



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

HÓLSGERÐI Í EYJAFIRÐI

Jarðhitarannsóknir 1991 og 1992

Ólafur G. Flóvenz
Jens Tómasson

Unnið fyrir Eyjafjarðarsveit

OS-92062/JHD-04

Desember 1992



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 610 651

HÓLSGERÐI Í EYJAFIRÐI
Jarðhitarannsóknir 1991 og 1992

Ólafur G. Flóvenz
Jens Tómasson

Unnið fyrir Eyjafjarðarsveit

OS-92062/JHD-04

Desember 1992

ISBN 9979-827-16-5

ÁGRIP

Í júní 1992 gerði Orkustofnun viðnámssniðsmælingar á jarðhitasvæðinu við Hólsgerði í Eyjafjarðarsveit að beiðni sveitarstjórnarinnar þar, og í framhaldi af því annaðist stofnunin val á borstæði og umsjón með borun 5 grunnra rannsóknarholna á svæðinu, en árið áður höfðu verið boraðar 4 slíkar holur. Jarðlög í grennd við Hólsgerði eru hluti af fornri megineldstöð sem kennd er við Torfufell, þar sem líparít er áberandi. Vitað er um tvær laugar í grennd eldstöðvarinnar, á dalbotninum með um 130 m millibili. Sumarið 1982 mældist hiti í Hólsgerðislaug 46,6°C en í Torfufellslaug 37,4°C. Samkvæmt efnagreiningum má áætla að hiti í vatnskerfinu sem laugin við Hólsgerði sækir vatn sitt frá sé 70-80°C. Vatnið er ívið ríkara af uppleystum efnum en annað jarðhitavatn í Eyjafirði en telst samt fremur efnasnautt nema að því er varðar styrk flúoríðs. Vatnskerfið við Torfufell virðist svipað að efnasamsetningu og hita og því líklegt að vatnið úr báðum laugunum komi úr sama vatnskerfi. Segulmælingar sýna að gangur liggur á milli lauganna, um 20 m vestan þeirra. Viðnámssniðsmælingar gefa vísbendingar um sprungur á þremur stöðum á rannsóknarsvæðinu. Hitamælingar í grunnu rannsóknarholunum sýna að vatnið í Hólsgerðislaug kemur upp um sprungu með stefnu N20°V, sem er greinilega sama sprungan og fannst með viðnámssniðsmælingum. Uppstreymið er bundið við lítinn hluta sprungunnar við holur 5 og 9 og kemur líklega djúpt úr jörðu. Greining borsvarfs úr holum 5-10 sýnir að vatnsæðarnar sem fundust í holunum þar fylgja þunnum setlögum á milli hraunlaga. Búast má við að sprungum sem stefna norður-suður halli 4-8° til vesturs en um 1-3° til suðurs ef stefnan er austur-vestur. Líkanreikningar á hitadreifingu umhverfis uppstreymisrásina við holu 5 benda einnig til þess að henni halli til vesturs. Framhald jarðhitaleitar við Hólsgerði felst í borun djúprar rannsóknarholu og eru verulegar líkur á að slík hola skili tilætluðum árangri. Þá má breyta henni í vinnsluholu með rýmingu og fóðrun.

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	5
2. FYRRI RANNSÓKNIR	5
2.1 Jarðlög við Hólsgerði	5
2.2 Laugar og volgrur	5
2.3 Segulmælingar 1982	6
3. BORANIR 1991	8
3.1 Hola 1	8
3.2 Hola 2	8
3.3 Hola 3	8
3.4 Hola 4	8
4. VIÐNÁMSSNIÐSMÆLINGAR SUMARIÐ 1992	12
4.1 Almenn um viðnámssniðsmælingar	12
4.2 Mælingarnar við Hólsgerði	12
5. BORANIR OG SEGULMÆLINGAR HAUSTIÐ 1992	15
5.1 Hola 5	15
5.2 Hola 6	15
5.3 Hola 7	15
5.4 Hola 8	16
5.5 Segulmælingar	16
5.6 Hola 9	16
5.7 Hola 10	17
6. GREINING JARÐLAGA	22
6.1 Halli jarðlaga	23
6.2 Ummyndun og sprungur	23
7. HITADREIFING Í JÖRÐU	26
8. NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA	29
9. HEIMILDIR	30
VIÐAUKI I. Viðnámssniðsmælingar, frumgögn	31

MYNDASKRÁ

1. Séð vestur yfir Eyjafjarðará í átt að laugunum	5
2. Staðsetning segulmælinga við Hólsgerði	7
3. Staðsetning rannsóknarholna og viðnámsniðsmælinga við Hólsgerði	9
4. Hitamælingar í borholu 1	10
5. Hitamælingar í borholu 2	10
6. Hitamælingar í borholu 3	11
7. Hitamælingar í borholu 4	11
8. Niðurstöður viðnámsniðsmælinga, staðsetning hitastigulsholna	14
9. Hitamælingar í borholu 5	17
10. Hitamælingar í borholu 6	18
11. Hitamælingar í borholu 7	18
12. Hitamælingar í borholu 8	19
13. Segulkort af borsvæðinu við Hólsgerði	20
14. Hitamælingar í borholu 9	21
15. Hitamælingar í borholu 10	21
16. Jarðlagasnið af rannsóknarholunum	24
17. Jarðlagapversnið A-A'	25
18. Jarðlagapversnið B-B'	25
19. Hiti á 80 m dýpi á rannsóknarsvæðinu miðað við holu 2	26
20. Pversnið af jarðlögum og hita	27
21. Jarðlaga- og hitapversnið	28

TÖFLUSKRÁ

1. Staðir þar sem vísbendingar um sprungur fundust í mælinunum	13
2. Yfirlit um borholur í Hólsgerði	15

1. INNGANGUR

Að beiðni sveitarstjórnar Eyjafjarðarsveitar annaðist Orkustofnun viðnámsniðsmælingar á jarðhitasvæðinu við Hólsgærði í júní 1992 og í framhaldi af því staðsetningu borholna og umsjón með rannsóknarborunum haustið 1992. Tilgangur mælinganna var að leita að uppstreymi sras heita vatnsins sem kemur til yfirborðs í lauginni við Hólsgærði. Árið áður höfðu verið boraðar 4 grunnar rannsóknarholur við laugina, sem sýndu að vatnið í lauginni kemur ekki upp djúpt úr jörðu beint undir lauginni heldur er það aðrunnið eftir grunntliggjandi láréttum vatnsæðum frá uppstreymi í nokkurri fjarlægð.

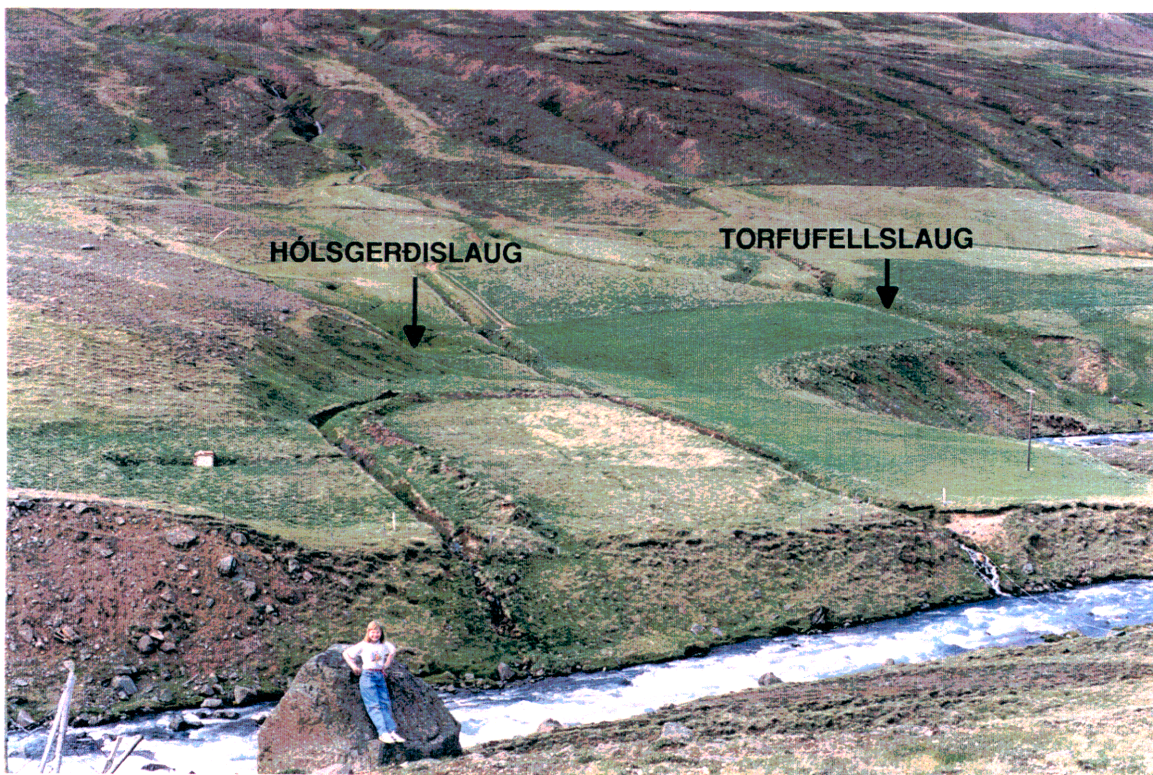
2. FYRRI RANNSÓKNIR

2.1 Jarðlög við Hólsgærði

Jarðlög í grennd við Hólsgærði eru hluti af fornri megineldstöð sem kennd hefur verið við Torfufell. Líparítið sem sést áberandi í Torfufellinu er hluti þessarar megineldstöðvar. Engar kerfisbundnar rannsóknir hafa farið fram á Torfufellseldstöðinni en væntanlega fylgir henni mikið af brotum, misgengjum og göngum eins og öðrum slíkum.

2.2 Laugar og volgrur

Vitað er um tvær laugar í grennd eldstöðvarinnar, Hólsgærðislaug og Torfufellslaug. Þær eru á dalbotninum með um 130 m millibili, sú syðri í landi Hólsgærðis en sú nyrðri í landi Torfufells. Mynd 1 sýnir aðstæður við laugarnar. Hún er tekin til vesturs yfir Eyjafjarðará.



Mynd 1. Séð vestur yfir Eyjafjarðará í átt að laugunum. Hólsgærðislaug sést sunnan við túnið undir hólnum t.v. á myndinni en Torfufellslaug er til hægri á myndinni fyrir miðju túni í lækjarfarveginum.

Hólsgerðislaug kemur upp við rætur um 25 m hárra hóla sem liggja þvert yfir dalinn. Hólarnir eru úr lausum jarðefnum og eru annað hvort framhlaup úr fjallinu eða jökulmenjar frá ísöld. Í skýrslu Orkustofnunar frá 1975 er laugin sögð vera 43,5°C heit og rennsli úr henni talið minna en 1 l/s (Axel Björnsson og Kristján Sæmundsson, 1975). Síðar mældi Sigmundur Einarsson, jarðfræðingur, rennslið og reyndist það vera 1,7 l/s. Sumarið 1982 mældi höfundur þessarar skýrslu 46,6°C hita í lauginni. Að auki seytlar svolítið volgt vatn fram undan brekkurótunum um 55 m vestar og mældist hiti þar mestur 22°C sumarið 1982.

Torfufellslaug er um 130 m frá Hólsgerðislaug í stefnu N16°V. Rennsli er mjög óverulegt. Sumarið 1982 mældist þar hæst 37,4°C hiti. Laugin kemur upp í nyrðri barmi gils sem liggur að ánni, skáhallt niður brekkuna ofan úr Torfufelli.

