

Hrafn

ORKUSTOFNUN
Jarðhítadeild

BORUN R-39 OG FRAMHALD BORANA

Á ÍAÐNITASVEDDU ÚT ÞETAVITU REYKJAVÍKUR

Jens Þómasson
Þorsteinn Thorsteinsson

OS83 ____ / JRD

Agúst 1983

EFNISYFIRLIT

Bls.

EFNISYFIRLIT	2
NYNDIR	3
1 Hola R-39	1
1.1 Valkostir	1
1.2 Gerð jarðhitakerfisins við Ellíðaárár	3
1.3 Staðsettning hola á Ellíðaársveginu	4
1.4 Borun R-39	4
1.5 Loftborun	5
1.6 Prýstiprófun	6
2 Kólnun á Ellíðaársveginu	7
2.1 Innangur	7
2.2 Hitamælingar RG-22	8
2.3 Viðurrennsli	9
2.4 Urvala	9
2.5 Viðurstíður	12
NYHELDUR	13

MYNDIR

- 1 Staðsetningarkort af holum á Elliðaárvæðinu....
- 2 Hitamelingar hola á Elliðaárvæðinu
- 3 Jafnhitalínur á hasta hita í hitatoppi
- 4 Hitamelingar frá RG-29
- 5 Hitamelingar frá RG-26
- 6 Hitamelingar frá RG-25
- 7 Hitamelingar frá RG-28
- 8 Hitamelingar í efstu 500 m frá RG-28 og bærhiti innan 1003C jafnhitalínu

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild
1983-09-02

Greinargerð
JU/PTH-
PP

BORUN R-39 OG FRATHALD BORANA Á LÁGNITASVÍÐUNN MITAVEITU
REYKJAVÍKUR

1 Hola R-39

1.1 Valkostir

Nær á eftir er rakað borðsetlun á næstu holum á Ellíðaárvíð og Laugarnessvælinu og hvatla gerðir af holum kensur tilgreindar á bora. Það er síðan með ákveðnum gerlum af holum.

Við teljum al nota eigi morinn Jötunn við Áfrankalda en i boranir á þessum svænum, hví að mikilax líkur eru í talsverðum vatnsaum fyrir neðan 2000 m dýpi á LA-um svælunum. Eins af bora á skálolur kensur vart annar bor til greina en Jötunn. Borðar hafa verið tvor djúpar holur á Laugarnessvælinu, RGJ-34 (3080 m djúp) og RGJ-35 (2940 m djúp). Í báðum holum var talsvert af vatnsæðum fyrir neðan 2000 m dýpi einkum í RGJ-35. Vatnafrænilegar athuganir í G-4, sem er 2200 m djúp benda til þess að vatnsherfin fyrir neðan 2000 m dýpi séu óháð efri vatnsherfum. Vatnið sem fest fyrir neðan þetta dýpi er því viðbót við kerfit sem nýtt er nú. Á Ellíðaárvælinu er dýpsta holan G-36 2312 m djúp og hitanölingar benda til að mikil vatnsleiðni sé fyrir neðan 2000 m dýpi á þessu svæði og sennilega nun neiri en á Laugarnessvælinu.

Næstu holu á þessum svænum á að bora á Ellíðaárvælinu. Þetta er R-39 og er forborun 65 m djúprar höggborsholu lokið. Holan er staðsett mitt á milli RG-26 og RG-31 (sjá mynd 1).

EKKI hefur verið ákveðið hvers konar hola verður borut þarna og hafa komið til greina fernskonar holur, þ.e. bein 2000 m djúp hola með Dofra, 1400 m djúp ská holá með Dofra, 2500-3000 m djúp bein hola með Jötni eða 2300 m djúp ská hola með Jötni. Æð okkar ósk hefur Karl Ragnars hjá JBR gert lauslega kostnaðaráætlun um leigu boranna Jötuns og Dofra

auk búnaðar til skáborunar. Svar hans við bréfi JT fer hér á eftir: "Vegna fyrirspurnar þinnar um borunarkostnað með Jötni og Dofra, upplýsum við að dagkostnaður Jötuns er áætlatur 182.000 kr/dag og dagkostnaður Dofra 150.000 kr/dag við boranir í Reykjavík og miðast þessar upphæðir við verðlag á 3.ja ársfjörlungi 1983. Í dagkostnaði er borleiga, vinnulaun áhafnar borsins, olíur og transport meðan á borun stendur.

Við skáboranir (stefnuboranir), sem eru gertar undir ca 20 horni við 160 línu er reiknað með að Jötunn geti borgið allt að 2300 metra dýpi en Dofri allt að 1400 metra dýpi. Þó skal tekið fram, að enn er óreynt hver dýptargeta-boranna er við skáborun. Áætlatur kostnaður við leigu tekja og sérfrælinga Orlandis frá er áætlatur 20.000 UPM. Holu eða 2,4 Mkr.

Við skáboranir má reikna með 10-15 dögum lengri bortima en við 160röttar boranir.

Við vorum að þessar upplýsingar nagi að sinni."

Par sem kostnaður við boranir er að verulegu leyti dagkostnaður gefa þessar tölur Karls Bugnýnd um þann aukkostnað sem er af því að nota Jötun í stað Dofra. Borhraði er svipaður hjá borunum niður á 1800 m dýpi en þar fyrir neðan er borhraðinn hjá Jötni meiri. Fööring í öllum holugerðunum yrði sú sana niður á 500 m dýpi, þar sem vart hefur orðið við hrun í sumum holum fyrir ofan 500 m dýpi. Nesti hrunkaflinn yrði því fóðraður af. Þessi fööring mun einnig seinka kólnuninni sem er á svæðinu smanber skýrslu Vatnaskila 1982 (Snorri Páll Kjaran o.fl 1982). Kólnunin stafar að minnsta kosti að hluta til af niðurrennslí á kaldara vatni úr efri jarðlöögum niður í neðri jarðlöög. Hægt er að seinka kólnun sem orsakast af slíku niðurrennslí með dýpri fööringum, því að eftir því sem fööringar verða dýpri þeim mun lengri leið verður kalda vatnið að fara áður en það kemst inn í holuna. Gerð verður nánari grein fyrir kólnunni seinna í þessari greinargerð.

1.2 Gerð jarðhitakerfisins við Elliðaár

Aður en farið er að meta mismunandi gerðir af holum er rétt að gera stutta grein fyrir vatnafræðilegri gerð svæðisins eins og henni er lýst í Höfuðborgarskýrslunni (Jens Tómasson o.fl. 1977) og eftir borun G-36 og G-37.

A svæðinu er viðsnúinn hitaferill, hitatoppurinn í holunum er á 700-1000 m dýpi en þar fyrir neðan kólnar um 20-40 °C (sjá mynd 2). Hæsti hiti í hitatoppnum er misjafn í holunum. A mynd 3 er sýndur hæsti hiti í hitatoppnum og dreagnar jafnhitalínur á milli hola. Ót úr þessari mynd kemur heit tunga sem kólnar til suðurs og er ekki nema um 200 m breið. Tekinn er maldur hiti í borholum, t.d. hitinn í G-28 getur verið of lágor því mælt var stuttu eftir borun, en seinni tíma malingar sýndu niturrennslí í holunni. Kom því einginn hitatoppur fram á þeim malingum. Hitinn í G-37 gati verið svona lágor vegna kólnunar á heita leiðaranum frá því vinnsla á svæðinu hófst.

Hin alnenna skýring á viðsnúnum hitaferli er sú, að vatn kemur upp með gangi eða sprungu, hitti síðan á vatnsleitlandi lag og renni lárétt eftir því. Vatnið í heitu tungunni kemur því upp í norðlagri átt frá holunni enda hitnar hún til norðurs. Vatnið rennur síðan eftir láréttum lögum til suðurs og við holurnar eru þau á 600-700 m dýpi. Breidd þessa straums er ekki nema 200-300 m. Uppstreyaisgangurinn eða sprungan er milli Elliðaár og RG-32. Í G-32 er ekki viðsnúinn hitaferill. Hiti í botni holunnar (1359 m) er 115 °C. Holan er í mjög nánum vatnafræðilegum tengslum við Elliðaárvæðið. Ót frá þessum hugmyndum að uppstreymið sé norðan við núverandi vinnlusvæði hafa JT og PTh gert tillögur um borun fyrir norðan Elliðaár til að skera hitatoppinn nær uppstreyminu og fá pannig heitara vatn. Ein hola var staðsett í kálgörðunum við Arbajarsafn (1970?). Sú hola hefur enn ekki verið boruð. Hola RG-32 var staðsett með svipaðar hugmyndir í huga en þá hefur verið farið norður fyrir uppstreymisrásina.

