunar íbúðar- og gróðurhúsa.

Frá fræðilegu sjónarmiði er auðvelt að gera sér grein fyrir þessu, en það skal þó ekki nánar rakið hér heldur mun það rætt í sér- stakri greinargerð jarðborunardeildarinnar fyrir hinum fræðilegu atrið- um gufuvinnslunnar. Þó skal hér tekið fram - til þess að fyrirbyggja misskilning - að ofangreind handregla um dýptina gildir sennilega ekki um borholur, sem ná niður í basaltplötuna og hafa möguleika á að skera æðar með artesisku vatni.

Samanlagt gufumagn úr borholum á láglandinu er áætlað um 15 t/klst, en samanlagt vatnsmagn um 20 l/sek. Niðurstöður hitamælinga í Hveragerði 49 eru gefnar í línuriti bls. 55, en þessi hola gefur senni- lega ágæta mynd af berghitanum undir Hveragerði.

Nokkrir vatnshverir eru í Reykjadal við Hverakjálka, en saman- lagt vatnsmagn þeirra mun vera um 15 l/sek miðað við 100°C. Kóríðinni- hald vatnsins er ekki hærra en gera verður ráð fyrir um grunnvatn á þessum stað, en hinsvegar er vatnið nokkuð hart. Hið háa klóriðinnihald hveravatnsins á láglandinu milli Reykjakots, Gufudals og Hveragerðis nær því aðeins upp að Hofmannafleti og Reykjakoti, en hinsvegar er það mest á þessum tveim stöðum. Vatn úr borholu á Nesjavöllum (sjá töflu bls.46) er ekki óvenjulegt, nema að því leyti til að það er nokkuð hart og minnir á vatn úr borholum í Krýsuvík.

Gufuaugu er að finna um nær allt jarðhitasvæðið, og eru þau í augljósu sambandi við hinar tektonisku línur. Þau eru yfirleitt lítil,

og venjulega kemur örlítið af súru vatni úr þeim. (sjá efnagreiningar SCHWABE) Innihald gufunnar af hveralofti er ekki ýkjamið, og nokkru minna en vitað er um á hverasvæðum erlendis. Hér fara á eftir efnagreiningar BALDURS LÍNDALS, gerðar haustið 1949:

	Magn af hveralofti	CO ₂ ,	H ₂ S,	H ₂ ,	CH ₄ ,	R
	l/kg	rúm %	%	%	%	%
Nesjavellir, borhola	9,4	65,9	6,5	24,3	1,5	1,8
Hveradalir, gufuhver	20,1	82,1	5,6	10,7	0,5	1,1
Reykjakot, borhola	0,57	74,3	12,2	6,2	0,4	6,9
Garðyrkjusk., "	0,70	84,2	2,4	7,1	0,8	5,5
Hveragerði 46, "	0,62	86,1	5,4	2,3	0,3	5,9

Í Hveradölum var gufan tekin úr þró Skíðaskálans, og verður að gera ráð fyrir, að nokkuð af gufunni hafi þétzt í henni, en það gerir mælinguna á hveraloftinu of háa. Hveraloftsmagnið er áberandi lítið á láglandinu.

Samanlögð afköst gufuaugna á Hengilsvæðinu eru áætluð 40 - 50 t/klst, og er gufumagnið - að borholunum meðtöldum - því alls um 60 t/klst. Samanlagt vatnsmagn allra linda er um 100 l/sek miðað við 100°C, og að borholunum meðtöldum verður vatnsmagnið því um 120 l/sek. Varmagnið, sem kemur upp með vatni og gufu á svæðinu, er því alls tæplega 80 milljón kg^o/klst, eða $8 \cdot 10^7$ kg^o/klst.

Vegna hins háa hitastiguls tapar svæðið einnig varma við beina leiðslu til yfirborðsins. Af hitamælingunum í borholunum má ráða, að hitastigullinn er um 4 til 5°C/m við yfirborð á láglandinu við Hveragerði og Reykjakot, en í Miðdal er hann hinsvegar 0,5 til 1°C/m; það virðist því ekki óvarlega áætlað, að meðalhitastigull við yfirborð á öllu svæðinu sé um 1°C/m, og með hliðsjón af því, að flatarmál jarðhitasvæðisins er um 70 km², verður varmastraumurinn til yfirborðsins vart minni en $1,4 \cdot 10^8$ kg^o/klst. Samanlagt varmaústreymi frá Hengilsvæð-

inu virðist því ekki vera minna en 200 milljón kg^o/klst; að líkindum er það nokkuð meira, en þó vart yfir 300 milljón kg^o/klst.

Sé gert ráð fyrir 200 milljón kg^o/klst, svarar það til um 300 t/klst af gufu við 1 ata og 100°C, eða um 600 l/sek af vatni við 100°C. Ef hinsvegar er gert ráð fyrir, að aðrennslisvatn Hengilsvæðisins sé 220°C til 250°C, þarf um 220 til 250 l/sek af vatni til þess að viðhalda varmastraumnum.

Samkvæmt ýmsum jarðfræðilegum athugunum virðist líklegt, að jarðhiti hafi verið á Hengilsvæðinu allt frá því að ísöld lauk, eða í a.m.k. 10.000 ár. Hafi framangreindur varmastraumur staðið yfir allan þennan tíma, hafa því alls komið um $2 \cdot 10^{16}$ kg^o upp til yfirborðsins.

Nú ber einnig að gæta þess, að berggrunnurinn undir svæðinu er óeðlilega heitur, og er því nauðsynlegt að gera sér grein fyrir þeim varmaforða, sem þar er fyrir hendi umfram hinn eðlilega bergvarma. Sé gert ráð fyrir, að meðalhitastigull á Suðvesturlandi sé um 0,1 °C/m og meðalberghiti niður á 2.000 m. dýpt sé 200°C til 250°C, en flatarmál svæðisins sé 70 km.², verður umframvarminn hér um bil 10^{16} kg^o. Forsendan að berghitinn sé að meðaltali 200°C til 250°C er byggð á hita-
mælingunum í borholunum, og fræðilegum útreikningum, sem dregið verður á í greinargerð jarðborunardeildarinnar fyrir gufuvinnslu á jarðhita-
svæðum.

Alls virðast því ekki undir $3 \cdot 10^{16}$ kg^o hafa streymt til svæðisins frá því að ísöld lauk. Að sjálfsögðu eru þessar áætlanir mjög lauslegar, en þó verður ekki komið hjá þeim, ef "kvantitativ" athugun á jarðhitinum á að fara fram, en á grundvelli þeirra má nú gera sér nokkra grein fyrir hinum ýmsu möguleikum fyrir upptökum jarðhitans.

Fyrst kemur til athugunar, hvort jarðhitinn geti verið afleiðing djúprar og víðáttumikillar hringrásar yfirborðsvatns, en algerlega óháður jarðeldi. Sennilegt er, að meðalhitastigull á Suðvesturlandi sé

allt að $0,1^{\circ}\text{C}/\text{m}$, og hinn almenni jarðvarmastraumur því um $200.000 \text{ kg}^{\circ}/\text{klst}, \text{ km}^2$. Sé gert ráð fyrir, að notagildi jarðvarmans sé 50% - sem mun vera hámark - þarf yfir 2.000 km^2 flöt til þess að viðhalda núverandi varmaeyðslu svæðisins. Slíkt straumkerfi virðist mjög ósennilegt, einkum á svæði, sem orðið hefur fyrir miklum tektoniskum áhrifum. Aðrennslissvæðið hlyti að ná langt norður fyrir syðri rönd Langjökuls, en allt það svæði er sundurskorið af tektoniskum línunum og því lítt hugsanlegt, að svo víðáttumikið artesískt kerfi geti myndast þar.

Vegna hinna fjölmörgu eldstöðva á brúngrýtishryggnum frá Langjökli suður á Reykjanes, er ekki útilokað, að meðalhitastigullinn geti verið enn hærri en $0,1^{\circ}\text{C}/\text{m}$. Það ber að skilja svo, að geysimikill kvikuhleifur sé undir brúngrýtishryggnum, og varmi frá honum valdi mjög háum hitastigli. En vegna víðáttunnar getur þak hleifsins af eðlilegum ástæðum ekki verið mjög þunnt, og virðist ekki úr vegi að telja 5.000 m . minnstu hugsanlegu þykkt - þetta er lík tala og sú, sem Ítalir telja sennilega fyrir þak kvikuhleifsins við Vesuv. Meðalhitastigull svæðisins gæti því verið allt að $0,25^{\circ}\text{C}/\text{m}$, og varmastraumurinn um $500.000 \text{ kg}^{\circ}/\text{klst}, \text{ km}^2$. En varmaflötur kerfisins yrði þá um 800 km^2 ; þetta er að vísu lægri tala en þó ósennileg, þar eð aðrennslissvæðið hlyti enn að ná norður undir Langjökul. Þessi niðurstaða bendir eindregið til þess, að varmaleiðsla ein geti vart orsakað slíkan jarðhita, sem er á Hengilsvæðinu.

Þá kemur til athugunar, hvort hugmyndir þeirra SONDERS og BARTHS geti gefið sennilegri skýringar. Þeir gera ráð fyrir, að jarðhitinn orsakist eingöngu af gufuúttstreymi frá staðbundnum kvikuhleifi undir Hengilsvæðinu. Nú er af ýmsum ástæðum mjög ósennilegt, að kvika innihaldi yfir 2% af þunga af vatni, þ.e. yfir $60 \text{ kg}/\text{m}^3$, en varmainnihaldið yrði þá í mesta lagi um $4 \cdot 10^{13} \text{ kg}^{\circ}/\text{km}^3$, ef miðað er eingöngu við varmainnihald vatnsgufunnar, sem kvikan gefur frá sér. Til viðhalds jarðhitans á svæðinu síðustu 10.000 árin þyrfti þá hleif, sem er 750 km^3

að rúmmáli. Ekki getur slíkt talizt sennilegt.

Bræðsluvarmi blágrýtiskviku - reiknaður frá 0°C - er talinn um $1,2 \cdot 10^6 \text{ kg}^{\circ}/\text{m}^3$, eða um $1,2 \cdot 10^{15} \text{ kg}^{\circ}/\text{km}^3$, þ.e. um 30 sinnum meiri en varmainnihald vatnsgufunnar, sem hún getur gefið frá sér. Það er því auðséð, að beint varmainnihald hennar er mun öflugri varmagjafi en vatnsgufan. Sé reiknað með 50% nýtingu varmans, þyrfti um 50 km^3 af kviku til þess að standa undir varmaeyðslu svæðisins frá því að ísöld lauk.

Enda þótt þessi tala sé há virðist hún þó ekki ósennileg. Þegar þess er gætt, að geysimiklar eldsprungur eru á svæðunum fyrir norðan og sunnan Hengilsvæðið, er ekki fjarstæða að gera ráð fyrir slíku kvikuinnskoti undir miðju Hengilsvæðinu í stefnu NA-SV. Innskotið getur verið 10 til 15 km langt og 1 til 2 km breitt, en botnlaust, þ.e. það nær niður að aðalkvikulaginu undir Suðvesturlandi. Um dýptina niður á það skal ekki fjölyrt, en af varmafræðilegum ástæðum virðist verða að gera ráð fyrir, að jarðvatnsstraumarnir, sem flytja varmann upp til yfirborðsins, nái niður á efri hluta innskotsins, og hafi bein varmaskipti við hið heita berg. Á það takmörkuðu svæði gæti varmaleiðsla ein vart staðið undir varmaeyðslu jarðhitasvæðisins, og er því ekki um annan möguleika að ræða, en að jarðvatnið streymi beinlínis um efri hluta innskotsins, en gera verður ráð fyrir, að þeir séu þegar storknaðir. Á sama hátt gæti jarðvatnið einnig drukkið í sig nokkuð af kolíoxíð og öðrum kvikulofttegundum, sem þá koma fram í hveragufunni.

Hitapenslustraumar (convection) hljóta að vera orsök jarðvatnsstraumanna, og nægir hér að vísa til hinnar öru lökkunar núningstuðuls (viscosity) og eðlisþunga vatns með hækkanði hita.

VINNSLA JARÐGUFU Á ÍTALÍU.

Af ýmsum ástæðum er rétt að rekja í stuttu máli nokkur atriði varðandi gufuvinnslu í Toscana á Ítalíu. Nýlega var að vísu rituð í tímarit Verkfræðingafélags Íslands ¹⁾ nokkuð ýtarleg grein um ítölsku jarðhitaaflostöðvarnar, en þar er þó aðeins lítillega dregið á hinar jarðfræðilegu og eðlisfræðilegu aðstæður, sem einmitt nú skipta mestu máli fyrir jarðhitarannsóknirnar hér á landi. Yfirleitt hefur sáralítið verið ritað um þessa hlið málsins, og flestar þær upplýsingar, sem finna má í fagbókum um gufuvinnsluna á Ítalíu eru ófullkomnar og jafnvel villandi. Jarðhitafélagið í Toscana "Società Larderello" hefur fram á síðustu ár ekkert látið uppi um hinar jarðfræðilegu aðstæður. Nýlega samdi forstjóri þess, dr. ALFREDO MAZZONI ²⁾ þó mjög ýtarlega ritgerð um framkvæmdir félagsins, og lýsir þar - að vísu í stuttu máli - jarðfræðisvæðisins, en hin eðlisfræðilega hlið málsins er þó ekki tekin til athugunar. Hinsvegar er dregið á ýmsar mikilvægar staðreyndir varðandi sjálfar holurnar.

Jarðhitasvæðið í Toscana er talið um 200 ferkílómetra að flatarmáli, og mun þá vera átt við það svæði, þar sem jarðhiti er sjáanlegur á yfirborði. Hæð þess yfir sjávarmál er 200 til 500 m. Hverirnir eru nær eingöngu gufuaugu, og vatnshverir fáir eða engir; ólíkt því sem þekkist hér á landi m.a. á Hengil-svæðinu. Jarðhitinn er talinn eiga uppruna sinn í óstorknuðum granít-hleif, en þak hans kvað vera 3 til 4 kílómetrar á þykkt. Efsti kílómetri þaksins er set (sediment) aðallega kalk og leirskiffer frá cosen, kalk og anhydrit frá ret, og skiffer og kvartsit frá perm; þá tekur við 2 til 3 km. þykkt granítinnskot frá miósen, en það nær niður að kvikunni, þ.e. meðalhitastigull svæðisins

¹⁾ VALGARÐ THORODDSEN: Jarðgufuorkuverin í Toscana. T.V.F.Í. 1948, 4. hefti.

²⁾ DOTT. ING. ALFREDO MAZZONI: I soffioni boraciferi Toscani e gli impianti della "Larderello" Bologna 1948.

er því um $1/5$ °C/m. Ýmsar eldstöðvar í nágrenni jarðhitasvæðisins eru taldar vera í sambandi við hleifinn, en fjarlægðin til næstu eldstöðvar er 25 km. Joh. von RAUTENKRANZ telur hleifinn vera myndaðann á mörkum tertier og kvarter, þ.e. nokkur hundruð þúsund ára gamlan 1). Talið er, að samfara hægri storknun gefi hleifurinn frá sér gufu, sem leitar upp um sprungur í granitþakinu inn í setið fyrir ofan. Gufan er nokkuð geislaögnuð, og er það talið bera vott um hin djúpu upptök hennar. Gufuboranir fara fram í setinu, og er gufuvinnslan mest á mörkunum eósen/ret og ret/perm. Setið hefur orðið fyrir tektoniskum áhrifum og er vegna fellinga nokkuð misdjúpt á mörkin, - á síðustu 15 árum hafa menn notað endurvarpsmælingar (seismic reflection) til þess að finna dýptina á þau. Gufan er jafnan nokkuð yfirhitið, þegar hún kemur úr holunum, og er víða yfir 200°C við 3 til 4 ata. Þrýsting. Nokkrar holur hafa flutt um 200 tonn á klst. af gufu frá 200 til 300 m. dýpt, en þrýstingur í lokuðum holum hefur verið 5 til 27 ata.

Nálega 6 hundraðshlutar af þunga jarðgufunnar eru lofttegundir, mestmegnis kolíoxíd, en þetta eru einnig talin merki um upptök hennar innan kvikunnar. Hér er vert að geta þess, að ekki ólík mynd er dregin upp af aðstæðum við Vesuv, - þó er setið þar talið mun þykkra, og hefur kvikuhleifurinn rutt sér braut upp í það, en dýptin á hann er talin um 5 km. Hleifurinn hefur beint samband við yfirborð jarðar um gíginn, og er þar nær stöðugt uppstreymi af gufu, gasi og kviku. Hið óvenjulega gasmagn þessa eldfjalls er talið afleiðing áhrifa hita kvikunnar á setið. Áætlunin um dýpt kvikunnar er byggð á jarðfræðilegum athugunum og athugunum á útbreiðslu jarðskjálfta samfara eldsumbrotum í fjallinu.

Alls munu nú hafa verið gerðar um 150 virkjanlegar borholur í Toscana; samanlögð lengd þeirra er rúmlega 30.000 m., gufumagn þeirra

1) Joh. von RAUTENKRANZ: Italienische Erddampf-Kraftwerke. Archiv für Wärmewirtschaft, Aug. 1938.

alls um 2.000 tonn á klst, en eins og áður hefur verið getið eru nokkrar holur það öflugar, að þær flytja um 200 tonn á klst. Vélar með um 150.000 kv. afli voru komnar í notkun á árinu 1948, en gert er ráð fyrir að auka gufumagnið og vélakostinn þannig að vinna megi 270,000 kw. Hið mikla gufumagn er frá jarðfræðilegu sjónarmiði athyglisverðasta talan, og skal nú gerð grein fyrir skoðunum jarðborunardeildarinnar á hinum jarðfræðilegu og eðlisfræðilegu hliðum gufuvinnslunnar á Ítalíu.

Til þess að vinna megi 100 til 200 t/klst. af gufu úr einni holu, þurfa sérstaklega lek (permeable) jarðlög að vera fyrir hendi, - lekinn þarf að vera margfalt meiri en almennt gerist um set og gosberg, og reyndar virðist það útilokað, að um kornott (clastic) set geti verið að ræða. Nú hafa grunnvatnsrannsóknir og rannsóknir á olíusvæðum sýnt, að kalkset er jafnan sundurétið af steymandi jarðvatni, því að kalkið er að nokkru leyti leysanlegt, einkum ef koldíoxíd er í vatninu. Það grefur holur af ýmsum stærðum í kalkið, og ber sérstaklega á þessu við fletti, sem myndaðir eru við rof (erosion), en holrúmin eða götin hafa jafnan greiðan samgang. Hluti þeirra af rúmmáli bergsins, þ.e. gljúpleikinn (porosity), getur við þessi skilyrði jafnvel verið yfir 30%, en samfara því er lekinn (permeability) einnig mjög hár, - mun hærri en venjulegt er um kornótt set.

Þetta kemur greinilega fram á olíusvæðum, því að allar öflugustu jarðgas- og olíuholur eru boraðar í kalkset. Nokkrar þeirra hafa flutt gasmagn, sem er sambærilegt við stærstu gufuholurnar í Toscana, enda þótt gera verði ráð fyrir, að þau jarðlög, sem geyma gasið séu mun þynnri en gufulögin.

Nú er það einmitt reynslan í Toscana, að gufuvinnslan er mest á efri og neðri mörkum ret-laganna, sem eru kalk og anhydrít, en vegna kolsýrumagnsins í gufunni er líklegt, að kalksetið sé þar sérstaklega gljúpt, einkum við efri flötinn vegna rofs. Hið mikla gufumagn holanna verður þá skiljanlegt, - ef gert er ráð fyrir, að nægileg

gufa sé fyrir hendi í holrúmunum bergsins. Það eru því alveg sérstök jarðfræðileg skilyrði, sem gera hina miklu gufuvinnslu úr einstöku holum mögulega.

En hér hefur aðeins verið dregið á rennslismöguleika gufunnar. Uppruni hennar og ástand í jörðu niðri er hinsvegar öllu erfiðara vandamál, sem einnig verður að gera tilraun til þess að leysa.

Gerum nú ráð fyrir, að gufan sé tekin frá einum stórum gufugeymi, þ.e. stóru holrúmi, og að hún hafi ekki nein varmaskipti við bergið. Þá er með því að vitna í i, s línurit vatns auðvelt að sýna fram á, að ef yfirhituð gufa kemur upp um holurnar, þá hlýtur hún einnig að vera fyrir hendi í ^{nokkuð þurru eða} yfirhituðu ástandi í geyminum. Ástandsbreytingin frá gufugeyminum upp til yfirborðsins er nokkurn veginn isenthalpísk ($i = \text{konstant}$) breyting, og er þetta þá augljóst af línuritinu. Sé hún hinsvegar í ástandi vatns í geyminum, kemur hún ætíð rök upp um holurnar.

En raunverulega er málum ekki þannig varið, heldur hefur varmainnihald bergsins, sem gufan kemur úr, mjög mikil áhrif á ástandsbreytingar hennar. Gerum ráð fyrir, að fyrir hendi sé 1 rúmmetri af seti með 10% gljúpleika; hiti bergsins sé 270°C , en í holunum sé jafnheitt vatn. Eðlisþungi vatns við þennan hita er 770 kg/m^3 , og eru því í berginu alls 77 kg. af vatni. Þrýstingur þess er við 270°C 56 ata. Til þess að þessi þrýstingur geti haldizt, skal gert ráð fyrir, að bergið sé innibyrgt í þétt ílát, t.d. bullustokk með hreyfanlegri bullu. Stækkum nú rúmmálið með því að draga bulluna út, þá sýður vatnið, vegna minnkandi þrýstings, og er auðvelt að sýna fram á með örlitlum reikningi, að þegar þrýstingurinn er fallinn í 19 ata, er hitinn fallinn í 208°C , og allt vatnið orðið að gufu; mestmegnis fyrir áhrif varmainnihalds bergsins. Sé rúmmálið aukið enn, verður gufan yfirhituð. Væri eðlisvarmi bergsins 0, myndi aðeins 1/6 hluti vatnsins breytast í gufu við þrýstingslækkun niður í 19 ata. Það er því auðskilið, að vatn getur verið

í berginu, þótt yfirhliðuð gufa komi upp um borholurnar.

Það skal þó ekki fullyrt, að framangreindar tölur gefi alveg rétta mynd af aðstæðunum í Toscana; allt bendir þó til þess, að þær séu ekki fjarri lagi.

Um uppruna gufunnar, sem úr borholunum kemur, virðast 3 möguleikar koma til greina:

- 1) Hún myndast við aukna hringrás jarðvatns og hitun þess vegna varmastraumsins frá kvikuhleifinum.
- 2) Sömuleiðis fyrir aukna hringrás, en hinsvegar hitun vegna blöndunar jarðvatnsins við djúpvatn frá kvikunni.
- 3) Gufan er nær eingöngu komin fyrir varma- og vatnsinnihald setsins, eins og getið er um að ofan, og skipta varmastraumar að neðan engu máli.

Fyrsta möguleikann má fljótlega útiloka, því að varmastrauminn er auðvelt að reikna, - með því að gera ráð fyrir að meðalhitastigull svæðisins sé $0,2 \text{ }^\circ\text{C/m}$ og stærð þess 200 km^2 verður allur varmastraumurinn frá kvikunni um $80 \text{ milljón kg}^\circ$ á klst, sem aðeins nægir til þess að framleiða 150 tonn af gufu á klst.

Annar möguleikann virðist einnig hægt að útiloka. Það væri frá fræðilegu sjónarmiði óskiljanlegt, hvernig 200 til 500 m . djúpar holur gætu skyndilega aukið svo mjög gufuúttstreymið frá kvikunni, sem er á 3 til 4 km . dýpt og aðgreind frá setinu með 2 til 3 km . þykku granitlagi, en slík lög eru venjulega mjög þétt. Það skiptir þó meiru máli, að við þau skilyrði, sem hér eru fyrir hendi, má gera ráð fyrir, að granitkvikan geti vart gefið frá sér meira en 2% af þunga af gufu, og er þá auðvelt að sýna fram á, að með 2.000 tonn á klst, gufuvinnslu er á ári hverju notað gufumagn $0,4 \text{ rúmkílómetra}$ af kviku. Þegar þess er gætt, að kvikan er raunverulega mjög þétt, þ.e. gufustraumar um hana geta aðeins orðið til fyrir diffusion, sem er mjög hæg, er auðséð, að slíkt kemur vart til mála.

Það er því ekki um annan möguleika að ræða en þann, að gufan komi öll úr setinu í nágrenni holanna, eins og drepið var á að framan. En þá koma 2 möguleikar til greina; í holrúmunum setsins getur verið gufa, eða þar er vatn.

Gerum nú ráð fyrir, að meðalþrýstingurinn í setinu sé 56 ata. og meðalhiti 270°C , en meðalgljúpleiki þess 10%. Eðlisþungi mettaðrar gufu við þetta ástand er 28 kg/m^3 , og væri gufumagnið í setinu þá $2,8 \text{ kg/m}^3$, ef aðeins væri gufa í holrúmunum. Með 2.000 tonn á klst. gufuvinnslu er því gufumagn 6 rúmkilometra notað á ári hverju. Gufan, sem úr holum kæmi, hlyti að vera mjög yfirhitið, en varmainnihald setsins í námunda við holurnar væri þó aðeins lítillega notað. Þrýstingur gufuholanna hlyti fljótlega að minnka. Hinsvegar myndi þrýstingslækkunin í nágrenni þeirra breiða sig út yfir jarðhitasvæðið, og verða til þess að hleypa aðliggjandi jarðvatni inn í hið heita set. Við snertinguna við setið hitnar jarðvatnið og myndast þá á ný yfirhitað vatn eða gufa, sem getur viðhaldið gufustraumnum um talsvert lengri tíma en þann, sem samsvarar hinu upprunalega gufuinnihaldi. Þó verður að gera ráð fyrir, að þessar breytingar séu hægar. Á þennan hátt kemur varmainnihald setsins á útjöðrum jarðhitasvæðisins fyrst til notkunar.

Ef hinsvegar er gert ráð fyrir, að vatn sé í holrúmunum setsins, verður vatnsinnihaldið samkvæmt framangreindu um 77 kg/m^3 . Við þrýstingslækkun í 19 ata lækkar hitinn í 208°C , en við það sýður allt vatnið og má því gera ráð fyrir, að hið raunverulega gufuinnihald bergsins sé 77 kg/m^3 , þ.e. 77 milljón tonn á rúmkilometra. Við þessi skilyrði er það varmainnihald setsins í næsta nágrenni holanna, sem fyrst er hagnýtt, gagnstætt því, sem gerist, þegar eingöngu er gufa í berginu. Það má því gera ráð fyrir, að lækkun þrýstings gufuholanna sé mun hægar, þegar um vatn er að ræða. Þar eð hið raunverulega gufuinnihald er 77 kg/m^3 , er með 2.000 tonn á klst. gufuvinnslu árlega hagnýtt gufuinnihald 0,22 rúmkilometra, sem ekki er ósennileg tala. Ef gert er ráð

fyrir að hagnýta megi þannig í Toscana gufuinnihald 25 rúmkílómetra, má viðhalda núverandi gufuvinnslu í yfir 100 ár. Raunverulega er hið hagnýtanlega rúmmál af bergi stærra og einnig verður að gera ráð fyrir, að varmainnihald granítsins sé að einhverju leyti hagnýtanlegt, og mætti því sennilega enn auka gufuvinnsluna og viðhalda henni mun lengri tíma en 100 ár.

Loks þarf að drepa nokkuð á það atriði, sem gerir gufuvinnsluna mögulega, þ.e. hinn háa hita setsins. Hann er þó auðskilinn, því að varmi og djúpvatn hafa um langan tíma, þ.e. hundruð þúsundir ára, streymt frá kvikunni upp í setið, og er því ekki að undra, þótt þar geti verið 250°C til 300°C eða jafnvel hærri hiti. Með gufuborunum í Toscana er þannig verið að hagnýta varma, sem um langan tíma hefur streymt frá kvikuhleifnum. En ekki aðeins varmi og vatn koma frá honum, heldur einnig ýmsar lofttegundir, - einkum koldíoxíd - og þær geta einnig safnast að nokkru leyti fyrir í setinu og komið þá upp með gufunni, þegar borun fer fram. Fullyrðingin um, að jarðhitinn eigi upp-tök sín í kvikunni, er því í alla staði sennileg, og raunverulega hin eina, sem komið getur til mála. Aðeins verður að gæta þess, sem að framan er getið, þ.e. gufuholurnar hafa ekki neitt beint samband við kvikuna, heldur hefur setið um langan tíma dregið varma frá henni, en gefur hinsvegar þennan varma mjög snögglega frá sér, þegar borað er í það. Þeir eiginleikar setsins, sem gera þetta mögulegt, eru hiti, leki og gljúpleiki, og eru þeir því undirstaða gufuvinnslunnar.

Rfnagreinangar á hveralofti.

- 25 -

Þorkell ÞorkelssonReykjafoss 1910

	CO ₂	H ₂ S	H ₂	CH ₄	O ₂	R	Radon múC/l %
	%	%	%	%	%	%	
1)	27	-	2,5	0,2	-	69,3	
2)	87,9	6,7	0,6	0,3	-	4,5	
3)	85,6	5,7	1,4	0,3	-	7,0	
4)	84,5	12,0	-	0,2	-	3,3	

Hengill 1910

1)	73,4	11,0	13,5	0,3	-	1,8	
2)	79,7	3,9	13,2	0,4	-	2,7	
3)	67,0	11,2	17,2	0,6	-	4,0	
4)	72,0	7,4	16,4	0,9	-	3,3	

Reykir 1928 (sjá uppdrátt bls, 27)

Ia)	35,7	0,8	0,7	0	2,0	60,8	1,64
IIc)	74,9	0,1	2,4	í R	0	22,6	13,95
III)	81,2	7,8	0,7	"	1,2	9,1	6,48
III)	80,3	1,8	1,2	0,2	2,3	14,2	3,27
IV)	54,1	0,4	1,3	0,6	0,1	43,5	2,22
IV)	91,9	2,2	0,3	í R	0,1	5,5	2,84
VI)	91,6	1,6	0,5	0	0,3	6,0	4,90
VI)	48,9	0,4	0,4	0,4	5,0	44,9	0,31
VI)	71,7	9,1	0,5	í R	1,3	17,4	5,72

Reykjakot 1928 (sjá uppdrátt bls, 2)

I)	1,6	0	0	í R	20,3	78,1	0,161
II)	82,2	8,2	5,3	0,3	0	4,0	5,87

Borkell Þorkelsson

	CO ₂	H ₂ S	H ₂	CH ₄	R	Radon muC/l
	%	%	%	%	%	%
Hveradalir	80,6	3,8	11,7	í R	3,9	16,2
Fremstidalur/32/33 a	75,9	0,5	15,5	0,1	8,0	99,3
" b	82,3	0,9	12,7	0	4,1	51,8
" c	87,9	2,4	4,7	0,2	4,8	51,4
" d	87,2	7,6	3,2	0,3	1,7	39,9
" e	27,0	-	-	3,1	69,9	3,28
Miðdalur a	91,7	1,2	0,9	0,3	5,9	15,46
b	94,0	1,1	0,4	0,2	4,3	15,59
c	88,4	0,1	4,0	1,0	6,5	7,70

Richard Sonder Hveraloft

1935/36	1/kg					O ₂
Innstidalur	10 65	17	18	í H ₂	-	
Nesjav, hver 67°C	- 27	-	4,1	"	67	1,9
Reykjadalur	10 81	11	í R	í R	8	-
"	- 86	0	0	0	14	
Grænadalsá	4,4 61,1	12,0	8,1	2,3	16,1	0,4
Miðdalur hver 60°C	0 81	0	0	0	17,9	1,1
Hveragerði	- 55,2	vottur	0,5	4,4	38,8	1,1
Reykjakot	4 -	-	-	-	-	-

Hveravatn frá Hengli:

	pH	Alkal,	Purefni	SiO ₂	Fe ₂ O ₃ /Al ₂ O ₃
Hveragerði	48 8,7	2,28	756	287	3 mg/l
Reykjadalur	28 6,9	6,91	580	135	89
Miðdalur	22 6,7	4,38	1038	138	7

	CaO	MgO	SO ₃	Cl	CO ₂	Harka
Hveragerði	48 4	33	62	171	50	5,0
Reykjadalur	28 110	42	17	7	152	16,9
Miðdalur	22 345	75	2	3	96	45,0

Köfnunarefnissambönd ekki til.