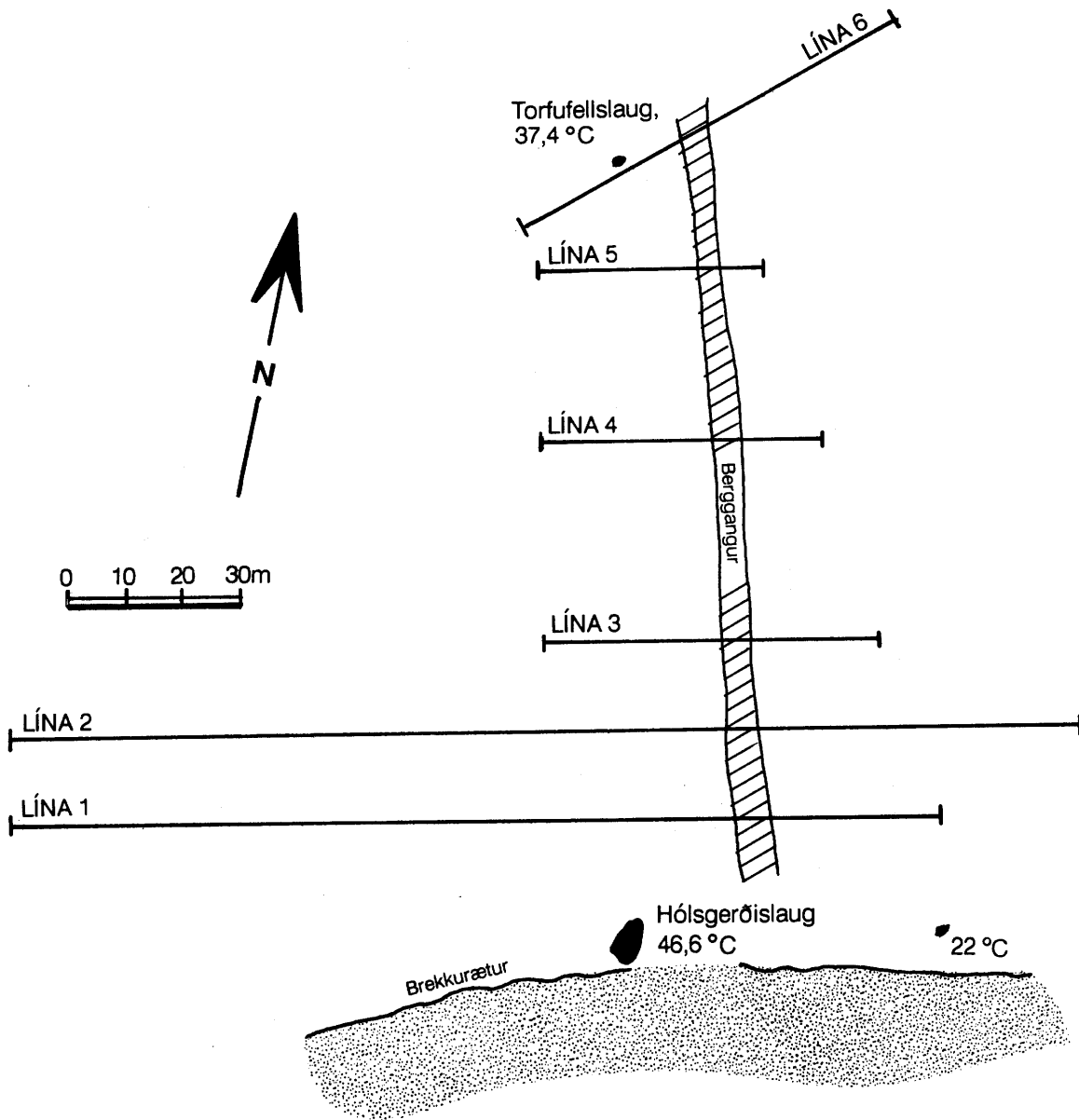
Nokkrum sinnum hafa verið tekin sýni úr lauginni við Hólsgerði til efnagreininga (Hrefna Kristmannsdóttir og Sigfús Johnsen, 1980; Ólafur G. Flóvenz o.fl., 1989). Samkvæmt þeim má áætla að hiti sé 70-80°C í vatnskerfinu sem laugin sækir vatn sitt frá. Vatnið er yfirleitt ívið ríkara að uppleystum efnum en annað jarðhitavatn í Eyjafirði. Það telst samt fremur efnasnautt með þeirri undantekningu að styrkur flúoríðs er óvenju hár eða um 4,4 ppm og því er vatnið óheppilegt til neyslu. Hár styrkur flúoríðs finnst oft í vatni sem leikið hefur um líparít.

Aðeins einu sinni hefur verið tekið sýni úr lauginni við Torfufell. Það var árið 1969 og þá var einungis mælt sýrustig, og styrkur kísils og klóríðs. Niðurstöðurnar benda til að vatnskerfið sem Torfufellslaugin tengist sé svipað því kerfi sem Hólsgerðislaugin tengist að efnasamsetningu og hita.

2.3 Segulmælingar 1982

Sumarið 1982 voru gerðar segulmælingar við Hólsgerði til að kanna hvort berggangar myndust í nágrenni lauganna. Niðurstöður voru birtar í greinargerð (Ólafur G. Flóvenz, 1988). Segulmælingarnar sýndu að berggangur liggur um 15-20 m austan við Hólsgerðislaug og þaðan í átt að Torfufellslauginni (mynd 2). Var þannig vel hugsanlegt að heita vatnið í báðum laugunum kæmi upp með sama ganginum. Hins vegar eru berggangar alls ekki alltaf lekir þannig að rétt þótti að ganga úr skugga um það með borun grunnra hola. Í greinargerðinni var einnig bent á að volgrur sem finnast undir brekkurótunum sunnan Hólslaugar bendi til að uppstreymið kunni að vera undir hólum.

JHD JED 8605 ÓGF
92.09.0579 AÁ



Mynd 2. Staðsetning segulmælinga við Hólsgerði.

3. BORANIR 1991

Borun grunnra rannsóknarholna hófst í júlí 1991 og var borað með tæki í eigu Friðfinns Daníelssonar. Boraðar voru 3 holur í júlí og ágúst og sú fjórða í janúar 1992. Staðsetning holnanna er sýnd á mynd 3 ásamt staðsetningu viðnámssniðsmælinganna.

3.1 Hola 1

Holan er um 17 m austan Hólsgerðislaugar, skammt vestan gangsins milli lauganna, en ætla má að ganginum halli til vesturs. Hún var boruð á tímabilinu 15.7 -15.8 1991 og varð 47,3 m djúp. Vatnsæð kom í holuna á 40 m dýpi og gaf hún fáeina sekúndulíttra í loftdælingu. Hitinn í æðinni var 55°C. Að lokinni borun var svolítið sjálfrennsli úr holunni. Hitamælingar úr holunni eru sýndar á mynd 4. Þar sést að neðan æðarinnar kólnar holan snögglega og er um 46°C í botni á 47 m dýpi og virðist fara kólnandi. Þetta er ótvíræð sönnun þess að vatnið sem upp kemur í lauginni er aðrunnið lárétt á litlu dýpi frá uppstreymi í nokkurri fjarlægð. Líklegast er að vatnið renni undan hólnum og uppstreymið því sunnan við laugarnar.

3.2 Hola 2

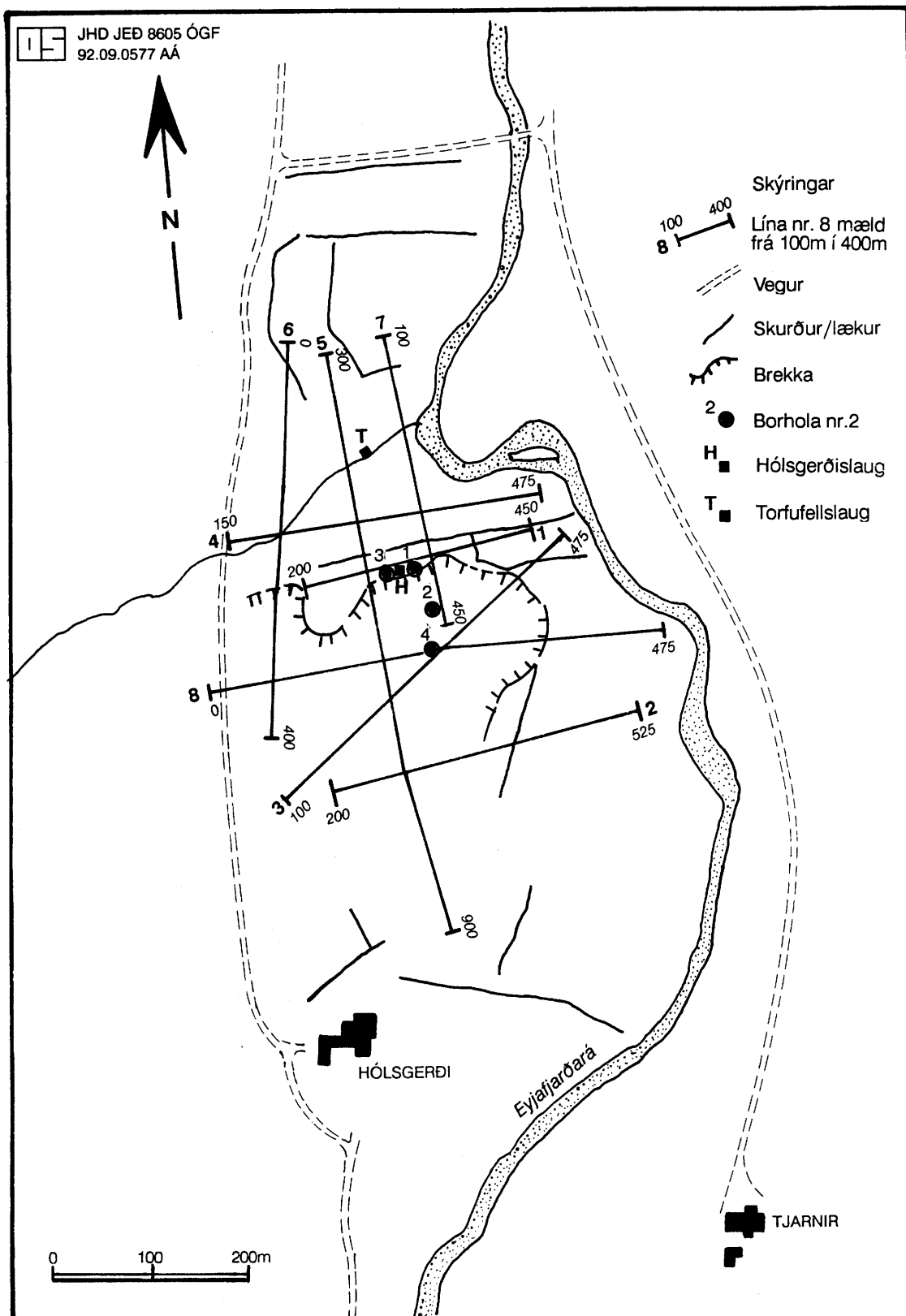
Hola 2 er staðsett upp á hólnum um 50 m sunnan við holu 1 og stendur hún 18,9 m hærra í landinu en ámóta nálægt ganginum og hola 1. Holan var boruð dagana 18.-22. ágúst 1991 og varð 80 m djúp. Taldi borstjóri að lausu jarðlögin væru þarna um 18 m þykk. Hitamælingar úr holunni eru sýndar á mynd 5. Óverulegar vatnsæðar fundust í holunni, helst smáæð á 65-70 m dýpi. Af hitamælingunum má ráða að vatn renni úr æðinni upp holuna og út í æð á um 20 m dýpi. Dýpri vatnsæðin er um 52°C heit. Neðan æðarinnar kólnar holan líttillega og er 50°C heit í botni á 80 m dýpi.

3.3 Hola 3

Hola 3 var boruð dagana 29. og 30. ágúst 1991. Hún var staðsett um 17 m vestan Hólsgerðislaugar og í svipaðri hæð. Tilgangurinn með borun hennar var að kanna hvort uppstreymið sé vestan laugarinnar. Hitamæling úr holunni (mynd 6) sýnir 24°C heita æð á 5-10 m dýpi. Óljóst er hvernig túlka á hitamælinguna þar fyrir neðan. Líklega er önnur æð á 42-44 m dýpi en óljóst hvort sú þriðja er þar á milli. Hitinn í botni holunnar er 40°C og virðist ekki fara vaxandi. Niðurstöður þessarar holu benda ekki til að lárétta rennslið að Hólsgerðislaug komi úr vestri.