1.3 Staðsetning hola á Elliðaárvæðinu

Þmis vandkvæði eru talin á því að fara norður fyrir Elliðaár, því komið hafa fram tillögur um að bora skáholu frá núverandi vinnslusvæði í norðurátt. Staðsetning G-39 er ekki þannig að vel henti til að bora skáholu til norðurs, því hún er of langt (150 m) sunnan við árbakkann. Vatnsleiðarnir sem ná á með skáholunni eru fyrir ofan 1000 m, munar mikið um þessa 150 m. Eskilegt er að skáhola af suðurbalkanum borist í gegnum heitu tunguna og niður í uppstreynisrás heitara vatnsins. Ef ákveðið verður að bora skáholu væri best að vera við árbakkann á milli G-23 og G-26 sjá mynd 1. Við viljum sárt sem áður í treka tillögur okkar um holu fyrir nortan Elliðaár og að það verði athugalt vandlega hvort ekki sé hægt að finna holustæti þar sem er í sanromi við vatnafráilegt model svæðisins. Þeð því að bora vinnsluhólar nálegt uppstreynisrás heitu tungunnar fengist heitara vatn en sunnan ár. Ónnig metti í upphafi vinnslu á því svæði gera fyrirbyggjandi aðgerðir heil dýpum fóðringum til að seinka kólnun. Það metti því e.t.v. lengja liftina efri kerfa Elliðaárvæðisins með því að fára vinnslusvæði norður fyrir árnar. Það er svo ákvörðunaratriði hvo mikil kólnun er leifð í efri kerfunum áður en ástæða er til að flytja vinnslusvæðið norður fyrir árnar.

1.4 Borun R-39

R-39 var staðsett til að skera vatnsleiðara fyrir neðan hitatoppinn. Hún er á milli 105 og 110 C jafnhitalínanna á hitatoppnum (sjá mynd 2). Á þessu svæði þar sem hitinn í hitatoppnum er 105 C eða hærri eru fáar dýpar holur vegna þess að góðar vatnsæðar hafa verið í þessum holum frá 600 m dýpi og hafa menn því verið ánægðir með vatnsgæfni frekar grunnræð hola. Þessar holur voru boraðar fyrir daga viðra hola og prýstiprófana. Við leggjum til að R-39 verði boruð með Jötni niður í 2500-3000 m dýpi. Rök fyrir þessari ráðleggingu eru pessi:

1. Vatnsleiðni er góð á svæðinu þar sem R-39 er staðsett og ekkert sem bendir til þess að búið sé að bora í gegnum vatnsleiðandi lög á svæðinu.
2. Á svæðinu er viðsnúinn hitaferill og mældur hiti á 2000-2400 m dýpi er ekki nema 71 til 86,5 C (sjá mynd 2).

Ef ekkert vatnsrennsli væri í bergenú ætti hitinn á þessu

dýpi að vera yfir 300 C samkvæmt gosbeltismodeli Guðmundar Pálmasonar (Guðmundur Pálason 1973, Guðmundur Pálason o.fl. 1980). Svona lágur hiti á þessu dýpi gefur til kynna að bergið sé kalt niður vegna mikils vatnsrennslis í gegnum það. Þetta þýðir að meðan hitinn er svona lágur þá megi búast við áframhaldandi vatnsleiðandi lögum.

Auk þessara tveggja höfuðatriða fyrir tillögunni um að R-39 verði djúp hola má nefna að í RG-36 fannst jarðlag í kringum 2300 m dýpi sem var mjög zeðlitaríkt og sehnilega er þetta set. Ef svo er hefur það líklega viða útbreiðlu og því vel hugsanlegt að það finnist í R-39. Tilvist setsins í R-39 mundi gefa miklar upplýsingar um jarðfrætilega uppbryggingu Ellíðaársvalsins.

1.5 Loftborun

Lagt er til að dælt verði í holuna lofti meðan á borun stendur til að léttu vatnssúluna í holunni þannig að konist verði hjá allum stifla vatnsæðar eins og venja er til þegar skolvatn tapast út í vatnsæðar. Það yrði líti skolvatnsaukning í stað skoltaps í boruninni. Helstu kostir við að nota loftdælingu í borun eru:

1. Svarf og borleikja fer ekki inn í vatnsæðar meðan á borun stendur. Vatnsæðar verða því ekki stiflaðar í borun eins og gert er þegar skoltap verður og vatnsæðar eru stiflaðar að hluta eða jafnvel algjörlega í borun.
2. Betri upplýsingar fást um vatnsæðar í holunni meðan borað er, þar sem skolvatnsaukning er betri malikvarði en skoltap á afköst nýrra vatnsæða því skoltapsaukning getur einnig orðið vegna þess að efri vatnsæðar opnast aftur.
3. Hægt er að bora dýpri holur því ekki þarf að hætta borun vegna skoltaps.
4. Loftdæling í borun gati stytt þann tíma, sem fer í prýstiprófunina en kámi þó taplega í stað prýstiprófunar. Arangur af prýstiprófuninni kámi betur í ljós ef skolvatnsaukning yrði í borun fremur en þegar skoltap verður, því vatnsgefni holunnar er betur pekkt í skolvatnsaukningu en skoltapi.

Kostnaður við loftdælingu er talsverður. Í ársþyrjun var loftpressa, sem mundi væntanlega duga til að skapa pósítiðan

þrýsting meðan á borun stendur, leigð á 1000 kr á tímann. Ef áhugi verður á að reyna þetta á Elliðaársveðinu munu jarðboranir gera sérstaka verk- og kostnabaráætlun um þennan verkþátt.

1.6 Prýstiprófun

Gerð er ráð fyrir að holan verði prýstiprófuð eins og gert hefur verið vid nærrí allar holur sem Hitaveita Reykjavíkur hefur látið bora s.l. '15 ár. Langmest telulegt ofni um gildi þrýstiprófana er frá Hosfellssveitarsvæðihu. Þar voru borðar 37 holur á árunum 1970-1977 og voru allar þrýstiprófarar. Árangur af þessum prófunum er tekninn saman í tveimur ritgerðum (Jens Þórssen "og", Þorsteinn Þorsteinsson, 1975 og 1978). Í þessum greinum er talad um tvønnskonar aukningarástættu, það er aukning miðað við sananlögð skoltöp í holunni og aukningu miðað við tapið eins og það er í lok borunar. Þetta má líka segja á annan hátt. Með þrýstiprófunum er hagt að auka vatnsgafni holanna á tvønnan hátt. Í fyrsta lagi breinsar þrýstiprófunin burt stiflur úr vatnsæðum sem myndast í borunum, en þessar stiflur myndast í síllum borunum þar sem skoltap er. Í ófuru lagi eykur þrýstiprófun upphaflega vatnsgafni holanna.

Í Hosfellssveit hefur alltaf tekist vel að breinsa burtu stiflur sem myndast hafa í vatnsæðum í borun. Aukning á vatnsgafni holanna hefur því alltaf orðið mikil miðað við afköst holanna í lok borunar, eða allt upp í 100-fóld. Finnig hefur í sumum holum orðið mikil aukning á upphaflegri vatnsgafni teirra miðað við sananlögð skoltöp, eða allt upp í 7-fóld aukning. Með því að skipta drangrinum upp í þetti eða þrep líkt og lýst er hér á undan, er hagt að draga almennar ályktanir af þrýstiprófunum í Hosfellssveit, sem gilda fyrir allar boranir á lághitasvæðum. Þessar ályktanir eru:

1. Þegar borað er á lághitasvæðum með kerfi með undirþrýstingi (en þetta á við nér öll svæði þar sem vatnsvinnsla er) er rétt að þrýstiprófa til að ná út stíflum úr vatnsæðum sem myndast meðan á borun stendur.
2. Í sumum holum verður mikil aukning á upprunalegri vatnsgafni holanna. Líklegt er að aldur bergsins skipti mál, þannig að það sé meiri von um árangur í kvarteru bergi en tertieru.
3. Það er visst samband milli dýpis á

þrýstiprófunarbili og þess þrýstings sem þarf að ná til þess að von sé um árangur af þrýstiprófuninni. Þeim mun nær sem þrýstingur er bergþyngdinni fyrir ofan prófaða bilið, þeim mun meiri von er um árangur.