Yfirlit.

um gufumagn og vatnsmagn (100°) á Hengilsvæðinu.

Nr. (Sonder)	Staður	Gufa tonn/klst.	Vatn l/sek	Aths.	Varmamagn Mcal/h
1.	Hverahlíð	1,2			0,72
2.	Hveradalir	0,7	0,1		0,44
3.	Sleggjubeinsdalur	0,1	0,3		0,12
4.	Innstidalur	2,8			1,69
5.					
6.		1,0	0,3		0,76
7.	Nesjavellir	0,6			0,36
8.	Nesjavellir	0,6	3,0	+Borhola	1,20
8.a.		0,1			0,06
9.	Nesjavellir	0,1			0,06
10.	"	1,3			0,78
11.	"	5,5	1,5		3,60
12.	Ísaldalur	3,0	6,0		3,00
13.	Hrómundardalur	1,8	0,5		1,17
14.	Þverárdalur	0,7	0,2		0,46
15.		0,2			0,12
16.		0,5			0,30
17.		1,3			0,78
17.a.		0,1			0,06
18.	Fremstidalur	2,6			1,56
19.	"		0,1		0,02
20.	Miðdalur				
21.	"	<u>0,1</u>	<u>0,5</u>		<u>0,16</u>
	Flyt	24,3	12,5		17,42

	Flutt:			- 29 -	
	24,3		12,5		17,42
22.					
23.	Öldelduháls	0,7	0,2		0,46
24.	"	0,3	2,5		0,68
25.					
26.	Reykjadalur	0,3			0,18
27.	Reykjadalur	2,0			1,20
28.	"		14,0		2,80
29.	"	0,2			0,12
30.	"	1,3	1,2		0,02
31.	Grænadalur	0,1			0,06
32.	"	1,7	0,2		1,06
32.a.	"	0,5	2,6		0,72
33.	"	0,9			0,54
34.		2,3	2,0		1,78
35.					
36.					
37.					
38.		0,1			0,06
39.					
40.	Reykjakot	0,4			0,24
41.	Hofmannafllötur	0,1	1,0		0,26
42.	Reykjakot	3,0	2,5		2,30
43.	Gufudalur	0,7	2,0		0,82
		40,9	40,7	1/sek	14,40

Alls 39,0 me

Skrá vfir lindir á jarðhitasvæði Hengilsins og nágrennis.

Schwabe.

Nr. 1	- Hvergerði	- Hv j	Nr. 14b	- Litli Geysir	- Hv j	Nr. 34	- Hverahvammur	- Hv j
" 2	"	- B	" 15	"	- R	" 35	"	- Hv j
" 3	"	- B	" 16	"	- D a	" 36	"	- Hv j
" 4	"	- B	" 17	"	- Hv j	" 37	"	- Hv a
" 5	"	- Hv	" 18	"	- D a	" 38	- Litli Geysir	- Hv a (B)
" 6	"	- Hv a	" 19	"	- Hv j	" 39	- Svaði	- Hv j
" 7	"	- Hv j	" 20	"	- Hv j	" 40	"	- Hv j
" 7a	"	- Hv j	" 21	"	- Hv j	" 42	- Hofmannaflothur	- Lu
" 7b	"	- Hv j	" 22	"	- Hv j	" 44	"	- Hv a
" 8	"	- Hv j	" 23	- Hverasvæði	- Hv a	" 45	- Reykjakot	- B
" 8a	"	- D	" 24	"	- Hv j	" 46	"	- B
" 8b	"	- D	" 25	- Svaði	- Hv a	" 47	- Hverahvammur	- Hv a
" 8c	"	- D w	" 26	"	- Hv a	" 48	"	- Hv a
" 8d	"	- Hv j	" 27	"	- gD a	" 49a	"	- Hv a
" 9	"	- Hv j	" 28	- Spýtir	- Hv a	" 49b	"	- Hv a
" 10	"	- Hv j	" 29	- Svaði	- Q	" 50	- Hverasvæði	- Hv a
" 11	"	- Hv j	" 30	"	- gD a	" 51	- Hverahvammur	- B
" 12	"	- Hv j	" 31	"	- Hv j	" 57a	- Hofmannaflothur	- gD w
" 13	- Reykjakot	- R	" 32	- Hverahvammur	- B	" 57b	"	- D w
" 14	- Litli Geysir	Hv a	" 33	"	- Hv j	" 58	"	- R

Nr.	Hofmannafloetur - Da	Nr.	Spýtir - Hv j	Nr.	Grænidalur Da
59	Hofmannafloetur - Da	83	Spýtir - Hv j	104	Grænidalur Da
60	" " - Hv j	84	Brú - K II	105	" " L _o
61	Grænidalur - Hv j	85	Hverahvammur - Hv a	106	Brú L _u
62	" " - Da	86	Hofmannafloetur - K II	107	" " L _u
63	Hverasvæði - B	87	Hverahvammur - Hv	108	" " L _u
64	" " - B	88	" " - Hv a	109	" " L _u
65	Saurbær - R	89	" " - Lu	110	" " Hv a
66	" " - Lu	90	" " - Hv	110a	" " Hv a
67	" " - Q	91	" " - Hv a	111	" " L _u
69	Svaði - R	92	Hofmannafloetur - R	112	" " L _u
70	" " - R	93	" " - K II	113	Lilli Geysir R _ω
71	Hverakjálkar - Da	94	Hverahvammur - gD w	114	" " R
73	" " - Da	95	" " - Hv a	115	Fálkaklettur K II
74	" " - D w	96	" " - Hv	116b	" " K II
75	" " - K II	97	" " - Hv a	117	" " K II
76a	" " - Da	98	Spýtir L	Fr-Bach Hengill K II-B.	
76b	" " - R	99	Selfjall D w	118	Fálkaklettur L _o
77	" " - D w	100	Grænidalur	119	" " - Da
78	Hofmannafloetur - R	101a	" " - Da	120	" " - Da
79	Hverahvammur - Hv a	101b	" " - Da	121	Mesjavellir D w
80b	Svaði - Hv j	101c	" " - Da	122	" " D w
81	" " - gD a	102	" " - Da	122a	" " Q
89	" " - R	103	" " - R	123	" " D

Nr. 124	Nesjavellir	I - D a	Nr. 144	Nesjavellir	II - D a	Nr. 161	Fremstidalur-Lb
"	"	I - D a	"	Hraunprýði	- D w	"	162 - " -Dä
"	"	I - D a	"	"	- Q	"	162a - " -D w
"	"	I - D a	"	"	- Q	"	163 - Pverá -Hv a
"	"	I - D a	"	Reykjakot	- D w	"	164 - " -D a
"	"	I - D w	"	Kerlingarskarð	- K II	"	165 - " -D w
"	"	I - L _o	"	Hveradalir	- gD a	"	166 - " -K III
"	"	II - D a	"	Hverahlíð	- D w	"	167 - " -K II
"	"	II - D w	"	"	- D w	"	168 - " -D a
"	"	II - D a	"	"	- D w	"	169 - " -D a
"	"	II - D a	"	Innsti dalur	- D w	"	170 - " -D w
"	"	III - D a	"	"	- D w	"	171 - " -L _o
"	"	III - D a	"	"	- Bach	"	172 - Ölkeléuháls -D a
"	"	III - K II	"	Kýrgil	- Q	"	173 - " -K II
"	"	III - K II	"	Innsti dalur	- D w	"	174a - " -D a
"	"	III - K II	"	"	- K II	"	174b - " -D a
"	"	III - K II	"	Miðdalur	- K I	"	175a-b " -D a
"	"	III - D w	"	Fremstidalur	- gD w	"	176a-c " -D a
"	"	III - K II	"	"	- B	"	176b - " -D w
"	"	III - K II	"	"	- K II	"	177a-b " -D a
"	"	III - D a	"	"	- D a	"	178a-b Fálkaklettur-D a
"	"	III - D a	"	"	- D w	"	179 - " -K II

Nr. 180 - Hofmannaflötur - Lu
" 180a - " - Lu
" 181 - Hverahvammur - B
" 182 - Litli Geysir - Hv a
" 183 - " - Hv a
" 184 - Sogn - Q

Meðalgildi linda á jarðhitasvæði Hengilsins og nágrenni.

Schwabe.

	Kaldar lindir	Volgrur	Laugar	Kolsýrar laugar	Hverir	Borholur
Hiti:	7.3°	15.8°	46.5°	68.0°	ca 98°	(100°)
Svið:	4.8 - 9.7	11.0 - 19.3	33.0 - 68.0	58.1 - 85.1	yfir 95	sjóðandi
Leiðni:	0.122	0.192	0.401	0.680	0.925	0.874
Svið:	0.068 - 0.176	0.148 - 0.252	0.222 - 0.682	0.497 - 1.294	0.822 - 1.224	0.748 - 0.929
M-Alk:	0.98	1.46	3.18	6.95	2.75	3.39
Svið:	0.27 - 1.35	0.80 - 2.35	1.55 - 4.72	5.05 - 10.70	1.60 - 3.40	2.40 - 4.95
P-Alk:	±0.07	±0.21	±0.84	±2.80	0.89	1.34
Svið:	±0.17 - ±0.15	±0.05 - ±0.54	±0.11 - ±9.00	±1.20 - ±7.00	0.00 - ±2.00	±1.10 - ±1.85
pH:	7.34	7.20	7.10	6.70	8.71	8.91
Svið:	6.9 - 8.5	6.9 - 7.5	6.8 - 7.6	6.3 - 7.4	7.5 - 9.2	8.3 - 9.3
Tala:	7	11	16	20	29	8
Tákn:	Q	R	Lu - Lo	Ku - Ku	Hv	B

Alkalitet er mæld í mval/l. Leiðni er mæld í 10⁻³ l/ohmcm einingum.

Schwabe

Hiti . kv.	l/sek .	pH	Viðnám .	Harka	Klóríð	Súlfat .	Kísilsýra .	Alkalitet .
°C			Ohmcm.	p.s.	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻⁻	SiO ₂	mval/l
Hveragerði 1.	102	37m	y 1	8.3	1.106	158		-1.10/3.40
" "	2.	37m		9.1	1.095	190		-1.80/3.40
" "	3.	37m		8.8	1.335	148		-1.30/3.20
" "	4.	37m	2	8.7	1.076	0.60		-1.10/3.10
" "	5.	100	35m	y 5	1.092	0.62	100	-1.05/3.15
" "	6.	92.5	37m	0	1.043	0.40		-0.10/3.10
" "	7.	89.0		u 1	1.036	0.80		-0.45/2.80
" "	7 A	92		u 0.5	1.043	0.50	72	-0.60/3.20
" "	7 B	94		8.2	1.032	0.45	150	-0.85/2.10
" "	8	99		0.5	1.218	0.60	90	-0.11/1.80
" "	8 A	95		0	2.150		76	-0.15/0.10
" "	8 B	97.5		0.1	2.260		73	-0.13/0.07
" "	8 C	88.5		0	1.033		111	-0.40/
" "	8 D	99.5		y 0.2	1.110		161	-0.40/2.70
" "	9	95		0.5	1.072		161	-0.10/2.55
" "	10	100		1	1.118		166	-0.75/3.40
" "	11	100		0	1.098		162	-0.60/3.10
" "	12	100		0	1.110	0.66	164	-0.90/3.00
Reykjaket 13	17		y 10	7.3	5.290	2.35	19.5	-0.05/1.20

	Hití . kv.	l/sek.	pH	Viďnám	Harka .	Klóríd .	Sulfat .	Kísilsýra .	Alkalitet.
	°C			Ohmcm.	p.s.	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻⁻	SiO ₂	mval/l
Hveragerði	14 A	96	79.5m	9.0	1.090	0.50	175	75	-0.90/2.95
"	14 B	100	79.9m	0	1.080	0.45	175	90	-1.20/2.55
"	15	17	77.2m	0.2	6.9	4.440	3.10	12.5	-0.33/1.77
"	16	100.5	84 m	0.1	8.6	1.090	0.80	204	-0.65/2.42
"	17	87		0.2	8.7	1.088	0.40	205	-0.90/2.40
"	18	91.5		0.2	8.0	1.042	0.48	180	-0.10/2.00
"	19	98		0.2	7.8	1.055	0.90	305	-0.30/1.25
"	20	87		0.2	8.4	1.016	0.60	168	-0.40/2.40
"	21	81.5	76.2m	0.5	7.5	1.030	0.60	219	-0.80/0.90
"	22	81	72.3m	0.2	9.0	1.025	0.45	240	-0.65/2.50
Sandh.hv.	23	96.5		0	7.9	1.091	0.80	90	-0.75/2.10
Hveragerði	24	94		8.5	1.359	1.80	135		-0.05/1.55
"	25	96	90 m	10	9.2	1.009	0.45	75	-0.70/3.20
Svaði	26	99.5	90.8m	0	9.1	1.038	0.45	59	-0.00/3.25
Hveragerði	27	97.8	105.8m	0.2	6.7	2.418	1.55	100	-0.00/0.15
"	28	101.5	95.6m	1	8.6	978	0.65	58	-0.05/3.15
"	29	9.7	103.6m	2	7.3	5.680	3.55	10.5	-0.15/1.35
"	30	101.2	104.7m	0.2	7.2	3.050	6.05	7.1	-0.20/0.20
"	31	85		0.5	8.8	1.012		17.6	-0.80/3.45
"	32		62.3m	8.9	1.130	0.65	178	105	-1.20/2.40

Hvertagerði	Hiti . kv . l/sek . pH	Viðnám . Harka . Klóríð . Sulfat . Kísilsýra . Alkalitet .	Ohmcm.	p.s.	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	SiO ₂	mval/l
33	100.2	0.2	8.3	1.082	175			-0.80/1.60
"	99	0.5	8.8	1.014	179			-1.22/3.00
"	99	1	8.6	1.092	165			-0.80/2.70
"	92.3	y 0.5	8.6	1.998	83			-0.50/1.10
"	101.2	1	8.9	1.100	188			-1.10/2.70
"	76	y 0.2	9.1	1.020	186			-1.10/2.35
"	96.5	67.4m 2	8.9	1.046	170	68		-0.00/3.20
"	100.2	74.8m 10	8.6	1.042	168	92		-0.10/3.65
"	49.6	6	7.3	2.450	40.7	21	82	-0.75/2.85
"	100	1	9.2	845	267	90	206	-2.00/3.20
"	96		9.3	984	214	70	227	-2.00/3.05
"			9.1	1.732	56	55	132	-1.70/4.30
"	100	50.1m y10	9.1	1.041	183	57		-2.00/3.20
"	101.1	0.5	9.0	1.151	164	70		-1.25/2.80
"	88.2	0.2	7.7	2.000	51.3			-0.24/3.39
"	100	0.5	8.9	1.185	166			-1.38/3.05
"	88		9.0	1.180	159	68	203	-1.00/2.55
"			8.8	1.108	177	75		-1.20/2.80
"	92	0	6.8	2.370	10.6		90	-0.05/0.35
"	96	0	2.8	442	19.00 u 8	230	280	/4.80

	Hitil . kv . l/sek	pH	Viðnám	Harka	Klóríð	Sulfat	Kísilsýra	Alkalitet.			
	°C		Ohmcm.	p.s.	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	SiO ₂	mval/l			
Hveragerði	58	28.3	y 5	7.5	3.280	6.10	12.4	21	115	-0.40/2.85	
" "	59	80.5	0.5	4.6	890	3.20	256		283	-0.04/0.19	
" "	60	82.6	0	6.5	873	2.60	230		257	-0.10/0.60	
Hengill	61	100	y 0.2	7.3	4.000	5.45	6.4		125	-0.23/2.13	
" "	62	81.3	y 0.5	3.2	1.230	6.40	8.9	137	122	/2.85	
Hveragerði	63	97		8.7	1.015	0.35	189	80		-0.15/2.92	
" "	64	100		8.7	1.030	0.75	192	150		-0.45/4.20	
Saurbær	65	18	17 m	1	7.4	6.370	1.80	19.6	u 18	-0.07/0.83	
" "	66	30	17 m y	1	8.1	4.350	1.90	37.3	45	-0.12/1.38	
" "	67	8.5	20 m	0	6.9	9.250	1.30	8.9		-0.17/0.78	
Hveragerði	69	18		2	7.1	5.550	4.30	12.4	u 18	-0.15/1.40	
" "	70	11	93.6m	3	7.3	5.400	4.10	10.6	u 18	-0.15/1.50	
Hengill	71	77	280 m	0.2	3.5	1.742	6.50	10.6	25.3	/0.54	
" "	73	82.5	280 m	0.1	2.7	208	12.25	u 14	670	350	-12.0/14.0
" "	74	96	277 m u	0.1	2.9	794	8.25	5.3		209	/2.25
" "	75	83.2	271 m y	0.5	6.5	1.469	18.80	12.40	130	138.6	-2.80/6.90
" "	76a	99.5	273 m	0.2	3.6	1.295	18.0	8.9		169.3	/0.20
" "	76b	11.8	269 m y	5	7.2	6.750	2.95	10.6	20		-0.37/1.13
" "	77	66	266 m	0	2.7	696	3.50	8.9			/3.60

	Hiti . kv . l/sek	pH	Viðnám	Harka	Klóríð	Sulfat	Kísilsýra	Alkalitet
	°C		Ohmcm.	p.s.	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	SiO ₂	mval/l
Hveragerði	78	19.3	y 5	6.9	3.970	4.75	10.6	-0.54/2.36
"	79	100	5	8.6	1.252	0.80	158	-0.80/2.35
"	80b	100	83.4m	0	8.1	0.75	171	-0.20/3.20
"	81	102.5	97.5m	0.1	7.3		5.3	-0.05/0.10
"	82	98	98 m	0	5.0	1.175	2.5	/0.20
"	83	72.5	97 m	5	7.3	965	168	-0.60/1.35
"	84	77	58 m	0.5	6.8	1.335	76	-1.90/5.30
"	85	102			8.6	1.070	176	-0.60/3.15
"	86	75.2	y 0.5	6.8	1.293		65.5	-2.15/6.00
"	87	98.8	0.2	9.1	1.100		220	-1.72/2.85
"	88	95.5	0.5	8.9	1.158		174	-1.00/2.50
"	89	81.8	0.5	7.3	1.635		112	-0.10/1.85
"	90	101.2	y 1	8.6	1.645		98.5	-0.50/2.60
"	91	86	0.5	7.4	1.640		78	-0.45/3.50
"	92	11.5	y 1	7.0	5.440	3.60	12.4	-0.27/1.38
"	93	85.5	0.5	6.8	1.225	y 7.00	95.5	-1.97/6.17
"	94	102	0	6.6	930		12.6	-0.07/0.13
"	95	99	0.2	8.8	1.038		175	-1.15/2.95
"	96	96.5	1	8.4	1.115		166	-0.20/2.23
"	97	100	y 5	9.2	1.058		183	-1.95/3.20

	Hiti	kv	l/sek	pH	Viðnám	Harka	Klóríð	Sulfat	Kísilsýra	Alkalitet
	°C				Ohmcm.	p.s.	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	SiO ₂	mval/l
Hveragerði	98	33		7.5	4.500	5.00	9.6			-0.11/1.55
Hengill	99	60	u	0.5	1.514	13.60	1.80			-0.44/6.93
"	100	96.5		0.2	3.140	7.55	9.6			-0.16/0.22
"	101a	56		0.2	2.790	8.70	9.6			-0.15/1.90
"	101b	98		0.1	2.840	8.40	4.6			-0.03/0.86
"	101c	70.5		0.1	4.670	4.30	8.9			-1.30/1.40
"	102	101.5	y	0.2	2.590	11.80	2.8			-0.11/0.11
"	103	52.8		0.0	3.500	5.40	10.6	90		-0.22/1.89
"	104	87		0.5	6.200	1.70	8.9	127		-0.14/1.20
"	105	67.5		0.5	2.520	8.90	12.4	91		-0.92/3.58
Hveragerði	106	35.5	74.1m	y	0.5	7.2	2.980	37.3		-0.11/2.34
"	107	44.6	73.7m		0.5	7.3	2.560	38.2		-0.11/2.61
"	108	36.1	58 m	1	7.3	3.570	28.3			-0.11/1.89
"	109	78		0.2	1.520	4.65	80.0			-0.70/4.30
"	110	101	57.6m	u	0.5	8.5	1.025	1.30	190	-1.20/2.80
"	110a	101		0	8.5	1.036	1.40	190		-0.50/2.90
"	111	63.1	55.9m		0.2	7.0	1.469	76		-0.96/4.44
"	112	38.8		0.2	7.6	1.469	65.8			-0.20/4.25
"	113	118.9	102.9m	y	5	7.5	4.900	10.6		-0.05/1.77
"	114	22	121 m	1	7.6	3.210	9.6			-0.05/2.67

	Hití . kv . l/sek .	pH .	Viðnám .	Harka .	Klóríð .	Sulfat .	Kísilsýra .	Alkalitet .		
°C		Ohmcm.	p. s.	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	SiO ₂	mval/l			
Hengill	115	70.5	284m y 1	6.5	1.530	15.25	8.9	70	183	-7.00/7.20
"	116b	68.8	284m y 5	6.3	1.635	16.50	8.9			-2.90/7.10
"	117	70	284m y 2	6.3	1.620	17.00	8.9	70	183	-3.60/7.102
"	(Fr-Bach)	41.3	284m y 30	6.8	2.300	8.15	9.6		131.6	-0.81/4.52
"	118	33	284m y 5	6.4	2.550	9.87	10.6		99.4	-3.00/4.00
"	119	92	281m 0.1	2.7	556	2.55	8.9		114	/4.40
"	120	78.5	280m y 0.2	2.7	648	2.73	8.9		139	/3.70
"	121	90	335m 0	3.2	1.260	5.15	2.5		154.3	/1.75
"	122	33.6	335m	5.2	9.990	2.05	2.5		31.5	/0.56
"	122a	6.0	335m y 5	7.2	10.100	1.95	8.9		28.0	/0.70
"	123	77.5	335m y 1	6.0	7.800	2.55	5.3		50.5	-1.02/2.01
"	124	22.6	335m 0	3.1	1.320	6.65	5.3		70	/2.22
"	125	85.5	320m y 1	5.2	1.221	12.50	4.6			-0.20/0.82
"	126	45.0	323m y 1	3.0	688	7.90	7.1		203	/2.60
"	127	91.5	323m y 1	6.6	3.730	5.10	10.6		85	/2.60
"	128	81.5	335m y 0.5	7.1	1.840	11.00	5.3		74	/1.75
"	129	96.5	335m 0	3.5	2.050	5.80	4.3		111	/0.43
"	130	55.4	335m y 1	6.8	2.370	10.65	8.9		91	-1.53/4.72
"	131	72.5	398m y 1	6.2	3.780	4.90	3.6		54	/0.25
"	132	100	424m	4.5	4.900	3.60	6.4		34	/0.05

		Hití . kv . l/sek . pH . Viðnám . Harka . Klóríð . Sulfat . Kísilsýra . Alkalitet .								
	°C		Ohmcm.	p.s.	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	SiO ₂	mval/l		
Hengill	132a	96	433m	y 0.2	5.3	3.440	6.00	7.1	94.5	/0.10
" "	133	15.9	423m	y 5	6.0	7.660	2.90	5.3	25	/0.85
" "	134	98	386m	y 0.2	3.1	270			320	/8.20
" "	135	74.2	367m	0.2	2.8	687	9.90	7.1	170	/3.55
" "	136	70.5	369m	y 1	6.7	1.935	11.15	8.9	165	-2.62/6.70
" "	137	69.6	368m	y 1	6.7	1.685	12.40	8.9	160	-3.45/6.90
" "	138a	67.9	369m	y 0.2	7.1	1.595	12.90	8.9	175	-2.10/7.10
" "	138b	62.3	369m	u 0.2	7.0	1.580	12.90	8.9	169	-2.12/7.50
" "	139	95.2	363m	0	3.0	738	10.40	7.1	276	/2.46
" "	140	75.5	349m	y 0.5	7.2	1.668	17.90	8.9	140	-1.55/7.00
" "	141	61.5	345m	y 0.2	7.4	1.056	20.75	8.9	116.5	-1.45/10.7
" "	142	93.5	359m	1	6.2	1.965	10.90	5.3	116	/0.16
" "	143	96.5	353m	0.5	6.9	3.480	6.60	10.6	59	/0.75
" "	144	63.5	388m	0.1	2.9	613	20.15	8.9	281	/3.11
" "	145		180m	0	3.8	852	14.80	5.3	278	/0.11
" "	146	9.0	255m	2	7.0	7.630	2.55	8.9	31	-0.12/0.88
" "	148	96.0		0	7.3	1.660	12.15	5.3		-0.35/1.50
" "	149	60.5	345m	1	7.1	772	31.25	8.9	(800)	-1.95/9.65
" "	150	99	341m	0.5	8.3	3.240	8.12	3.6	80	-0.20/0.90
" "	151	97.1	370m	0	2.8	323	15.00	u 5.3	277.5	/6.20

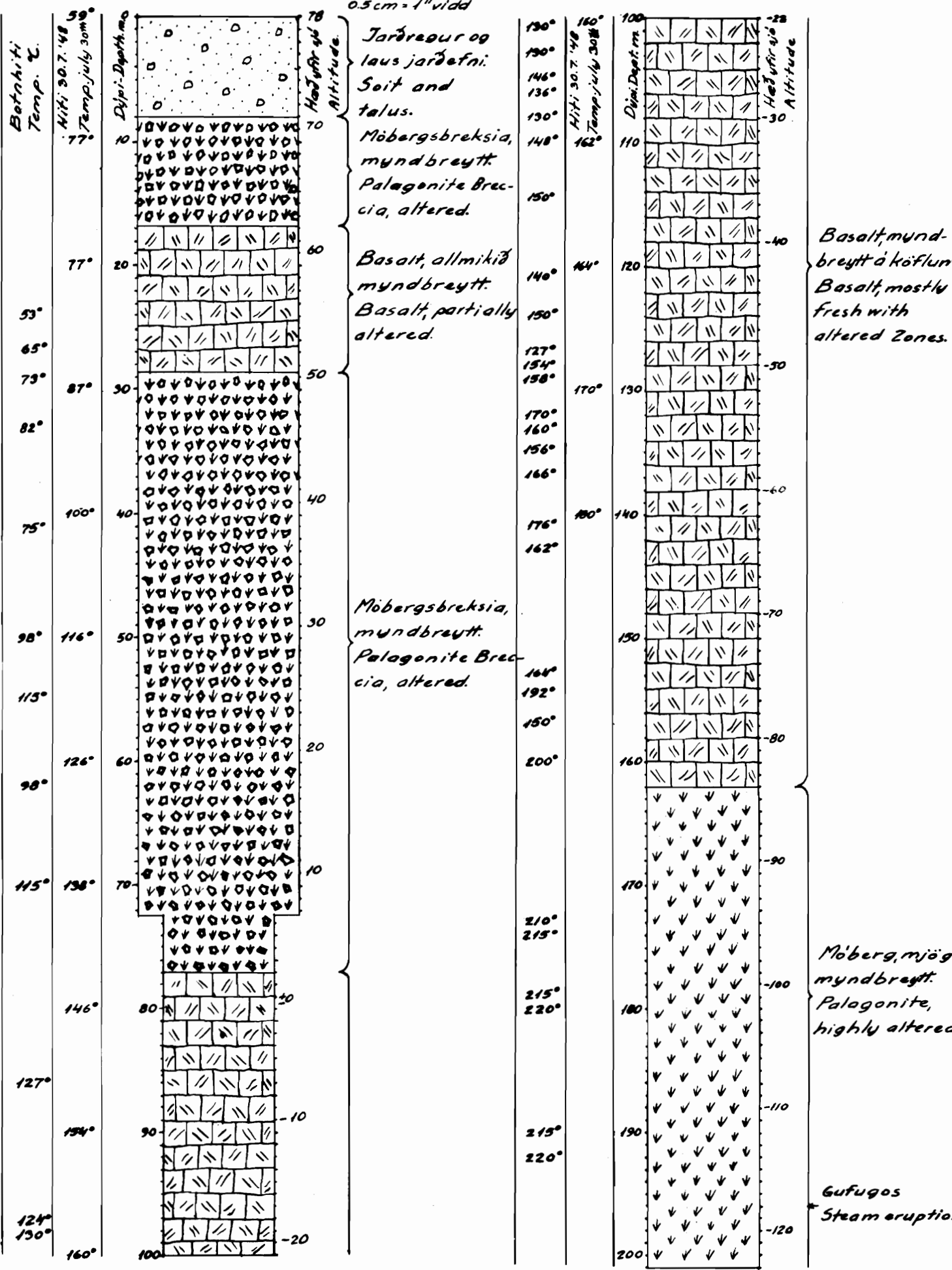
	Hití . kv . l/sek . pH .	Viðnám .	Harka .	Klóríd .	Sulfat .	Kísilsýra .	Alkalitet				
	°C	Ohmcm.	p.s.	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	SiO ₂	mval/l				
Hengill	166	58.1	294m	0.2	6.4	1.785	14.5	8.9	33	73.2	-3.65/6.10
" "	167	71.2	336m	0.2	7.1	1.683	15.0	3.6	25	106.7	-1.20/6.50
" "	168	95.5	352m	0.5	5.2	4.850	4.75	7.1	110	72.2	-0.10/0.20
" "	169	94.0	352m	0.2	3.1	1.372	7.75	5.3	600	138.3	-0.10/1.20
" "	170	94.0	352m	0	4.6	2.064	9.95	5.3	240	100	
" "	171	55.5	331m	3	6.8	2.866	10.25	8.9	50	129.9	-2.85/3.30
" "	172	87	409m	0.5	3.2	1.565	9.00	7.1	325	84.5	/0.90
" "	173	65.8	389m	5	6.4	1.570	15.75	9.1	45	128	-4.90/7.00
" "	174a	21	383m	2	7.4	2.400	10.75	8.9	80	66	-0.20/2.90
" "	174b	41.5		3	3.7	2.210	13.75	8.9	325	64.1	
" "	175a	95	357m	0.5	6.1	2.940	7.15	4.6	275	94.3	
" "	175b	92	306m	0.1	2.8	554	10.50	3.6	700	184	
" "	176a	86.3	353m	0.2	3.8	7.250	1.45	10.6	65	35.2	-0.05/0.05
" "	176c	32.5		0.5	3.8	6.410	1.95	9.4	70	35.2	
" "	176b	91	353m	0	2.8	482	10.75	5.3		169	/4.40
" "	177a	98	346m		2.9	770	3.35	7.1	420	124.4	/2.80
" "	177b	61.5		0.2	2.9	667	4.25	7.1	480	144.3	/3.70
" "	178a	89	287m	0.1	3.0	484	8.55	2.1	660	333.0	/2.80
" "	178b	97		0.1	3.3	1.040	15.00	3.6	420	200	/0.50
" "	179	36.5	285m	0.2	6.4	2.010	12.25	10.6	33	118.5	-2.40/5.05

	Hití . kv . l/sek . pH . Viðnám . Harka . Klóríð . Sulfat . Kísilsýra . Alkalitet
°C	Ohmcm. p.s. Cl ⁻ SO ₄ ⁻⁻ SiO ₂ mval/l
Hveragerði 180	37.1 3 7.0 2.490 8.70 12.0 18 -0.70/4.00
" " 180a	37.8 1 7.0 2.410 12 18 -0.85/4.10
" " 181	86.2 1 9.2 1.070 1.05 188 80 -0.90/2.50
" " 182	88 1 7.2 1.430 2.00 102 150 -0.70/2.40
" " 183	88 u 0.2 7.4 2.230 1.85 136 120 -0.23/3.10
" " 184	7.8 1 8.5 8.930 1.00 11.7 18 20.8 -0.15/0.80

NOKKRAR EFNAGREININGAR JARÐBORUNARDEILDARINNA.