3.4 Hola 4

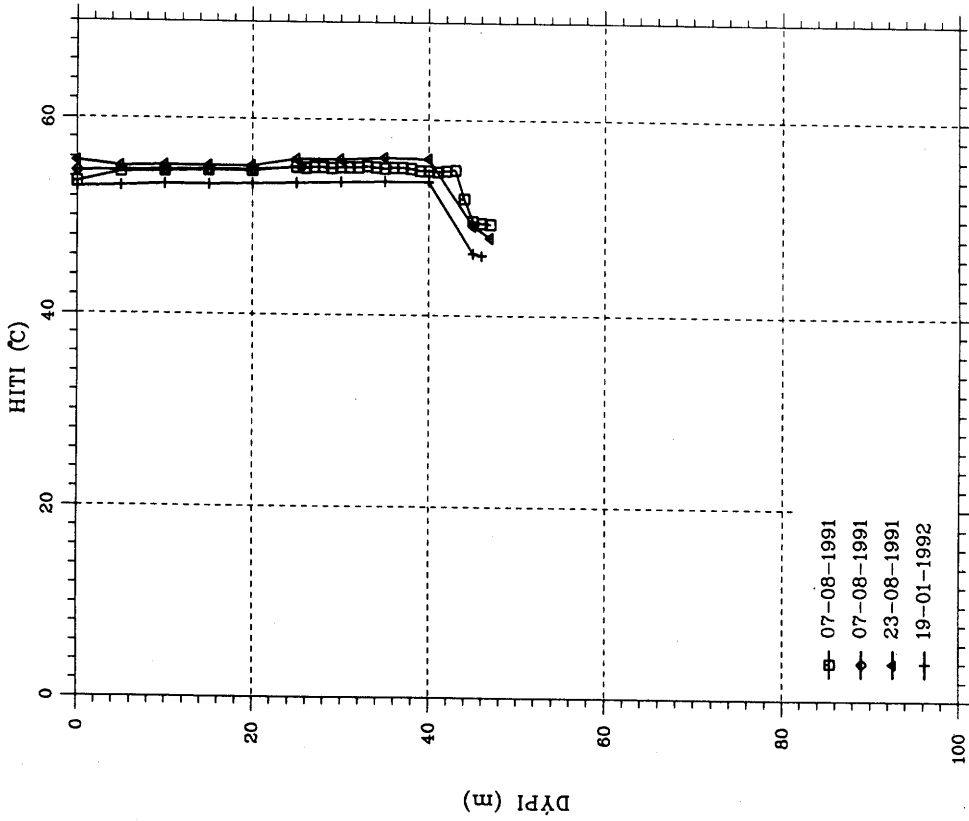
Hola 4 var boruð dagana 12. og 13. janúar 1992. Hún er staðsett um 50 m sunnan holu 2 og um 26 m hærra í landinu en hola 1 og voru lausu jarðlögin 21 m þykk að sögn borstjóra. Var holan fódruð niður á 24 m dýpi. Hitamælingar úr holunni eru sýndar á mynd 7. Þær sýna ört vaxandi hita niður á 25 m dýpi þar sem holan nær 50°C hita. Þar fyrir neðan hitnar holan jafnt og þétt í 55°C á botni hennar á 75 m dýpi og er þessi hola þar með sú heitasta á þessu dýpi.



Mynd 3. Staðsetning rannsóknarholna og viðnámsniðsmælinga við Hólsgerði.

6 Jan 1993 ogf
L= 55111 Oracle

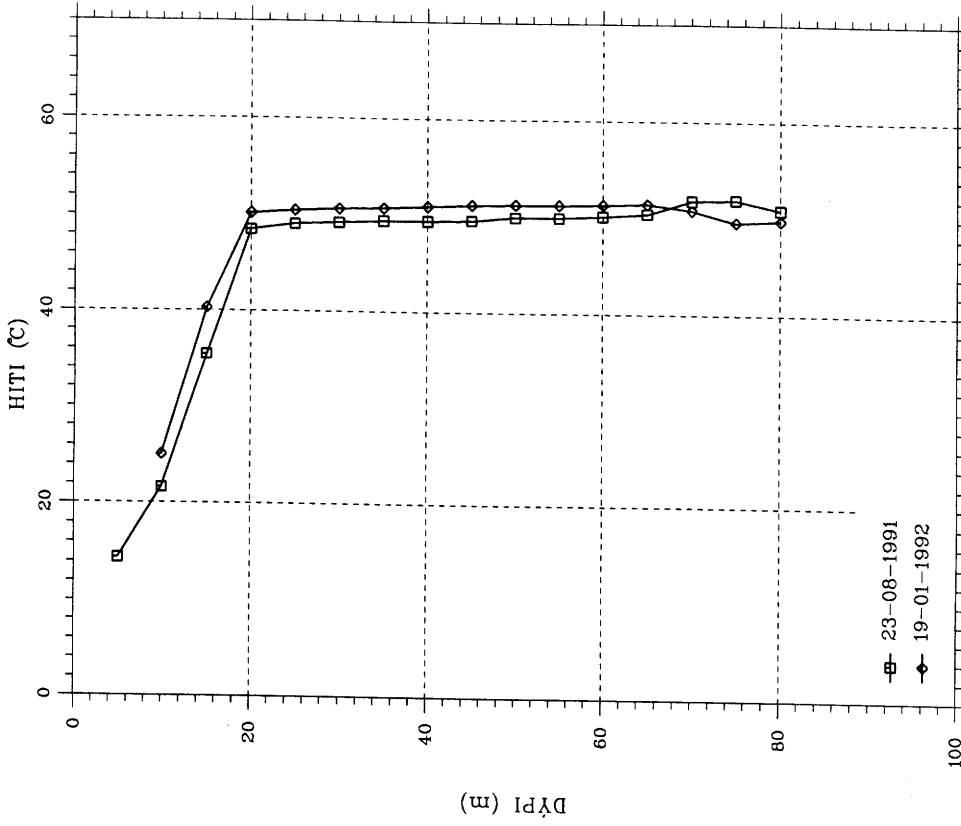
Hólsgærði í Eyjafjardarsveit Hitamælingar Hola 1



Mynd 4. Hitamælingar í borholu 1.

6 Jan 1993 ogf
L= 55112 Oracle

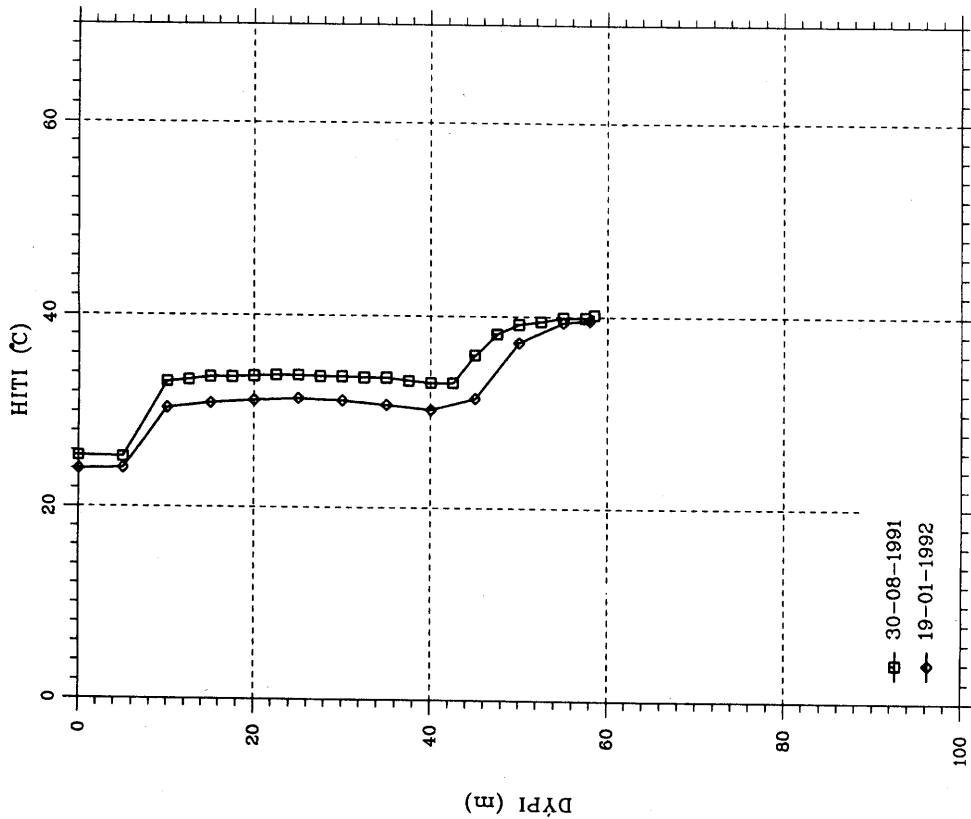
Hólsgærði í Eyjafjardarsveit Hitamælingar Hola 2



Mynd 5. Hitamælingar í borholu 2.

6 Jan 1993 ogf
L= 55113 Oracle

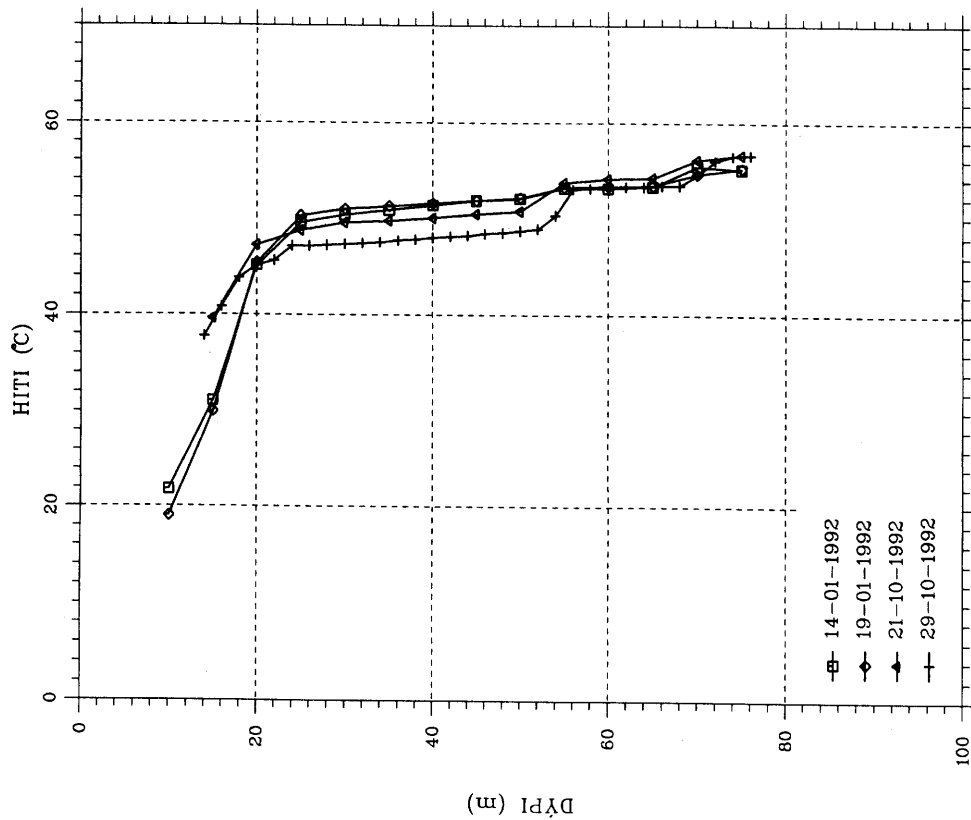
Hólsgærði í Eyjafjarðarsveit Hitamælingar Hóla 3



Mynd 6. Hitamælingar í borholu 3.

6 Jan 1993 ogf
L= 55114 Oracle

Hólsgærði, Hitamælingar Hóla 4



Mynd 7. Hitamælingar í borholu 4.

4. VIÐNÁMSSNIÐSMÆLINGAR SUMARIÐ 1992

4.1 Almennt um viðnámssniðsmælingar

Viðnámssniðsmælingar eru framkvæmdar þannig að fjögur rafskaut eru rekin niður í jörðina á beinni línu. Um tvö skautanna, þau sem eru lengst hvort frá öðru, er sendur rafstraumur niður í jörðina. Þessi skaut eru kölluð straumskaut og hálf fjarlægðin milli þeirra er kölluð straumarmslengd. Algengt er að straumarmslengdir í viðnámssniðsmælingum séu hafðar 200-500 m. Hinum tveimur rafskautunum (spennuskaut) er komið fyrir mitt á milli straumskautanna og við þau tengdur spennumælir sem mælir spennuna sem myndast við að straumi er hleypt niður í jörðina um staumskautin. Spennuarmslengdin er yfirleitt höfð 25 m í viðnámssniðsmælingum. Út frá straumnum og spennunni má síðan reikna svokallað sýndarviðnám mitt milli spennuskautanna. Þegar mælt hefur verið í einum punkti eru öll skaut færð um 25 m í sömu átt eftir mælinúnunni og mælt sýndarviðnám á ný og þannig koll af kalli. Með því móti fást upplýsingar um sýndarviðnám á 25 m bili eftir mælinúnunni.