4. Prýstiprófanir gefa miklar upplýsingar um vatnafræðilega gerð jarðhitasvæðanna.

Holur R-34 til R-38 hafa verið þrýstiprófaðar og hefa allar batnað mikið miðað við tapið í lok borunar, og a.m.k. í einni holu, RG-37, hefur upprunalega vatnsgöfnin 2-3-faldast (sjá Jens Tómasson o.fl., 1982). Verið er að gera sérstaka skýrslu um þessar þrýstiprófanir og mun hún koma út bráðilega.

2 Kólnun á Elliðaárvæðinu

2.1 Inngangur

Talsverð kólnun hefur orðið á Elliðaárvæðinu síðan vatnsvinnsla á jarðhitasvæðinu hófst sbr. skýrslu Vatnaskila 1982. Við atlum að leggja nokkur orð í belg um þessa kólnun út frá vatnafræðilega nödelinu sem hér hefur verið sett fram og hitamalingum frá 1982 og eldri hitamalingum sem geta skýrt eðli og gang kólnunar á svæðinu.

Til að einfalda umræðuna má skipta vatnsleiðurunum á Elliðaárvæðinu í þrennt. A) Vatnsleiðararnir fyrir ofan hitatoppinn (100-500 m dýpi), sem voru 40-90 C heitir áður en vinnsla hófst á svæðinu. B) Vatnsleiðararnir í hitatopnum (500-1000 m dýpi) sem er allt upp í 110 C. C) Vatnsleiðararnir fyrir neðan hitatoppinn (>1000 m dýpi). Hitinn á þessum leiðum er 70-90 C.

Mynd 2 sýnir hitadreifinguna í löðréttu plani í leiðara B. Hitinn er mjög misjafn (72-110 C) á milli hola og eins og áður hefur verið sagt myndast mjó hitatunga sem kólnar á þrjá vegu. Allar holurnar á mynd 3 nema RG-36 eru í göðu vatnafræðilegu sambandi hver við aðra og leiðin á milli þeirra er að mestu leyti lárétt. Það mætti því ætla, að pegað dælt er mest úr heitasta hluta svæðisins mundi kaldara

vatn koma inn í holurnar frá hliðunum.

2.2 Hitamælingar RG-29

Hitamæling frá RG-29, 82.03.08, bendir til að um slika hliðarkólnun sé að raða því vatnsæðin í 1060 m hefur kólnað um að minnsta kosti 18 C (sjá mynd 4). Samkvæmt mælingunum 69.08.22, sem gerð var rétt eftir borun gæti því aðin hafa verið eitthvað kald eftir skoltap. Þetta var aðalvatnsæðin í holunni og fyrst þegar byrjað var að dala úr henni komst hitinn á vatninu upp í 107 C. Það gæti þýtt að þessi vatnsæði hefði kólnað um 25 C meðan vatnið sem dolt er úr holunni hefur kólnað um 14 C. Holan hefur því kólnað mest í botni. Það er því ekkert haliðrennsli ófán frá í næsta nágrenni holunnar. Hitinn í RG-26 fyrir neðan vatnsæðina í 760 m hefur ekkert breyst frá upphafi vinnslunnar, en holan er staðsett á heitasta stað nyrst í núverandi vinnslusvati. Það virðist því ljóst að kaldara vatn úr jöðrun svæðisins hafi ekki náð til RG-26.

2.3 Niðurrennslí

Í RG-26 hefur orðið mikil kólnum vegna niðurrennslis í sjálfri holunni og einnig gæti slikt niðurrennslí átt sér stað í berginu í næsta nágrenni holunnar. Eftir hitamælingunni frá 82.05.17 að dama er mest kólnum á 760 m aðinni. Hún hefur kólnað úr 110 C í 77,5 C eða um 32,5 C. Þessi kólnum er aðeins í næsta nágrenni holunnar en vatnsæðin í 760 m hefur ekki kólnað nema um 10 C eða minna, því nú er dolt um 100 C heitu vatni úr holunni, en 760 m aðin er aðalvatnsæð holunnar. Niðurrennslí þýðir að prýstingur á efri aðum hefur aukist miðað við neðri aðar síðan vinnsla hófst, og er því líklegt að hluti af kólnuminni sé vegna þess að efri aðar séu stærri hluti af vatninu sem dolt er upp úr holunni en aður var. Við getum því ekki sagt meira um holuna af 760 m aðinni en það að hún sé á milli 0-10 C.

Niðurstreymi í holu RG-26 stafar af því að A-vatnsleiðarnir (í efstu 500 m holunnar) hafa nú hästán prýsting, en aður en vatnsvinnslan hófst voru B-vatnsleiðarnir (vatnsleiðarar hitatoppsins) með hærri prýsting en A-leiðarnir. Þá rann vatn úr B-leiðurunum upp í A-vatnsleiðarana. B- og C-leiðarnir hafa verið með nokkuð svipaðan prýsting og það

virðist ekki vera neitt vatnsrennsli á milli þeirra, en hafi eitthvert vatnsrennsli verið þá hefur fremur runnið úr B-leiðarunum niður í C-leiðarana en öfugt. Prýstibreyting í A-leiðarunum stafar af því að inn í leiðarana rennur kalt grunnvatn úr stóru opnu vatnskerfi, sen stjórnar prýstingnum í efsta vatnskerfinu. Prýstingurinn í A-leiðarunum verður þá einhversstaðar á milli prýstingsins á kalda grunnvatninu og prýstingsins í B- og C-leiðarunum. Prýstingurinn í B- og C-leiðarunum stjórnast nokkuð af vatnsvinnslum og hefur lekkað síðan vinnsla hófst. Í A-leiðarunum er af köldu grunnvatni og jarðhitavatni.. Kalda grunnvatnið hitnar upp af berGINU um leið og það kallir það. Einar Gunnlaugsson (1982) hélt út frá eðnafræðilegu sjónarmáli að fremur hratt rennsli af köldu vatni varfi inn í jarðhitagögninni því að ýnis efni í jarðhitavatninu heflu ekki nöt jafnvagi við núverandi hita á jarðhitavatninu. Þetta er í góðu sauramí við þessar niðurstöður, allt niðurrennslu fari í gegnum A-leiðarana.

2.4 Umræða

Hvað er hægt að gera til að hindra eðja seinka kólnun, sem orsakast af niðurrennslu af köldu vatni niður í jarðhitakerfi? Til að svara þeiri spurningu þá skulum við athuga hvaða þáttir ráða kólnuninni og hvernig hægt er að mala þá. Þetta eru atallega fjórir þáttir:

1. Magnið af heitu bergi sem kalda vatnið rennur um og kallir.
2. Upprunalegur hiti bergsins sem kalda vatnið er að kala og/eða hve hratt bergröð kólnar.
3. Hiti kalda vatnsins sem rennur inn í jarðhitakerfi.
4. Magnið af kalda vatninu sem rennur enn í jarðhitakerfi.

Um fyrsta þáttinn vitum við ekki mjög mikil. Eins og áður sagði er líklegt að næsta kólnunin fari fram í A-leiðarunum sem eru um 500 m á þykkt, en í gegnum holur nær kólnun mun dýpra og dýpst í RG-25 niður á 1470 m. Um láréttu útbreiðslu á kólnun er enn minna vitað, en hún nær þó út fyrir heitu tunguna því kólnunin nær til RG-25.