	Hiti OC	pH	Viðnám Ohmcm.	Harka p.s.	Klóríð Cl ⁻	Sulfat SO ₄	Kísilsýra SiO ₂	Alkalitet mval/l
Laugar, Hrunamannahreppi	100+	9,47	1.810	0.46	40	90	182	1,44/1,42
Húsatóptir, Skeið	58	9,25	1,325	2.04	163	67	57	0,44/0,52
Laugarás, Biskupstungum	100+	9,20	2,480	0.92	51	55	104	0,66/0,70
Hverakot, Grímsnes	100+	8,55	1,120	2.36	209	71	80	0,24/1,20
Nesjavellir, Hengill bh. 29/11-'49	100+	7,51	2,770	6,90	7	59	100	0/2,20
" , Hengill bh. 7/1 - '50	100+	7,10		4,60	45	31	79	0/6,00
Reykjakot, Hengill bh.	100+	9,50	940	1,46	218	35	481	2,00/0,90
Garðyrkjuskóli "	100+	9,55	1,070	0,59	203	49	245	0,95/1,48
Hveragerði "	100+	9,40	1,050	0,88	125	69	183	0,92/1,86
Pvottalaugar, Rvk. (1947)	86	8,50	3,500	0,54	29	45	110	1,05/0,65
Deildartunga, Borgarfj.	100	9,47	2,650	0,78	37	54	113	0,64/0,80
Reykir, Miðfirði	86	8,87	1,120	3,80	155	160	122	0,35/0,33
Hof, Skagafirði	69	8,71	1,760	1,20	85	77	100	0,27/0,45
Steinsstaðir, Skagafirði	61	9,80	4,080	0,76	18	15	79	1,20/0,62
Reykhus, Eyjafirði	76	9,70	3,770	1,08	18	44	74	0,40/0,58
Laugaland, "	55	9,70	4,330	2,50	14	33	67	0,84/0,64
Kalt vatn	6	6,70	8,550	2,40	12	10	23	0/1,10

Borahole 51.
Reykjakot, Ölfus.
 0.5 cm = 1" vidd

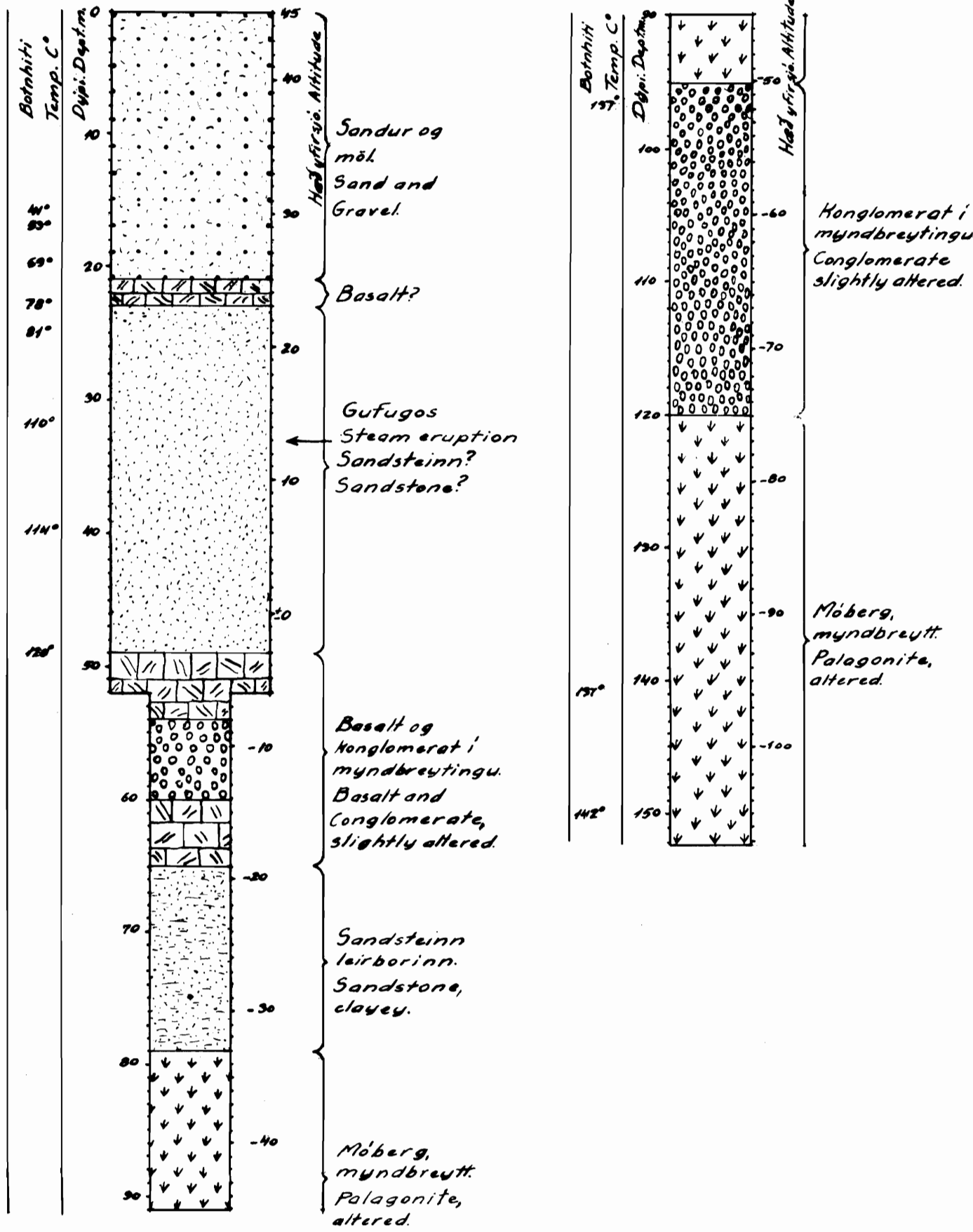


Fóðruð 71⁰⁰ m. með 6" pípu.
 6.2.50.J.P.

Borhola 91.

Borehole 91.

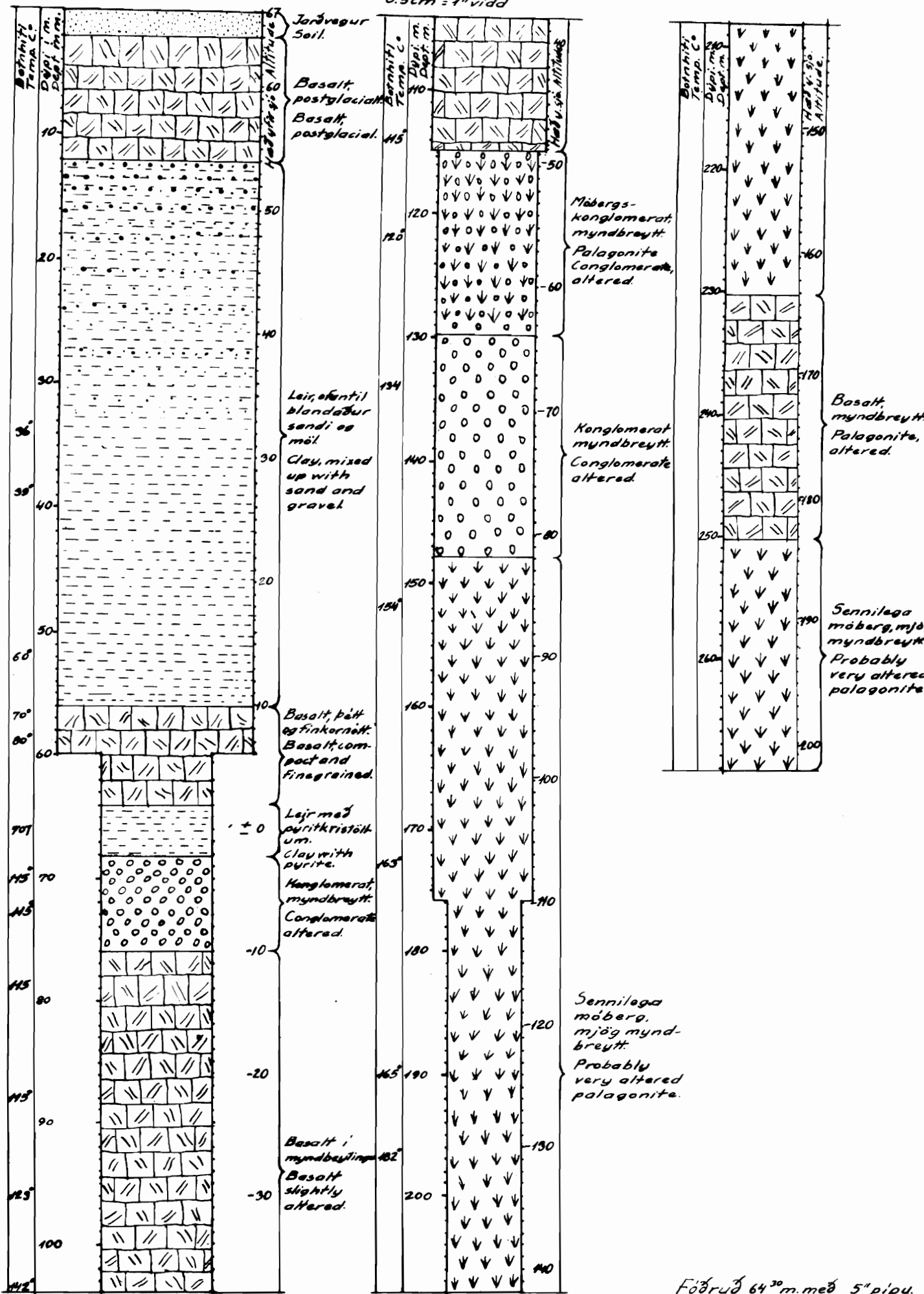
Hveragerði 1948.
0.5cm = 1" vidd.



Föðruð 5120 m. með 3" pípu

Borhole 102.

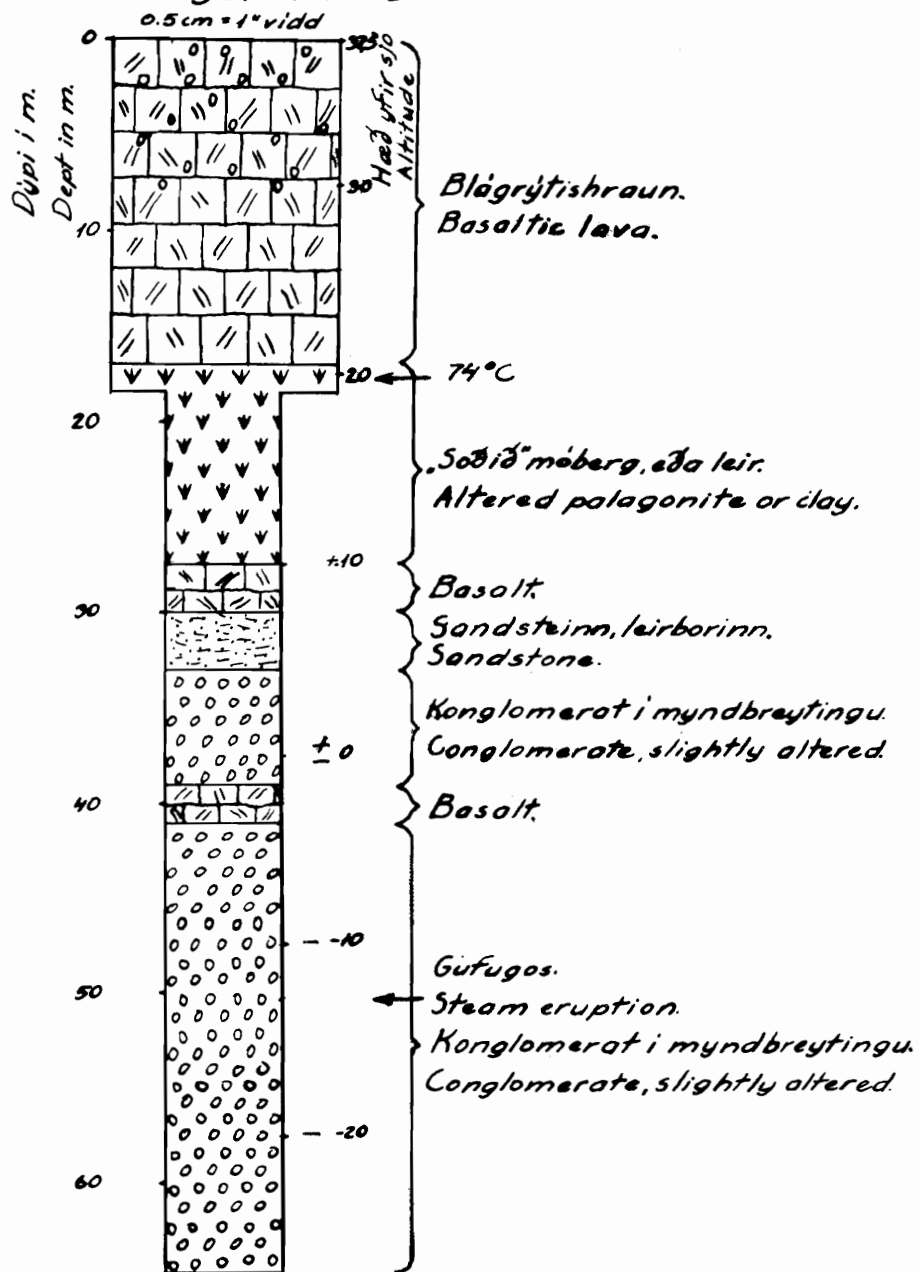
Borehole 102. Reykjakot, Olfusi
0.5cm = 1" vidd



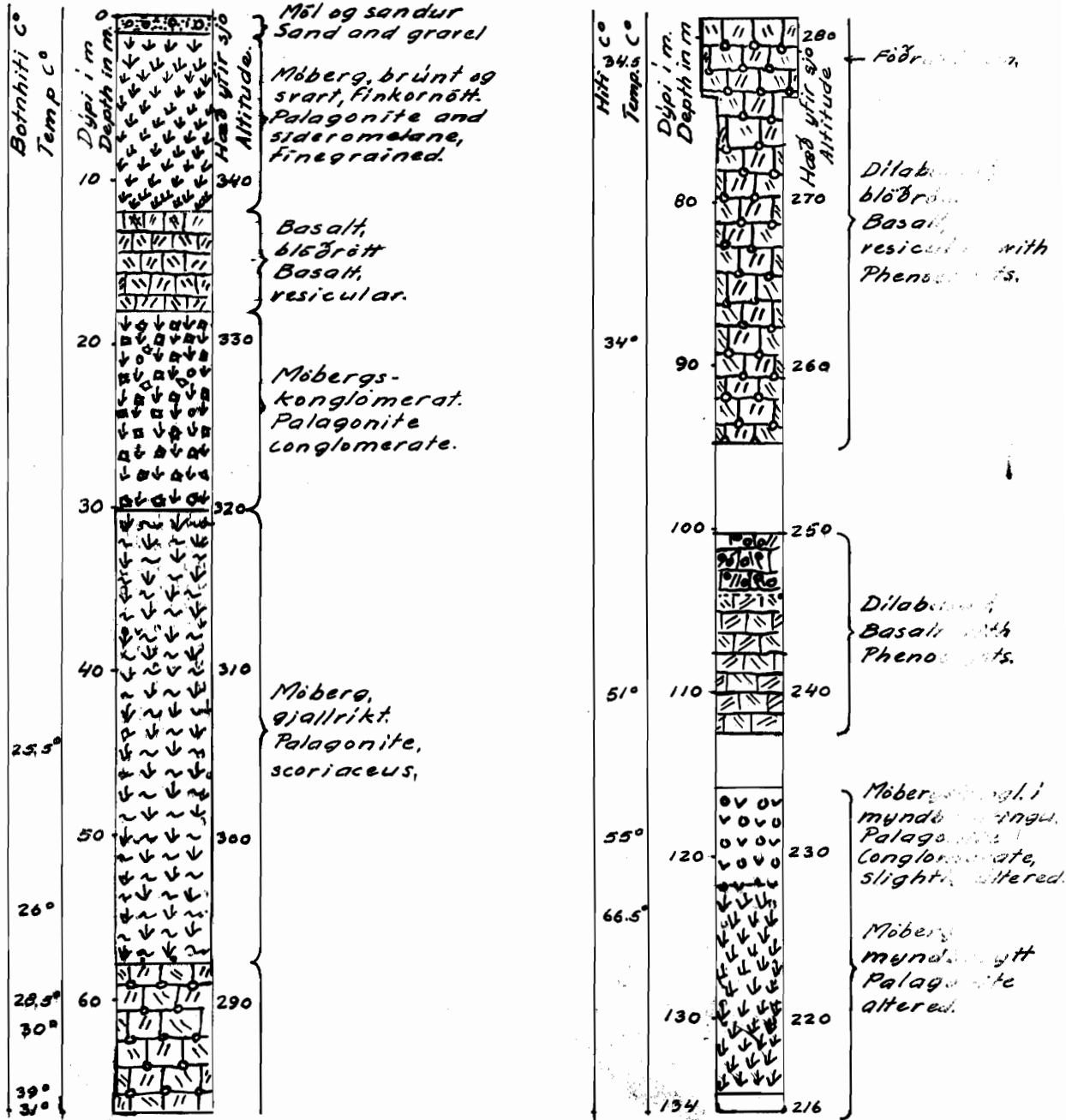
Fóðruð 64^om. með 5" pípu.

Borhola 103
Borehole 103

Hveragerði 1948



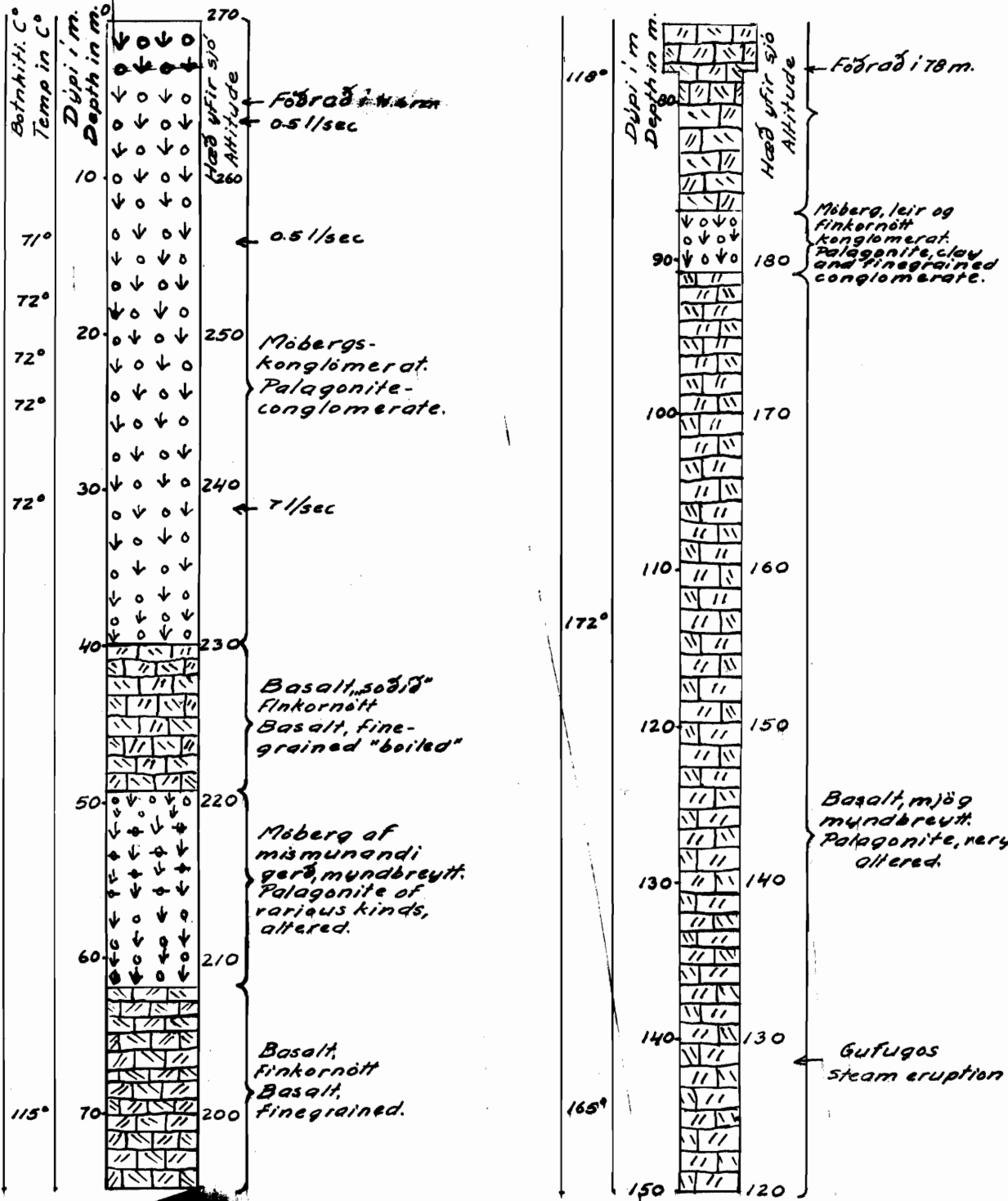
Borhola 116a
 Borehole 116a.
 Miðdalur í Hengli 1949



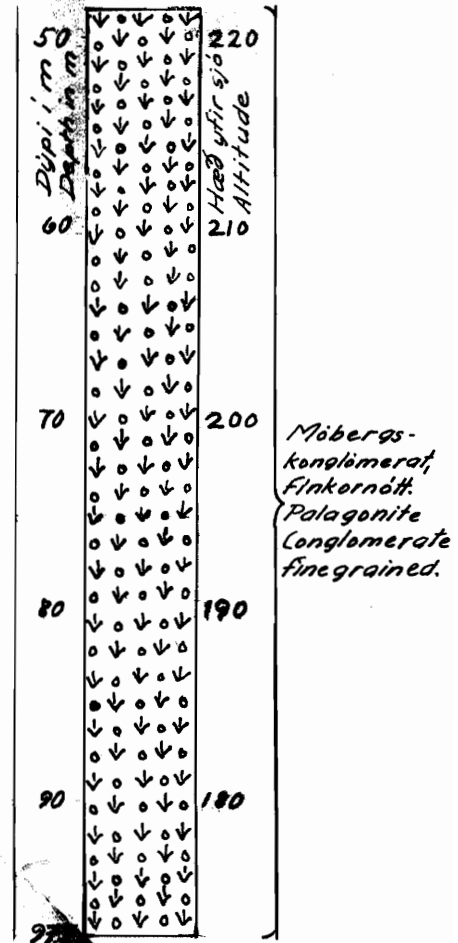
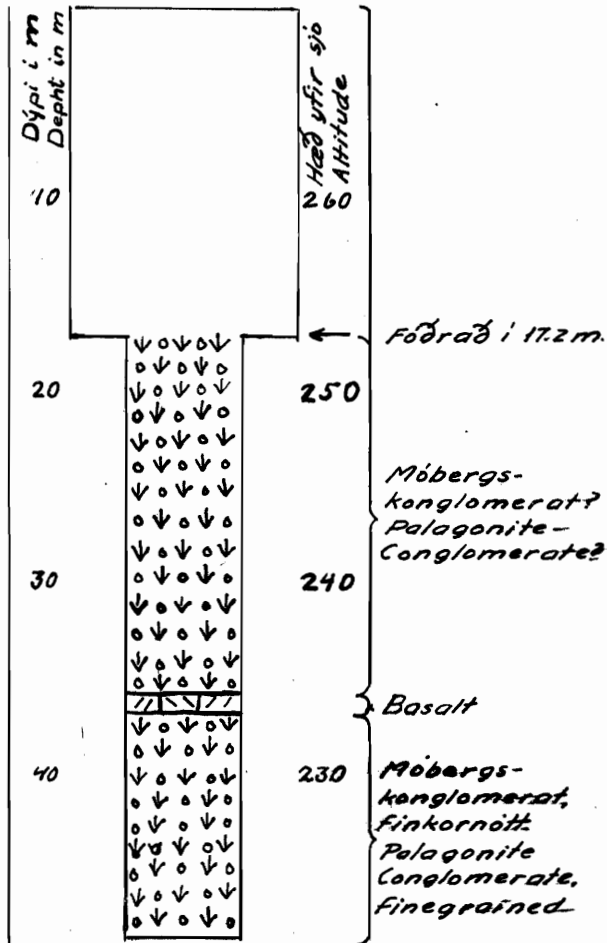
Borhola 146b.

Borehole 146b

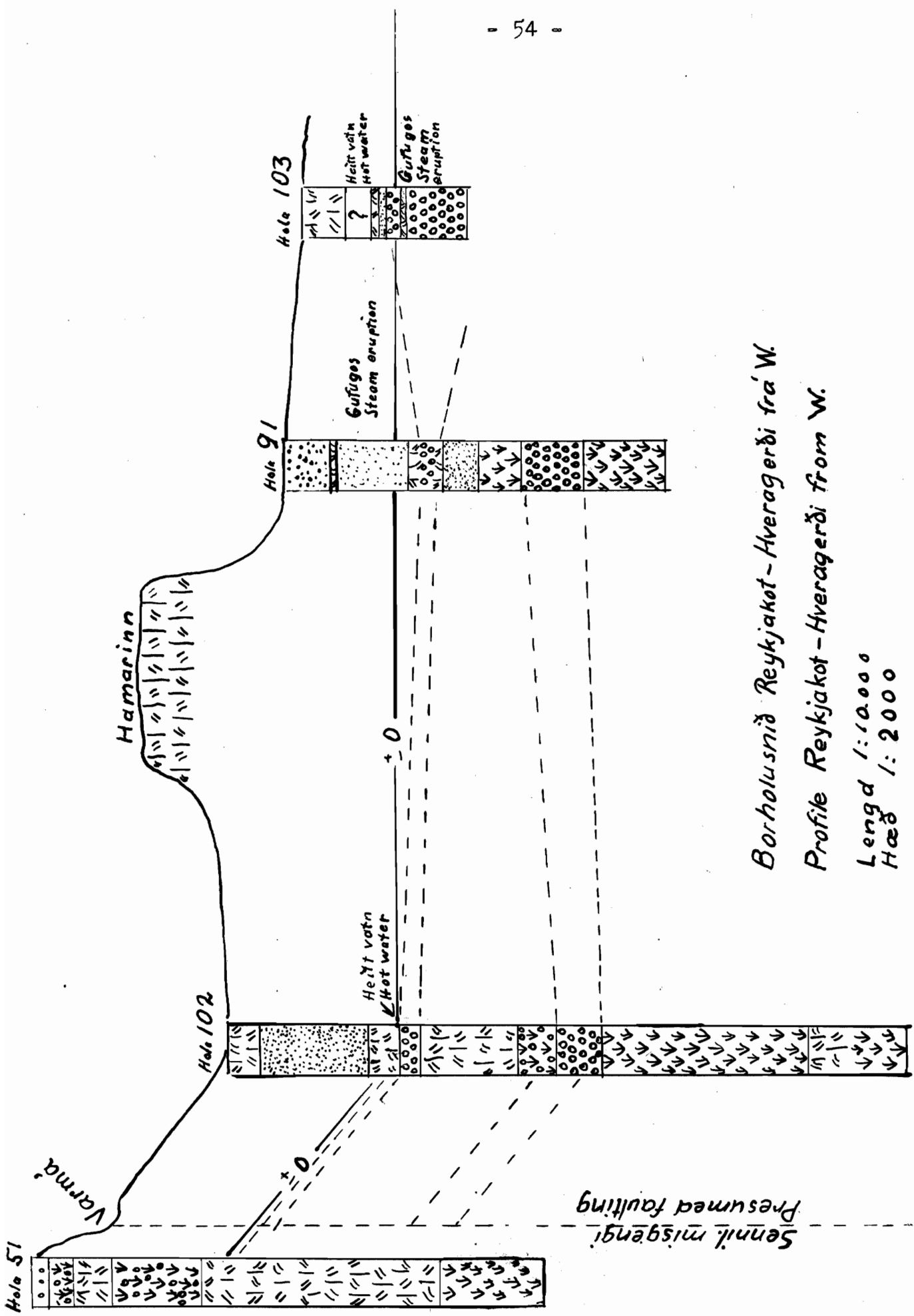
Hverakjálkar i Hengli 1949.



Borhola 120
Borehole 120
Kolviðarhöll 1949



Hiti i holunni undir 4°C.



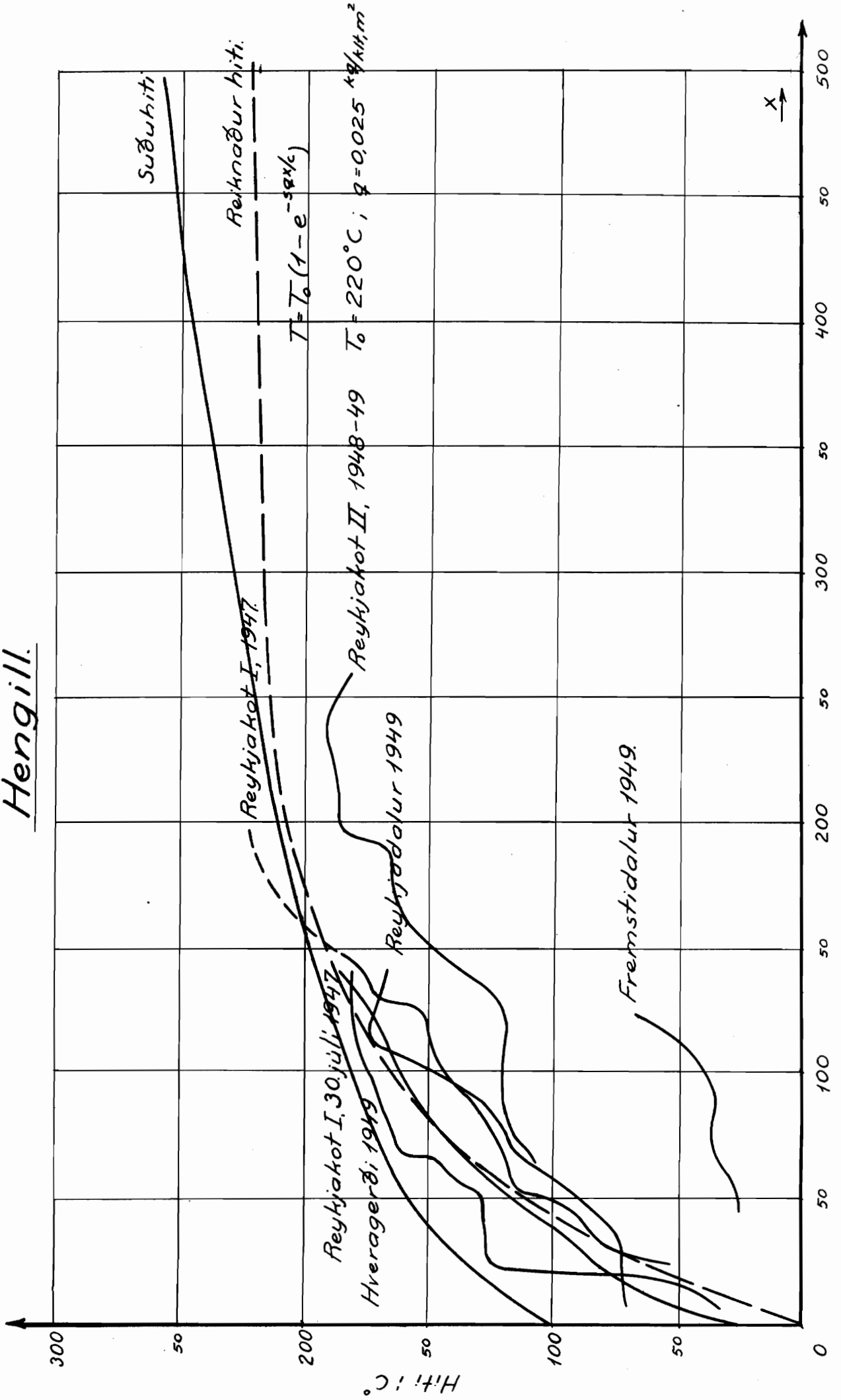
Borholusnið Reykjakot - Hveragerði frá W.