Dýptarskynjun mælinganna ræðst af tvennu, straumarmslengdinni og viðnámi jarðlaga. Gróflega má segja að viðnámssniðsmæling skynji viðnám jarðlaga niður á dýpi sem nemur einum þriðja til einum fjórða af straumarmslengdinni. Það þýðir að dýptarskynjun mælinganna í Hólsgerði sem voru gerðar með 300 m straumarmi er um 100 m.

Túlkun mælinganna getur verið með tvennum hætti. Annars vegar lausleg túlkun þar sem einföld skoðun á sýndarviðnámsferlunum er notuð til að segja til um hvar líklegt sé að vatnsleiðandi sprungur séu undir. Í mörgum tilvikum er það fullnægjandi einkum þar sem hiti vatnsins er hár á litlu dýpi og uppstreymið er bundið við mjótt afmarkað sprungubelti. Hins vegar eru tölvuforrit notuð til að búa til líkan af rafleiðni jarðar undir mælinúnunum. Til þess að það gefi áreiðanlegar niðurstöður þarf að mæla hverja línu með a.m.k. tveimur straumarmslengdum og helst hafa hverja línu a.m.k. 500 m langa. Kostnaður er því verulega meiri við síðartöldu aðferðina en niðurstöður einnig áreiðanlegri.

Í mælingunum við Hólsgerði var einfaldari aðferðin notuð, hver lína mæld með einum straumarmi og tölvutúlkun ekki beitt.

Viðnámssniðsmælingar eru næmar fyrir rafleiðandi sprungum (sprungum þar sem viðnám gegn rafstraumi er lágt) í jörðu og gefa upplýsingar um hvar þær liggja. Það sem veldur því að sprunga mælist rafleiðandi er hærri hiti í sprungunni en umhverfis og meira vatnsinnihald, en einnig hefur sprunga sem fyllt er leirsteindum eða zeólítum lágt viðnám. Það er því ekki fyrirfram gefið að sprunga sem finnst með viðnámssniðsmælingum sé fyllt heitu vatni. Einnig þarf að gæta þess að rafleiðandi hlutir í jörðu, t.d. gamlir kaplar og málmleiðslur, sem ekki er plasthúð á, geta truflað viðnámsmælingar en í flestum tilvikum er auðvelt að greina milli truflunar af t.d. rafstreng eða vatnslögn og sprungu.

Þá þarf að hafa í huga að sprungur sem liggja undir minna horni en 45° við mælinúnur sjást oftast ekki í mælingunum. Því var mælt eftir línunum sem höfðu mismunandi stefnu til að draga úr líkum á að sprungur myndu ekki sjást á mælisvæðinu vegna óheppilegrar legu mælinána.

4.2 Mælingarnar við Hólsgerði

Alls voru mældar 8 línur við Hólsgerði, allar með 300 m straumarmi, en að auki var lína 8 mæld með 400 m armi. Mynd 3 sýnir staðsetningu mælinánanna og í viðauka I eru einstakir mæliferlar sýndir. Farið hefur verið yfir mæliniðurstöður og metið hvar líklegt er að rafleiðandi sprunga sé undir. Yfirlit um túlkunina er sýnt í töflu 1.

Tafla 1. Staðir þar sem vísbendingar um sprungur fundust í mælingunum. Tölurnar vísa til fjarlægða eftir mælingunum sbr. mynd 3 og viðauka I.

Mælingunúmer.	Glögg merki um sprungu	Óljós merki um sprungu
1	290m	
2	375-400m	425-450m
3	425-440m	325m
4	430-440m	350-370m
5	400-425m	575-600m
6	175m, 200m	90-100m
7	260-270m	200m
8	120-130m, 400-425m	240-260m
8 (400m armur)	400	240-260m

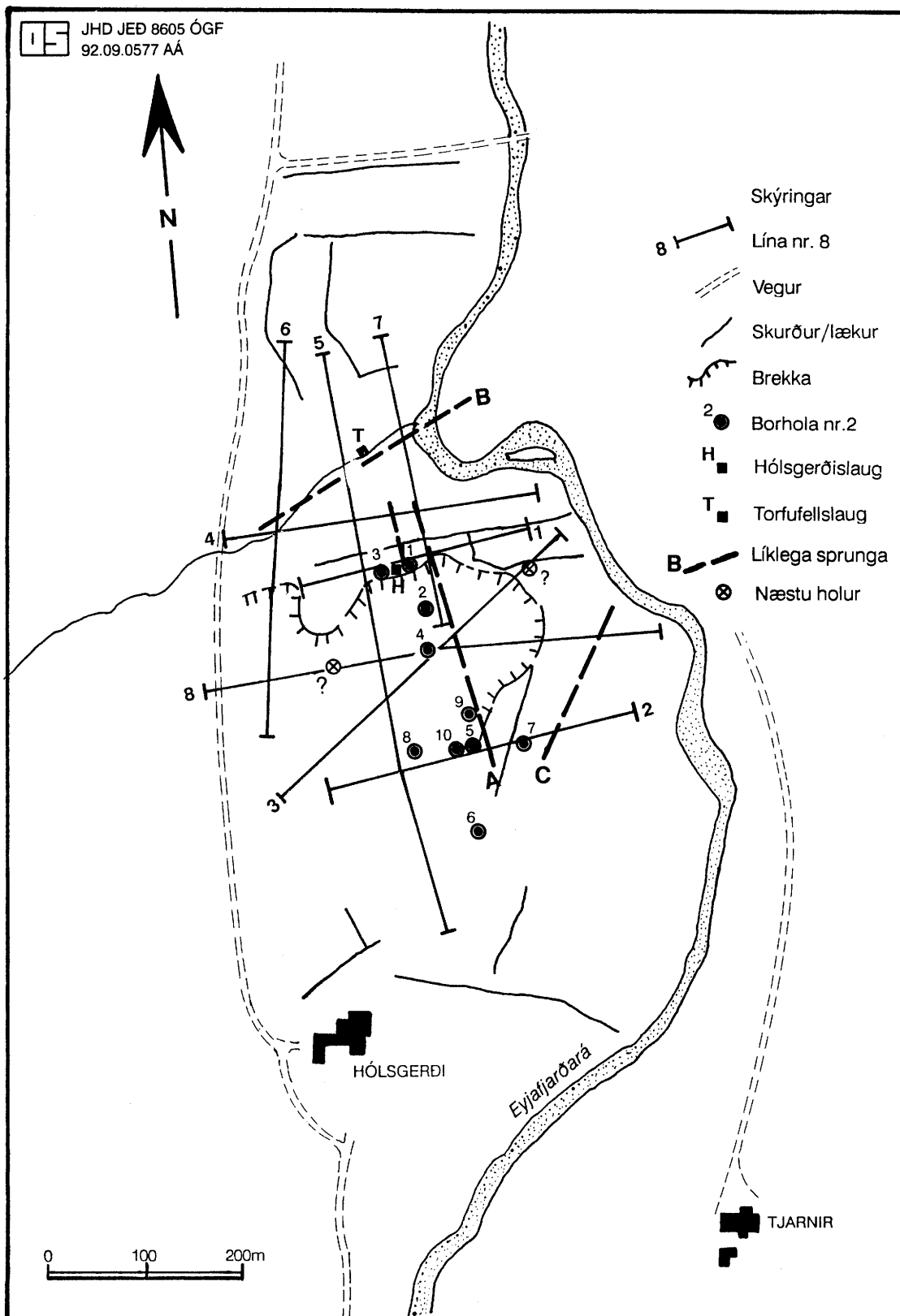
Á mynd 8 eru merktir inn þeir staðir á mælingunum þar sem vísbendingar sjást um vel leiðandi sprungur og reynt er að tengja sprungurnar milli lína. Því miður eru niðurstöðurnar ekki mjög afgerandi þótt allsterkar vísbendingar hafi komið fram um hvar helst megi vænta vatnsleiðandi sprungna.

Eins og sést á mynd 8 eru sæmilegar vísbendingar um sprungur á þremur stöðum. Sú sem merkt er A á myndinni liggur nokkurn vegin norður-suður, og nærri því samsíða ganginum sem er austan lauganna. Sú sprunga sést ekki vel í mælingunum nema næst laugunum. Gæti það bent til þess að það dýpi á heitt vatn í sprungunni eftir því sem sunnar dregur eða að þykkt lausu jarðlaganna upp á hólunum valdi því að sprungan sést þar verr en annars staðar.

Sprungu sú sem merkt er B á mynd 8 liggur eftir gilinu sem Torfufellslaug kemur upp við. Viðnámsmælingarnar sýna þessa sprungu nokkuð skýrt. Þar sem gilið liggur nær þráðbeint upp í hæstu tindu Torfufells mætti ætla að það hefði grafist ofan í einhvers konar misfelli í jarðlögum, t.d. gang, misgengi eða sprungu. Til að kanna það voru jarðlög skoðuð á einum stað í gilinu skammt ofan vegarins. Þar sást hins vegar engin merki um slíkar misfellur, a.m.k. hvorki gangur né misgengi og virtust jarðlög liggja ótrufluð þvert yfir gilið. Hugsanlega mátti þó greina þar lóðréttar sprungur án nokkurrar hreyfingar jarðlaga sitt hvoru megin við.

Sprungu sú sem merkt er C á mynd 8 liggur mun austar og nær ánni en sú sem merkt er A. Þar sem hún sést aðeins á tveimur línum er stefna hennar illa ákvörðuð.

Auk þessara þriggja hugsanlegu sprungna sjást vísbendingar um leiðandi sprungur á tveimur öðrum stöðum í einstökum línum án þess að sambærileg sprunga finnist í næstliggjandi línum. Þessi staðir eru merktir með spurningarmerki á mynd 8.



Mynd 8. Niðurstöður viðnámsniðsmælinga og staðsetning rannsóknarholna.

5. BORANIR OG SEGULMÆLINGAR HAUSTIÐ 1992

Að niðurstöðum viðnámsmælinganna fengnum var mælt með því að næsta skref í jarðhitaleitinni yrði að bora fleiri grunnar rannsóknarholur á grundvelli þeirra niðurstaðna sem fengust úr viðnámsniðsmælingunum. Haustið 1992 voru síðan boraðar 6 holur til viðbótar og er staðsetning þeirra sýnd á mynd 8. Yfirlit um holurnar er gefið í töflu 2.

Tafla 2. Yfirlit um borholur við Hólsgerði.

Hola nr.	Bortími	Fóðringardýpi (114,3mm)	Dýpi	Innbyrðis hæð	Æðar
1	15/7-15/8 1991		47,3 m	0	40 m
2	18/8-22/8 1991	(18)	80 m	18,9	65-70 m
3	29/8-30/8 1991		60	0	5-10 og 42-44
4	12/1-13/1 1992	24	75	25,9 m	
5	22/8-24/8 1992	22,0m	79,4 m	25,2 m	48-53 m
6	30/8-1/9 1992	24,0m	64,5 m	26,2 m	
7	5/9-9/9 1992 22/9 1992	21,0m	61,2 m 96,0 m	18,2 m	
8	18/9-19/9 1992	19,0m	70,4 m	29,5 m	40-45 m
9	14/10-15/10 1992	22,0 m	70,4 m	(24 m)	18 og 55 m
10	18/10-20/10 1992	21,5 m	95,7 m	(27 m)	30, 55 og 65 m

5.1 Hola 5

Holan er staðsett um 100 m sunnan við holu fjögur, þar sem viðnámsniðsmælingar bentu til sprungu undir. Borun gekk vel niður að 53 m dýpi en þá varð að stöðva borun í bili vegna vandræða af vatni sem kom í holuna frá 48 m dýpi. Þá runnu úr holunni um 2 l/s af 61,1°C heitu vatni. Áfram var síðan borað í 79,4 m og var áætlað að sjálfrennsli við lok borunar væri 4-5 l/s. Þessi hola var talsvert heitari en fyrri holur og er því næst uppstreyminu. Voru því næstu holur staðsettar með það fyrir augum að afmarka uppstreymisrásina sem best. Mynd 9 sýnir hitamælingar sem gerðar hafa verið í holu 5. Sú fyrsta er gerð stuttu eftir borun og sýnir rennsli úr holunni. Þar má sjá æð á 50-55 m dýpi, en einnig er ljóst að það er æð neðar í holunni, líklega nærri 75 m dýpi. Neðri æðin er um 63°C heit en sú efri 61°C. Seinni tvær mælingarnar eru gerðar eftir að millirennslí í holu 10 stöðvaði sjálfrennsli úr öðrum holum.