Upprunalegur hiti er allvel pekktur í B- og C-leiðarunum. Hitamælingarnar (mynd 2) sýna hitann í þessum leiðarum allvel nema hvað hitamælingin frá G-28 gefur ekki réttan

hita í B-leiðaranum þar sem niðurrennslí er í holunni. Hitinn í A-leiðurunum er illa pekktur og ekki til nein hitamaling sem gefur berghitann ofan við 500 m í einni og sömu holunni. Þó ekki sá hægt að segja til um upprunalegan hita út frá einni hitamalingu, þá varí hugsanlegt að setja þar sanan úr fleiri en einni hitamalingu og af öllum hitamelingum sem gerðar hafa verið af holunum sem eru innan 100 C jafnhitalínunnar (mynd 2). Þá eru aðeins tvær malingar sem gefa einhverjar upplýsingar um berghita á dýptarbilinu 0-500 m. Fyrri malingin er frá RG-23 (67.11.27). Sú maling var gerð í borun þegar holan var 529 m djúp, og var melt í helgarleyfi bormanna. Þá rannu upp úr kolumni 2-3 1/s af 71 C heitu vatni. Vatnsætin er á 425 m dýpi og rennur þessan 71 C heitt vatn. Hitinn í einni dr líklega mjög nærri berghita á þessu dýpi. Þáin geti þó verið aðeins kula, en sennilega mjög líti. Því pósítívur þrýstingur var á jarthitasvælinu meðan RG-23 var borud. Hitamaling frá RG-23 (32.03.08) gefur sonnilega góðar upplýsingar um berghitann í holunni fyrir ofan 170 m. Íf tessi hitaferill er tengdur við hitaferilinn frá RG-23 fyrir neðan 425 m fast lágnarksgildi fyrir upprunalegan berghita. Því hafi hitinn í RG-22 breyst fyrir ofan 170 m frá upphafi vinnslu, þá er sú kólnun í samræmi við alkenna kólnun á svælinu. Um breytingar á berghita vegna kólnunar af niðurrensli eru ákaflega fðar upplýsingar. Í RG-23 er mikil kólnun í 183 m (sjá mynd 4). Þarna hefur ortið kólnun um a.m.k. 16 C. Áðal niðurrennslíði í RG-23 kemur frá vatnsættinni í 240 m dýpi, sem er nú ekki nema um 50 C (sjá mynd 5), en var upprunalega yfir 80 C (mynd 5). Í þessum punkti hefur bergið því kólnað um a.m.k. 30 C. Í RG-25 er vatnsæt á 300 m dýpi. Í henni hefur ortið kólnun. Upphaflega rann vatn úr neðri aðum upp í þessa vatnsæt, og rann 74 C heitt vatn úr aðinni eftir þá blöndun. Berghitinn var því lagri en 74 C. Arið 1981 rann 60 C heitt vatn niður úr þessari að svo þarna er kólnunin minni en 14 C. Það varí hægt að giska á kólnunina í efstu aðum í RG-23 á svipaðan hátt og gert er fyrir RG-25 og 26. Kæling sem kemur fram í öðrum punktum er vegna rennslis í holunum sjálfum og segir ekki til um berghita. Til að fá upplýsingar um kólnun á bergeninu sjálfu þarf holur með steypingarfööringar niður í botn. Þetta má leysa með því að steypa fööringar í gamlar holur eða bora nýjar. A. Selfossi (Jens Tómasson og Gísli K. Halldórsson, 1981) hafa slikar holur gefið mjög miklar upplýsingar um kólnunina, t.d. hve djúpt kólnunin nær og hve kólnunin er mikil á ári hverju í ákveðnu sniði.

Hitinn á kalda vatninu verður að teljast vel þekktur. Það er gert ráð fyrir því að það renni niður 5°C heitt grunnvatn, en það er sá hiti sem mældist á grunnvatni í námunda við svæðið. Hagnið af kalda vatninu, sem rennur inn í svæðið er í einhverju hlutfalli við dælinguna upp úr svæðinu. Þetta hlutfall er líklega hægt að finna með efnafraðilegum aðferðum. A Selfossi hafa breytingar á klór í jarðhitavatninu gefið petta hlutfall (Jóns Tómasson og Gísli K. Halldórsson, 1981). A Elliðaársvæðinu er klór í jarðhitavatni og grunnvatninu mjög svipað og því ekki hægt að nota klór á þessu svæði. Einar Gunnlaugsson (1982) hefur sýnt fram á að hægt sé að nota breytingar í flúormagni í jarðhitavatninu á Elliðaársvæðinu til að nota hlutfallið á köldu grunnvatni á jarðhitavatnínú. Það er því hægt að fá einhverjar upplýsingar um þessar fjórar stærflir úr gögnum sem þegar liggja fyrir, auk þeirra frambaldsrannsókna sem lagt er til að gerðar verði. Þessar fjórar stærflir eru háðar hver annari og er því hægt að reikna út þar starðir sem ekki verða meldar.

Hvernig er hægt að hafa áhrif á gang kólnunar? I fyrsta lagi er hægt að stöðva þá kólnun sem er vegna niðurrennslis í gegnum holur sem ekki eru í vinnslu, með því að steypa í þar. Best vori að það veri steypa í þar fóðring, þannig að hægt sé að nála berghitann og breytingar á honum með tíma. Fóðringardýpi getur haft mikil áhrif á hraða kólnunarinnar vegna þess að þá er aukið bergmagnið sem vatnið kolir, og þar eð vatnið hitnar við snertingu við heitara berg, þá verður það ekki eins kalt þegar það kemst inn í holurnar. Staðsetning vinnsluholanna er einnig mikilvæg varðandi hraða kólnunarinnar því niðurrennsliskólnun er mest þar sem niðurdráttur á svæðinu er mestur, p.e. í kringum vinnsluholurnar. A Elliðaársvæðinu gæti t.d. verið hægt að bora holur fyrir norðan Elliðaárnar, á stað þar sem bergið hefur kólnað miklu minna en á náverandi vinnslusvæði.

Kelingin á bergeninu er í beinu hlutfalli við dælinguna úr svæðinu, því fyrir hvern lítra sem dælt er úr svæðinu kalist ákveðið magn af bergi. Einnig er hægt að stöðva niðurrennslu í gegnum holur með því að steypa í þar.

2.5 Niðurstöður

A Ellíðaársveðinu er viðsnúinn hitaferill, þar sem hitinn er hæstur á milli 600-1000 m dýpi, 80-110 °C, en þar fyrir neðan kólnar kerfið niður í 70-80 °C. Hjó heit tunga kemur úr norðri inn á svæði og eru núverandi holur í jaðri hitatungunnar. Svæði er því mjög viðkvæmt fyrir kælingu vegna þess að við dælingu kemur kaldara vatn inn frá hlið.

Vinnsla á Ellibaársveðinu byrjaði 1968. Strax í byrjun vinnslu varð vart við kólnun í sunum holum. Þessi kólnun stafar af því að við vinnslu verður meiri niðurdráttur í B-leiðurunum (hitatunguñni) en í C-leiðurunum (neðsta vatnsleiðaranum, neðan við 1000 m). Vatnsmagnið sem kemur frá C-leiðurunum eykst því með tind og þar sem vatnið frá C-leiðurunum er kaldara en frá B-leiðurunum þá kólnar vatnið sem dælt er upp úr holunum. Kæling vegna niðurrennslis af köldu vatni byrjar ekki fyrr en eftir 1970, en sankvant Einari Gunnlaugssyni (1982) var jarðhitavatnið mjög norri jafnvagi vit mælt hitastig í upphafi vinnslu úr svæðinu (1968-1970). Eftir 1970 sínir efnafrétti vatnsins langri hita, en maldan hita vatnsins. Ætti er með vissu hagt að segja neitt um það hvenær kæling vegna innrennslis frá hlið byrjaði, en hún gati hafa byrjað mjög fljótt.

Nú er í gangi kólnun sem er að verulegu leyti vegna niðurrennslis af köldu vatni inn í jarðhitakerfið. Þetta niðurrennslí fer að hluta til í gegnum holur og það niðurrennslí er hagt að stöðva með því að steypa fóðurrör í holurnar.

Mjög lítið er vitað um það hve mikil niðurrennslí kalda grunnvatns hefur kælt bergið á svæðinu, þar sem engar steyptar holur (fóðuraðar í botn) eru virir hendi á svæðinu. Í slíkum holum er hagt að fylgjasst með breytingumá berghita í ákveðnu sniði eða sniðum með tíma.

Það er hagt að hægja verulega á kólnun á svæðinu með því að fóðra holur niður fyrir vatnsleiðara efsta kerfisins (kerfi A) og stöðva þann hluta niðurrennslis sem fer í gegnum holurnar með því að steypa upp í þær holur sem eru með niðurrennslí. Einnig er mögulegt að flytja vinnslusvæðið norður fyrir Ellíðaárnar og seinka þannig kólnun.

HEIMILDIR

Einar Gunnlaugsson, 1982. Efnagreiningar á vatni á Elliðaárvæði: Hitaveita Reykjavíkur. Viðbætir við skýrslu Vatnaskila í desember 1982.

Evidence from drillhole data on structure and processes, in Deep Drilling Results in the Atlantic Ocean: Ocean Chemist Maurice Ewing Ser. Vol. 2, edited by H. Falwani, C.G. Harrison, and D.E. Hayes, pp 43-55, AGU Washington D.C.