Profile Reykjakot - Hveragerði from W.

Lengd 1:10.000
Hæð 1:2000

Hitamælingar i borholum.

Hengill.

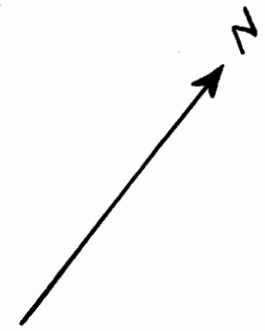


Dýpt í metrum

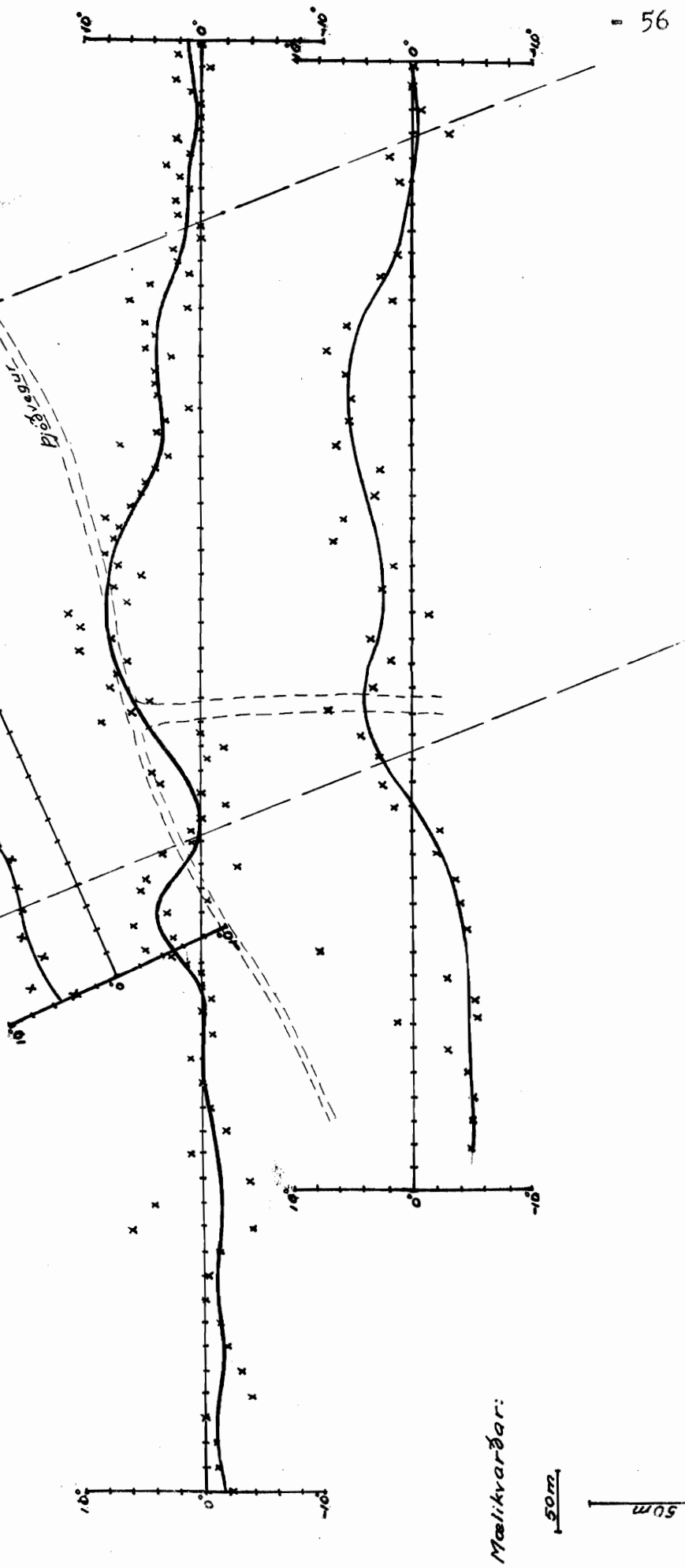
J. R. í jan. 1950.

Mælingar á löðréttu segulsviði í Hveragerði 1948

10° á
Thibergs-dhaldi
1:50 300 gamma



Skekkiusvíð



JARÐHITASVÆÐI HENGILS OG HVERAGERÐIS.

Yfirlit yfir jarðfræði svæðisins.

Þegar fá á yfirlit yfir tektonik takmarkaðs svæðis hér á landi er yfirleitt ekki hægt að styðjast við sérstök berglög með mjög ákveðnum einkennum eins og steingerfingum eða því um líku. Bergtegundir eru svo til eingöngu basalt af nokkrum mismunandi gerðum. Einstökum berglögum, t.d. hraunlögum, er alla jafna ekki hægt að fylgja eftir, nema á mjög stuttu bili og móbergið er oft, eins og á því svæði, sem hér um ræðir, hlaðið í óreglulega kesti og einstökum lögum er þá ekki hægt að fylgja eftir. Undir svona kringumstæðum verður að taka til athugunar öll einkenni basaltsins og móbergsins, sem fyrir koma í berggrunni svæðisins.

En þetta er þó ekki nóg. Bygging fjallanna norðan Ölfusins er svo flókin, að mér virðist vonlítið að skilja hana til fulls, nema hliðsjón sé höfð af reynslu á öðrum stöðum á landinu og heildarmynd landsins höfð í huga.

Sú mynd af landinu, sem gengið verður út frá, er eftirfarandi. Landið er í aðalatriðum plateau eða hluti þess. Það er byggt upp af mörgum berglagaflokkum, sem hver nær yfir stór svæði með meira og minna skýrum einkennum. Undantekning er aðeins yngsta móbergið, ef frá eru skilin postglacial hraun, en þó nær það víða mikilli útbreiðslu sem tiltölulega þunn lárétt lög.

Plateaubyggingin er sérstaklega ljós allt í kring um landið frá Esju og norður um til Suðursveitar. En plateaubasaltið um Eyjafjörð nær óslitið með litlum suðlægum halla suður í Hreppafjöll, en þar fyrir sunnan missir landið plateausvipinn. Hinsvegar er ekki vafi á því, að plateaudið heldur áfram, en með lægri legu, undir öllu Miðsuðurlandi. Þetta er bæði ljóst af því, hvernig basaltlögum Hreppanna hallar að vestanverðu niður til undirlendisins, og svo sér á plateaudið

í öllum holtum og hæðardrögum um Holt og Flóa. Við Hreppana er vafalaust misgengi þannig, að sá basaltflokkur, sem liggur í yfirborði undirlendisins, heldur áfram í nokkur hundruð metra hæð í Hreppaheið - unum, og jafnvel vafalítið alveg norður í landi. Bygging fjallanna í Hreppum og á Norðurlandi má því búast við að gefi aðalatriðum rétta hugmynd um undirgrunn Suðurlandsundirlendisins. Eftir því ætti hann að vera gerður úr basalti af ýmsum gerðum, dreifðum tufflögum og einstaka líparitinnskotum. Þar sem bergið er ekki soðið sundur af sírum jarðhita, ætti það að þola mjög djúpa borun.

Enginn vafi getur talizt á því, að plateau-yfirborð undirlendisins heldur áfram gegnum Ölfusfjöllin og Hengil yfir til Mosfellsveitar, en það hverfur að mestu undir yfirborð vestan Ingólfsfjalls. Þar er það, frá Kömbum til Mosfellssveitar, þakið yngra bergi, móbergi og grágrýti, og hefur sigið mörg hundruð metra.

Skal nú vikið að jarðfræði svæðisins.

Eins og fram var tekið kemur plateaubasalt fram í Flóa í svo til láréttum reglulegum basaltlögum. Það heldur áfram að rótum Ingólfsfjalls, upp með því að austan, en nær að sunnan vestur að línunni Kotströnd - Arnarbæli. Á þessum austurhluta Ölfusins eru stuðlaðir basaltnúðar algengir, en austan undir Ingólfsfjalli sést, að þeir eru næst ofan við hin reglulega láréttu basaltlög plateausins. Vestan við línuna Kotströnd - Arnarbæli og sunnan Suðurlandsbrautar lækkar landið; þar sér hvergi fast berg út að Kömbum. Basaltið er hér komið eitthvað lægra en austar og stafar það vafalítið af misgengi eins og síðar verður vikið að. Norðan við Ingólfsfjall nær plateau-basaltið yfir Ljósafossvæðið, og yfirborð þess snertir Grafningsfjöllin í rúmlega 200 metra hæð í Úlfjótsvatnsfjalli. Hér má fá hugmynd um gerð bergsins í ca 200 efstu metrum plateausins og vísast í því sambandi til rannsókna dr. Sigurðar Þórarinssonar við Ljósafoss.

Bæði Búrfell í Grímsnesi og Ingólfsfjall eru leifar berg-

lagabreiðu, sem legið hefur ofan á basaltplateauinu og eru þessi fjöll aðallega gerð úr móbergi. Bygging síðarnefnda fjallsins kemur fram í nokkrum giljum og er í höfuðdráttum einföld. Neðst, neðan við ca. 170 metra, er all-sérkennilegt móberg og víða í því ungleg basaltlög. Lárétt lagskipting er víða greinileg og þessi neðri hluti hlíðanna greinist í fjarska vel frá efri hlutanum, sem er gerður úr óreglulegri móbergslögum. Mótin milli þessara efri og neðri myndana eru allsstaðar í svipaðri hæð, þar sem til sér. Virðist af þessu, að um aðgreindar formationir sé að ræða. Þetta staðfestist svo, af því að basaltlög á yfirborði neðri myndunarinnar eru greinilega ísrákuð. Þetta bendir til, að nokkur misaldur sé á efri og neðri mynduninni; loks bendir það í sömu átt, að neðra móbergið er á köflum mjög ummyndað, en hið efra ekki, að ég hafi séð. Silfurberg og Kögunarhóll eru dæmi um umbreytt berg neðri myndunarinnar. Eg kemst þá að þeirri niðurstöðu, að plateauið hafi verið þakið breiðu af móbergi og basalti og þolað glaciation, áður en yngra móbergið lagðist ofan á. Sennilegast var neðra móbergið einnig orðið ummyndað fyrir þennan tíma, þar eð mörkin eru skörp milli fersks og ummyndaðs bergs.

Neðri móbergsmyndunin í Ingólfsfjalli er aðeins hluti af víðáttumeiri breiðu, og mætti vænta þess að finna leifar hennar einnig í nánd við Reykjasvæðið.

Efra móberg Ingólfsfjalls nær upp á brúnir þess og jafnvel hærra. Það er skorið af svo til sléttu, láréttu erosions-yfirborði, sem grágrýtisþekja fjallsins leggst ofan á. Þarna er um að ræða erosionsflöt, sem aðskilur móberg og grágrýti með talsverðum tíma.

Í undirlagi Ingólfsfjalls og því sjálfu koma þá fram 4 bergdeildir, vel aðgreindar. Neðst hart, þétt basalt, oft holufyllt. Af ástæðum, sem hér verða eigi raktar, tel ég, að það sé miklu eldra en þau lög, sem leggjast ofan á það: Neðri móbergsmyndunin. Móberg hennar hefur víða náð að ummyndast, eins og áður er getið, en í basaltið hefur

hinsvegar ekkert sett af holufyllingum. Þá kemur efra móbergið, sem vafalaust hefur haft meiri útbreiðslu en nú og loks grágrýtisskjöldurinn. Hversu viðáttumikill hann hefur upphaflega verið er mjög vafabundið, ef til vill hefur hann náð yfir núverandi fjallasvæði til N.V., en eigi verður gengið út frá því sem gefnu. En við rannsókn þessa fjalllendis verður nú að rekja framhald hinna ýmsu bergdeilda. Þá kemur raunar strax í ljós, að basaltsundirgrunnurinn sést yfirleitt ekki og grágrýtisþekja ekki heldur og torveldar það mjög rannsóknina.

Í N.V. - sepa Ingólfsfjalls hækka mót móbergsmýndananna og vantar yngra móbergið og grágrýtið þar og um Grafningsháls. En verulegt misgengi hefur ekki orðið um þetta skarð. Svæðið vestur að Reykjafjalli og Klóarfjalli, að báðum meðtöldum, tel ég í öllu verulega óraskað, og vera myndað úr sama bergi og Ingólfsfjall. Hinsvegar hefur mér enn reynzt ógerlegt að rekja útbreiðslu hvorrar móbergsdeildar fyrir sig. Þó virðist mér, að mótin milli móbergsmýndananna komi fram í Reykjafjalli í svipaðri hæð og í Ingólfsfjalli. Plateaubasaltið kemur fram undan móberginu við Úlfljótsvatn að norðan og meðfram Reykjafjalli að sunnan, að því er bezt verður séð. (Basaltið neðan við Svaða er mikið sprunguintrusif með N-S stefnu).

Vestan línu, sem liggur eftir Sauðá og Laxárdal til Villingavatns hefst umrótað og að sumu leyti mjög nýlega skapað vulkansktt svæði. Um stabila svæðið er það eftirtektarvert, að erosionsform þess er mjög gamalt, þroskað dalaform eins og t.d. sést vestan í Klóarfjalli. Þetta form truflast á áberandi hátt við áðurnefnda línu. Þar hanga gamlir þroskaðir dalir í lausu lofti að segja má. Sérstaklega er það augljóst, að Sauðárdalur og Grænidalur eru miklu yngri form en yfirborð Klóarfjalls. Að sumu leyti virðist mér, að þetta forna form muni vera eldra en grágrýtið á Ingólfsfjalli, og er það þó ekki auðskilið. Hinn mikli formmunur á Ingólfsfjalli og Grafnings- og Reykjafjöllum verður ekki skýrður hér, en hann, auk hins þróaða erosionsforms, er vafalaust árang-

ur af mjög langri sögu. Þessi fjöll eru erosionsleifar af stærri móbergsbreiðum og núverandi form þeirra verður að rekja til tímans fyrir það rask, sem orðið hefur vestar, það er að segja til þess að skýra form þessa fjallaklassa verður að hafa í huga, að landið vestan við hann, sem nú er sokkið, hefur, með stjórn á vatnsrennsli, haft veruleg áhrif á móttun hans.

Við vestur-takmörk hins stabila svæðis er þannig komið að hinu unga og mjög umturnaða vulkanska svæði Reykjanesskagans. Jarðhitinn, sem hér kemur fram, er sýnilega tengdur tektonik Reykjanesskagans og kemur mest fram á sjálfum móttunum milli hinna röskuðu og stöðugu svæða.

Til þess að fá hugmynd um hið raskaða svæði skal gengið út frá tiltölulega föstu svæði, Mosfellsheiðinni, og farið suður og austur yfir.

Mosfellsheiðin er gerð úr unglegu grágrýti eins og topplög Ingólfsfjalls, og er væntanlega af svipuðum aldri, en úr því verður þó eigi skorið hér. Við brotlínuna Jórukleif hefst raskið með sigi austurbrúnar um ca. 150 metra við Hestvík, en meir þar sem nú er Þingvallavatn. Fyrir sígið hafði brotitzt upp mikið af móbergi og myndað hinar aflöngu kryppur og gúla Dyrafjalla. Sést ljóslega við Sandfell, hvernig primert gosmóberg liggur ofan á grágrýtinu. Mót þessara myndana eru þar í 250 metra hæð, en færðust við sígið niður að vatnsborði og neðar.

Frá Jórukleif liggur sigsprungan inn eftir Dyrafjöllum, en hverfur síðan undir þau og Hengil. Dyrafjallamóbergið er tengt Hengli án missígs og er Hengill, að því er bezt verður séð, móbergshraukur, sem hlaðizt hefur ofan á Mosfellsheiðargrágrýtið í gosum um svipað leyti eða nokkru fyrir missigið. Það er enginn vafi, að Hengillinn er mjög ungur, og er það bæði ljóst af sambandinu við Mosfellsheiðina og svo af því, að hin upphaflegu straumform móbergsleðjunnar eru enn öröskuð að heita má víða á yfirborði fjallsins. Lítið móbergsgos hefur

að mér virðist, orðið við Hengilinn vestanverðan eftir ísöld, en að öðru leyti hefur Hengillinn myndast mjög seint á kvarter.

Móbergið hefur pressast upp á tiltölulega mjórri ræmu með S-V-stefnu gegnum Hengilinn. Sunnan við þessa ræmu kemur aftur tiltölulega stabil spilda, þar sem er Ölkelduháls og Ástaðafjall. Við Ölkelduháls gægist grágrýti aftur fram undan móberginu og nær sem efsta myndun fram á brúnir Ástaðafjalls við Reykjadal. Hæðin er hér svipuð og á Mosfellsheiði og liggur mjög nærri að ætla, að hér komi framhald Mosfellsheiðar, svo til ótruflað. Að þessari spildu verður síðar vikið.

Auk áðurnefnds móbergs hefur á sama eða svipuðum tíma pressast upp móberg í háa hryggi allt að línunni Villingavatn - Laxárdalur, þ.e. að hinu stabila svæði. Þessi móbergsgos ná þó ekki eins langt til S.V. og á fyrrnefndri goslínu, suðurtakmörkin eru við hina stabilu spildu Ástaðafjalls og eru Hverakjálkar syðstu móbergsgosstöðvarnar.

Allt svæðið er sígið, en þó ekki naupsynlega jafn mikið. Spildan milli Klóarfjalls og Þverárdals er líklega minna sigin en svæðið vestan við til Jórukleifar. Þetta styðst þó við lauslegar athuganir, hitt er víst, að allt svæðið frá Klóarfjalli til Jórukleifar er sigdæla, líklega mjög djúp, sem móbergsgos hafa orðið í seint á Kvarter og þar sem hraun hafa ollið upp eftir ísöld bæði í Nesjavallalægðinni og uppi á hærri fjöllum, sbr. Tjarnarhnjúk. Á öllu þessu móbergssvæði er grágrýtið yfirleitt ekki sýnilegt og er í hæsta lagi í svipaðri hæð og Þingvallavatn.

Nú má ætla, að plateaubasaltið sé langt undir yfirborði grágrýtisins og er þá ljóst, að heildarsigið hlýtur að nema mörgum hundruðum metra.

Nú er að athuga hið raskaða svæði sunnan við hið vulkanska svæði, sem nú var lýst. Þar brotnar fyrst um Sauðána og virðist mér sennilegt, að spildan milli Sauðár og Grændalsár sé sigin um ca. 100 metra. Þetta ræð ég af landslaginu sbr. mismun erosionsformanna, sem

áður getur, en þar sem ógerningur er að fylgja eftir einstökum berglögum á þessu svæði vegna ummyndanna, verða ekki nánari sönnur færðar á þetta, nema ef til vill með ítarlegri skoðun.

Þá kemur Dalafell, sem er nær Óröskuð spilda og síðan Ástaðafjall. Innst á Dalafelli er ungt grágrýti, sem gæti verið frámhald á því, sem þekur Ástaðafjall og hefði þá orðið misgengi um Reykjadalinn og vesturbrún sigið um ca. 100 metra. En auk þess er þessi vesturbrún brotspilda, sem sigið hefur um 60 - 80 metra niður fyrir yfirborð á meginhluta Ástaðafjalls.

Aðalsigið, sem orðið hefur hér um slóðir, er sunnan þess svæðis, sem nú var lýst. Í mynni Reykjadalsspilda er spilda úr grágrýti því, sem annars liggur uppi á brúnum Ástaðafjalls. Þessi spilda hefur sigið 150 metra niður fyrir sigspilduna á vesturbrún Reykjadalsspilda. Það hlýtur nú að vakna grunur um það, að svæðið sunnan Varmár sé sigrin spilda, og Hamarinn við Hveragerði, sem er grágrýtisspilda, svo að segja jafn há þeirri, sem um getur í mynni Reykjadalsspilda, virðist staðfesta þetta. En því ber ekki að leyna, að hraunin, sem runnið hafa hér niður af Hellisheiði útiloka beinar athuganir í sambandi Hamarsins við Ástaðafjall. Það væri hugsanlegt, að Hamarinn væri myndaður af kvarterum hraunflóðum ofan af Hellisheiði, en hitt verð ég þó að telja líklegra, að hann sé spilda af grágrýtisþekju Ástaðafjalls og sé þannig eldri að efni til en núverandi landslag við Kamba. Norðan Hveragerðis er móbergsás, sem virðist ganga inn undir Hamarinn. Þetta móberg er lítið ummyndað og á heima miklu hærra en það berg, sem kemur fram í sömu hæð norðan Varmár.

En sterkustu rökin fyrir miklu sigi eru ef til vill þau, að mikil basaltinstrusif, sem fyllt hafa sprungu með N-S stefnu, við Svaða, hverfa snögglega við Varmá. Móberg og hart basalt gæti ekki náð jafnlangt til suðurs, ef undirlendið fyrir framan væri skapað af erosion. Allt virðist því bera að sama brunni, að stórt svæði sunnan Varmár sé

sigið um ca. 150 metra miðað við vesturbrún Reykjadals, en mun meira, ef miðað er við Reykjafjall og yfirleitt hið stabila svæði í austurhluta Ölfuss.

Hve langt suður sigspildan nær verður tæpast séð af beinum athugunum, en þegar þess er gætt, að basaltið hverfur snögglega við línuna Kotströnd - Arnarbæli, verður helzt að ætla, að sigspildan nái alla leið suður að Ölfusá, þótt þar með sé ekki sagt, að sigið sé jafnmikið á öllu svæðinu.

Það er í þessu sambandi athyglisvert, hvernig jarðskjálftarnir 6. sept. 1896 höguðu sér. Þeir voru lang sterkastir og gjöreyðilögðu allar byggingar að heita má einnan þess svæðis, sem markað er með blýantsstrikum á meðfylgjandi korti. Takmörk sterkustu kippanna voru eins skörp og takmarkalínan gefur til kynna. Bæjarþorpið gereyðilagðist, Arnarbælis - og Auðholtsbyggðin lentu utan og innan við svæðið. Bakki við Hjalla hrundi, en á Hjalla sjálfum urðu litlar skemmdir. Kotströnd, Gljúfurholt, Sogn og Gljúfur skemmdust ekki mikið. Reykir urðu fyrir talsverðum skemmdum, en Reykjakot slapp að mestu. Núpur og Þurá skemmdust ekki mikið. Þannig liggur takmarkalínan mjög nærri áætluðum takmörkum sigspildunnar.

Hvernig brotlinan liggur frá mynni Reykjadals út fyrir Hamarinn og fram hjá Reykjum er erfitt að segja um að svo stöddu. Ungt hraun hefur runnið yfir það svæði og hylur berggrunninn. Líklega liggur sprungan nálægt Reykjakoti og meðfram Reykjafelli. Ef til vill má með frekari athugunum leggja línuna nákvæmlega niður og væri það sérstaklega æskilegt á svæðinu austan Hveragerðis. Boranir ættu sérstaklega að geta veitt upplýsingar um þetta, en mér hefur enn ekki gefist kostur á að athuga borkjarna frá þessu svæði. Ef til vill gefa þeir raunar ekki annað en hið unga hraun, þar eð borholurnar hafa alla jafna verið grunna

Nokkrar hugleiðingar um uppruna jarðhitans og hagnýting hans.

Sú spurning vaknar nú, hvort sú bygging svæðisins, sem á undan er lýst, gefi nokkrar bendingar um uppruna jarðhitans. Þá er fyrst á það að líta, að jarðhiti er enginn á mestum hluta hins nývulkanska svæðis. Hann kemur aðeins fram sýðst í því. Nú hafa orðið postglacial gos í þessum syðsta hluta, að minnsta kosti í Tjarnarhnjúk, og vera má, að við Hengilinn sjálfan, þar sem jarðhiti er mikill, hafi eldsumbrot orðið síðar en í öðrum móbergscentrum og skýri það útbreiðslu jarðhitans. En andspænis þessu stendur sú staðreynd, að postglacial gos hafa orðið við Nesjavelli og er þar ekki jarðhiti.

Annað er þó miklu meir áberandi: Jarðhitinn er mestur á hinu raskaða Ölfussvæði, þar sem engin nývulkanismi hefur komið fram. Þetta sýnir, að enda þótt vulkónsk centra við Hengil og austur af honum kunni að vera upptök jarðhitans, þá þurfi einhver þau skilyrði að vera til staðsins, sem veita hitanum svo mjög suður á bóginn til Hveragerðis. Þau skilyrði vatnar sýnilega á norðurhluta nývulkanska svæðisins.

Hver þessi skilyrði séu er ekki erfitt að skýrgreina almennt. Það þurfa að vera rennslisskilyrði djúpt að neðan og upp til yfirborðs. Á öðrum stað hefi ég undirstrikað, hve gangar í basalti virðast hafa mikla þýðingu, sem leiðir hveravatns til yfirborðs, og það er dálítið athyglisvert, hve jarðhitinn í Reykjakoti og að minnsta kosti að nokkru leyti í Grændællar nátengdur göngum. Norðan Hengils er ungt berg, sem engir gangar eru í við yfirborð, en hið eldra gangberg er sokkið mjög djúpt. Í aðalatriðum hygg ég, að munurinn á yfirborðsbergtegundum og þá um leið á mismunandi rennslisskilyrðum jarðvatns skýri muninn á norður- og suður-svæðunum hvað jarðhita snertir.

Þá er að líta á miðsvæðið. Eru ekki þar upptök alls jarðhitans, og stafar hann ekki frá kólnandi magma undir svæðinu? Það virðist manni í fljótu bragði, en þó álit ég það engan veginn sjálf-

sagt og öruggt.

Við sáum að á norður svæðinu vantar rennslisskilyrði til þess að jarðhiti komi fram. Ef opnar rásir væru þar niður til kólnandi magma mætti búast við uppstreymi á gufu. Opnar rásir hljóta hinsvegar að vera til staðins á miðsvæðinu. Hvað ná þessar rásir djúpt hvar má búast við að magmað sití? Eg býst varla við, að menn reikni með minna dýpi en 3-4 km. En nú er hitinn á því dýpi orðinn minnst talsvert á annað hundrað gráður, hvort sem þar er magma eða ekki. Séu því opnar sprungur þangað niður er mjög sennilegt, að upp um þær streym heit gufa, þótt ekkert magma væri til staðins. Lítil hættá er á að gufan drukkní í jarðvatni í hinu þurra unga móbergi.

Hvernig á þá að skera um það, hvort jarðhitinn þarna er upprunninn beint frá kólnandi magma nálægt yfirborði eða ekki? Eg verð að segja, að ég sé ekkert ráð til þess, nema boranir. Ef meðal-djúpar boranir á þessum slóðum gæfu 2 - 400 stiga heita gufu, mundi ég óhikað telja, að um beint samband við magma væri að ræða.

En ef slíkt samband við magma á sér stað þarna, þá þykir mér það torskilið, hvers vegna svona heit gufa af ótvíræðum magmatískum uppruna kemur hvergi upp um náttúrlegar rásir. Hvers vegna er gufan á öllu þessu svæði rétt um og yfir 100°C, ef hún kemur frá magma með c 500°C hita, en við það hitastig losnar vatn aðallega úr magmanu? Þar sem vatn absorberar gufuna, er færslan til 100°C hita auðskilin, en þannig er því ekki háttá hér eða ætti ekki að vera, þar sem gufan streymir út með miklu afli eins og í Innstadal. Er þetta adiabatísk þennsla, og hví skyldi hún þá einmitt fara fram neðanjarðar? Ef atmosferubrýstingur ríkti niður við magma, virðist manni, að mjög yfirhituð gufa ætti að streyma upp.

Prófessor Barth hefur komið að raun um, að basicitet hver-anna eykst, ef fjær dregur Hengli og hefur hann ályktað af því, að upp-tök, og það magmatísk upptök jarðhitans, séu við Hengil. Eg býst við,

að viðurkennt sé, að þessi ályktun sé röng, enda sýnir einmitt Barth sjálfur, að aukið basisitet skapast af auknu jarðvatni og einnig er það of augljóst á íslenskum hverasvæðum til þess að þurfa að ræðast hér. Mér vitanlega liggur ekkert fyrir er sanni vulkanskan uppruna jarðhitans við Hengil. Mér finnst erfitt að færa líkur að slíku sambandi og er að minnsta kosti fjarri því, að vera sannfærður um, að það eigi sér stað. Á hinn bóginn vil ég benda á, að Hverakjálkar eru ungar móbergsgosstöðvar, sem mikill jarðhiti er við og auk þess er postglaciala centrið Tjarnarhnjúkur skammt frá. Þetta vulkanska svæði er næst hverasvæðinu á láglandinu. Hér er sléttur dalbotn við móbergshnúðinn í 260 m. hæð, og virðist mér, að hér sé staður til þess að kanna magmatískan uppruna jarðhitans eða hvers boranir séu megnugar á stað, þar sem ætla mætti, að kólnandi magma sé á nokkru dýpi undir yfirborði.

Þá vil ég að lokum minnst nokkru nánar á suðursvæðið.

Þar er eftirtektarverð sprunga, sem raskið varð á í jarðskjálftunum síðast. Þessi sprunga er raunar tvær beinar línur, sem skerast undir ca 10° horni norðan Hveragerðis en sunnan Varmár. Á þessari sprungu eru margir afarstórir hverir eða pottar. Slíkir pottar en minni, koma fyrir í Þykkuhverum við Geysi, en annars mjög óvísða á hverasvæðum. Þegar ég fyrir um 10 árum athugaði fyrst Hveragerði og veitti þessum pottum athygli, varð það sú staðreynd, að einn af þessum pottum er myndaður við sprenginguna, sem varð í jarðskjálftunum 6. sept 1896, sem gaf mér þá skýringu, sem ég sætti mig við. Nú hefur einn af þessum pottum myndast með sprengingu í Gufudal. Ég tel það vafalaust, að á þessari sprungu hafi hvað eftir annað orðið sprengingar í jarðskjálftum, flestar ef til vill fyrir landnámstíð. Orsök sprenginganna er auðskilin, þegar annarsvegur er litið á vatnsflauminn, sem jarðskjálftarnir ollu og hinsvegur á hið háa hitastig, sem vitað er um af borunum, og sýnir, að gufuþrýstingur getur orðið margar atmosferur.