5.2 Hola 6

Hola 6 var staðsett um 85 m sunnan holu 5, á stað þar sem vænta má að tvær sprungur skerist samkvæmt viðnámsmælingunum. Erfiðlega gekk að fóðra þessa holu vegna leidrullu í efstu jarðlögum. Holan var boruð niður á 64,5 m dýpi. Engar umtalsverðar vatnsæðar fundust í holunni. Mynd 10 sýnir hitamælingar úr holunni. Hiti er þarna snöggtum lægri en í holu 5, þannig að hola 6 er greinlega vel sunnan uppstreymisins.

5.3 Hola 7

Holan er staðsett um 55 m austan holu 5. Tilgangurinn með borun hennar var að afmarka uppstreymissvæðið til austurs. Holan var boruð niður á 96 m dýpi og komu engar vatnsæðar fram í henni. Hitamæling úr holunni er sýnd á mynd 11. Hún sýnir ört vaxandi hita frá vatns-

borði á 14 m dýpi og niður á 20 m þar sem 52°C hita er náð. Þar fyrir neðan er hitinn óbreyttur niður á botn holunnar. Holan er greinlega í útkanti svæðisins og sú staðreynd að hiti vex ekkert með dýpi bendir ekki til þess að hún sé að nálgast heitari vatnsæð.

5.4 Hola 8

Hola 8 er staðsett um 55 m vestan holu 5 og var tilgangurinn með henni að kanna vesturmörk uppstreymissvæðisins. Borun holunnar gekk hratt og vel. Vatnsæð kom í hana á 40-45 m dýpi og var 1-2 l/s sjálfrennsli úr holunni að borun lokinni. Hitamælingar úr holunni eru sýndar á mynd 12. Þær sýna glögglega æðina milli 40 og 45 m dýpis og neðan hennar kólnar snögglega með dýpi. Ennfremur virðist hitinn í æðinni hafa farið vaxandi eftir því sem lengra leið frá borun þótt hann sé sá sami neðan æðarinnar. Þetta bendir til þess að borað hafi verið gegnum nær lárétt lekt lag á 40-45 m dýpi og ekkert heitavatnsrennsli hafi verið í laginu áður en borað var. Lárétta lagið er síðan í tengslum við uppstreymisrás í nokkurri fjarlægð. Þegar holan var boruð opnaðist ný greið leið fyrir vatnið til yfirborðs, það tók að renna út í lárétta lagið frá uppstreyminu sem er nærri holu 5 og þaðan upp holu 8.

Að borun holunnar lokinni var nokkuð ljóst að uppstreymisrás heita vatnsins væri sprunga sem stefndi u.þ.b. norður-suður og lægi örskammt frá holu 5. Líklegast var að um væri að ræða sprunguna sem fram kom í viðnámsniðsmælingunum og merk er sem sprunga A á mynd 8. Þó virtist mega ráða af hitamælingunum einum að stefna sprungunnar væri ef til vill heldur meira til vesturs en mynd A gefur til kynna. Var því afráðið að reyna að fá sem nákvæmasta upplýsingar um legu sprungunnar næst holu 5 með viðbótarholum og segulmælingum.

5.5 Segulmælingar

Talsverð óvissa er alltaf í staðsetningu sprungna út frá viðnámsniðsmælingum. Ef berggangur fylgir sprungunni má finna hann með segulmælingum við heppilegar aðstæður og staðsetja með mikilli nákvæmni. Ef þykkt lausra jarðlaga sem hylja berggrunninn er meiri en 20-25 m eru litlar líkur á því að finna bergganga með segulmælingum. Aðstæður við Hólsgerði eru fremur óhentugar til að finna bergganga einmitt vegna þess hve þykk lausu jarðlögin eru sem hylja berggrunninn. Eigi að síður þótti rétt að segulmæla nokkurt svæði kringum holu 5 í þessu skyni, enda ekki búist við að lausu jarðlögin væru meir en 20-25 m samkvæmt borunum.

Segulmælt var þann 23. 9. 1992 með aðstoð Sveinbjarnar Daníelssonar á Saurbæ. Niðurstöðurnar eru sýndar á mynd 13 sem segulkort af borsvæðinu. Svo virðist sem segulsviðið endurspeglir fyrst og fremst landslag og þykkt lausu jarðlaganna sé það mikil að berggangar sjáist ekki í gegn. Undantekning er berggangur með NA-stefnu sem sést í suðausturhluta segulkortsins. Hann virðist stefna mjög nálægt holu 5 og skera þar sprunguna sem fannst í viðnámsniðsmælingunum. Líklegt er að meginuppstreymi heita vatnsins tengist skurðlínu gangsins og sprungunnar. Hins vegar sést ekki votta fyrir suðurframhaldi gangsins sem liggur milli Hólsgerðis- og Torfufellslauga. Hann er þó sýndur á segulkortinu ásamt beinni framlengingu hans til suðurs inn undir hólinn.

5.6 Hola 9

Holunni var valinn staður um 40 m norðan holu 5 og mjög nærri meintri sprungu. Tilgangurinn var að kanna hvort hitauppstreymi tengdist ekki örugglega sprungunni sem merkt er A á myndum 8 og 13 og hvort uppstreymið væri ef til vill norðar en hola 5 segir til um. Borun holunnar gekk vel. Vatnsæð fannst á 18 m dýpi og önnur meiri á 55 m dýpi. Mynd 14 sýnir hitamælingar úr holunni. Þar sést að hitinn í æðinni á 55 m dýpi er um 61°C sem er um 2°C kaldara en í holu 5. Því er hola 5 ívið nær aðaluppstreymisrásinni.

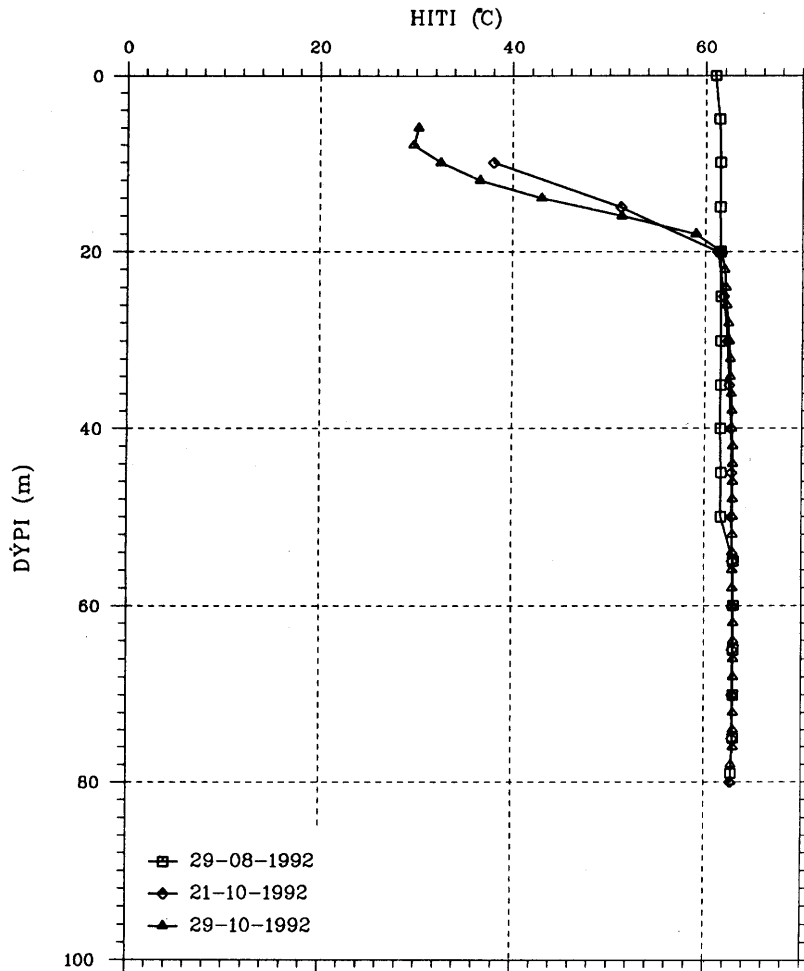
5.7 Hóla 10

Holunni var valinn staður um 15 m vestan holu 5 til að kanna hvort uppstreymið væri hugsanlega vestan hennar. Vart varð við æð á 30 m dýpi, sem gaf um 1 l/s í blæstri. Á 55 m dýpi var komið í aðra vatnsæð en þá hætti að renna upp úr holum 5, 8 og 9. Á 64,5-65,5 m var komið í sprungu eða mjög lint lag því borinn datt þá skyndilega niður. Að borun lokinni rann ekkert úr holunni og vatnið kom heldur ekki aftur í hinar holurnar. Skýringuna má sjá á hitamælingum úr holu 10 sem sýndar eru á mynd 15. Þar sjást glögglega þrjár æðar, á 30 m, 55 m og 65-70 m dýpi. Vatn rennur upp úr tveimur neðri æðunum og síðan út í jarðlögin aftur á 30 m dýpi.

Til að stöðva þetta millirennslu var ljóst að setja þurfti tappa í holuna neðan æðarinnar á 30 m dýpi. Þetta var reynt en mistókst þar sem hluti af búnaði borsins sem nota átti til verksins var farinn af staðnum. Nauðsynlegt er að laga holuna við fyrstu hentugleika og fá þar með aftur vatnið upp til yfirborðs í holum 5, 8, og 9.

6 Jan 1993 ogf
L= 55115 Oracle

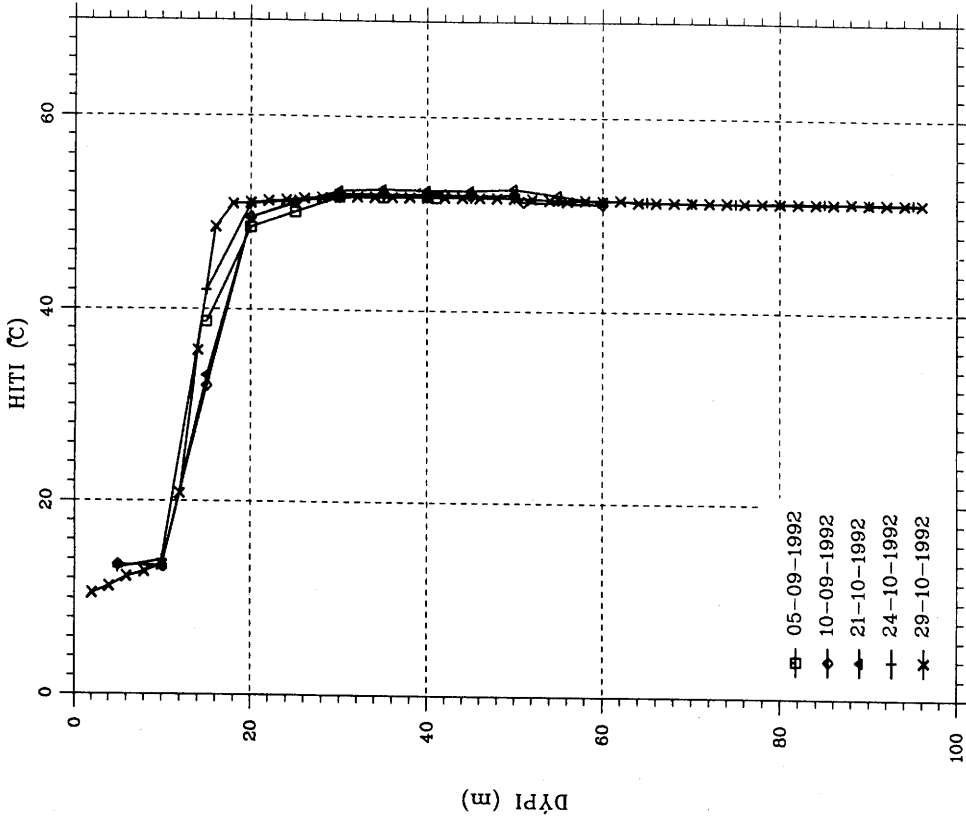
Hólsgerði í Eyjafjarðarsveit Hitamælingar Hóla 5



Mynd 9. Hitamælingar í borholu 5.