Guðmundur Pálmarson, 1973. Kinematics and heat flow in a volcanic rift zone, with application to Iceland. Geophys. IR Astr. 506, 33, pp 451-481.

Guðmundur Pálmarson, Stefnán Arnorsson, Ingvar B. Friðleifsson, Hrefna Kristmannsdóttir, Kristján Sæmundsson, Valgarður Stefánsson, Benedikt Steingrímsson, Jens Tómasson og Leó Kristjánsson, 1979. The Iceland Crust.

Jens Tómasson og Þorsteinn Thorsteinsson, 1975. Use of injection packer for hydrothermal drillhole stimulation in Iceland. OSJHD 7532.

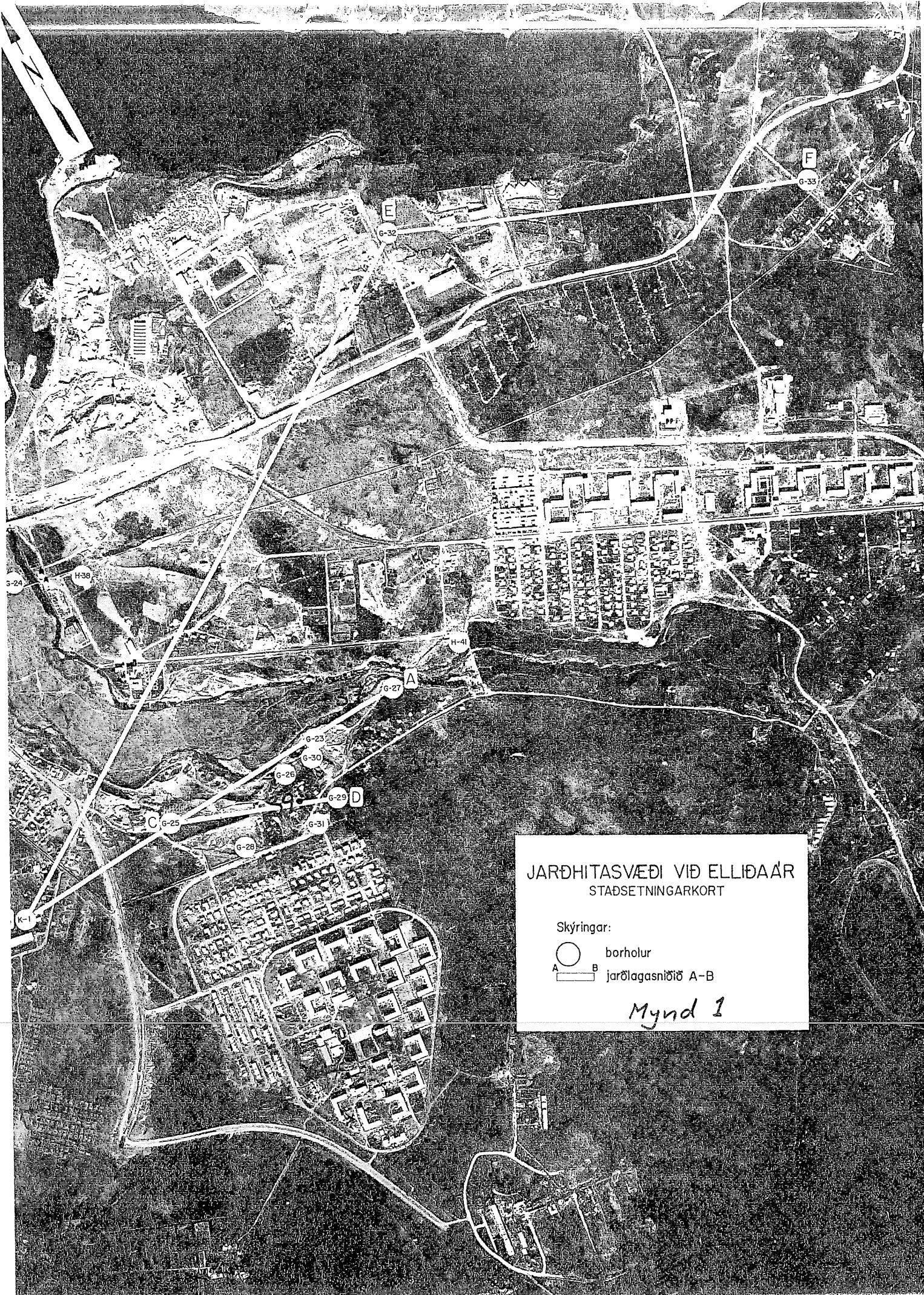
Jens Tómasson og Þorsteinn Thorsteinsson, 1978. Drillhole stimulation in Iceland. American Society of Mechanical Engineers, 78-Pet-24.

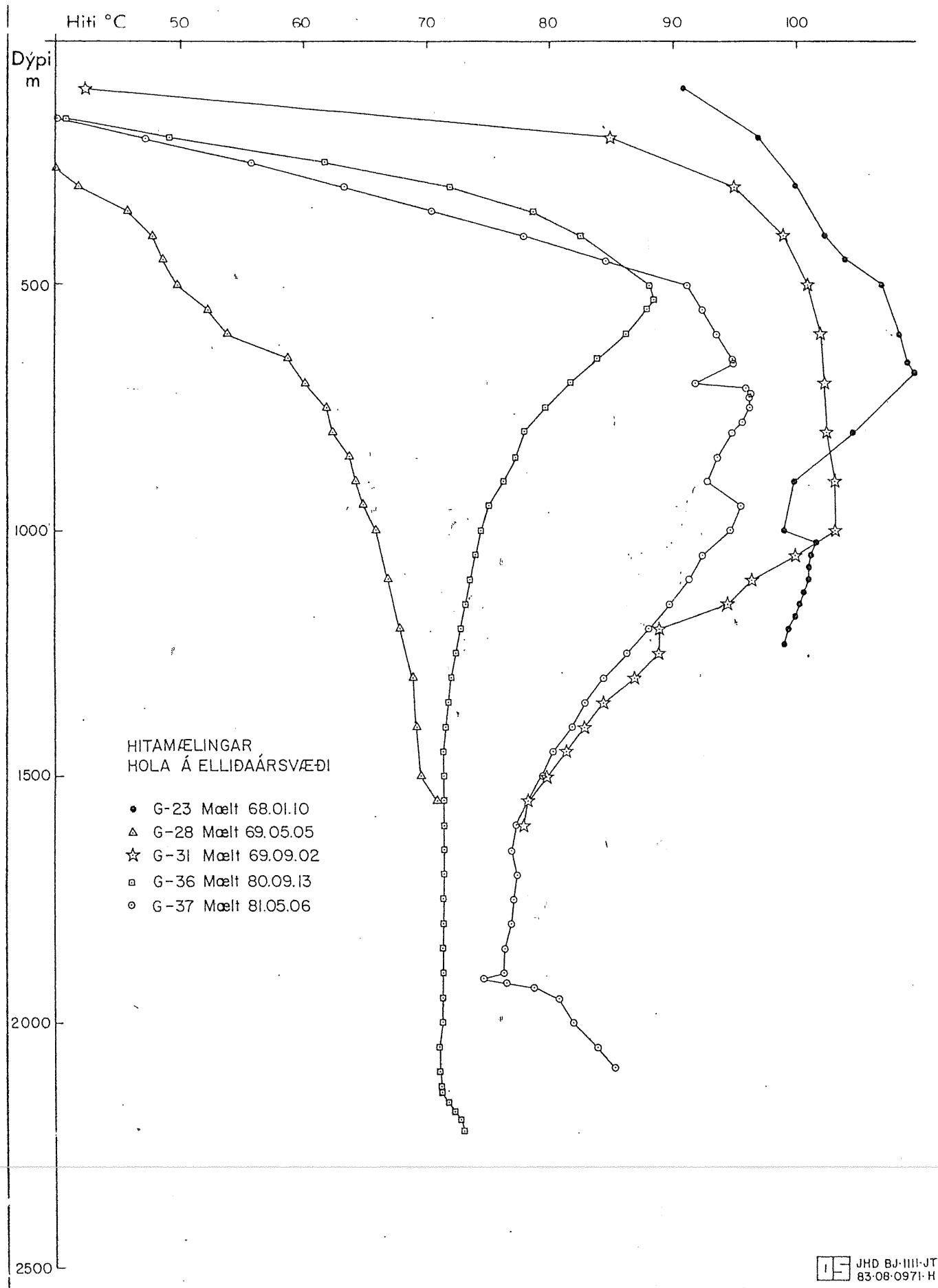
Jens Tómasson, Þorsteinn Thorsteinsson, Hrefna Kristmannsdóttir og Ingvar Birgir Friðleifsson, 1977. Höfuðborgarsvæðið. Jarðhitarannsóknir 1965-1973. Orkustofnun, Jarðhitadeild.