Til þess að svona sprengingar verði, þarf hiti að vera talsvert á þannað hundrað gráður, og skýrir það hve óvísða þær hafa orðið.

Í þessu sambandi væri vert að líta á vulkanska miðsvæðið. Þar eru jarðskjálftar vafalaust tíðir og harðir. Ef þar er samband við magma, mætti þá ekki búast við, að þar finndust vegsummerki eftir miklu stórkostlegri sprengingar en á láglandinu? Eg vil ekki fortaka að sprengigígir komi fyrir á miðsvæðinu, en þeir eru ekki margir og sízt stórir (Við Reykjakot eru stórir hverir af þessari gerð örðnir til við sprengingar).

Vatnsmagnið hefur aukizt stórlega við jarðskjálftana (og sem afleiðing af því hefur vatnið í stóru hverunum hitnað). Vatnið er mjög gruggugt, sem er algengt fyrirbrigði, þegar jarðskjálftar breyta uppsprettum, jafnt köldum sem heitum. Hins vegar hefur basicitet ekki breytzt að séð verði. Eg tók sýnishorn af vatni úr Bláhver á hvítasunnudag og reyndist pH = 9,1 (mælandi Óskar Bjarnason). Þetta er nokkuð athyglisvert. Ef gert er ráð fyrir sambandi við magma, sem gefur frá sér súra gufu eða vatn, mundi þá ekki mega vænta breytinga á basiciteti, ef snögglega opnaðist greiðara samband? Eg hygg, að þetta styðji þá skoðun, sem ég verð að hallast að, að jarðhitinn á suðursvæðinu sé ekki beint háður vulkanisma, heldur skapi hið sprungna og misigna svæði skilyrði til djúprar hringrásar grunnvatns í jarðlögum með normölum hitagradient, eftir því sem hér gerist.

Á þessu svæði má fá kynstrin öll af gufu. Við boranir ber þá að forðast sjálfa aðalsprunguna vegna sprengingahættu, en utan við hana er líklegt, að borholum sé óhætt fyrir jarðskjálftum eins og raunar kom í ljós síðast. Allar byggingar á sprungunni ber að sjálfsögðu að banna.

Maximalhita gufunnar ætti að mega marka af hita þeirrar gufu, sem sprengdi gíginn í Gufudal. Þar og raunar á allri sprungunni kom vatnið skyndilega og væntanlega án kólnunar af miklu dýpi og ætti

að gefa til kynna hæsta fánlegan hita.

Gefi borun í Hverakjálkum neikvæðum árangur og jafnvel þótt herra hitastig fengist þar en á láglandinu, þykir mér mjög sennilegt, að gufuvinnsla í stórum stíl verði að byggjast á borunum á láglandinu og þá líklega helst þannig, að borholum sé raðað meðfram aðalsprungunni frá Hveragerði til Gufudals og í hæfilegri fjarlægð frá henni. Annars gefa boranir undangenginna ára væntanlega hugmyndir um það, hve langt er hægt að bora frá aðalsprungunni með árangri, en þar sem ég er ekki kunnugur þessum borunum, get ég ekki að sinni farið nánar inn á þetta.

Við djúpboranir má eftir áðursögðu vænta annars bergs í Hveragerði en norðan Varmár. Samanburður á borskilyrðum þarf að sjálf-sögðu að fara fram, áður en nokkuð væri ákveðið um boranir í stórum stíl.

Þessari greinargerð fylgja 2 jarðfræðikort.






Reykjavík 24. júní 1947

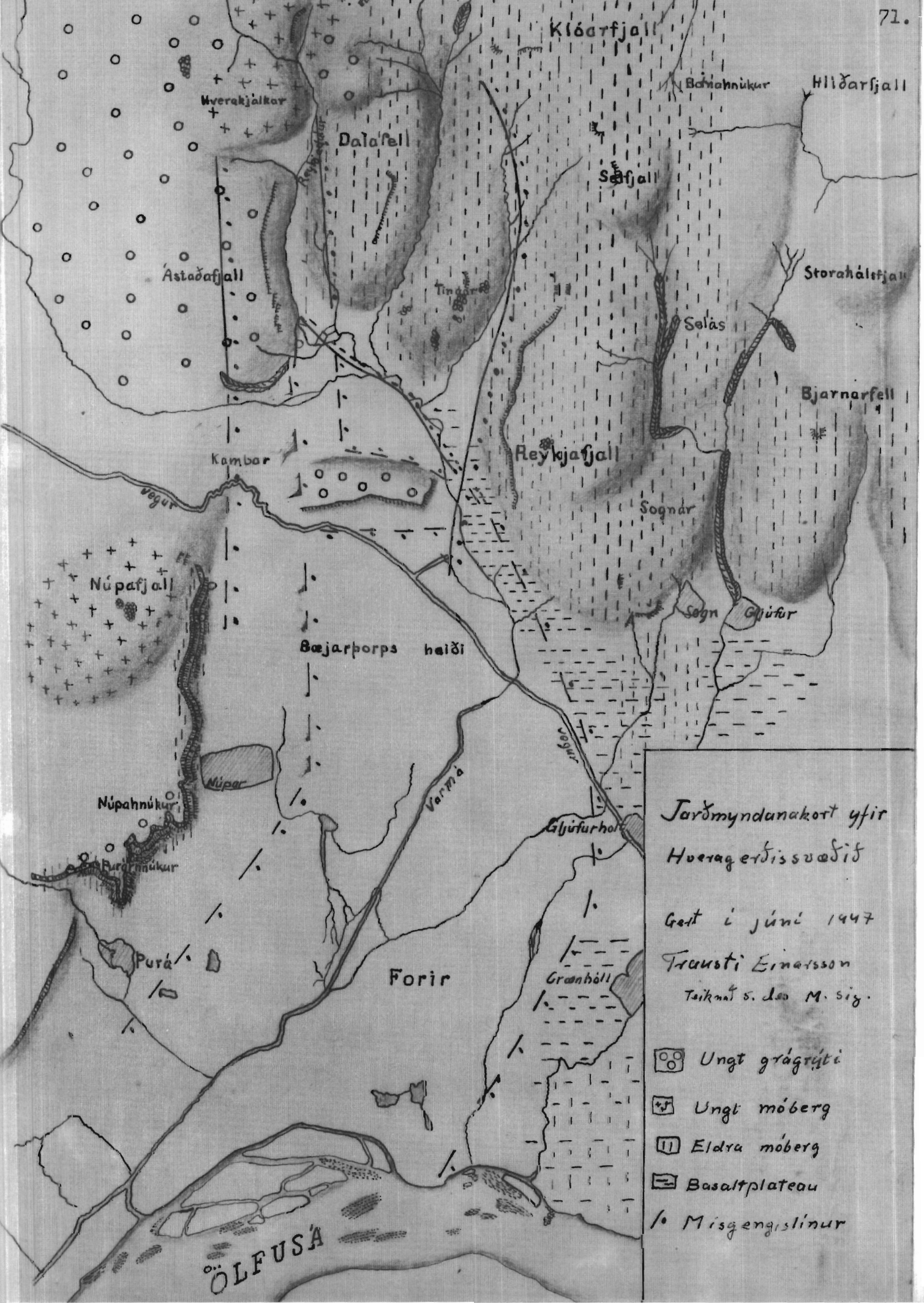
Trausti Einarsson
(sign.)

Jarðmyndunakort yfir Hengils og Hvera-
gerðisvaðið. Gest af Trausta Einarssyni júní 1947
Teiknað úr des 1947 M. Sig.

PINGVALLAVATN



-  Ungt grænpyti
-  Ungt móberg
-  Eldra móberg
-  Basaltplateau
-  Misgengislinur








Jarðmyndunakort yfir
Hveragerðissvæðið

Geit í júní 1947

Trústi Einarsson

Teiknað s. Lea M. Sig.

-  Ungt grágrýti
-  Ungt móberg
-  Eldra móberg
-  Basaltplateau
-  Misgengistlinur

ÖLFUSÁ

Trausti Einarsson:

Um orsakir jarðhitans.

Í eftirfarandi greinargerð eru tekin til athugunar nokkur atriði, er snerta orsakir jarðhitans, og er hún einskonar viðbætur við ritgerð mína frá 1942 (über das Wesen der heissen Quellen Islands). Síðan sú ritgerð var samin hafa farið fram viðtækar rannsóknir á jarðhitnum og eru helztu niðurstöður þeirra nú að koma á prent. Vil ég athuga hér á eftir, hvaða ljósi þessar rannsóknir varpi á kjarnaspurninguna um jarðhitann, sem sé orsakir hans, og auka við það eftir föngum.

Jarðhitinn hefir verið flokkaður í tvennt, í súran og alkalískan eða basískan jarðhita. Vatn og gufa í súrum hverum sýnir súra svörun (reaktion), en í hinum basíska. Svörun vatnsins er gefin til kynna með svonefndu PH - gildi, sem er 7 fyrir hreint vatn, lægri fyrir súra og hærrí fyrir basíska svörun.

Ýmsir hafa gengið lengra í flokkun jarðhitans, en það skiptir minna máli fyrir þau sjónarmið, sem hér verða rædd, og mun ég aðeins gera greinarmun á hinum tveimur flokkum, þar sem rætt verður um samband þeirra á milli.

Í fyrrnefndri ritgerð komst ég að eftirfarandi niðurstöðum.

Alkalíski jarðhitinn á Norðurlandi, Vestfjörðum, undirlendi Borgarfjarðar og að minnsta kosti að einhverju leyti á Suðurlandsundirlendinu er þannig til kominn, að yfirborðsvatn rennur sem almennur straumur um jarðlögin, frá hálendi til láglandis. Hluti þessa vatnsstraums nær miklu dýpi og hífur af hinum almenna hita jarðlaganna, sem hann fer um, og leysir upp nokkuð af efnum bergsins. Þar sem djúpar sprungur eru á láglandi, aðallega sem basaltgangar, getur orðið um söfnun á hinum dreifða vatnsstraumi í berginu að ræða og ört rennsli heits vatns upp til yfirborðsins.

Eldleðja, sem eldsumbrot landsins vitna um, hefur engin

bein áhrif á þennan jarðhita, hvorki sem hitagjafi né sem æfnisgjafi.

Eldsumbrot og basískan jarðhita ber að líta á sem óháð fyrirbrigði og hið síðara byggist á möguleikum til djúprar vatnshringrásar í efstu kílómetrum jarðskorpunnar.

Viðvíkjandi hinum súra jarðhita taldi ég, að hugsanlegt væri að skýra hann á sama hátt, enda væri það staðreynd, sem ekki yrði gengið fram hjá, að súr jarðhiti sem eftirstöðvar þekktra eldgosa hér á landi væri mjög skammlífur.

Alveg sérstök leiðsluskilyrði hlýtu því einnig að valda hinum súra jarðhita, enda er hann miklu greinilegar tengdur við allgamlar (ekki post-glacialar) brotlínur landsins, en ungar eldfjallaraðir.

Nánar fór ég ekki inn á þessa hluti á þáverandi stigi málsins.

Síðan þessar skoðanir voru látnar í ljós, hefur jarðhitinn verið rannsakaður mikið, og er nú hægt að rökstyðja ýms atriði betur en áður.

Rannsóknarráð ríkisins lét safna vatnssýnishornum af mörgum jarðhitasvæðum, en Trausti Ólafsson hefur ákveðið Ph-gildi, kísilsýrumagn, heildarsteinefni og klórmagn á þessum sýnishornum.

Jarðboranir ríkisins hafa látið gera heildaranalýsu af mörgum vatnssýnishornum, svo og af köldu yfirborðsvatni til samanburðar, og Gunnar Böðvarsson hefur útfært margskonar reikninga um hitaleiðslu í jarðlögum, sem sérstaklega leiða í ljós, hve miklir, eða öllu heldur hve litlir möguleikar eru á því, að jarðhitinn geti verið af beint magmatiskum uppruna.

Allar þessar athuganir veita nýja möguleika til að skýra jarðhitann nákvæmar en áður.

Í skýrslu sinni "On thermal activity in Iceland" kemst Gunnar Böðvarsson að þeirri niðurstöðu, að áður nefnd skýring á alkalíska jarðhitnum sé rétt, að því er snertir Norðurland og Vestfirði,

hann sé þar óháður eldsumbrotum.

Í Borgarfirði og á Suðurlandsundirlendinu er vatnsmagn hinsvegar miklu meira en norðan og vestanlands, og ef skýringin ætti að gilda fyrir þau svæði, yrði vatnið að safnast til hveranna af svo stóru svæði neðanjarðar, að Gunnar er mjög hikandi við að álíta, að slíkt geti átt sér stað.

Á hinn bóginn fellst hann á, að jarðhitinn í Borgarfirði, með einum 4 - 500 l/sek af sjóðandi vatni, sé frá-leitt að reyna að skýra með magma-intrusívi eða yfirleitt með magmatískum áhrifum.

Hann fer þá leið, að telja vatnið hitað með almennum berglagahita eins og á Norðurlandi, en telur eitt af tvennu nauðsynlegt: Annaðhvort er hinn almenni hitagrædent undir Borgarfirði mun hærri en almennt gerist í öðrum löndum, þar sem mælingar hafa verið gerðar, eða jarðhitinn er mjög ungt fyrirbrigði.

Ef hinn mikli jarðhiti Borgarfjarðar hefði hafist fyrir fáum áratúsundum og ætti mjög skamman aldur framundan, er jarðhitinn auðskýrður sem tæming eða tæring á upprunalegum eða almennum hita jarðlaganna.

Eins og Gunnar þendur á er hitamagn jarðlaganna á tiltölulega litlu svæði mjög mikið, og staðbundin vatnshringrás gæti yfir víst ára bil flutt þennan hita til yfirborðs í formi mikils jarðhita. En kæling bergsins hlyti að eiga sér stað og fyrirbrigðið að verða tímabundið.

Þessa hugmynd um lágan aldur jarðhitans og mjög tímabundna tilveru má telja nýtt atriði í málinu, sem ekki hefur verið lögð á áherzla áður.

Við athugun á Norðurlandi komst ég að þeirri niðurstöðu, að sum jarðhitasvæðin þar, t.d. í Fljóttum og Hjaltadal, væru mjög gömul og mundu hafa staðið af sér síðustu ísöld.

Þetta festi hjá mér þá trú, að í eðli sínu væri jarðhitinn

stöðugt fyrirbrigði, sem fyrst og fremst þéttun jarðlaganna á jarðfræðilegu tímabili gæti ráðið niðurlögum á. Á hinn bóginn var mér þó vel kunnugt um það, að allar hverahrúðursbreiður landsins hafa orðið til á löngu liðnum tíma og þær bentu til, að um eitt skeið hefði magn hins heita vatns verið sérstaklega mikið. Ennfremur var það vitað, að jarðskjálftar höfðu oft breytt jarðhitinum. Þannig er getið um myndun nýrra hvera í Haukadal í jarðskjálftum 1294. Nýir hverir komu fram, en aðrir hurfu er fyrir voru. Það var hugsanlegt, að þarna hafi í rauninni horfið jarðhitinn í sjálfum Haukadal, þar sem hverahrúður sýnir, að mikill jarðhiti hefur verið áður fyrr, en komið fram á Geysissvæðinu. Geysir, Strokkur og fleiri hverir, sem sennilega hafa áður verið goshverir og liggja allir á sömu línu, hafa vafalítið mynd-
azt samtímis, og vatnsflóðið frá þeim hefur skap^{ap}að hina miklu hverahrúðursbreiðu á Geysissvæðinu, er nær allt austur að Beiná. Mér þykir nú harla sennilegt, að þessir hverir hafi einmitt myndast 1294 eins og annállin gefur bendingu um.

Nú er vatnið mjög þorrið í kringum Geysi, en sunnar og neðar, í svonefndum Þykkuhverum, hefur það á ný brotist fram og grafið sundur hverahrúðurshelluna frá "Geysis-tímabilinu".

Þessar breytingar túlkaði ég þannig, að uppstreymisrásir heita vatnsins gæti færzt til verulega í jarðskjálftum. Þær gætu einnig lokast og þannig bæri að skilja tilveru mikilla hverahrúðursbreiða þar sem jarðhiti er nú lítil (Leirá, Laugavalladalur o.fl.), en ekki þannig að vatnsrásin hefði þorrið, vegna skorts á hitaorku. Og þannig lít ég enn á þetta mál.

Eigi að síður tel ég hugmynd Gunnars Böðvarssonar um jarðhita Borgarfjarðar og Suðurlands, sem mjög tímatakmarkaðan af orkulegum ástæðum, athyglisverða. Hún lækkar vissulega þær kröfur, sem gera verður til hitagjafans.

Ef hugmynd Gunnars er rétt mundi málið liggja þannig fyrir:

Hinn mikli jarðhiti á sumum stöðum hefur staðið stutt og á það er engin reynsla komin, hvort hann gæti verið stöðugur af orkulegum ástæðum. Úr því yrði heldur ekki skorið í náinni framtíð. Rannsókn á því, hvort hinn mikli jarðhiti gæti af orkulegum ástæðum verið stöðugur, hefði þá harla litla þýðingu.

Ef nú er litið á hinar gömlu hverahrúðursbreiður með þetta í huga, þá mætti túlka þær þannig: Á vissum tíma, fyrir nokkrum þúsundum ára, varð landið fyrir mikilli almennri áreynslu og sprakk víða. Við það opnuðust víða rásir fyrir uppstreymi heits vatns. Það stóð þó víða stutt, annaðhvort vegna þess að hitaorkuna þraut eða vegna lokunar sprungnanna af völdum jarðskjálfta eða útfellinga.

Á þeim stöðum, þar sem jarðhiti er enn mikill, verður að telja hann mjög ungan.

Það er eitt sem styrkir þessa hugmynd verulega, en það eru gjárnar, sem nær eingöngu koma fyrir í gömlum hraunum. Þessar gjár benda ákveðið til þess, að á vissu tímabili fyrir nokkrum áratúsundum, hafi landið víða rifnað. Þannig gæti það vel verið rétt, að fyrir fáum áratúsundum hefðu hin vatnsmiklu hverasvæði orðið til og aðeins jarðhiti hinna vatnsminni svæða eins og margra svæðanna norðan og vestanlands, væri stöðugt fyrirbrigði.

Atriði sem því ber að leggja áherzlu á er, að reyna að ákveða sem best aldur helztu hverahrúðursbreiða og aldur gjánna, en vonir standa til, að það mætti takast með jarðvegs- og öskulaga rannsóknum.

Óháð niðurstöðum slíkra rannsókna er nú á hinn bóginn ástæða til að gera sér fylliri grein fyrir möguleikum á rennsli grunnvatnsins neðanjarðar.

Í hveraritgerð minni gekk ég út frá þeirri forsendu, að í mjög mishæðóttu landi hljóti að fara fram grunnvatnsrennsli frá háum stöðum til hinna lægri. Hér var ekki átt við hið ótvíræða rennsli yfirborðsvatns heldur þess vatns, sem fyllir allar glufur og smugur

djúpt niðri í öllu bergi.

Undir hálendi er þrýstingur í þessu vatni hærri en í sömu sjávarhæð undir láglandinu og útjöfnun hlýtur að fara fram, svo fram- arlega sem bergið verður ekki talið fullkomlega vatnspétt.

Þessi útjöfnunarstraumur gæti að verulegu leyti farið fram í lögum, er lægju jafn hátt eða herra en láglandið, en almennt séð hlýtur hann að ná eitthvað niður fyrir yfirborð láglandsins. Jarð- hitinn verður vart öðruvísi skilinn en svo, að útjöfnunarstraumurinn fari raunverulega fram að talsverðu leyti á nokkurra kílómetra dýpi. Og alkaliska jarðhitann hefi ég skilið þannig, að mjög dreift og hægt vatnsrennsli fari fram gegnum undirgrunnsbergið, unz það matir sprungum undir láglandi, er safna saman vatni af verulegu svæði og leiða það greiðlega til yfirborðs.

Gunnar Böðvarsson hefur útfært reikninga á orkumagni með aðrar myndir af vatnsstraumum í huga. Hann hugsar sér, að vatnið renni eftir víðum sprungum í jörðinni, þ.e. aðallega meðfram göngum. Kalt vatn streymi niður í slíka sprungu á einum stað, renni síðan langs eftir henni á vissu dýpi, t.d. 3 km, og streymi loks upp eftir að hafa hitnað í hinum heitu berglögum. Vatnið væri samkv. útreikn- ingum Gunnars orðið snarpheitt eftir 10-15 km langt lárétt rennsli í sprungu eins og hann gengur út frá, ef straumurinn jafngilti nokkrum sekundu-lítrum. Jarðhitann á Norður- og Vesturlandi telur Gunnar, að mætti skýra á þessum grundvelli. Niðurstöður okkar verða hinar sömu, enda þótt mismunandi leiðir séu farnar og ólíkar myndir hafðar í huga.

Þar sem Gunnar ræðir hið mikla vatnsmagn í Borgarfjarðar- hverum, virðist mér hann fráhverfur þeirri hugmynd, að þetta mikla hveravatn geti hafa safnast saman af mjög stóru svæði, er t.d. næði yfir vestanvert miðhálendi Íslands. Í þess stað ræðir hann möguleika á því, að hitagjafinn hafi tiltölulega litla útbreiðslu.

Hvað snertir jarðhitann á Hengilsvæðinu er viðhorf Gunnars

hið sama. Hitamagnið, sem þar kemur fram er svo mikið, að jafnast mundi á við hið almenna hitauppstreymi gegnum jarðskorpuna á allt að 2.000 km² stóru svæði. Gunnar er vantrúaður á, að vatnið, sem flytur hitann til Hengilsvæðisins, geti hafa safnast saman af svo stóru eða stærra svæði.

Í þess stað hefur hann framkvæmt viðtæka reikninga til að fá hugmyndir um magn og dýpi hraunleðju, er gæti gefið frá sér þennan hita. Þessir reikningar gefa góðar hugmyndir um það, hvers hraunleðja er megnug í þessu sambandi, og eru niðurstöðurnar mjög athyglisverðar.

Útkoma reikninganna er sú, að gera verður ráð fyrir 1000°C heitu hraunlagi er lægi undir mestum hluta Hengilsvæðisins og væri að minnsta kosti 30-40 rúmkílómetrar að stærð. Það má ekki liggja dýpra en um 2,5 km og þarf að vera allt að 500 m á þykkt. Hámarksaldur þess er nokkur þúsund ár. Þetta þykka og víðáttumikla hraunlag verður þá að hafa þrengt sér þarna inn á milli laga löngu eftir ísöld.

En þetta innskot hraunsins hefði vart getað átt sér stað, án stórkostlegra byltinga á yfirborði svæðisins. Á þeim tíma, sem hér um ræðir, er hinsvegar víst, að engar slíkar byltingar hafa átt sér stað. En jafnvel þetta regin-intrusif er ekki nægilegt til að hafa viðhaldið jarðhitinum, nema fáar áraþúsundir. Ef tryggja á háan aldur verður intrusifið að vera miklu þykkara en 500 m og Gunnar telur sennilegt, að um sé að ræða botalausán batholyt undir öllu Hengilsvæðinu. En intrusionin verður að vera jarðfræðilega séð mjög ung og verður þá all-torskilin frá sjónarmiði jarðfræðingsins.

Mér virðast þessar niðurstöður reikninga sýna eins ljóslega og á verður kosið, hve alvarlegir erfiðleikar mæta þeirri hugmynd, að jarðhiti Hengilsvæðisins sé af magmatískum uppruna.

Það sem hér hefur verið rætt, leiðir í ljós nauðsyn þess að fá gleggri hugmyndir um möguleikana á almönnum jarðvatnsstraum í

gegnum undirgrunnsbergið, möguleikana á því, að vatn hinna miklu jarðhitasvæða sunnan og vestanlands geti verið safnað saman af víðáttumiklum svæðum, og yrði þá að hafa í huga heila landshluta.

Þetta skal nú rannsakað nánar og loks vikið að skyldleika hins alkaliska og súra jarðhita og bent á, að báðar tegundirnar megi skýra á sama hátt.

1. Kyrstætt jarðvatn.

Í efstu kílómetrum þarðskorpunnar eru allar glufur og holrúm bergsins fylltar vatni. Þetta vatn kalla ég hér bergraka eða jarðvatn. Fyrri heitið ætti bezt við, þar sem bergið er með þéttasta móti, en hið síðara í gljúpari bergi eða lausum setlögum. Jarðvatnið er auðvitað mest ofan til, einkum í lausum yfirborðslögum. En eftir því sem neðar dregur verður bergið þéttara, ýmist fyrir aldurs sakir og útfellinga í holrúmunum, eða vegna þrýstings jarðlaganna. Til er basalt, sem renna mundi plastiskt á 2-3 km dýpi, en yfirleitt mun mega gera ráð fyrir opnum holrúmunum talsvert neðar. Þó hlýtur bæði porositet og permeabilitet bergsins að minnka með dýpinu.

Bergrakinn er ofan til í fljóttandi ástandi og má gera ráð fyrir, að svo sé þar til kritiskum hita vatnsins er náð, en það er á ca. 10 km dýpi með normal gradient ($1^\circ/30$ m). Neðan við þessi takmörk er rakinn í loftformi, en eðlisþungi yfir-kritiskr^{ar} gufu á þessu dýpi er mjög nærri einum.

Ég ætla nú fyrst að gera ráð fyrir, að jarðrakinn í heild sé kyrrstæður og hafi verið það í langan tíma. Þannig mætti gera ráð fyrir, að ástandið væri í flatlendi, sem lægi rétt yfir sjávarborði. Jarðrakinn hefur þá á hverjum stað það hitastig, sem leiðir af dýpinu og gefnum hitagradient. Hitagradientinn reikna ég hér á eftir allsstaðar 1° á 30 m. Í niðurstöðunum má þá breyta honum, ef ástæða þykir til.

Hvað myndi nú leiða af því, að rás opnaðist frá yfirborði

niður á nokkurra km dýpi? Í fyrsta lagi það, að heitt vatn streymdi frá öllum hliðun inn í rásina. Ef innstreymið væri jafnt á öllu dýpi, myndi vatnsþrýstingurinn vera jafn á hverjum stað í pípunni og í berginu í sömu dýpt. Ef rásin væri þröng myndi vatnið vera kyrrstætt.

En að öðrum kosti myndi fara fram konvektion, sem jafnaði hitann meira eða minna. En uppstreymi úr rásinni myndi ekki eiga sér stað.

En ef innstreymi í pípunna væri ekki allsstaðar jafnt, færi á aðra leið, einkum ef heits vatns gætir meir en kalds. Þá verður vatnið í pípunni að meðaltali léttara en í samskonar súlu í berginu.

Afleiðingin verður uppstreymi vatns um rásina.

Ef rásin eða pípan er 3 km djúpt, og í henni allri stendur 100°C heitt vatn, getur það vatn stigið 25-30 m upp yfir yfirborð flatlendisins.

Nú er vafalaust, að engin þurrð yrði á hinum djúplæga jarðraka fyrir smávægilegt uppstreymi um pípunna.

Miklu meira vatn gæti streymt niður til hinna heitu svæða en frá þeim streymir inn í pípunna. Slíkur straumur gæti því verið stöðugur og hann flytti hita til yfirborðs af nokkru svæði kringum pípunna.

Til þess að straumurinn verði stöðugur, þurfa þó viss skilyrði að vera uppfyllt.

Í fyrsta lagi verður vatnsstraumurinn sýnilega þeim mun meiri sem pípuvatnið er heitara.

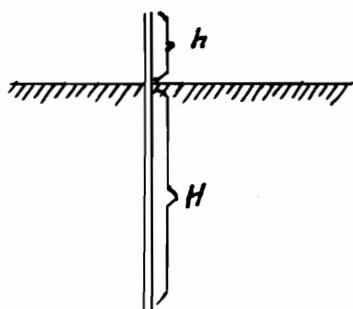
Blöndun með köldu vatni á uppleið er og þeim mun hættuminni fyrir stöðugleik straumsins, sem vatnið er í upphafi heitara.

Þar við bætist enn þetta:

Heita vatnið hefur yfirþrýsting yfir jarðvatnið við yfirborð sléttunnar. Þessum yfirþrýsting gæti verið viðhaldið þannig, að vatnið rynni út á stað, er liggur yfir sléttunni, eða mótstaða er í

útstreyminu, þegar vatnið rennur út jafnhátt sléttunni. En auk þess gæti, þrátt fyrir engan yfirþrýsting í útstreymi á sléttunni, verið yfirþrýstingur í pípunni yfir það, sem er í kyrrstæðu vatnsins í berginu til hliðar, vegna hreyfingar vatnsins. Þrýstingur í pípunni gæti því á hverju dýpi verið meiri en í berginu og hindrar það innstreymi kalds vatns.

Til þess að fá nokkra hugmynd um þennan yfirþrýsting hugsa ég mér heita vatnið standa stagnant í pípunni, en ná eins hátt upp yfir sléttuna og eðlisþungi þess leyfir. Vatnshitinn sé jafn í allri pípunni.



Dýpi pípunnar er H , rishæð yfir sléttuna h , þrýstingur í rásinni á dýpi r undir sléttuyfirborði P_r og í stagnant rakanum í berginu P_0 á sama dýpi. Þá er

$$P_r - P_0 = \frac{G_0 - G}{4H} \cdot (H-r)^2,$$

þar sem G_0 = eðlisþungi kalds vatns yfirborðs vatns á staðnum, G = eðlisþungi heita vatnsins í pípunni.

Formúlan sýnir, að í allri pípunni er yfirþrýstingur yfir bergrakann, og því meiri sem ofar dregur og vatnið, sem gæti blandast pípuvatninu, er kaldara.

Hér er um að ræða atriði, sem stuðlar mjög að stöðugleik vatnsstraumsins eftir að hann hefði einu sinni komið á.

Almennt má orða þetta þannig: Ef rás opnast niður í heitan jarðraka, er til staðar tilhneiging til uppstreymis og hún því sterkari sem vatnið, sem til reiðu er, er heitara.

Afleiðingin af þessu er sú, að miklar líkur eru til þess, að á flatlendi, sem annað hvort væri skorið af göngum með opnum rás-um eða hefði rifnað mjög á postglaciöllum tíma og væri enn að rifna, kæmi fram nokkur jarðhiti.

Það færi aðallega eftir permeabiliteti bergsins, hve mikil orka gæti komið fram í slíkum jarðhita.

Atriði, sem talsverða þýðingu gæti haft í sambandi við jarðhita, en erfitt er að fá fulla vissu um, er konvektion bergvatnsins.

Leiðir ekki af vaxandi hita jarðrakans með dýpinu, að konvektionsstraumar fari fram í honum.²

Ef gefið er venjulegt vatnslag (ekki jarðraki) með vaxandi hita niður á við, þannig að hitagradientsinn sé 1° á 30 m, þá fer fram konvektion í vatninu, ef lagið er þykkara en ca 2,8 cm. Í öllum holrúmun í berginu, sem hefðu meiri vertikaldimension en þetta (og talsverða horizontala vídd) mundi fara fram konvektion, en ekki er sýnilegt, að þessu^a gæti gætt verulega.

Hitt gæti haft verulega áhrif á gradientinn eða effektifa leiðslu bergsins, ef jarðrakinn gæti orðið instabill.