6 Jan 1993 ogf
L= 55117 Oracle

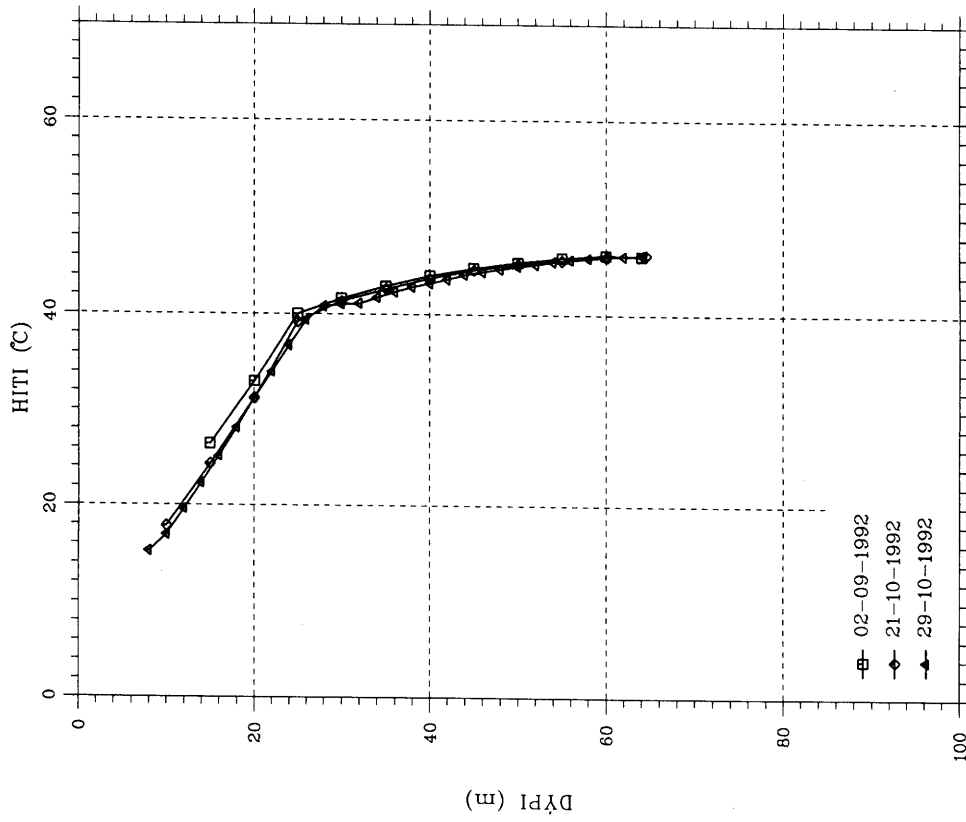
Hólsgærði i Eyjafjarðarsveit
Hitamælingar
HOLA 7



Mynd 11. Hitamælingar í borholu 7.

6 Jan 1993 ogf
L= 55116 Oracle

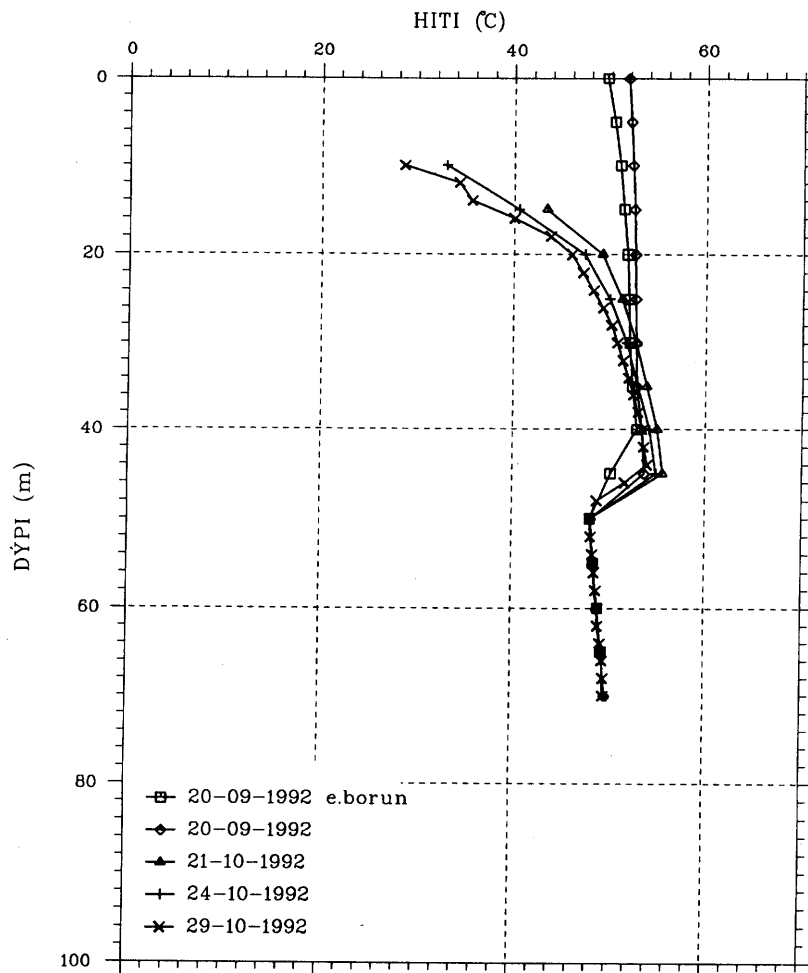
Hólsgærði i Eyjafjarðarsveit
Hitamælingar
HOLA 6



Mynd 10. Hitamælingar í borholu 6.

6 Jan 1993 ogf
L= 55118 Oracle

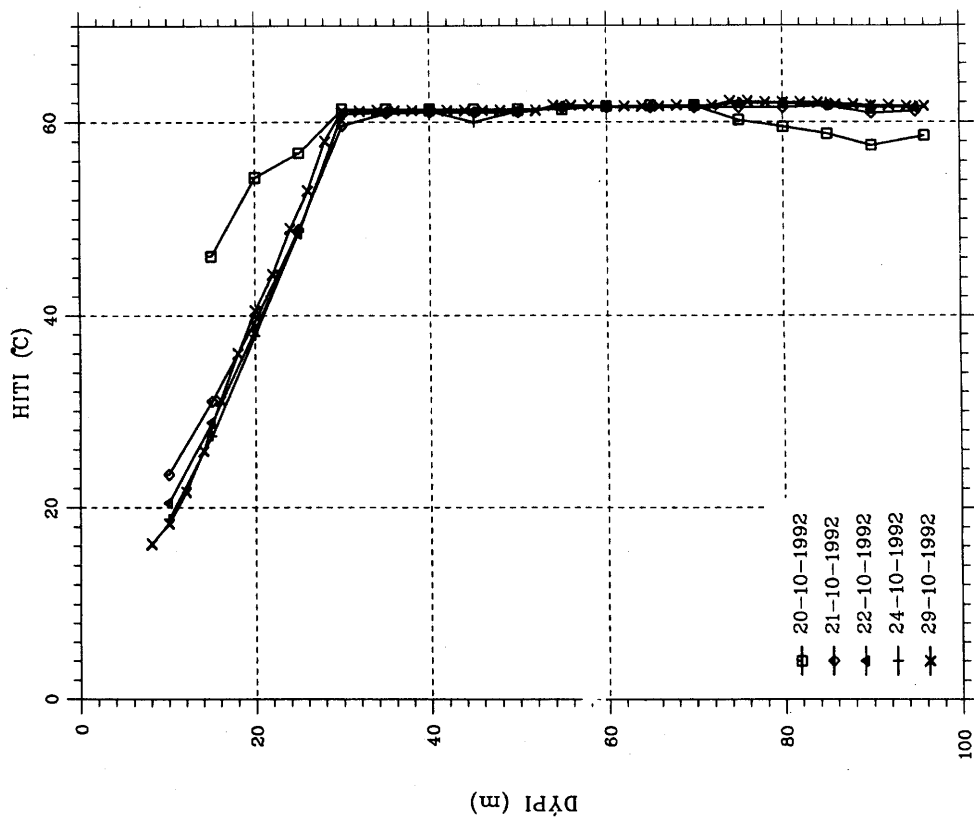
Hólsgerði í Eyjafjarðarsveit
Hola 8
Hitamælingar



Mynd 12. Hitamælingar í borholu 8.

6 Jan 1993 ogf
L= 55120 Oracle

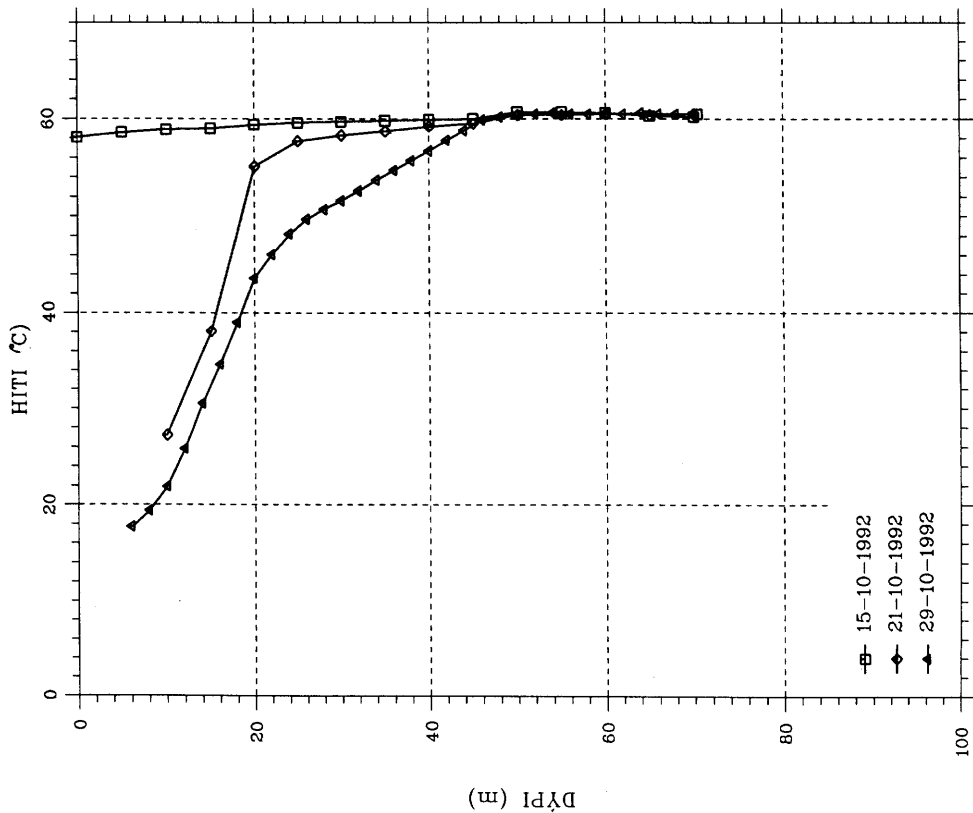
Hólsgerði Hitamælingar Hola 10



Mynd 15. Hitamælingar í borholu 10.

6 Jan 1993 ogf
L= 55119 Oracle

Hólsgerði í Eyjafjarðarsveit Hóla 9 Hitamælingar



Mynd 14. Hitamælingar í borholu 9.

6. GREINING JARÐLAGA

Til að fá upplýsingar um gerð og halla jarðlaga og í hvaða jarðlögum þær vatnsæðar eru, sem fundust í borun, var afraðið að greina borsvarf úr holunum. Af einhverjum ástæðum hafði svarf úr fyrstu 4 holunum glatast en svarf úr holum 5-10 barst Orkustofnun til greiningar.

Á mynd 16 eru sýnd jarðlagasnið úr holum 5-10 ásamt vatnsæðum. Einnig eru líklegir gangar merktir inn á sniðin og staðir þar sem mjög mikið er af holufyllingum.

Gerð voru tvö jarðlagabversnið. Snið A-A' er sýnt á mynd 17 og liggur það milli holna 8 og 7 (vestur-austur snið), en snið B-B' á mynd 18. Snið B-B' er næstum þvert á snið A-A' og nær frá holu 9 í norðri til holu 6 í suðri.

Jarðlögnum í sniðum A-A' og B-B' er skipt í þrennt og lögin merkt með tölustöfunum 1, 2 og 3.

1. Sýni vantar af efstu 12-28 m en samkvæmt lýsingum í borskýrslum hefur verið borað í gegnum jarðveg og jökulset. Fyrstu sýnin úr öllum holunum eru af jökulseti nema í holu 7.