Jens Tómasson og Gísli Karel Halldórsson, 1981. The cooling of the Selfoss Geothermal area, S-Iceland. Geothermal Resources Council, TRANSACTIONS, Vol. 5, Október 1981.

Jens Tómasson, Þorsteinn Thorsteinsson og Ómar Bjarki Smárason, 1982. Greinargerð yfir borun holu G-37 á Elliðaárvæði. OSJHD-82-11-10.

Snorri Páll Kjaran, Gísli Karel Halldórsson og Jónas
Elíasson, 1982. Elliðaárvæðið. Ahrif jarðhitavinnslu á
orkuforða. Verkfræðistofan Vatnaskil, desember 1982.

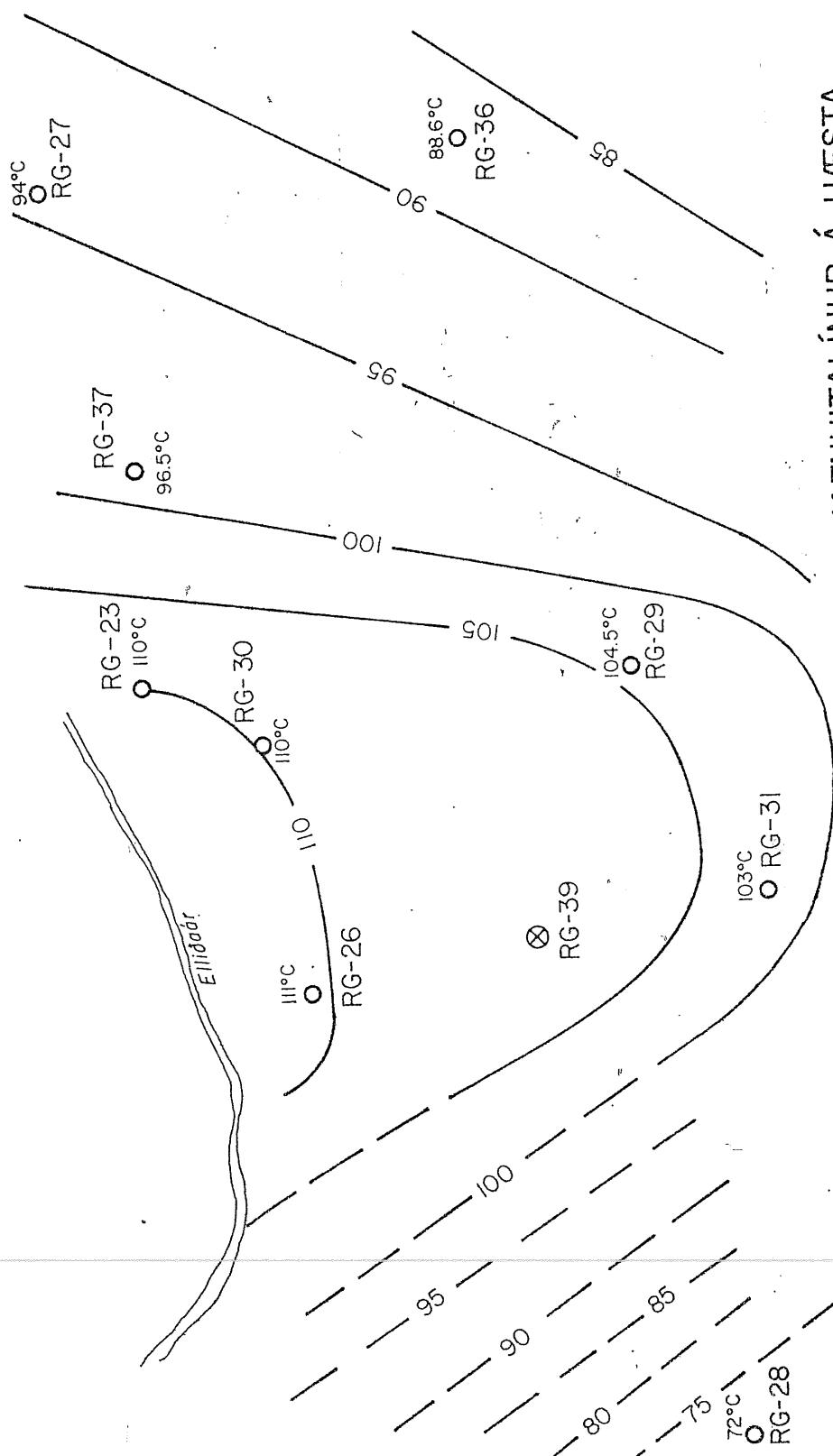




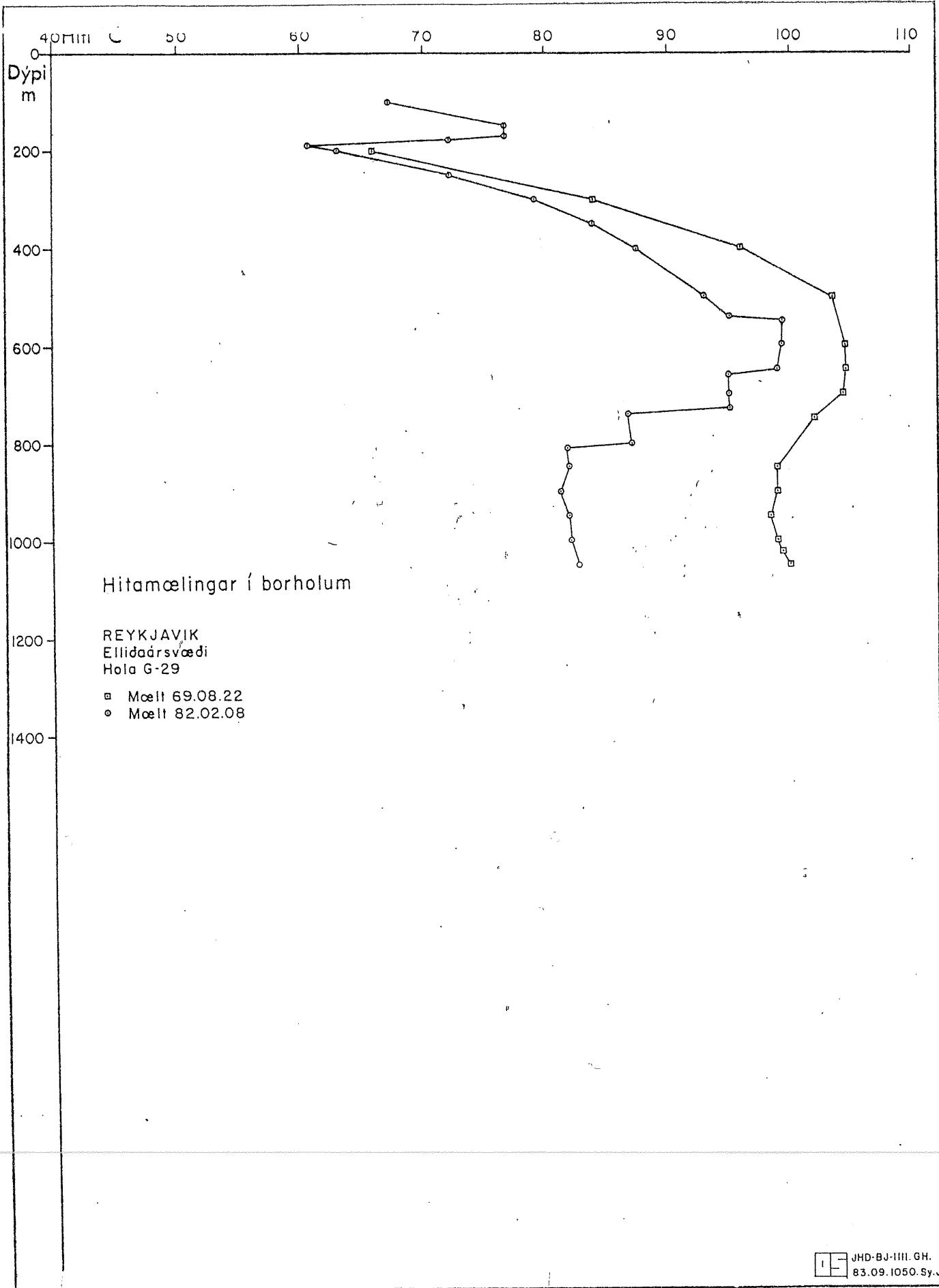
Mynd 2. Hitamælingar í holum á Ellíðaárvæðinu