Tveir Bandaríkjamenn, Horton og Rogers hafa nýlega rannsakað teoretískt skilyrði fyrir konvektion í bergraka þar sem hitinn fer vaxandi með dýpinu. Þeim telst til, að konvektion fari fram, ef hitagradientsinn er stærri en $\frac{4\pi^2 h^2 v}{k \cdot g \cdot G_0 \cdot a \cdot D^2}$, þar sem

h^2 = hitadiffusivitet, sem hér verður jafnt hitaleiðslustuðli.

g = þyngdaraksellerationin

v = viskositet vatnsins

k = permeabilitet

a = kubiskur hitaþennslustuðull vatns

G_0 = þéttleiki vökvans við 0°C

D = þykkt lagsins.

Höfundarnir telja, að formúlan muni gefa of háan gradient. Ef litið er á íslenska basaltið, sem eitt lag og notað það gildi á k , sem síðar verður vikið að í þessari greinargerð, $k = 3,0 \cdot 10^{-11}$ og enn fremur $h^2 = 2 \cdot 10^{-3}$, $g = 981$, $v = 0,003$, $a = 8 \cdot 10^{-4}$, $G_0 = 1$, allt

í c.g.s. - einingum, fæst, að konvektion fer fram samkvæmt formúlunni í lagi, sem væri þykkara en 1700 m, ef gradientinn er 1° á 30 m.

Væntanlega ætti hér að reikna með hærri gradient og hærri k, en hvorttveggja minnkar D. Virðist þannig mögulegt, að konvektion fari fram, ef lagið er þykkara en ca 1 km og gætirhennar þá yfirleitt hér á landi.

Hve mikinn varmastraum megí skrifa á hennar kostnað er hinsvegar ekki auðvelt að gera sér grein fyrir. Verður því að nægja að taka fram, að varmastraumurinn gegnum yfirborðið sé af þessum sökum meiri en reiknast mundi eftir hitagradient og leiðsluhæfni bergsins.

Nú má athuga afstöðu hins kyrrstæða jarðraka í marflötu eylandi til sjávarins í kring.

Hugsum okkur, að neðansjávarhlíðar landsins væru þakktar vatnsheldu efni t.d. mjög þéttum leirlögum. Þá er ljóst, að jarðrakinn mundi fylla allan berggrunn út að leirlögunum.

Nú er sjávarbotninn vafaláust mjög þéttur, einkum fjær landi.

En nærri landi, einkum í flæðarmáli, er bergið opið fyrir sjónum.

Hann hlýtur því að komast niður í bergið og er raunar víða sjáanlegt, hvernig sjór rennur um fjöru út undan ströndinni.

Það má því segja, að minnsta kosti við athugun hins kyrrstæða jarðvatns, sem hér er um að ræða, að leirlög séu engin vörn, sjór komist jafn auðveldlega inn í bergið til hlíðanna og vatnið kemst í það ofan frá yfirborði landsins.

Ég get ekki séð hér neinn mun á því, hvort um væri að ræða tiltölulega þétt berg eða gljúpan sand. Jafnvægisstaðan milli jarðvatns og sjávar hlýtur að verða hin sama.

Niðurstaðan verður þá sú hin sama og á sandeyjum, að jarðvatnið liggí í poka undir landinu og fljóti á sjó.

Ég hefi reiknað dýpi niður á sjó á hverjum stað, sem funktion

af hæð grunnvatnsspegils fyrir sjávarmáli, (landið þá talið herra en sjávarmál, en vatnið kyrrstætt) og tekið tillit til hitaþennslu sjávar og vatns svo og kompressibilitets vökvanna. Niðurstaðan er sú, að hinn vaxandi hiti með dýpinu hefur hverfandi lítil áhrif í öllum venjulegum tilfellum. Ef h er hæð grunnvatnsspegils yfir normal sjávarmáli, H er dýpi niður á mörkin milli vatns og sjávar, hvorttveggja í kílómetrum, þá fæst:

$$H \cdot 0,028 = h (1 + 10^{-4} \cdot (0,7 - 12,6 h = 254 h^2))$$

Ef $h = 4$ km, fæst $H = 85$ km, en 143 km án hita-korrektionar

$$h = 1 \quad " \quad H = 34,8 \quad " \quad 35,7 \quad " \quad " \quad "$$

Fyrir minna h má sleppa hita- og samþjöppunar-korrektion og setja

$$H \cdot 0,028 = h.$$

Undir miðhálandi Islandæ, með $h = 0,6 - 0,7$ km, fengist eftir þessum reikningi $H = 21,4 - 25$ km.

Um Borgarfjarðar- og Suðurlandsundirlendið, með $h = 0,025 - 0,1$ km, væri $H = 1,78 - 3,56$ km.

Hér er reiknað með eðlisþunga sjávar 1,028 og gert ráð fyrir, að sjórinn tapi ekki uppleystu efnunum við þau skilyrði, er hann væri við undir landinu (þ.e. hér hiti, fyrst og fremst).

Nú er þess að gæta, að neðan við ca 10 km dýpi mundi sjór og vatn vera í loftkenndu ástandi. Ef saltið félli þá út, yrði enginn munur á vatnsgufu og sjávargufu, þannig, að homogent gufulag væri neðan við 10 km dýpi.

Ef svo væri, mundi jafnvægi ekki geta haldizt neðan við 10 km, dýpi, þrýstingurinn yrði jafnan hærri landmegin en sjávarmegin í sama lárétta lagi, og af því mundi leiða almennan straum frá landinu út til hafsins neðan við 10 km dýpi. Aðeins ef vatnspokinn væri þynnari en 10 km eða hæð grunnvatnsborðs lægri en ca. 300 m, gæti bergrakapokinn verið í jafnvægi. En falli saltið ekki út, sem hugsanlegt er, þarf ekki að gera greinarmun á fljótandi og loftkenndu ástandi.

2. Streymandi jarðvatn.

Hér að framan var gert ráð fyrir grunnvatni í sléttlendi, eða því, að grunnvatnsborð væri alls staðar í sömu hæð yfir sjó (þegar bláströndinni er sleppt). Þá gat myndast kyrrstæður bergvatnspoki undir landinu, ef ~~það~~^{grunnvatnsborð} var eigi hærra en ca. 300 m yfir sjó.

Í herra landi virtist þó ^{sjáanlega} geta verið um kyrrstætt bergvatn að ræða.

En stagnant vatnspoki er útilokað ástand, ef landið, og þar með grunnvatnsborð, er mishátt.

Hér verður nú gengið út frá landi, sem er hringlaga skífa, þykkust um miðjuna.

Sem dæmi má hafa í huga land með 100 km radius, 600 m hátt í miðju en 0 m við ströndina, og keilulaga. Gert er og ráð fyrir, að grunnvatnsborð fylgi yfirborði landsins.

^{Þá} Nú fer vatnsþrýstingur í hverju láréttu lagi vaxandi inn til landsmiðju og af því leiðir nauðsynlega straum bergrakans út til hafsins. Þessi straumur verður þó vafalaust mjög hægur og yfirleitt virðist hann lítt geta raskað því jafnvægi á milli vatns og sjávar, sem áður var rétt um. Aðeins nærri ströndinni hefur hann áhrif á jafnvægið svo og, að minnsta kosti staðbundið, á lágt liggjandi svæðum, og verður nánar vikið að því síðar. Við höfum þá í aðalatriðum tilsvarendi bergvatnspoka og í kyrrstæða tilfellinu. En nú er vatnið alls staðar streymandi radíalt út til sjávar, og þó með vertikal komponent, sem bæði er breytilegur að stærð og forteikni eftir því hvar er í straumsviðinu.

Í miðju landsins er straumstefnan lóðrétt niður og um miðbik landsins er straumurinn yfirleitt skáhallt niður og út. En út til jaðranna verður straumurinn upp og út.

Væri berggrunnurinn homogen og isotrop með tilliti til

straumsins ætti að mega lýsa straumsviðinu til fulls reikningslega.

Hér liggur málið þó talsvert öðruvísi. Permeabilitet ætti almennt að minnka með dýpinu, en auk þess er berggrunnurinn vafalítið anisotrop, því permeabilitet er annað við lárétt en lóðrétt rennsli. Bergið er byggt úr basaltlögum, sem í aðalatriðum liggja lárétt eða með litlum halla og á milli þeirra er jafnan gjall og aska.

Víða má sjá, að í fjallshlíðum raða dýin sér eftir lögunum og þar sem basaltið sjálft er harla sprungið reikna ég með, að í eldra basaltinu, en um það er jafnan að ræða á miklu dýpi, séu millilögin þéttari en hraunlögin. En hvor svo sem þéttari eru, þá eru þau vafalaust misþétt og nægir það til þess að bergvatnið renni betur lárétt en lóðrétt undan sama þrýstingsgradient.

Af þessum ástæðum verður straumsviðið einfaldara en ella. Straumurinn fer mest allur fram í efstu kílómetrunum og þá í svo tiltölulega þunnu lagi, miðað við víðáttu landsins, að líta má á hann sem láréttan og radialan, að minnsta kosti við fyrsta reikning.

Ef pípa væri rekin niður í vatnsstrauminn og vatnið staðnaði í henni í hæðinni z yfir sjávarmál, þá fæst með samanburði tveggja staða í fjarlægðinni r_0 og r frá landsmiðju

$$g(z_0 - z) = \frac{q_0 r_0}{s} \cdot \lg\left(\frac{r}{r_0}\right) = \frac{qr}{s} \cdot \lg\left(\frac{r}{r_0}\right), \text{ sýfja}$$

þar sem q er radíala straummagnið á flatareiningu í fjarlægð r .

Eg nota nú þessa líkingu þannig, að ég segi:

Innan $r_0 = 50$ km radíus um landsmiðju er hæðin (á Íslandi) jöfn og nærri 700 m og þá set ég $z_0 = 700$ m. Í $r = 100$ km fjarlægð frá miðju, liggur neðanvert Suðurlandsundirlendið og Borgarfjörður framan við dalina. Þar er hæðin yfir sjávarmál 50 - 100 m, en z getur verið nokkuð hærri, ef ónormalt hár þrýstingur er á vatninu. Hér sleppi ég slíkum yfirþrýsting, en kem að honum síðar. Faktorinn

$s = \frac{k \cdot G}{v}$ þar sem k = permeabilitet, G = eðlisþungi = 1,
 v = viscositat = 0,003 poises við 100°C.

k er verst viðureignar og er, mér vitanlega, ekkert til um það í basalti. Eg styðst því hér við mælingar á meðalhraða í þéttum leir og grófari efnum (Tolman: Ground Water bls. 219), en á milli meðalhraðans V og q er sambandið $q = V \cdot p$, þar sem p er porösifitet bergsins. Fyrir basaltið ætti að mega reikna með $p = 0,01 - 0,02$, og nota ég lægri takmörkin í þessum reikningi.

Þessar straummælingar eru, við hydrauliskan gradient 1‰:

Black gumbo to clay 0.-0,001 fet/dag

Silt, finesand, loess 0,042 - -

Vera má, að basaltið sé ekki eins lekt og móhella (löss), en munurinn er líklega ekki mikill (basaltið er mjög sprungið), en það er vafalaust ekki eins þétt og leir, sem yfirleitt er talinn pottþéttur gagnvart grunnvatni.

Eg nota hér meðalhraðann 0,01 fet á dag. Þessi tala hækkar svo frá köldu vatni í heitt um faktorinn 3,33 og reiknast 0,033 fet á dag.

Eftir þessu má reikna k .

Með $z_0 - z = 600$ m fæst þá $q_0 r_0 = qr = 0,84 \text{ cm}^2/\text{sek}$. (q reiknað sem hraði á kompakt vatnsfronti) og heildarvatnsstraumurinn í 4 km þykku lagi frá miðju landsins til strandar væri 2,1 tonn/sek.

Ef aðeins væri tekinn straumurinn í hálfum hring, en það svaraði til Suðurlandsundirlendis og Borgarfjarðar, fengist 1 tonn/sek.

Niðurstaðan er því sú, að straumurinn sé nokkuð svipaður og heildarmagn þess heita vatns, sem fram kemur á þessum svæðum, eða réttara orðað, straumurinn er af sömu stærðargráðu og hveravatnið.

Nú var yfirleitt reiknað með lágmarkstölum og gæti því raunverulegur straumur verið einni stærðargráðu hærri.

Það má því segja, að mögulegt sé að skýra hveravatnið á meginjarðhitasvæðum landsins á þann hátt, að vatnið sé komið af svæði með 100 km radius um miðhálandið sem centrum.

Svæðið, sem eftir staðháttum mætti ganga út frá minnst til hitagjafar fyrir Borgarfjörð og Suðurlandsundirlendið væri 14000 km². Normalt hitauppstreymi í Evrópu er reiknað um $2 \cdot 10^{-6}$ kal/sek. cm².

Þetta gæfi á svæðinu nórmanan hitastraum með leiðslu $2,8 \cdot 10^5$ kg. cal/sek á öllu svæðinu. Magn þessa hitastraums gæti verið herra hér á landi.

Hitamagnið 1 tonn/sek af 100°C heitu vatni, hitað frá 0°C væri $1 \cdot 10^5$ kg cal/sek og gæti almenni varmastraumurinn þá skýrt orkuna í jarðhitnum.

Niðurstaðan verður þá sú, að bæði að því er snertir magn bergvatnsstraumsins og hitaorku, þá er hann gæti flutt, sé stærðargráðan sambærileg við jarðhita Borgarfjarðar og Suðurlands og ef til vill ríflega það.

Og loks, ef athugaðir eru möguleikar á því, að vatnið streymi að jarðhitasvæðunum og spretti þar upp, eru aðstæður hagstæðar.

Í Borgarfirði hagar svo til, að miklar brotlínur eru á mótum hálandis og láglandis. Þar ætti vatnið að hafa mikinn þrýsting og leita mjög til yfirborðs enda fossar þarna fram svo að segja allt vatn þessasvæðis, vatn sem gæti verið komið af svæði allt austur að Kili. Hvað Suðurlandsundirlendið snertir má skipta jarðhitnum í þrjú svæði.

1. Hreppasvæðið liggur á brotalöm milli hálandis og láglandis.
2. Lína frá Geysi suðvestur um Skálfholt er jarðhita og brotalína. Má telja hana miðlínu undirlendisins og ætti til hennar að geta safnast verulegt vatnsmagn. Heildarrennsli á þessari línu er eitthvað um fjórðri hluti af vatnsmagni Borgarfjarðarhvera og gæti það jafnvel að talsverðu leyti

skýrzt, án sambands við streymandi bergvatn.

3. Hengilsvæðið er aðallega ung brotalína frá Nesjavöllum til Hveragerðis.

Allur Reykjanesfjallgarðurinn er á sigspildu eða ræmu, er nær allt inn til Langjökuls. Á yfirborði rennur mikið vatn eftir ræmunni (aðrennslissvæði Sogsins) og er ekki óeðlilegt að gera ráð fyrir, að hið mikla sprungukerfi sigdældarinnar beini einnig hinu dýpra bergvatni suðvestur eftir henni, og vatnið streymi upp á láglandi Mosfellssveitar og Ölfuss.

Klórsmagn.

Við yfirlitsrannsókn Atvinnudeildar var klórsmagn ákvarðað og fékkst þá gott yfirlit yfir útbreiðslu þess.

Fyrst skal gerður samanburður á köldu vatni og laugavatni í Eyjafirði eftir mælingum Jarðborananna. Í meðfylgjandi töflu er I typískt kalt linda- og dýjavatn á Vaðlaheiði, 4 - 5^o heitt, II. er

	I.	II.	typískt laugavatn í Eyjafirði með ca
Ph	7,0	9,3	60 - 70°C (Reykhúsi).
P-alk	0,0	0,8 $\frac{mN}{l}$	Nú verður að ætla, að II sé orðið til úr
M-alk	1,15	0,75	vatni, sem er mjög líkt I á yfirborði jarðar.
Cl	14,0	13 $\frac{mg}{l}$	Og skyldleiki virðis ^t ótvíræður. Það
SO ₄	10,0	49	er kemískt verkefni, sem ætla má, að
F	0,2	0,7	sé ekki mjög torleyst, að sýna fram á
Na ⁺	14,0	55	hvaða processar í rás vatnsins neðan-
K	0	0	jarðar leiði til breytinga á I í II.
Fe ⁺⁺⁺	0,2	1,0	En það sem hér skal bent á er það, að
Ca ⁺⁺	13,0	6,0	klórið hefur mjög lítið aukizt í heita
Mg ⁺⁺	4,0	2,0	vatninu. Og mælingar Atvinnudeildar
SiO ₂	25,0	110	sýna, að þetta er reglan. Yfirleitt er
Uppl.			klórinnihaldið mjög svipað og í Eyjafirði.
Samt.	147,4	275	

Ef til vill má segja, að hár hiti virðist á sumum svæðum hafa í för með sér lítið eitt herra klórmagn. En fluktuationir á klóri í því vatni, sem kalla mætti normalt hveravatn, eru ekki verulegar og varla neitt athyglisverðar.

En frá reglunni eru undantekningar og sumar mjög athyglisverðar.

Í fyrsta lagi eru í Hrísey, Vestur-Húnavatnssýslu, á Ströndum og í Ísafjarðarsýslu mörg hitasvæði með mjög klórmiklu vatni. Klórið er þá 4-500 mg/l. Þarna er sýnilega um hreina íblöndun af sjó að ræða og það nærri jarðaryfirborði. Sú skýring veldur sýnilega engum erfiðleikum.

Í öðru lagi eru svo stór svæði, jafnvel langt inni í landi, með óeðlilega miklu klóri, 100 mg/l og þar í kring. Hér er einkum um tvö stór svæði að ræða.

Beina línan, sem liggur framan við alla Borgarfjarðarmúlana, um það bil frá Síðumúla að Hesti, er mikil misgengislína og um hana skiptir um klórmagn. Ofan við línuna er klórmagnið á öllum jarðhitasvæðum normalt, utan ^(vestan) við línuna er það víðast anomalt hátt.

Hitt svæðið er Ölfus, Flói og Skeið og suðaustur-ræma Grímsness. Hér er klórið hátt, en normalt í kring.

Loks er svo anomalt hátt klórmagn á Geysissvæðinu, á innsta svæði í Eyjafirði, Hólsgarði, og á þremur innstu svæðunum í Skagafirði, Goðdölum, Bakkakoti og Hofi og þó mest á innsta svæðinu, Hofi.

Þetta anomala klórmagn verður ekki skýrt með venjulegri blöndun við sjó. Á hinn bóginn er klórmagnið tengt við tektonik landsins, og bæði þess vegna og af almennum ástæðum verður vart séð, að gerð berggrunnsins geti valdið muninum. Og hitt virðist heldur ekki koma til greina, að klórið sé komið frá hraunleðju.

Mér virðast líkurnar mæla með því, að þrátt fyrir fjarlægð frá sjó sé þó um blöndun við sjó að ræða.

En þá er ekki öðru til að dreifa en sjó neðan við grunnvatnspokann, og þegar haft er í huga, að sjór ætti eftir áður dregnum ályktunum að liggja á fátta kílómetra dýpi undir undirlendi Borgarfjarðar og Suðurlands, virðist ekkert eðlilegra en, að slík blöndun komi fram í vatni, sem rís neðan af nokkurra kílómetra dýpi.

Klór-anomalían virðist því eðlilega skýrð á þennan hátt.

Við Geysi fáum við, með 130°C hita, aðkomudýpi vatnsins 3800 m með gradient $1/30$, og með hæð grunnvatnsyfirborðs 110 m yrði dýpi niður að sjó 3900 m eða 4000 m dýpi frá jarðaryfirborði. Þetta eru sambærilegar tölur.

Í Hveragerði bendir hitinn 215°C til 6400 m dýpis með sama gradient, en grunnvatnshæð gæfi aðeins ca 1500 m dýpi á sjó.

Hér er tvennt til:

1. Hitagradient er um 4 sinnum hærri en gert hefur verið ráð fyrir, eða
2. Vatnið stendur undir mun hærri þrýsting en því sem grunnvatnshæð svarar, sem gæti átt sér stað, þegar, eins og hér er gert ráð fyrir, heita vatnið stendur í leiðandi sambandi við hærri svæði. Þrýstingur á vatninu við sjávarmál ætti að tilsvara um 180 m vatnshæð eða 13 - 14 atmosphaera yfirþrýsting. Þennan þrýsting ætti að mega leiða í ljós með mælingum, ef til staðar er.

Yfirleitt má reikna með yfirþrýstingi í vatninu á láglandari svæðum og mundi sjór þar þá liggja dýpra en reiknað eftir grunnvatnsborði. Yfirþrýstingur í vatninu niður við strönd landsins gæti leitt til þess, að angar úr grunnvatninu teygðust út undir hafsbönn. Það gæti skýrt jarðhita í Breiðafjarðareyjum og Hrísey.

Af ofangreindu virðist mega draga eftirfarandi ályktun viðvíkjandi virkjun í Hveragerði.

Miklar boranir í Hveragerði munu lækka vatnsþrýstinginn og

hækka sjóinn.

Vatnið yrði þó varla að ráði saltara af þeim sökum, þar eð hár eðlisþungi varnar því, að salt vatn stígi upp til yfirborðsins.

Þvert á móti virðist líklegast, að heitasta fíánlegt ferskvatn streymi upp, þ.e. vatn frá mótunum milli vatns og sjávar.

Þróunin yrði þá sú, að kaldara og kaldara vatn streymdi upp eftir því sem þrýstingurinn minnkaði.

Þessi þróun yrði þó vafalaust hæg, en um hana ætti að mega gera sér einhverjar hugmyndir.

Því má bæta við að lokum, að jarðrakinn er eftir reikningnum hér að framan 30 þús. ár að renna frá 50 - 100 km fjarlægðar frá landsmiðju. Ársfluktuationir vegna úrkomu á meginsvæðinu eru því útilokaðar. Hvort úrkoma í nánasta umhverfi jarðhitasvæðis gæti valdið fluktuationum í vatnsmagni þyrfti þá sérstakrar rannsóknar við.

Samband milli alkaliska og súra jarðhitans.

Því var snemma veitt athygli, að á sama jarðhitasvæðinu eru víða merki þess, að skipzt hafi á súr og basiskur jarðhiti. Lög af hverahrúðum, sem myndast af basisku vatni, og hveraleir, sem er merki súrs jarðhita, skiptast víða á. Það er engan veginn svo, að súri jarðhitinn sé þar jafnan eldri en hinn basiski.

Ennfremur er það svo á sumum jarðhitasvæðum, að hæstu hverir eru súrir, en þeir neðri alkaliskir.

Þetta bendi til þess, að grunnvatnið ^{á stærnum} væri hin raunverulega orsök mismunarins. W. Knebel og H. Reck litu á vatnshveru sem gufuhveru (sem alla jafna eru súrir), er "drukknað" hefðu í grunnvatni og áttu þá við yfirborðsgrunnvatn, er gufan hefði hitað upp og gert að alkalisku hveravatni. Síðari rannsóknamenn tóku yfirleitt í sama

strenginn.

Barth mældi sýrustig í hveravatni frá Hengli og niður til Hveragerðis og fór þá taflan vaxandi, en áður var af loftrannsóknum Þorkels Þorkelssonar ljóst, að þessi munur var á hálendis- og lág-lendishverum á þessu svæði.

Sonder jök við þessar athuganir á Hengilsvæðinu og bendir á ljós dæmi þess, hve hæð hversins hefur mikið að segja. Af tveimur nálægum hverum getur annar, er liggur niðri við grunnvatnsborð, verið basiskur, en hinn súr, er liggur nokkru ofar.

Þessir fræðimenn eru á einu máli um hið nána samband milli hins alkaliska og hins súra jarðhita á svæði sem þessu.

Skoðun þeirra er á þessa leið. Upptök þessa jarðhita er við Hengilinn sjálfan. Þar berst upp á yfirborð gufa og lofttegundir frá þeirri hraunleðju, sem að þeirrá hyggju skapar jarðhitann. Lofttegundirnar eru vulkanskar og sýna, að þeir álíta, magmatiskan uppruna jarðhitans. Gufan getur að miklu leyti verið yfirborðsvatn, sem komið hefur í meira eða minna beina snertingu við magmað, en að einhverju leyti juvenil, þ.e. vatn losnað úr sjálfu magmanu.

Í Henglinum nær grunnvatn ekki að kæfa þessa gufu, hún stígur frítt upp til yfirborðs.

En á láglandi gætir grunnvatnsins meir og þar þéttist gufan í grunnvatninu og hitar það og lofttegundirnar leysast upp í vatninu. Við þetta verður breyting frá súru í alkaliska reaktión.

Bein afleiðing af þessari skoðun er sú, að mestan hita sé að fá við Hengilinn sjálfan, en í láglandinu hafi orðið kæling með blöndun gufunnar við grunnvatnið.

Líkurnar fyrir árangri stórvirkjunar ættu þá að vera mestar sem næst Henglinum.

Ofangreindar hugmyndir eru nú á hinn bóginn engan veginn eins öruggar og óhjákvæmilegar og í fyrstu mætti ætla.

Að vísu verður varla hróflað við því, að náð samband sé milli alkalískis og súrs jarðhita á þessu svæði, en líkur mæla sterkllega með því, að alkalíski jarðhitinn sé hinn upprunalegi, ^{en} ~~og~~ hinn súri leiddur af honum, enda er ljóst, að orsök og afleiðingu má hér auðveldlega snúa við. Ef súr gufa, sem absorberast í vatni, leiðir til alkalískis hveravatns þá má öfugt búast við því, að ef slíkt vatn er eimað, komi fram súr gufa. Og í gufunni og vatninu verða hinar sömu lofttegundir, aðeins í mismunandi hlutföllum og með mismunandi möguleikum til að oxyderast af súrefni andrúmsloftsins.

Þetta skal nú athugað nokkru nánar. Það er í fyrsta lagi athyglisvert, að við boranir á láglandinu kemur á litlu dýpi í yfirhitað vatn.

Boranir hafa þegar leitt í ljós yfir 200° heitt vatn í Reykjakoti og sprengigígir á því svæði sýna enn fremur, að mikið vatn með extrem háum hita getur brotízt fram í jarðskjálftum, þegar sprungur opnast.

Á hinn bóginn kemst gufuhitinn í Henglinum aðeins lítið eitt yfir 100°C.

Segja mætti, að gufan í Henglinum hafi expanderað áður en hún náði yfirborði. Það væri þá mjög alvarlegt frá sjónarmiði virkjunar, því varla mundu boranir koma í veg fyrir expansionina, þeldur þvert á móti og til virkjunar fengist aðeins gufa með rétt yfir 100°C.

En þessi hugsaða expansion er ekki mjög sennileg, og ef þarna brytist upp óhindrað sú gufa, sem í útjöðrum Hengilsvæðisins nægði til að framleiða, með upphitun á köldu grunnvatni, 100 l/sek af 200°C heitu vatni, þá væri það sannarlega furðulegt, ef hvergi fyndist sá mótþrýstingur í Hengli, er tryggði það, að gufa brytist fram með nokkur hundruð stiga hita.

Og hvílíkt gufumagn ætti ekki að koma fram í Hengli, ef það væri kjarni hitasvæðisins og þar drukknaði gufan ekki í grunn-

vatni. Sannleikurinn er hinsvegar sá, að gufubunginn frá Hengli er harla óverulegur í samanburði við það vatnsmagn, sem flæðir fram á ýmsum alkalískum svæðum.

Og þetta er raunar reglan um hin súru jarðhitasvæði. Það vakti athygli mína, er ég fór um hitasvæði Torfajökuls, sem ýmsir álíta mesta súra hitasvæðið landsins, hvað gufumagnið er í rauninni óverulegt.

Almestu öskrandi gufuhverir framleiða gufu, sem að vatnsbunga jafngildir um 1 l/sek, en það svarar til einstakra hveraaugna á daufari alkalískum svæðum landsins. Og hitamagnið er ekki heldur imponerandi, því að það sem kemur út úr gufuhverunum, er að talsverðu leyti vatn.

Samanburður á vatns- eða hitamagni á miðbiki Hengilsvæðisins og í útjaðri þess í Hveragerði er því ekki í vil þeirri hugmynd, að Hengillinn sé kjarni svæðisins og í nánustum tengslum við hraunleðju.

En hvernig mun svo vera umhorfs í sjávarhæð undir Henglinum? Mun þar vera þurrt berg?

Í því sambandi er það í fyrsta lagi að athuga, að í Henglinum er gljúpt berg og hripar úrkoman beint niður að talsverðu leyti.

Í öðru lagi liggur að Henglinum vestanverðum hraunslétta, þar sem grunnvatnsborð er allt að 300 m yfir sjó. Að norðan er Þingvallavatn 100 m yfir sjó, og að vestan er um 50 m hátt undirlendi fljótandi í vatni. Ef Hengillinn væri þurr í sjávarhæð og neðar, mundi grunnvatn sækja mjög að honum úr öllum áttum. Og sú gufa, sem streymir upp í Henglinum, sem ef til vill jafngildir nokkrum sekundu-lítrum af vatni, er vissulega minni en þetta vatnsaðstreymi og það því fremur, ef hún er að mestu komin neðan frá upptökum jarðhitans.

Þetta sýnir, að Hengillinn neðanverður ^{hlygur} er gegnsósa af vatni.

Gufa, sem bærst neðan að mundi eins þéttast þar í vatni og utan svæðisins.

Gufan, sem streymir út í Henglinum, er því vafalítið mynduð við uppgufun frá heitu grunnvatnsborði, er stendur undir Hengli í eigi minni hæð en um 100 m yfir sjó og varla herra en svo sem 200 m.

En tilvera grunnvatns gefur enn frekari bendingu. Við hljótum að draga í efa, að hitinn geti hafa borizt neðan að í gufu formi. Sé upprunahitinn ofan við kritiskt mark, 375°C, er að vísu um gufu að ræða í fyrstu og hún myndi stíga upp sem gufa í almennu jarðvatni, sem telja má að nái nokkurra kílómetra dýpi. En brátt myndi hún kólna og þéttast og eftir það væri ekki fólgin í henni neitt uppdriftar-afl. Að vísu kæmi fram tendens til konvektionar, ef vatnshitinn ykist með dýpinu, en á hinn bóginn verður að gera ráð fyrir svo þröngum vatnsleiðslum í berginu, að konvektionar gætti ekki að neinu marki.

Það er því næsta torskilið, hvernig magmareservoir, sem framkallaði gufu á miklu dýpi, gæti valdið verulegu hitauppstreymi, nema annað kæmi til, nefnilega sérstök skilyrði fyrir hringrás grunnvatnsins, þar sem uppstreymsrásin væri yfir magmafleignum.

Mér virðist þannig, að fram hjá viðtækari grunnvatnscirkulation verði alls ekki komizt í Henglinum fremur en á alkalisku svæðum landsins.

En þá verður hugmyndin um magmafleyg undir Hengilsvæðinu að því leyti þýðingarminni en áður, að verkefni hans verður nær eingöngu að snerpa hita vatnsins.

Vatnið, sem um hann streymir, hlýtur að vera heitt fyrir og þá kemur loks að þeirri spurningu, hvort yfirleitt sé nokkur minnsta ástæða til að gera ráð fyrir þessu magma. Eftir reikningum Gunnars Böðvarssonar yrði þetta magma að hafa ruðzt inn í jarðskorðuna undir meginhluta Hengilsvæðisins fyrir fáum árapúsundum, liggja á 2 - 3 km

dýpi og vera sjálft eigi þynnra horizontalt lag en ca. 500 m.

En jarðfræðilegar athuganir gefa ekki neina vísbendingu um, að þetta stórkostlega innskot hafi átt sér stað.

Augljós afleiðing af þessu er sú að strika beri út hægmyndina um magmatiskan uppruna jarðhitans í Hengli.