Jökulbergið einkennist af mjög fínum leirkenndum grunnmassa með mismiklu magni af misstórum basaltmolum. Þar sem mest er af basalti er merkt gróft set, og basaltið sem merkt er eins og sérstök lög í setinu á jarðlagasniðunum af holum 9 og 10 eru stórir steinar í setinu eða fíni leirinn í setinu hefur þvegist í burtu í borun og svarfþvotti. Setið er ekki fullharðnað og leir gæti þvegist í burtu á stöku stað. Í holu 7 er túffkennt set mjög ummyndað og vel samlímt á 12-16 m dýpi (myndir (1 og 2)). Þetta gæti verið öskulag í jökulsetinu. Heildarþykkt setlaganna sem hylja berggrunninn er mjög svipuð í öllum holunum, um 35 m. Þetta er mun þykkara set heldur en borstjórinn taldi og því er æðin í holu 10 á 30 m dýpi, þar sem vatnið týnist út, í lausu jarðlögnum ofan á berggrunninum. Þessi mikla þykkt setlaganna ofan á berggrunninum skýrir líka hvers vegna ekki tókst að greina bergganginn sem liggur milli laganna með segulmælingum.

2. Undir jökulsetinu er fersklegt blágrýtislag án nokkurra holufyllinga. Lagið nær niður á 44-48 m dýpi.
3. Undir ferska blágrýtislaginu eru misjafnlega ummynduð og holufyllt blágrýtislög með rauðum millilögum og í helmingi holnanna er rautt millilag á milli ferska og ummyndaða basaltsins. Líklegt er að lag þetta sé einnig í hinum holunum þó að það komi ekki fram í svarfi, enda er lagið þunnt og svarfsýni einungis tekin á 2 m bili. Mest ummyndun er í efstu lögunum. Þar er basaltið oftast rauðýrótt og þar er jafnframt mest af holufyllingum, aðallega mesólíti. Þessi blágrýtislög ná niður á 70 m dýpi nema í holu 7 þar sem þau ná niður í botn holunnar (94 m). Í holum 5 og 10 tekur við meðalgróft til grófkristallað basalt á um 70 m dýpi. Það er allumyndað og gæti verið basalt.

Ekki er nein einhlít aðferð til að aðgreina ganga frá basalhraunum í svarfgreiningu. Gangar eru yngri en bergið sem þeir skera og má því ætla að þeir séu minna ummyndaðir en bergið umhverfis. Þættirnir sem hafa mest áhrif á ummyndun bergs eru hiti, aldur og efnasamsetning bergsins (og vatnsins). T.d. ummyndast ólívínbasalt (meðalgrófkorna basalt) miklu fljótar en (fínkornótt blágrýti). Þess vegna er líklegt að ferskt meðalkorna lag sé gangur. Eitt slíkt er í holu 10 í kringum 50 m dýpi, en auk þess eru merktir tveir aðrir gangar á mynd 16, í holum 8 og 9.

6.1 Halli jarðlaga

Mjög mikilvægt er að fá upplýsingar um halla jarðlaga. Ástæðan er sú að sprungur sem leiða heitt vatn til yfirborðs eru oftast nær hornréttar á jarðlögin. Þannig má reikna með að uppstreymisrásinni við Hólsgerði halli til vesturs ef jarðlögum hallar til austurs.

Ljóst er að talsverðar óreglur eru í halla jarðlaga í fjöllunum austan og vestan Hólsgerðis eins og títt er um megineldstöðvar. Í giljum neðarlega í Torfufelli má sjá vestlægan, suðlægan og austlægan halla á jarðlögum eftir því hvar er skoðað. Í gili í Hólafjalli ofan Tjarna er hins vegar greinilegur vestlægur halli á jarðlögum.

Í sniði A-A' fylgir hallinn á neðra borði jökulsetsins vel yfirborðinu nema á milli holna 10 og 5, þar er smáóregla. Öðrum lagmótum í þessu sniði hallar einnig eindregið til austurs um 4-8°. Þegar jarðlagamót eru tengd á milli holna er tengt þvert í gegnum ganga eins og í holu 10 í kringum 50 m. Þar er meðalgrófa, ferska basaltið líklega gangur og segir því ekkert um staflann.

Í sniði B-B' hallar jarðlögum lítilsháttar til norðurs (2-3°) nema hvað mót setlaga og berggrunns eru nánast lárétt. Eins og sést á sniðinu af holu 9 er ummyndað basalt undir jökulsetinu í þessari holu. Hugsanlegt er að þetta sé hluti af setinu þar sem fíni grunnmassinn í setinu hefur verið þveginnt út eins og lýst var hér á undan. Í sniði B-B' eru tengd saman lög í holu 9 og 6 sem hafa sitt hvora merkingu, í holu 9 er það ummyndað glerjað basalt en í holu 6 er grófkorna set. Þó að merking sé ólík gæti þetta vel verið sama lagið, því bæði lögin eru mjög oxuð, augljóslega með talsverðu basalti en nákvæma byggingu lagsins er ekki hægt að sjá nema með þunnisneið. Ef þessi tenging er rétt er nokkur halli til norðurs.

6.2 Ummyndun og sprungur

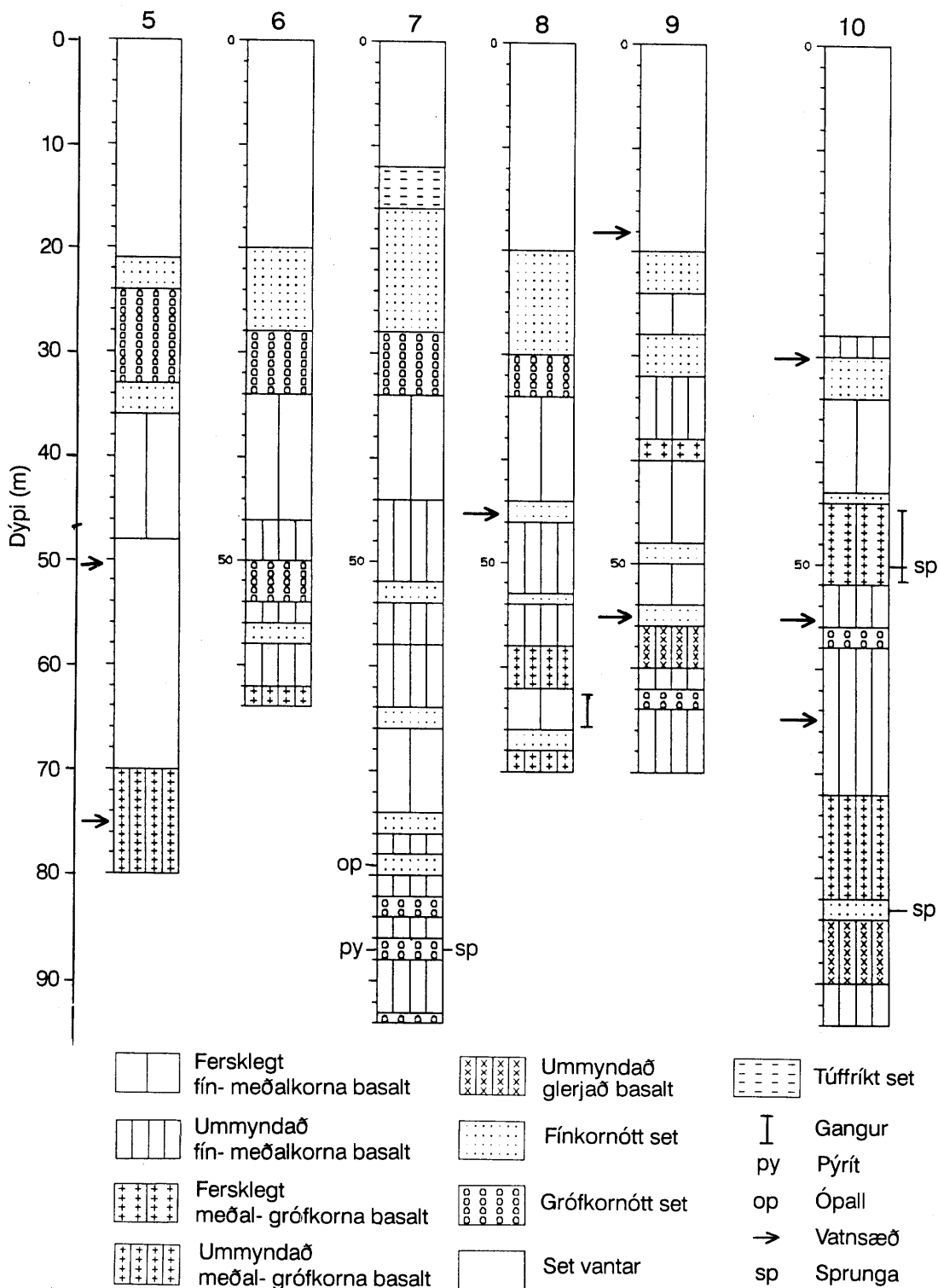
Ummyndun er talsverð í þessum lögum. Af holufyllingum er mest af zeólítum aðallega mesólíti.

Zeólítarnir og einkum mesólítið er líklega hluti af svæðisbundinni ummyndun fremur en af völdum jarðhitakerfisins. Auk zeólíta í holu- og sprungufyllingum finnst ópall, kalsedón og jafnvel kvars, og þar sem þessar holufyllingar finnast eru engir zeólítar. Þessar fyllingar virðast vera frá öðrum tíma en zeólítarnir og endurspegla núverandi jarðhitavirkni.

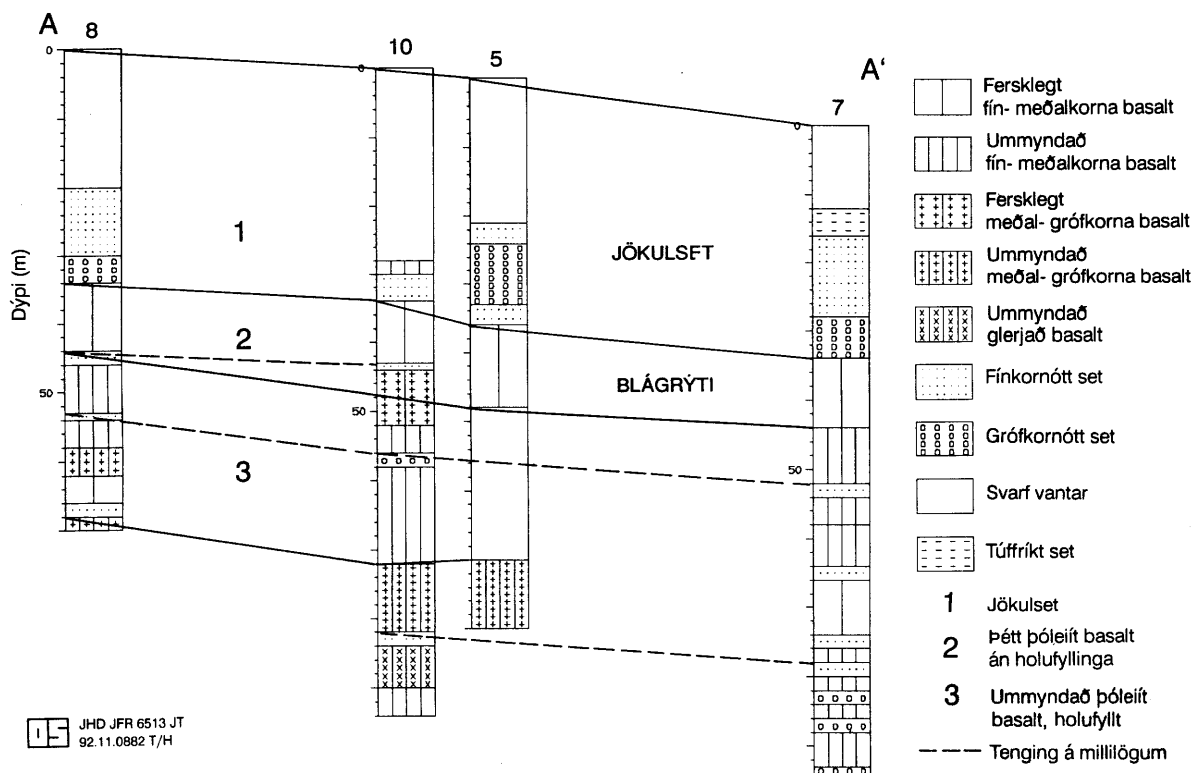
Í holu 7 eru tvö millilög með ópall- eða kvarsfyllingum, neðra lagið gæti verið sprunga. Þar var þyrít einnig sem útfelling, sennilega með kvarsí.