JAFNHITEALÍNUR Á HÆSTA
HITA Í HITATOPPI

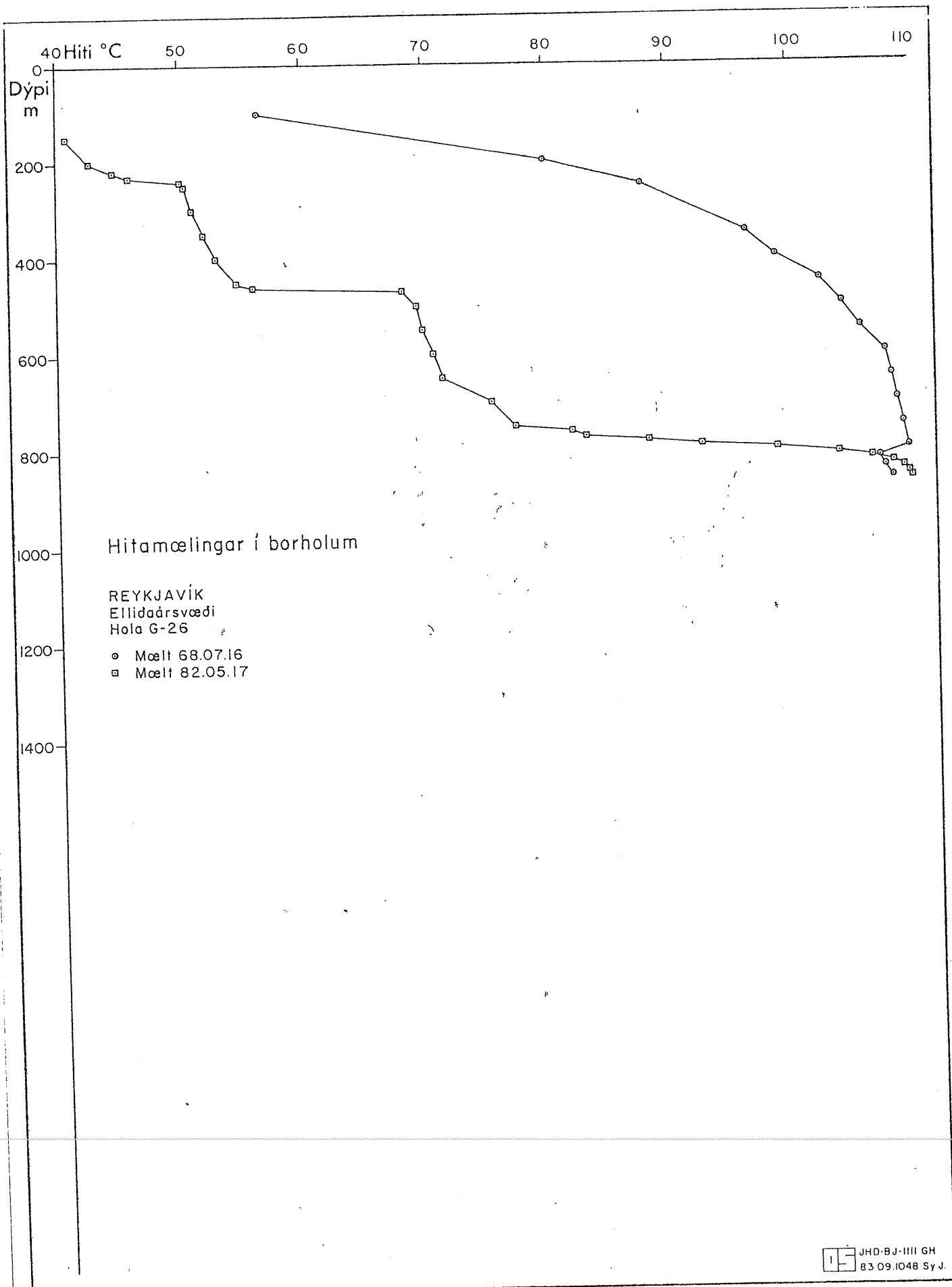
0 20 40 60 80 100m



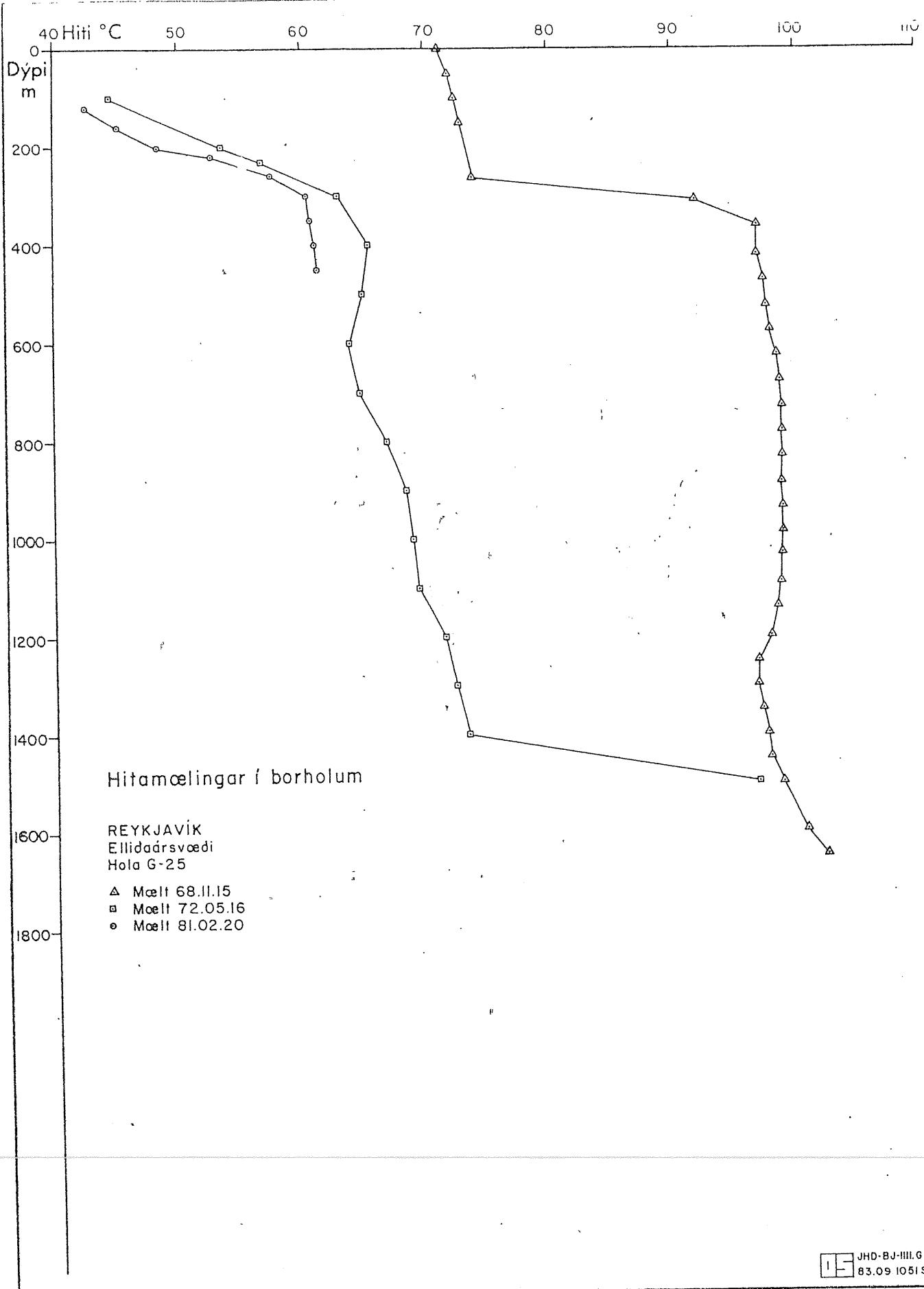
Mynd 3. Jafnhitalínur á hæsta hita í hitatoppi. Myndin sýnir útbreiðslu heitu tungunnar á númerandi vinnslu-
svæði fyrir sunnan Elliðaár