Hann er, að minni hyggju, af sömu rótum runninn og hinn almenni alkaliski jarðhiti, sem sé frá heitu alkalisku jarðvatni, er, sem liður í stærri jarðvatnscirkulation, streymir upp á þessu svæði. Á láglandi Hveragerðis streymir hið alkaliska jarðvatn fram óbreytt, en undir Hengli nær það aðeins vissri hæð yfir sjó og verður þar stagnant.

En frá yfirborði vatnsins streymir gufa upp í gegn um glufur fjallsins, sem að sjálfsögðu er að verulegu leyti þurrt ofan grunnvatnsborðs. Þarna fer fram destillation þannig, að nokkuð af gufunni mettast á leið til yfirborðs og rennur niður aftur, en lofttegundirnar, sem losnuðu úr vatninu, koncentrerast.

Við jarðaryfirborð er orðið um súra gufu að ræða, sem myndar leirpytti og annað, sem er einkennandi fyrir svona svæði, þar sem hún þéttist í óverulegu yfirborðsvatni.

Þessi niðurstaða um hinn súra jarðhita í Hengli bendir til þess, að með borunum verði ekki hægt að fá jafnheita gufu í Henglinum sjálfum og niðri á láglandi Hveragerðis. Þrýstingur á yfirborði grunnvatnsins undir Hengli er væntanlega nærri einni loftþyngd og gufa, sem myndast þá rétt um 100°C. Þó gæti skapast þrýstingur við ört útstreymi gufu um þröngar rásir, en það gæti verið staðbundið fyrirbrigði og virðist ólíklegt að suðumark vatnsins og þá hiti gufunnar, stigi mjög verulega við það. Þetta bendir til láglandanna við Nesjavelli og Hveragerði, og þó aðallega til síðara svæðisins, sem virkjunarsvæðis, auk þess sem það er af öðrum ástæðum langhagkvæmast til virkjunar.

S k ý r s l a

til Jarðborana Ríkisins,
frá Þorbirni Sigurgeirssyni,
um mælingar á geislamagni íslenzkra bergtegunda, gerðar sumarið 1948.

Mælingarnar voru gerðar með Geiger Müller teljara, sem mældi beta-geislum frá þykku lagi af muldu grjóti, eins og nánar er skýrt frá í meðfylgjandi greinargerð.

Alls hafa verið mæld 363 sýnishorn af mismunandi bergtegundum víðsvegar af landinu. 1. mynd sýnir hvernig geislamagni þessara sýnishorna er háttað, Abscissan er sá fjöldi af elektrónum, sem sýnishornið sendir inn í teljarana á mínútu, en ordinatinn gefur fjölda sýnishorna í bilið sem nemur einni elektrónu á mínútu. Langflest sýnishornin liggja í bilinu frá 0 til 20 elektrónur á mínútu. Þar er allt basiska basaltið og móbergið. Milli 20 og 40 liggur súra basaltið, eins og t.d. flest Hekluhraunin. Á bilinu frá 40 til 60 eru aðeins fá sýnishorn, en líparítið liggur á milli 60 og 80. Mesta geislamagnið 88 elektrónur á mínútu, mældist í granðfyr borkjarna frá Lýsuhól á Snæfellsnesi.

Sérstök áhrezla var lögð á mælingar á svæðinu umhverfis Hveragerði, en þaðan eru 137 af sýnishornunum. 2. mynd gefur yfirlit yfir geislamagn þessara sýnishorna. Samanburður á 1. og 2. mynd sýnir, að bergið þarna er yfirleitt mjög lítið geislamagnað eftir því sem annar gerist, og þar sem þetta svæði er eitt af mestu jarðhitasvæðum landsins, þá sýnir þetta einnig, að jarðhitinn stendur í engu sambandi við magn geislavirkra efna í berginu á jarðhitasvæðinu sjálfu. Við verðum að álíta, að hverahitinn, eins og annar jarðhiti, eigi röt sína að rekja til umbreytinga geislavirkra efna í jörðinni, en orsök þess að svo mikill jarðhiti kemur upp á vissum svæðum virðist ekki vera sú, að þar sé sérlega mikið af geislavirkum efnum. Að vísu hafa mælingarnar ein-

göngu verið gerðar á sýnishornum á eða skammt undir yfirborði jarðar, en sum sýnishornin eru tekin úr göngum, sem myndast hafa við, að bráðið hraun úr miklu dýpri þrýstist upp í gegnum sprungur í berginu. Þar sem þessar gangar yfirleitt ekki sýna meira geislamagn en bergið í kring, þá má ætla að bergið innihaldi lítið af geislavirkum efnum, einnig þegar niður dregur. Auk þess virðist sú regla vera ríkjandi víðast hvar á þessu svæði, þar sem hægt er að komast að mörgum jarðlögum í fjallahlíðum og í borholum, að geislamagn bergsins fari minnkandi eftir því sem neðar dregur.

Athugaðir voru möguleikar á að nota geislamagnsmælingar til þess að aðgreina jarðlögin í borholunum og bera þau saman við jarðlögin í fjöllum í kring. Bergið í borholunum er venjulega mjög breytt vegna áhrifa heita vatnsins, og getur því verið erfitt að bera saman við jarðlög, sem ekki hafa orðið fyrir þessum áhrifum. Hugsanlegt væri þá, að hægt væri að þekkja jarðlögin á geislamagninu, en til þess þurfa þrjú skilyrði að vera uppfyllt: Í einu og sama jarðlagi verða hin geisla virku efni að vera tiltölulega jafn dreifð, umbreytingar þær, sem heita vatnið veldur á berginu, mega ekki hafa mikil áhrif á geislamagn þess, og loks þurfa að vera til staðar einhver jarðlög, sem skera sig úr hvað geislamagn snertir.

Hin tvö fyrstu skilyrði virðast hér vera uppfyllt. Hvergi á þessu svæði þar sem á annað borð er um regluleg jarðlög að ræða, verður vart mismuna í geislamagni sama jarðlags út yfir það, sem búast má við vegna ónákvæmni mælingarinnar, en hún er 1 - 2 elektrónur á mínútu. Umbreytingar bergsins koma fram við að heita vatnið, á leið sinni neðanjarðar, að nokkru leyti sígur í gegnum sjálft bergið, leysir upp sum af efnum þess og flytur þau með sér upp á yfirborðið. Við það verður bergið ljóst að lit og leirkennt. Það væri því hugsanlegt, að hin geislavirku efni bærust burt með vatninu upp á yfirborðið.

Í gili rétt við Sauðatinda er staður, þar sem þægilegt er að

komast að ummynduðu og óummynduðu bergi hlið við hlið. Nú er þarna enginn jarðhiti, en auðséð er að heitt vatn hefur runnið þarna upp með basaltgangi, sem er í móberginu. Næst ganginum er móbergið ljóst og leirkennt, en er fjær dregur eru engar breytingar af völdum heita vatnsins sýnilegar. Gilið er þarna stöðugt að grafa sig, svo að það sem er nú á yfirborðinu hefur eflaust verið djúpt í jörðu, þegar rennsli heita vatnsins stöðvaðist. Mælingar á umbreytta móberginu rétt við ganginn og því óumbreytta lengra burtu sýna engann mismun í geisla- magni, ef um nokkurn mun er að ræða þá er hann minni en 20%.

Einnig má gera sér hugmynd um mögulegar breytingar á geisla- magni bergsins með því að athuga vatnið, sem upp kemur. Um 150 l. af hveravatni, sem tekið var í Hveragerði, voru látnir gufa upp, en úr þeim fengust ca. 100 g. af föstu efni. Geislamagn þessa efnis var 22 elektrónur á mínútu. Þetta er töluvert meira geislamagn en bergið hefur, sem vatnið hefur leikið um. Vatnið hefur því leyst upp til- tölulega meira af geislavirku efnunum heldur en af öðrum föstum efn- un bergsins, en við það ætti geislamagn þess að minnka. Ef við gerum ráð fyrir, að geislamagn föstu efnanna í vatninu sé 10 sinnum meira en bergsins, sem vatnið rennur í gegnum, og ef við enn fremur reiknum með, að einn þúsundasti hluti af berginu hafi skolazt burt með vatn- inu, þá ætti geislamagn bergsins að hafa minnkað um 9 af þúsundi, eða ca. 1%. Af þessu sjáum við, að ólíklegt er að heita vatnið breyti geislamagni bergsins það mikið, að þess gæti við mælingarnar.

Þriðja skilyrðið virðist aftur á móti ekki vera uppfyllt. Í borholunum hafa ekki fundizt nein lög, sem skera sig úr hvað geisla- magn snertir. Öll sýnishornin, sem tekin voru úr borholum, sýna mjög lítið geislamagn (0 - 5 el. á mín.) og þetta gildir einnig fyrir öll sýnishornin, sem tekin voru á láglandinu umhverfis Hveragerði, austur að Kotströnd. Í fjöllum hafa heldur ekki fundizt lög, sem fylgja mætti yfir stærra svæði, en yfirleitt er geislamagnið mest efst og

fer minnkandi, þegar neðar dregur. Enginn munur virðist vera á basalti og móbergi, hvað geislamagni viðvikur, enda vafasamt, hvort um mismunandi uppruna sé að ræða. Efri hluti Kamba er úr móbergi, en í því eru margir basaltgangar og má ætla, að móbergið hafi runnið upp um þá sem basalt, en breyttist í móberg, þegar upp kom. Má jafnvel víða sjá þess merki, að svo hafi verið. Þessu til stuðnings sýna mælingar geisla-
magnsins engan mun á basaltgöngunum og móberginu í kring. Einnig er móbergið mjög "homogent" hvað geislamagn snertir, hvert svo sem útlit þess er.

Hér fer á eftir skýrsla yfir niðurstöður þeirra mælinga, sem gerðar voru á sýnishornum úr Kömbum og Núpafjalli, sem er uppi á Kambabrún. Neðri hluti Kamba er basalt, en á mótunum milli móbergs og basalts skiptast á móbergs og basaltlög.

Kambar.

	Geislamagn (el. á mín.)
Móberg úr Núpafjalli	9,0
- " -	8,0
- " -	8,7
Basaltgangur í Kambabrún	7,0
Gulgrátt móberg úr Kambabrún	8,3
Blágrátt móberg tekið nokkru fyrir neðan brún	7,2
Móbrúnt móberg " " " " "	7,3
Basaltgangur í móberginu nokkru fyrir neðan brún	7,2
Móberg tekið rétt ofan við efsta basaltlagið	5,4
Basalt úr efsta basaltlaginu	1,3
Móberg neðan við efsta basaltlagið	4,7
Basaltlag nr. 2	2,0
Móberg neðan við basaltlag nr. 2	3,5
Basalt tekið rétt neðan við móbergið	2,7
Basalt neðan til úr Kömbum	1,1

Basalt neðan til úr Kõmbum 2,3

Ástaðafjall.

Ástaðafjall er móbergsfjall, en móbergið skiptist í efri og neðri hluta af nokkrum láréttum basaltlögum. Syðri hluti þess virðist hafa sigið, því að þar liggja basaltlögin lægra. Geislamagnsmælingarnar benda einnig á að svo sé. Geislamagn móbergsins ofan á basaltinu er á báðum stöðum um 10 el./mín. Basaltlögin gefa um 2 el./mín. Til móbergsins undir basaltlögunum hefur aðeins náðst í þeim hluta fjallsins, sem ekki er siginn, en þar gefur það um 3 el./mín.

Hengill.

Nokkur sýnishörn af móbergi og basaltgöngum, tekin á hverasvæðinu norðaustan í Hengli og í Fremstadal, gefa frá 1 til 6 el./mín.

Rjúpnabrekkur og Sauðtindar.

Brekkurnar norður af Reykjakoti eru myndaðar úr móbergi með basaltgöngum. Sunnan til mældist geislamagn móbergsins 2 - 4 el./mín., en norðan til, umhverfis Sauðtinda, er það 6 - 8 el./mín. Basaltgangarnir á þessu svæði mældust frá 2 til 4 el./mín., en þó gaf einn þeirra 17,5 el./mín., sem er hæsta geislamagn, sem mælt var á Hveragerðissvæðinu. Við boranir í Reykjakoti hefur orðið fyrir þykkt basalt undir móberginu. Geislamagn þess reyndist 2 - 3 el./mín.

Reykjafjall.

Upp af Svaða eru þrjú basaltlög, sem gefa 1 - 3 el./mín. Geislamagn móbergsins undir þessum lögum er svipað og laganna sjálfra, en allt, sem ofan á þeim er, móberg, basaltlög og gangar, sýnir tölu-

vert meira geislamagn eða 7 - 10 el./mín.

Frá Svaða og suður fyrir Reyki eru engin Basaltlög í fjallinu. Á þessu svæði verður þess lítið vart, að geislamagnið breytist reglulega með hæðinni. Móbergið liggur milli 3 og 7 el./mín. en basaltgangarnir milli 5 og 8.

Fyrir sunnan Reyki, þar sem fjallið er lægra, eru blágrýtislag neðst í hliðinni. Hér kemur greinilega fram, að geislamagnið fer minnkandi með vaxandi hæð, en það er eina tilfellið, sem fundizt hefur á Hveragerðissvæðinu. Hér fer á eftir skrá yfir mælingarnar á þessum stað.

Blátrýtislag neðst í hliðinni sunnan við Reyki	5,8 el./mín.
" " " " " " "	5,1 "
Móbergslag ofan á blágrýtinu	6,8 "
Basaltlag (porphyry) ofan á efra móbergslaginu	2,8 "
Móbergslag ofan á basaltlaginu	1,7 "
Basaltlag (porphyry) ofan á efra móbergslaginu	0,5 "
Móberg ofan á basaltinu	3,0 "

Ingólfsfjall.

Í Ingólfsfjalli er móberginu tvískipt af basaltlögum um mitt fjallið. Mælingar á nokkrum sýnishornum þaðan gáfu þessar niðurstöður: Móberg ofan basaltlaganna 3,0 og 4,0 el./mín. Basaltgangur í móberginu 5,5. Basaltlögin 3,3 og 2,3. Móberg neðan basaltlaga 1,2 og 2,8. Basaltgangur í neðra móberginu 4,0 el./mín.

Láglendið.

Sýnishorn, sem tekin voru á láglendinu umhverfis Hveragerði, reyndust yfirleitt gefa minna en 5 el./mín. Þetta gildir bæði fyrir móberg og basaltganga og hraun. Aftur á móti gildir það ekki fyrir hveraleir. Sýnishorn af gömlum hveraleir, sem tekin voru á hverasvæðinu í Hveragerði gáfu frá 1 til 12 el./mín. Hér fer á eftir

geislamagn 9 basaltganga á milli Sauðár og Svaða: 3,2 3,5 2,8 4,0
5,1 4,8 5,2 4,3 og 4,3 el./mín.

Austur við Kötströnd virðist geislamagnið vera meira, því
að móbergssýnishorn þaðan gefur 8,7 el./mín., en basalt tekið úr grjóthól
við túnið gefur 9,7 el./mín.

Austur við Olfusárbrú koma fram blágrýtislög, sem virðast
vera víðáttumikil. Þau gefa 7 - 9 el./mín. Ef þessi lög liggja undir
Hveragerðissvæðinu, og það tekst að bora niður í þau, þá ætti það að
koma áberandi í ljós við geislamagnsmælingar á borkjörnunum, þó er
ef til vill hæpið að treysta því, að þessi lög séu "homogen" hvað
geislamagn snertir. Þótt ekki hafi orðið annars vart á Hveragerðis-
svæðinu en að jarðlögin væru "homogen" þá er þetta þó engin algild
regla eins og mælingarnar í Silfrastaðafjalli sýna okkur.

Silfrastaðafjall í Skagafirði.

Mælingar sýnishorna úr 18 mismunandi basaltlögum gáfu þess-
ar tölur (Byrjað efst og haldið niður eftir): 11,9 5,0 3,2 3,6 6,0
4,1 3,6 3,0 6,5 7,0 1,3 3,0 9,7 8,4 4,4 6,1 7,0 9,6 el./
mín.

Átta sýnishorn voru tekin á svipuðum stað úr lagi nr. 18.
Þau gáfu 9,6 14,9 9,9 7,6 7,5 9,3 12,9 og 16,3 el./mín.

Greinargerð um framkvæmd mælinganna.

Geislamagnsmælingarnar voru framkvæmdar með sívölum Geiger Müller teljara úr gleri. Veggirnir eru þunn glerpípa, silfrud að innan. Þykktin er um 45 mg/cm^2 . Fyrirkomulagið er sýnt á 3. mynd. Grjótið er mulið og sett í sívalan bauk, sem smeygt er niður yfir teljarann. Innri veggur bauksins, sem að teljaranum veit, er úr þunnum pappír (9 mg/cm^2) svo að beta-geislarnir (elektrónur) komast úr grjóttinu inn í teljarann. Aftur á móti er veggur teljarans það þykkur, að alfa-geislar komast ekki í gegn. Teljarinn telur allar elektrónur, sem koma inn í hann á $5,5 \text{ cm}$ löngu svæði, þar sem vírin, sem liggur eftir miðju teljarans, er ber.

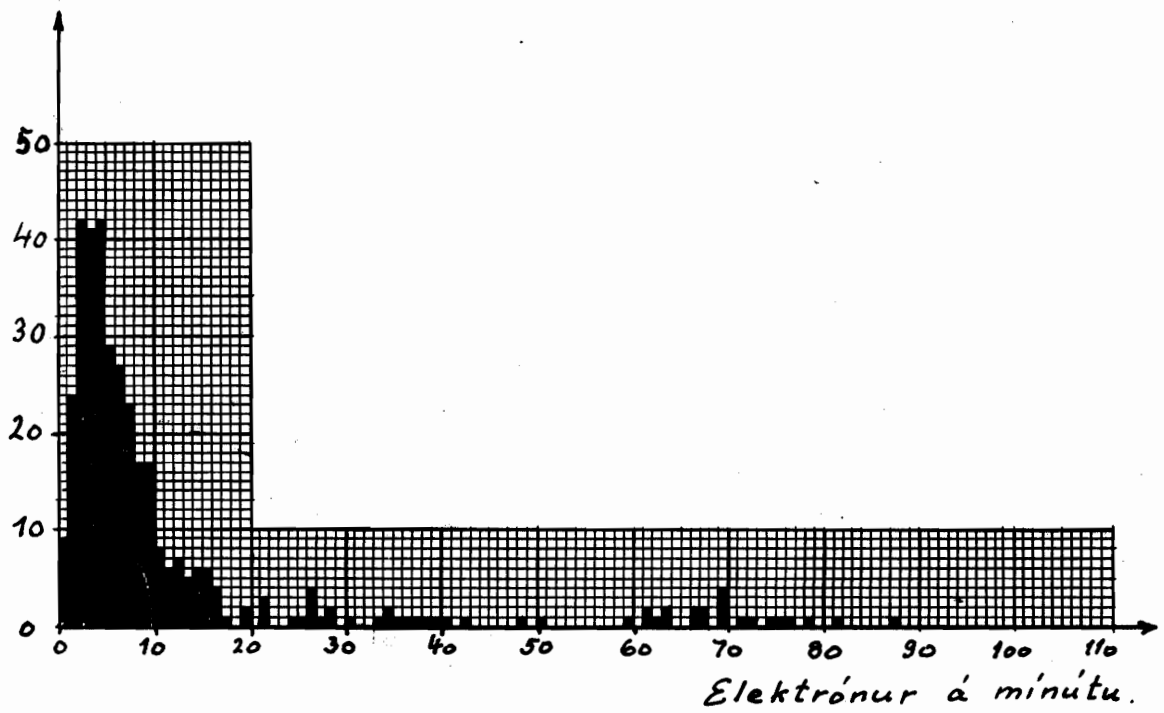
Elektrónurnar, sem komast inn í teljarann, koma allar frá þeim hluta grjótmulningsins, sem liggur næst teljaranum, frá lagi, sem er ca. 1 mm þykk. Ef eðlisþyngd grjótsins er lítil verður lagið þykkra, en þynnra ef hún er mikil. Magn þess grjóts, sem sendir elektrónur inn í teljarann, er því óháð eðlisþyngd þess og einnig óháð því, hve þéttur mulningurinn er í bauknum. Elektrónufjöldinn, sem talinn er, er þá eingöngu undir því kominn, hve mikið hvert gramm af berginu inniheldur af geislavirkum efnum. Þau geislavirku efni, sem til greina koma, eru uraníum og afkomendur þess, þóríum og afkomendur þess og kalíum. Sökum skorts á bergtegundum með þekktu innihaldi af geislavirkum efnum, hefur ennþá ekki verið akveðið sambandið milli elektrónufjöldans, sem teljarinn telur, og innihalds bergsins af geislavirkum efnum, en samkvæmt lauslegum reikningum ætti þetta samband að vera gefið við.

$$N = 1,8 \cdot 10^3 \cdot Q_K + 0,7 \cdot 10^6 \cdot Q_{Th} + 4 \cdot 10^6 \cdot Q_U.$$

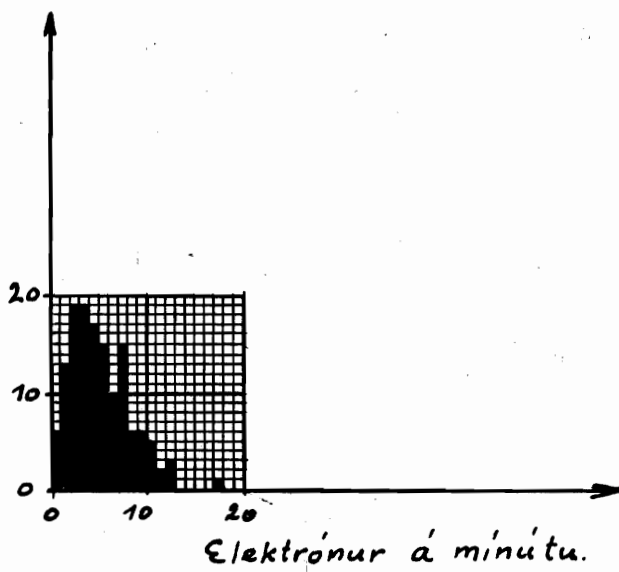
N er elektrónufjöldinn, sem teljarinn telur á mínútu. Q_K er kalíuminnihald bergsins mælt í grömmum þer 1 g . af bergi. Q_{Th} og Q_U gefa á tilsvarandi hátt þóríum og uraníuminnihaldið. Líkingin gildir þó aðeins, ef bergið er það gamallt, að jafnvægi hefur komizt á milli

úraníum og afkomenda þess og milli þóríum og afkomenda þess.

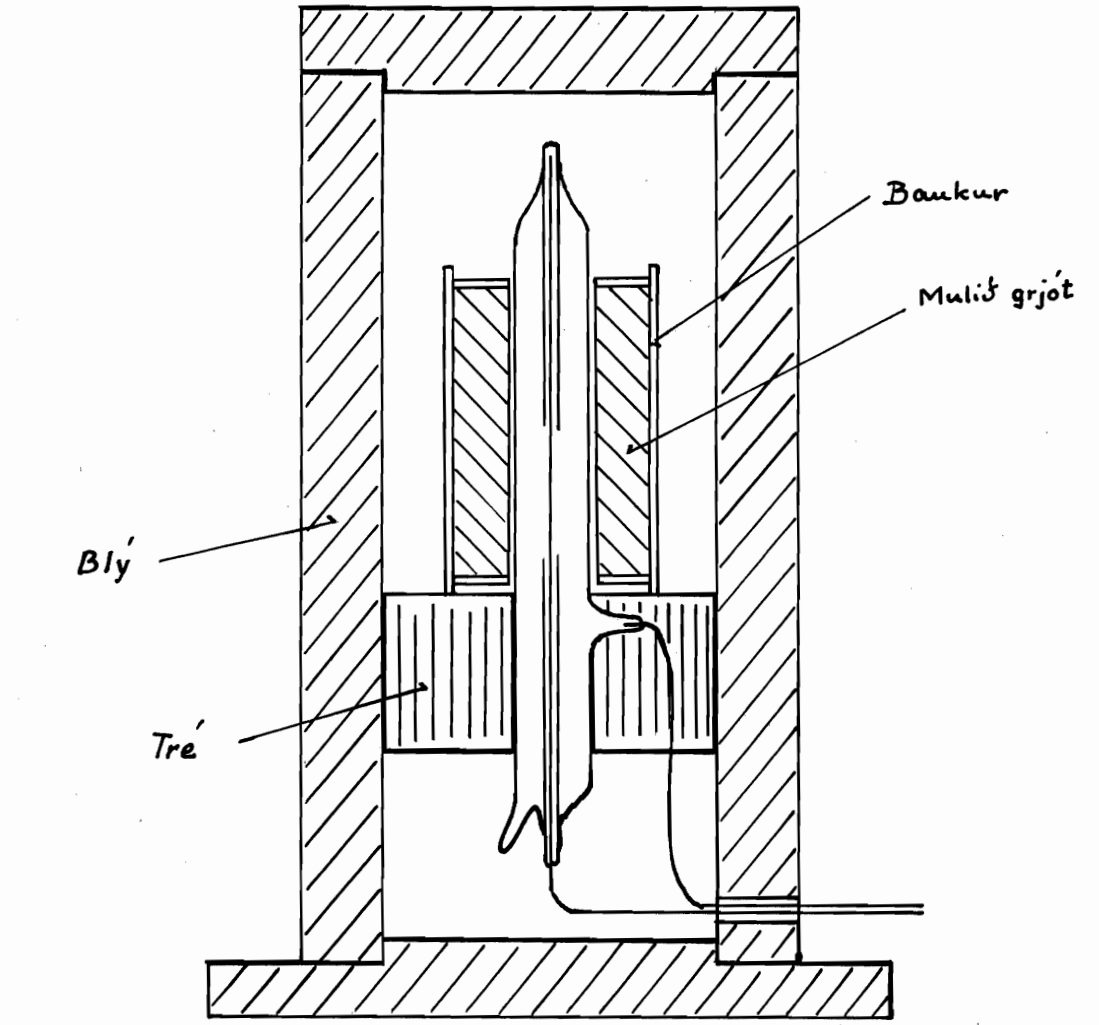
Gamma-geislun grjótsins hefur hverfandi áhrif á teljarann, og utanað komandi geislun er að mestu útilokuð með blýhylkinu N, nema geimgeislarnir. Þeir gefa 17 el./mín., sem dregið er frá hverri mælingu. Einstök sýnishorn eru mæld í 24 mín. Ef heildargeislamagnið er 24 el./mín. (geislamagn bergsins 7 el./mín.) þá er mælinákvæmnin (meðalskekkjan) 1 el./mín. ($T = Vn$).



Mynd 1.



Mynd 2.



Mynd 3.

BALDUR LINDAL:

RANNSÓKNIR Á GUFU OG VATNI ÚR BORHOLUM Í HVERAGERÐI.

Verksvið.

Dagana 22. - 29. nóv. 1949 voru 3 borholur athugaðar á Hengilsvæðinu. Ákvarðað var vatnsinnihald gufunnar, hveraloftsmagn gufunnar og efnasambönd, sem voru í hveralofti, kondensati frá gufunni og afrennslisvatn.

Í skýrslu þessari er borholan á Hverasvæðinu merkt I, borholan á Reykjum merkt II og borholan í Reykjakoti III. Borholur þessar hafa allar fráskiljara, sem skilur vatn frá gufu að dálitlu leyti.

Rannsóknáhöld.

Kalorimeter, sem var sérstaklega til þess gerður, var notaður við ákvörðun vatnsmagns í gufunni, og við hann voru tengd tæki til þess að mæla hveraloftsmagnið og til þess að taka gasprufur. Tæki þessi voru höfð undir tjaldi, meðan á athugun stóð til þess að veðurbreytinga gætti sem minnst. Tækin voru tengd við fráskiljarana með 3 metra langri gúmíslöngu, 3/4" að utanmáli. Slangan var þykk og samilega einangruð.

Kalorimetrinn er gerður úr 2 mm jární. Lok fellur þétt niður á brúnirnar að ofan. Hann er einangraður utan með asbest plötum. Gufan þéttist í 3/4" járnrorsspíral, sem er umlyktur 60 lítrum af vatni. Gufan kemur inn að ofan en kondensatið frá að neðan. Handsnúin sveif er upp í gegnum lokið. Snýr hún blöðum niður við botn kalorimetersins, sem valda hringrás á vatninu frá botni, upp með hliðum og niður um miðju.

Við frárennslið er tengt glerté, þar sem kondensatið rennur niður aðra álmuna, en hveraloftið gengur upp hina. Neðan frá ténu liggur gúmíleiðsla í þær, sem tekur við kondensatinu, og er

endi leiðslunnar jafnan hafður neðan vatnsyfirborðs. Hveraloftið gengur efst upp í gasgeyminn um glerpípu. Gasgeymirinn, sem er gagnsæ 4 lítra flaska á hvolfi, inniheldur vatn með 20% NaCl og 2% HgI₂, til þess að varna "absorbtion" hveraloftsins. Gasgeymirinn er "gradueraður" samkvæmt mælingu, til þess að hægt sé að lesa af, hve mikið loft er í honum. Gasgeymisvökvinn er tengdur með gúmíslöngu við aðra flösku, sem tekur við honum jafnóðum og loftið ryður honum í burtu. Flaska þessi er færanleg upp og niður eftir hentugleikum. Öll samskeyti við gúmíslöngur eru þétt með várbenslum.

Á leiðslunni inn í gasgeymirinn er glerté, til þess að hægt sé að taka gasprufur. Er þá hægt að loka fyrir leiðsluna inn í geymirinn skrúfaðri klemmu. Gasprufuleiðslunni er einnig lokað með skrúfaðri klemmu.

Tæki til efnaákvarðana eru eingöngu "standard" tæki.

Ákvörðun vatns í gufu.

Aðferðin er eftirfarandi?

1. Guflu hleypt á kalorimeter, þrýstingur á þorholu athugaður.
2. Látnar líða ca 10 mín. og hrært jafnt í kalorimeter.
3. Loki lyft af og hiti mældur á vatni, kondensat ker sett undir, byrjunartími lesinn.
4. Hrært jafnt í kalorimeter ca 20 mín.
5. Hiti mældur í kalorimetersvatni, tíminn lesinn og kondensat mælt.

Við útreikninga var tekið tillit til vatnsgildis kalorimetersins, sem reyndist 8,0 lítrar. Það var fundið með því að láta fyrst í hann 40 lítra af köldu vatni, síðan 20 lítra af heitu vatni, hræra í og mæla hitann eftir samlögun.

Ennfremur var tekið tillit til hitastuðuls kalorimetersins k, sem reyndist 0,154 kg^o/mín.^oC. Hann var ákvarðaður, með því að

athuga, hve hratt vatnið í kalorimetrinum kólnaði við þau skilyrði, sem hann var notaður.

Ef: ΔT = hitabreyting á vatni í °C

Δt = tíminn, sem ákvörðunin tekur í mín.

T_a = meðalhiti vatnsins í °C.

L = kg kondensat

G = kg gufa

Þá er: $(68,0) \Delta T + \Delta t (T_a - 5) k = L (100 - T_a) + G (540)$

D A T A

Borhola	Þrýst kg/cm ² abs	ΔT K. meter °C	T_a K. meter °C	Δt mín.	Lítrar Kondensat
I	1,85	7,8	58	19	3,940
I	1,85	10,4	70	20	4,280
I	1,85	14,8	74	35	7,500
II	1,50	10,4	40	25	7,140
II	1,60	5,0	70	28	6,660
III	2,00	9,8	83	20	3,740
III	2,00	14,0	70	25	4,620

Ú T K O M A

Borhola kg gufa/kg kondensat

I	0,29
II	0,11
III	0,44

Útreikningar sýna, að tvær fyrri útkomurnar hafa í borholu I 17 í hundraði frávik frá meðalgildi, en sú síðasta er mjög slægt. Þetta háa frávik á þeim fyrstu er vegna æfingaleysis við að nota

tækið. Í borholu II er frávikið 4 í hundraði og borholu III 6 í hundraði. Í útreikningunum er ekki tekið til greina hitatap í leiðslunni að tækinu og ekki sú thermodynamiska breyting, sem verður í gufunni við þrýstingsmínkunina, áður en hún kemru í tækið. Nákvæmni ákvörðunarinnar er samt álitin vera ± 14 í hundraði.

Ákvörðun hveralofts í gufunni.

Hveraloftmagn gufunnar var ákvarðað um leið og kalarimetríska mælingin var gerð.

Aðferð:

1. Lesið af rúmmál lofts í gasgeymi í byrjun og vökvageymirinn lækkaður þannig, að ca 20 cm H₂O undirþrýstingur myndast í gasgeyminum.
2. Leiðslan inn í gasgeymisinn opnuð um leið og ákvörðunin byrjar. Þess er vandlega gætt, að slangan að neðan dragi ekki loft með því að hafa á henni vatnslás.
3. Að endingu er vatnsyfirborðið jafnað í geymunum og leiðslunni inn í gasgeymisinn lokað. Síðan er gasmagnið lesið af.
4. Prufa af kondensatínu er tekin strax eftir mælinguna og hún titreruð með NaOH til þess að ákvarða uppleyst CO₂ og H₂S í því.

Þess skal getið hér, að ósamræmis gætti milli kolsýru og brennisteinsvetnis innihalds kondensatkins annars vegar og innihalds hréins hveralofts af þessum efnum hinsvegar. Var mun minni uppleyst í kondensatínu en við mátti búast. Til þess að rannsaka þetta mál, var tekin gasprufa úr leiðslunni til gasgeymisins meðan á mælingu stóð. Kom þá í ljós, að "partial" þrýstingur þessara gastegunda var í samræmi við það, sem uppleyst var við þann hita, sem um var að ræða. Ástæðan til þessa virðist vera að rúmtak sþíralanna er mjög mikið

í samanburði við spirálanna hveraloftsmagnið og er þá ekki einungis hveraloft, sem kemur heldur einnig loft. Þetta hefir samt engin áhrif á útkoma mælingarinnar.

Við útreikninga á hveraloftsmagninu í gufunni var notað meðalgildi það, sem ákvarðað var á vatnsmagni í gufu fyrir hverja borholu út af fyrir sig. Virðast meiri líkindi til skekkju í þeirri ákvörðun en snöggum breytingum á vatnsmagni gufunnar.

Ef: V = lítrar hveraloft mælt í geymi

q = hlutfall milli gufu og kondensats

C = lítrar hveraloft per líter kondensat ákvarðað með títreringu.

Þá er: $\frac{V + LC}{Lq} =$ lítrar hveraloft / kg gufa

D A T A

Borhola	Lítrar hv.loft/ í gasgeymi	Lítrar hv.loft/ lítrar kondensat	Lítrar kondensat
I	0,525	0,073	4,860
II	0,350	0,025	6,660
III	1,000	0,017	3,740
III	0,900	0,0025	4,620

Ú T K O M A

I 0,62 lítrar hveraloft per kg gufa

II 0,70 - - - -

III 0,57 - - - -

Um nákvæmni á þessari ákvörðun er það að segja, að hún er fyrst og fremst komin undir ákvörðun vatnsmagns í gufu, sem er rétt hér að framan. Aðeins einn möguleiki er til þess, að raunveruleg útkoma sé hærri og er þar átt við, að lítills háttar af CO_2 og H_2S sé rokið úr kondensatinu fyrir títreringu. Það var þó sýnt með mæl-

ingum, eins og vikið er að áður, að slíkt hlaut að vera minna en svo, að þess gætti í útkomunni.

Tveir möguleikar eru til þess, að útkoman sé of há. Vatnið í kalorimetrinum er að hitna. Af því leiðir, að rúmmál gufu, sem er óþétt í spíralinu eykst. Þetta hefir bein áhrif á mælinguna og er ekki tekið tillit til þess. Í öðru lagi er lítilsháttar undirþrýstingur á tækinu, meðan á mælingu stendur. Ef um nokkurn leka væri að ræða, myndi hann auka mælt gasmagn.

Rannsóknir á gufu úr borholum í Hveragerði 22.-29. nóv. 1949.

Borhola	kg.gufa/ kg.kond.	l.hveral./ kg.gufa	Vatn/ l.sek.	Vatn/ ton.hr.	Gufa/ ton.hr.	Vatn m.gufu/ ton.hr.	Kg.vatn/ kg.gufa
I	0,29	0,62	4,80	17,3	2,09	5,12	10,7
II	0,11	0,70	3,65	13,2	1,26	10,22	18,6
III	0,44	0,57	1,71	6,15	1,80	2,3	4,5

Borhola	Gasanalysur (% rúmmál)				
	CO ₂	H ₂ S	CH ₄	H ₂	N ₂
I	86,1	5,4	0,3	2,3	5,9
II	84,2	2,4	0,8	7,1	5,5
III	74,3	12,2	0,4	6,2	6,9

Hveraloftsprufur.

Vatnið í kalorimetrinum var láfið hitna það mikið, að gufa byrjaði að koma í gegn. Nú var lokað fyrir leiðsluna til gasgeymisins og þess gætt, að kondensatleiðsluendinn væri niður í vatni. Með því að hræra mátulega mikið í kalorimetrinu, þéttist gufan, en hægt var þannig að halda kondensatinu við suðumark. Prufur voru teknar

í til þess gerðar "standard" flöskur. Hveraloftið var látið rýma úr þeim upplausn af 20% Na₂SO₄ + 2% H₂SO₄, sem ekki absorberar gas- tegundir.

G a s a n a l y s u r:

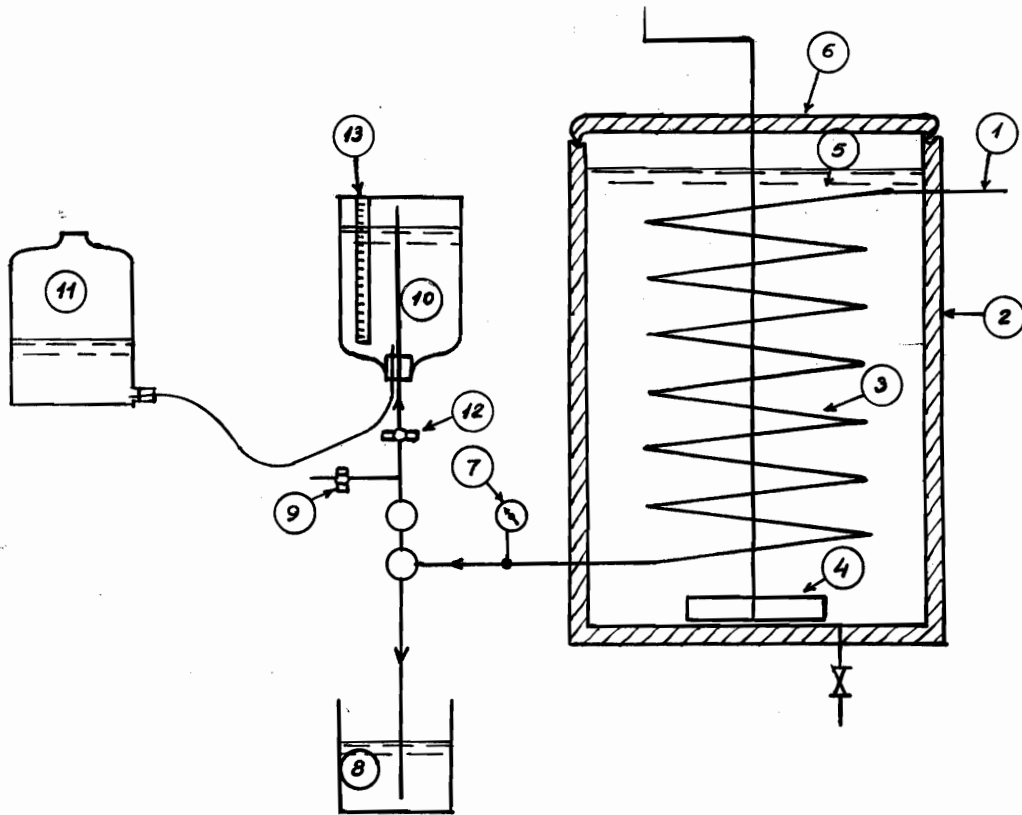
Borhola	CO ₂	H ₂ S	H ₂	CH ₄	N ₂
I	86,1	5,4	2,3	0,3	5,9
II	84,2	2,4	7,1	0,8	5,5
III	74,3	12,2	6,2	0,4	6,9

Rannsókn á vatni af kondensati í Hveragerði og nágrenni.

Borhola	Dags.	Leiðni Ohm cm 25°C x 10 ³	Þýzkar hörkugráður	SO ₄ mg/l.	SiO ₂ mg/l.	
I k	28/11	0,652	0,90	74,0	12,1	
I v	28/11	0,952	1,10	96,0	19,2	
II k	29/11	0,862	0,49	42,5	20,7	
II v	29/11	1,000	0,51	52,5	20,8	
III k	30/11	0,658	0,48	35,5	23,4	
III v	30/11	0,982	0,58	43,5	45,0	
IV v	1/12	0,672	3,68	25,0	0,3	Lauga- dælir

Ath. Vatnprufur voru teknar úr þróm, sem vatnið rann í frá borholunum, en ekki beint úr holunum. Kondensat prufur voru teknar beint frá kalorimeterinu, en var hvít gruggugt af einhvers konar útfalli.

Kalorimeter og loftmælitæki.



1. Gufa inn

2. Asbesteinangrun

3. Spírall

4. Hræriblöð

5. Kalorimetervatn

6. Kalorimeterlok

7. Hitamælir

8. Kondensatker

9. Gasprufuúttak

10. Gasgeymir

11. Vökvageymir

12. Stoppklemma

13. Rúmfangsskali

G R E I N A R G E R Ð

fyrir rannsókn á borkjörnum frá Reykjakoti
og Hveragerði í Ölfusi.

Borhola 51.

Í ársbyrjun 1947 var hafin borun í tilraunaholu við Reykjakot í Ölfusi. Holunni var valinn staður við lítinn læk efst í túnuinu í 78 m hæð yfir sjávarmáli.

Fjallið ofan við Reykjakot er úr grófri móbergsbreksíu. Grunnmassinn er palagónít, en eitlarnir blágrýti, hart mjög og fínkornótt. Í miðjum hlíðum er lítil solfatara í lækjargilinu, en annars er bergið óveðrað í brekkunni ofan við holuna.

Borað var með haglabor. Var holan höfð 6,5 þumlungar í þvermál niður í 72,3 m dýpi, en 4,5 þuml. þaðan niður í 140 m. Úr því var ýmist notaður 4,5 eða 2,5 þuml. bor. Alls var holan 201 m á dýpt og náðist kjarni niður í 199,85 m.

Ofan við 167 m dýpi voru að jafnaði tekin sýnishorn úr öðrum og þriðja hverjum metra. Þar fyrir neðan skilaði borunin mjög litlum kjarna, og var bergið mjög "soðið" og vandboráð.

Hitinn í holunni óx mjög hratt með dýpinu, að meðaltali líðlega eitt stig fyrir hvern meter. Reyndist hitinn 200°C í 160 m dýpi, en 215 - 220°C í 180 og 190 m dýpi. Hitamælingarnar voru gerðar með hitamæli upp í 200°C, en þegar kom yfir þann hita, voru notaðar málmþynnur með misháu bræðslumarki.

Hitamælingarnar fóru fram í botni holunnar að morgni, áður en byrjað var að bora. Reyndist hitinn að jafnaði því hærri, sem lengra var liðið frá því að köldu vatni hafði verið dælt í holuna. 30. júlí var hitinn mældur með 10 m millibili frá holuopi niður í 140 m dýpi. Hafði þá ekki verið borað eða dælt köldu vatni í holuna í þrjár vikur. Má því telja öruggt, að hitajafnvægi hafi ríkt í holunni, er mælingin fór fram. Samt ber að gæta þess í sambandi við

mælinguna, að í holunni fer fram stöðug hringrás, sem kælir neðsta hluta hennar og botn, en hitar efri hluta hennar.

Kjarninn:

- 0 - 8 m Jarðvegur og lausar bergtegundir.
- 8 - 16,5m Myndbreytt móbergsbreksía.
- 16,5 - 28m Basalt, allmikið myndbreytt og sumstaðar tor-kennilegt berum augum.
- 28 - 77 m Móbergsbreksía, allmikið myndbreytt.
- 77 -162 m Basalt, mismunandi að gerð og myndbreytingu.
- 162 -201 m Myndbreytt móberg.

Bergið í holunni er allmikið myndbreytt og oft torþekkjantlegt berum augum. Myndbreytingin er mismunandi, enda við því að búast, að hún sé örúst umhverfis sprungur og glufur í berginu, og gangi hraðar í gljúpu bergi en þéttu. Að öðru jöfnu er líka móbergið meira breytt en blágrýtið.

Efra basaltlagið er víða svo myndbreytt, að það verður tæplega þekkt, nema gegnum smásjá. Flestir eða allir mineralarnir eru horfnir, og aðrir komnir í staðinn. Eftir eru strúktúrelement, óbyggjandi fyrir blágrýti, og segja til um upprunann. Mikill hluti neðra blágrýtislagsins er fremur lítið myndbreyttur. Er hann úr dökku, meðalgrófu basalti. Neðsti hlutinn er aftur á móti töluvert myndbreyttur og virðist í fleiri atriðum frábrugðinn efri hlutanum. Væri mér ekki fjarri skapi að ætla, að basaltið frá 77 - ca 145 m væri þykkur gangur eða intrúsív, en neðri hlutinn, frá 145 - 162 m, sé venjulegur blágrýtisstraumur, runninn á yfirborði jarðar.

Holufyllingar eru zeólítar, silfurberg og grænleitir eða/og brúnleitir, pleóchrótískir klórítmineralar, auk pýríts, sem er því algengara, sem myndbreytingin er meiri. Allar þessar mineraltegundir fylgjast að í sýnishornunum, og eru stundum hlið við hlið

í sömu holufyllingu.

Stundum hafa sekúnderu kristalþyrpingarnar lögun, sem minnir á þrímera basaltminerala eins og t.d. Ólívín, pýroxen eða plagióklas. Þegar svo er, mun ekki vera um að ræða holufyllingar, heldur pseudemorfósa eftir fenókristum í basaltinu. Ólívín- og pýroxenkristallar eru þá gjörsamlega horfnir og klóríd komið í staðinn. Gera má þá ráð fyrir, að silfurberg og zeólítar séu staðgenglar plagióklassins, enda er sumstaðar hægt að sjá silfurberg (eða zeólíta) fylla skörðin í hálfeyddum plagióklaskristöllum.

Borhola 102.

Vorið 1948 var byrjað á annarri tilraunaholu í Reykjakoti, c:a 300 m sunnan Varmár gegnt borholu 51. Sléttan austan árinna er þakin póstglaciölu hrauni, sem hefir runnið ofan af Hellisheiði, en mikill jarðvegur hefir borizt í hraunið, og er það nú að mestu hulið grónum mó.

Borað var með 8" höggbor niður í 60 m, en þá var lokið borun í holu 51, og var haglaborinn þá fluttur þaðan að holunni og borað með honum síðan. Niður í 115 m var notuð 4,5" borkróna, þá 4" niður í 176 m dýpi, en úr því 3" króna.

Yfirborð holunnar liggur 67 m y.s. eða 11 m lægra en yfirborð borholu 51.

Kjarninn:

- 0 - 2 m Jarðvegur.
- 2 - 12 m Póstglacialt basalt.
- 12 - 56 m Möl og sandur, leirborinn.
- 56 - 64 m Basalt mjög þétt og fínkornótt.
- 64 - 68 m Grár leir með pýrítimpregnationum.
- 68 - 76 m Konglomerat fínkornótt og myndbreytt.
- 76 - 115 m Basalt í myndbreytingu.

115 - 130 m Móbergskonglomerat, fínkornótt og mjög myndbreytt.

130 - 148 m Basaltkonglomerat, myndbreytt.

148 - 230 m Móberg, mjög myndbreytt og torkennilegt.

230 - 250 m Basalt, nokkuð myndbreytt.

250 - 269 m Móberg, mjög myndbreytt og torkennilegt.

Um myndbreytinguna er allt svipað og í borkjarna 51, nema ef vera skyldi, að hún væri öllu gagngerri í neðri hluta borkjarnans. Um samlestur borkjarnans er aftur á móti það að segja, að hvergi reyndist unnt að lesa borkjarnana saman. Að vísu er myndbreytta móbergið í neðri hlutum beggja kjarnanna mjög svipað, en það út af fyrir sig sannar ekki neitt í þessu sambandi.

Þetta bendir til þess, að allmikið misgengi liggi milli borholanna, eða þá að lárétt basaltlög séu ekki fyrir hendi í móbergsmýnduninni á þessu svæði. Af þessum tveim möguleikum virðist sá fyrri sennilegri. Trausti Einarsson prófessor hefir komið að sömu niðurstöðu frá öðrum forsendum, en hér rennur ný stoð undir þá skoðun til viðbótar við athuganir Trausta.

Termalgradienten er öllu lægri í holu 102 en í holu 51, enda liggur hún lengra frá aktívum jarðhita en hin holan. Í basaltinu milli 65 og 110 m dýpi er toppur á hitalínunni, en einmitt á 66,5 m dýpi byrjaði heitt (40°) vatn að vætla úr holunni. Seytla þessi hitnaði mjög skjótt upp í 75° , en virðist hvorki hafa aukizt né hitnað úr því. Hitatoppurinn í basaltinu mun því standa í sambandi við jarðhitæðar í sprungum í berginu. Þegar kemur niður úr 120 m dýpi, tekur hitinn aftur að aukast og eykst nokkurnvegin jafnt úr því. Seinast var hitinn mældur í 240 m dýpi, og reyndist þá 191° .

Boranir í Hveragerði.

Árið 1948 voru boraðar tvær holur, nr. 91 og 103 í Hvera-

gerði í Ölfusi. Hóla 91, undir hamrinum suðvestan við þorpið, er 152,5 m djúp, en hola 103, syðst í þorpinu eða sunnanvert við það, kippkorn vestan við afleggjarann frá Þjóðveginum, er 65 m djúp.

Í báðum holunum var byrjað með 6" höggbor. Voru 51,2 m boraðir með höggbor í holu 91, en 18,4 m í holu 103. Þegar höggborun lauk, var borað með Sullivan demantabor, 3 króku.

Borhola 91:

0 - 20 m	Sandur og möl)	Hér er eingöngu
20 - 22 m	Basalt)	stuðst við dag-
22 - 50 m	Sandsteinn)	bækur boraranna.
50 - 64 m	Basalt og basaltískt konglomerat.		
64 - 78 m	Leirborinn sandsteinn.		
78 - 95 m	Myndbreytt móberg.		
95 - 120 m	Basaltískt konglomerat í myndbreytingu.		
120 - 152,5m	Myndbreytt móberg.		

Þegar kom í 32 m dýpi, gaus holan, og var gosinu haldið niðri, meðan á borun stóð.

Hitinn í holunni hækkaði mjög ört með vaxandi dýpi og mældist 110° í 32 m, þar sem gufugosið hófst. Úr því minnkar hitagradientinn, og seinustu 50 m hækkaði hitinn aðeins um 5° , en það mun vera normal hitagradient í "köldum" holum á Suðvesturlandi. Hinn eiginlegi jarðhiti virðist því bundinn við lárétt lag á því dýpi, sem holan gaus úr.

Borhola 103:

0 - 17 m	Blágrýtishraun.
17 - 27 m	"Soðið" móberg eða leir (enginn kjarni).
27 - 30 m.	Basalt með dílum.
30 - 33 m	Leirborinn sandsteinn.
33 - 39 m	Basaltískt konglomerat í myndbreytingu.

39 - 41 m Basalt mjög hart og þétt, sennilega innskot.

41 - 65 m Basaltískt konglomerat í myndbreytingu, "soðið" hér og þar.

Þegar kom niður úr hrauninu, tók að vætla úr holunni 740 heitt vatn, en í sjálfri holunni munu engar hitamælingar hafa verið gerðar. Í 50 - 51 m dýpi gaus hola. Varð borun mjög erfið úr því, og var hætt í 65 m dýpi.

Við samanburð á borholunum á svæðinu Hveragerði - Reykjakot kemur í ljós, að þrjár þeirra, allar sunnan Varmár, hafa nokkur sameiginleg einkenni, sem ekki verða fundin í holu 51 norðan árinna. Um það bil í sjávarhæð er allþykkt lag af basaltísku konglomerati í þrem af holunum, en þessa lags verður ekki vart í holu 51. Hola 103 nær einungis 30 m niður fyrir sjávarmál, en í báðum hinum holunum sunnan Varmár, 91 og 102, er annað lag af basaltísku konglomerati á svipuðu dýpi, um það bil 70 m.

Í öllum holunum sunnan Varmár er heita vatnið að finna á bilinu milli +20 og -15 m, og virðist því halda sig á nokkurnvegin láréttu bili. Í þeim holum sunnan Varmár, þar sem hitinn var mældur, vex hitinn nokkuð hratt niður að heita vatninu og gufunni, en hægar, þegar neðar dregur. Norðan árinna, í holu 51, er þetta á nokkuð annan veg. Sú hola gaus ekki fyrr en í 195 m dýpi eða -118 m, og hitinn hækkar nokkurn veginn jafnt þangað til. Ekki varð heldur vart við neitt konglomeratlag í þeirri holu.

Það, sem nú hefir verið nefnt, bendir ákveðið til þess, að misgengi liggi milli holu 51 norðan Varmár og holanna sunnan árinna, sem aftur á móti virðast allar liggja á sömu spildu.

Reykjavík, 15. 2. 1950

TÓMAS TRYGGVASON
(sign)

G R E I N A R G E R D

fyrir rannsókn á borkjörnum frá Hengli
og Kolviðarhóli.

Sumarið 1949 voru boraðar tvær holur á jarðhitasvæði Hengils-
ins, önnur á Miðdal í Hveradölum, en hin á Hverakjálkum í Reykjadal.
Um haustið var þriðja holan boruð á sléttunni milli Kolviðarhóls og
Sleggjubeinsdals.

Borað var með Sullivan demantabor, ýmist með demanta- eða
tannakrónu, að undanteknum 17 efstu metrunum í holunni við Kolviðar-
hól, sem voru boraðir með höggbor.

Verk no.	Hæð y.s. c:a	Dýpi	Þvermál í þuml.	Fóðrun	Staður
116 a	350 m	134 m	3' í 72 m 2' í 134	72 m	Miðdalur, Hveradölum
116 b	270 m	150 m	3' í 78 m 2' í 150 m	4,6 m 78 m	Hverakjálkar, Reykjadal
120	270 m	97,5 m	6' í 17,2 3' í 97,5	17,2 m	Kolviðarhóll

Borhola 116 a, Miðdal í Hveradölum.

- 0 - 1 m Laus mól og sandur.
- 1 - 12- Brúnt og svart fínkornótt móberg. Samkvæmt dag-
bókinni virðist móbergið lagskipt.
- 12 - 18- Kjarnamolar þeir, sem upp komu, eru úr blöðróttu
basalti, en rýrnunin var mjög mikil og skolvatnið
mislítt. Hér gæti því verið um að ræða þunn
basaltlög í móbergi, eða þá "basaltkúlubreksíu",
sem einnig tilheyrir móbergsformatið.
- 18 - 30- Á þessu bili eru móbergsrendur í kjarnamolunum,
og það þessvegna kortlagt sem móbergskonglomerat.
Skolvatnið var ýmist blágrátt eða brúnleitt og
kjarnarýrnun mikil.

30 - 58 m Gjallborið móberg. Mikil kjarnarýrnun.
58 - 93 - Kjarnamolarnir blöðrótt dílaberg, en rýrnun mjög mikil. Engin sýnishorn voru tekin af skolvatni, en kjarnamolarnir eru allir úr samskonar bergið. Slíkt er ekki hugsanlegt, ef um malarlag eða mórenu væri að ræða. Ef til vill er þetta basalkúlubreksía. Í sandi þeim, sem loðir við suma kjarnamolana, er allmikið af brúnsvörtu basaltgleri. Í 77 m dýpi verður bergið þéttara og seinlegra að bora.

93 - 98,6 m Enginn kjarni.

98,6-110,8 m Þétt dílabasalt næstum því ferskt með lítilsháttar útfellingum.

110,8-114 m Kjarni enginn.

114 - 119 m Grátt konglomerat, vel sementerað. Millimassinn ríkur á móberg.

119-132,9 m Myndbreytt móberg.

132,9-134 m Enginn kjarni.

Hitinn óx fremur hægt í holunni. Í 55 m dýpi mældust $25^{\circ},5$ og í 123 m dýpi $66^{\circ},5$. Eins og venja er, fóru mælingarnar fram að morgni, meðan á borunum stóð, en vitanlega næst ekki hitajafnvægi í borholu á einni nóttu. Í 67 m dýpi mældist t.d. 8° hærri hiti eftir vikulangt hlé, en mælt hafði á svipuðu dýpi, meðan á borun stóð.

Borhola 116 b, Hverakjálkum í Reykjadal.

0 - 40 m Móbergskonglomerat, mjög misgróft, Stundum eru kjarnarnir aðallega blöðrótt basalt, en

stundum líkastir grófum sandsteini. Myndbreyting virðist fremur lítil, en dálítið af útfellingum. Kjarnarýrnun er mjög mikil, en því miður engin sýnishorn af skoli.

- 40 - 49,3m Dökkt og þétt basalt, lítið myndbreytt, en "soðið" og með holufyllingum, m.a. silfurbergi.
- 49,3-62 m Móberg af breytilegri gerð, mjög myndbreytt. Móbergið er sumstaðar leirkennt, en sennilega hefir það allt saman upprunalega verið fínkornótt konglomerat.
- 62 - 87 m Dökkt og þétt basalt með feldspat-fenókrystum. Myndbreyting því nær engin, aðeins lítilsháttar grænleit ský úr klóríti í þunnsneiðum, en silfurberg í sprungum.
- 87 - 91 m Leir til beggja enda, en fínkornótt konglomerat líkast grófum sandsteini um miðbikið. Mjög myndbreytt og uppruni því vafasamur. Virðist hafa verið móberg.
- 91 - 101 m Dökkt og þétt basalt eins og 62 - 87 m.
- 101 - 150 m Mjög myndbreytt og torkennilegt basalt með silfurberg, zeólíta og klórítminerala, sem virðast fátækir að járn (ljósgrænir). Silfurbergið virðist sumstaðar pseudomorft eftir feldspatdíla. Sporin eftir plagíóklasnálar eru einu struktúrelementin, sem segja til um upprunann.

Dökka, fínkornótta basaltið virðist vera gangberg, og er mun yngra en myndbreytta basaltið neðst í holunni.

Hitinn í holunni er 71° á 6 m dýpi og helzt óbreyttur að heita má niður í 31 m. Í m dýpi tók 0,5 l/sec. að renna úr holunni,

en í 31 m dýpi óx heita vatnið upp í 7 l/sec. Í 70 m dýpi mældust 115° og 172° í 114 m dýpi. Í 141 m dýpi varð all ákaft gufugos.

Borhola 120, Kólviðarhóll.

Borað var með höggbor niður á 17 m dýpi, og eru berglögin óþekkt á því bili. Frá 17 - 46 m dýpi er stórkostleg kjarnarýrnun. Kjarnamolarnir eru einkum blöðrótt basalt og koma sennilega úr móbergskonglomerati. Neðan við 46 m dýpi eru kjarnamolarnir einvörðungu úr móbergskonglomerati, fínkornóttu og lítið myndbreyttu. Samt eru lítilsháttar útfellingar úr silfurbergi um allt móbergið. Ekki varð vart jarðhita í holunni.

Reykjavík, 2. marz 1950,

TÓMAS TRYGGVASON
(sign.)

Borhola að Gljúfurholti.

Frá 0m niður á 50m dýpt er móbergskonglomerat, en á 50m til 72m dýpt er mjög laust móberg (e.t.v. nokkur sandur) með kísil- og kalkútfellingum. Hitinn jókst frá 32°C við yfirborð í 58°C á 41m dýpt. Niður á 72m dýpt var hann ekki hærri, en þó mældust eitt skipti 60°C á 54m dýpt. Borun hins lausa móbergs var mjög erfið, og reyndist ógerningur að láta steypu harðna í holunni. Holan er 72m djúp og 3", en auk þess var nokkuð borað með 2" krónu neðst í henni.

3 grunnar holur í Hveragerði.

Þessar holur voru gerðar til þess að kanna þykkt hraunsins, m.a. vegna segulmælinganna, og til þess að kanna grunnvatnsstöðu. Voru holurnar staðsettar á beinni línu fyrir sunnan Hveragerði í stefnu ca. V - Au., en bilið milli þeirra er 200m. Miðholan er við vegamótin, þ.e. mót suðurlandsbrautar og/afleggjara inn í Hveragerði. Talið frá Au. til V er þykkt hraunsins 16,50 - 19,25 - 21,50m en vatnsstaða 15 - 3 - 26m og hiti 93 - 86 - 48°C. Haunið reyndist þett um miðbikið og steig vatnið upp þegar komið var niður að neðri mörkum hraunsins.

Mælingar á rennsli hvera í Hveragerði.

13. september 1949.

Nýi hverinn í Gufudal (báðir lækir) 11,5 l/s. Næsti hver í gilinu vestan við Nýja hverinn (spýtti óreglulegu millibili og því erfitt að mæla rennslið nákvæmlega) 2,4 l/s. Hver rúmlega 100 m ofan við Svaða. Sletti öðru hverju upp á barminn. Annar hver ca. 15 metrum neðar 3/4 l/s. Úr Svaða var ekkert rennsli. Hver í gilinu neðan við Svaða 5,5 l/s. Hver nokkru neðar (ofan við leiðslurnar frá Svaða) sletti rétt upp á barma. Hver í sprungum norðan við ána. Leiðslur frá honum í groðurhús hjá Grýtu og annað niður í Hverahvammi 10 l/s. (Ofan við hverinn var hár melur, sem vatn seig úr). Hverir á melnum (norðan við á). Rennsli ekkert, nema úr einum 1,5 l/s. Hverir í gilinu móti Hverahvammi 8,4 l/s. Hverina niður við ána móti Hverahvammi var ekki unnt að mæla sökum þess, hve mikið var í ánni. Eftir ágizkun er rennsli þeirra allra 6 l/s. Hverir í Hverahvammi.

Undir norðurhorni verksmiðjunnar 3 l/s.

Aðrir vestur á afgirta svæðinu (97°C) 1,7 l/s.

Hver vestur af Annebergi 9,4 l/s.

Lækur móts við Anneberg (hiti 69°C) 5,9 l/s.

Smáhver vestur af Reykhólum (hiti 87°C) 1,4 l/s.

Bakkahver (eftir ágizkun. 15 leiðslur 3 l/s.

úr honum)

Ath. Við þetta rennsli þarf að bæta því vatni, sem notað er úr hverjum hver.

SIGURJÓN RIST / JAKOB BJÖRNSSON
(sign) (sign)