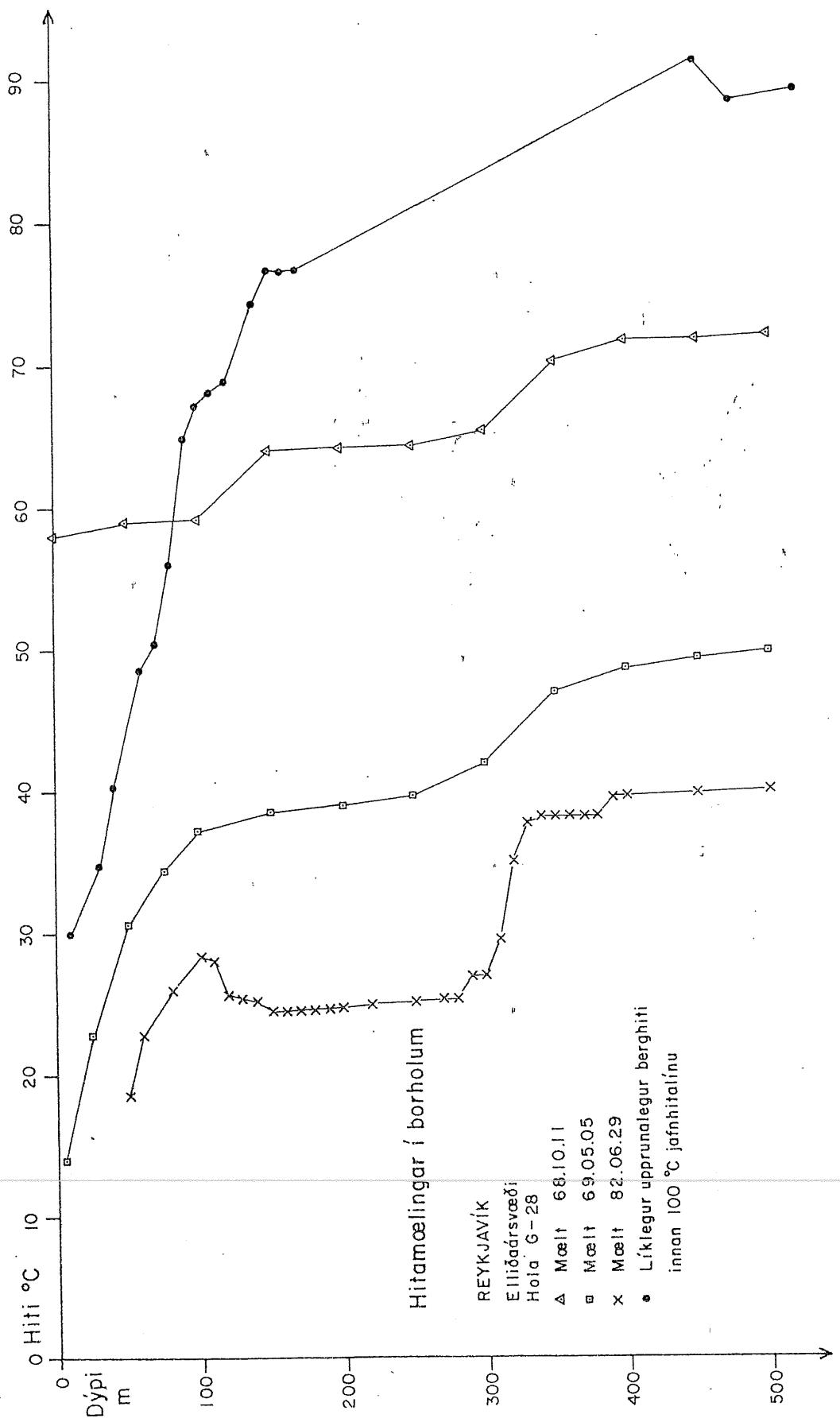
Mynd 4. Hitamælingar frá RG-29



Mynd 5. Hitamælingar frá RG-26

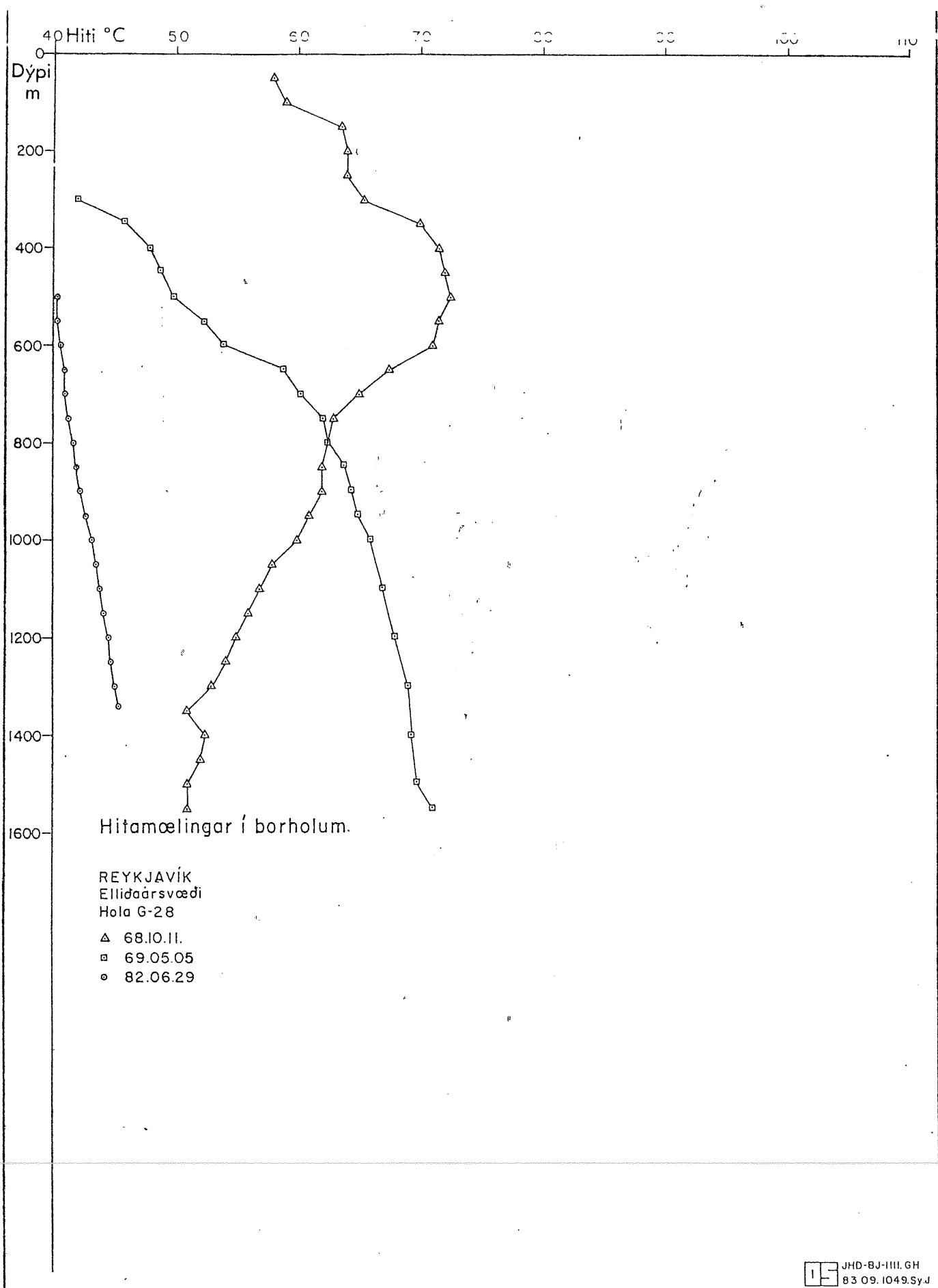


Mynd 6. Hitamælingar frá RG-25



Mynd 8. Hitamælingar í eftstu 500 m frá RG-28 og berghiti innan 100°C jafnhitalínu

JHD-BJ-III-J.T.
83.09.1175-E.K.



Mynd 7. Hitamælingar frá RG-28

[OS] JHD-BJ-III. GH
83 09. 1049.Sy.J