Í holu 10 eru ópalfyllingar á 50 m dýpi í gangi og ná niður fyrir ganginn. Þessar fyllingar eru mjög flögóttar og eru næstum örugglega komnar frá sprungu, þar sem sprungufyllingin hefur flagnað upp úr láréttri sprungu þegar borað var í gegnum hana. Í kringum 84 m dýpi finnst einnig svona flögóttur ópall. Þarna er merkt set, en þetta gæti einnig verið hrun úr sömu sprungunni.

JHD JFR 6513 JT
92.11.0883 T/H

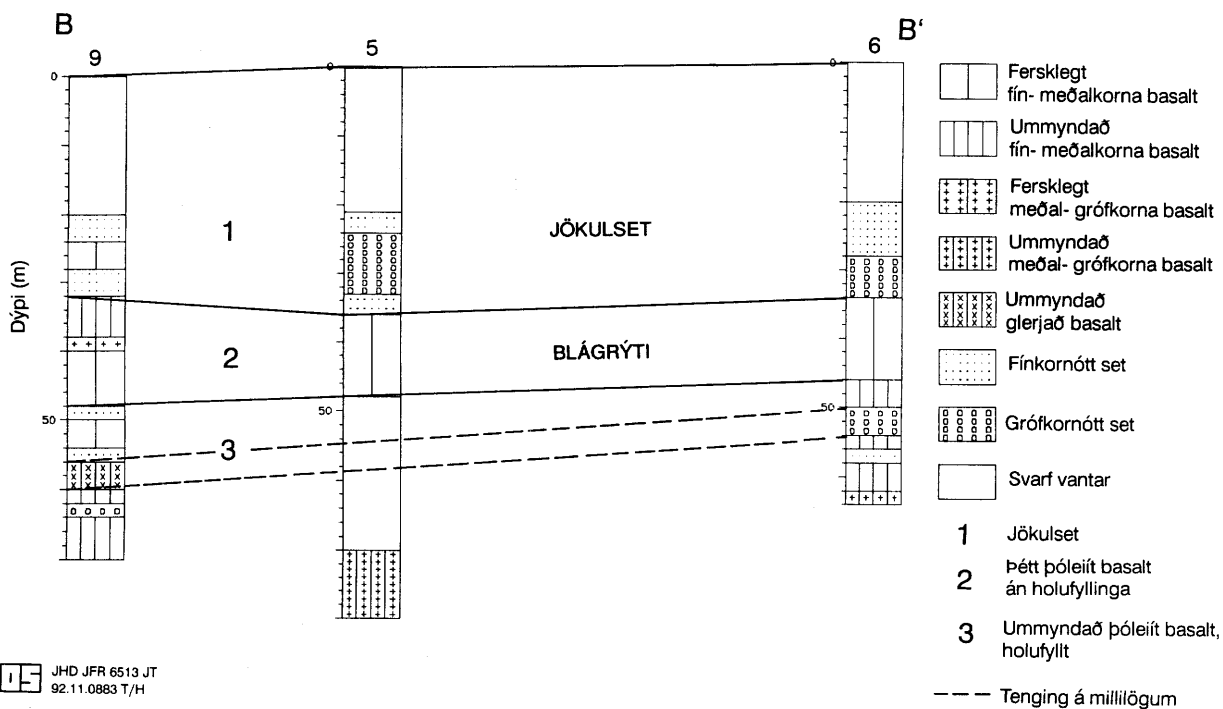


Mynd 16. Jarðlagasnið af rannsóknarholum 5-10.



JHD JFR 6513 JT
92.11.0882 T/H

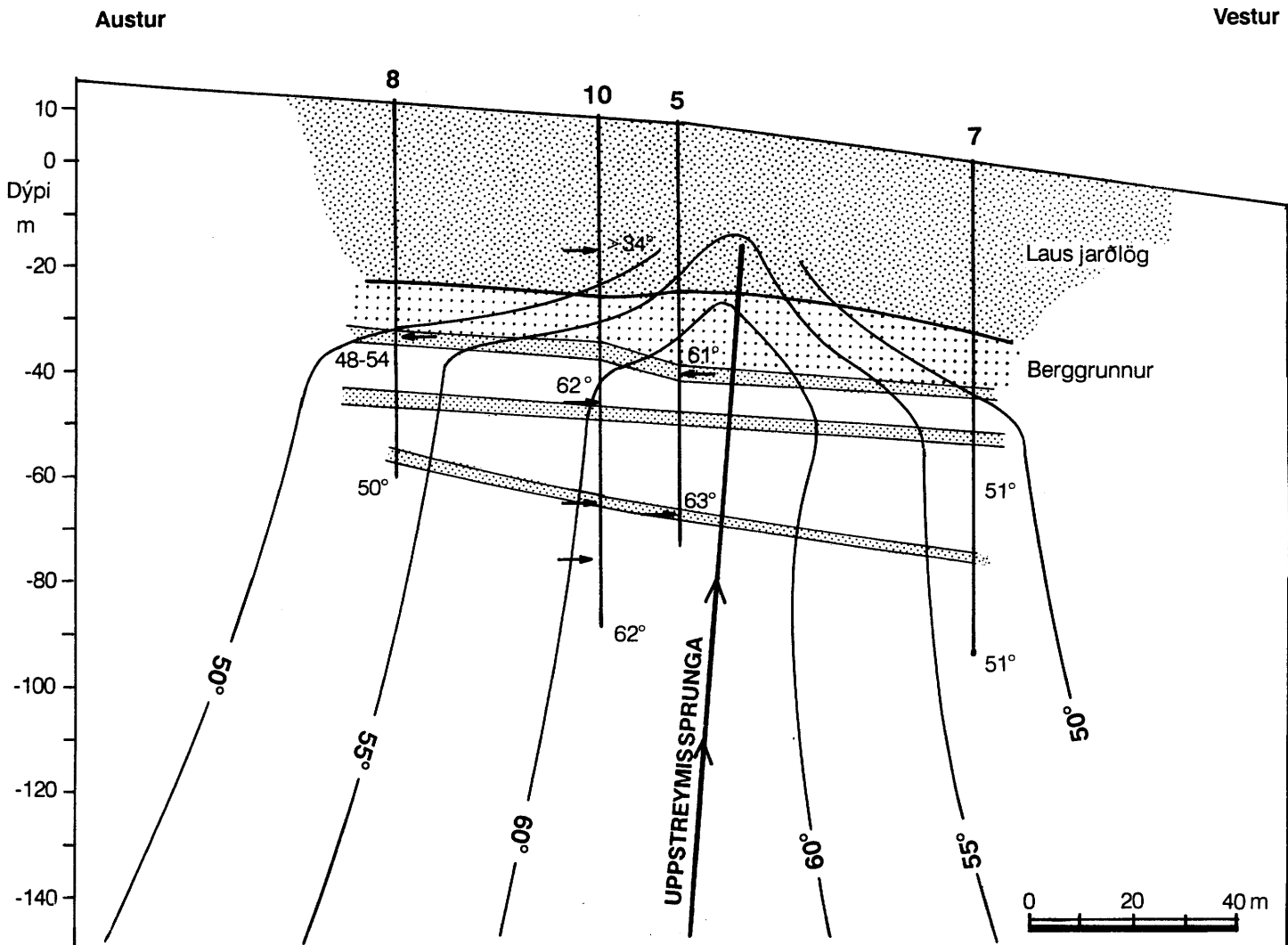
Mynd 17. Jarðlagaversnið A-A'



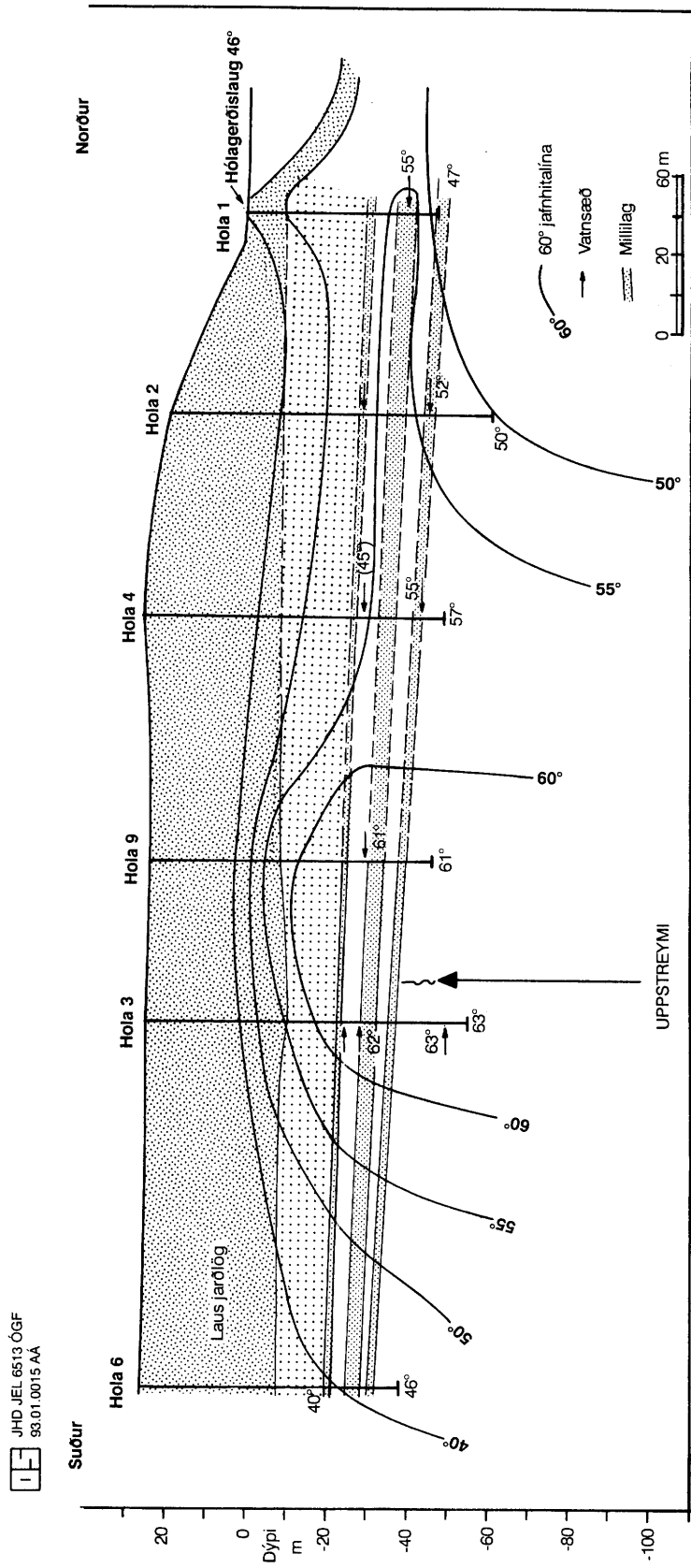
JHD JFR 6513 JT
92.11.0883 T/H

Mynd 18. Jarðlagaversnið B-B'

JHD JEL 6513 ÓGF
93.01.0016 AÁ



Mynd 20. Pversnið af jarðlögum og hita.



Mynd 21. Jarðlaga- og hitaþversnið.

8. NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA

Niðurstöður þeirra rannsókna sem fram til þessa hafa farið fram við Hólsgerði má draga saman á eftirfarandi hátt:

- Efnagreiningar úr Hólsgerðislaug benda til að 70-80°C heitt vatnskerfi sé þarna til staðar. Þær takmörkuðu efnagreiningar sem til eru af vatni úr Torfufellslaug sýna að því svipar til vatnins í Hólsgerði og því líklegt að vatnið í báðum laugunum komi úr sama vatnskerfinu.
- Segulmælingar sýna að gangur liggur milli lauganna, um 20 m vestan þeirra. Ekki hefur tekist að rekja hann með segulmælingum inn undir hólinn sunnan Hólsgerðislaugar vegna þess hve setlöginn þar eru þykk. Þá benda segulmælingar til þess að berggangur með norðaustlæga stefnu liggja nærri holum 5 og 10.
- Viðnámssniðsmælingar gefa vísbendingar um sprungur á þremur stöðum á rannsóknarsvæðinu. Ein sprungnanna liggur nærri og næstum samsíða ganginum milli lauganna. Þar sem ekki er vitað hvernig gangurinn liggur undir hólum verður ekki fullyrt hér hvort hann er hin raunverulega uppstreymisrás. Önnur sprunga virðist fylgja gilinu sem Torfufellslaug kemur upp með og sú þriðja finnst talsvert suðaustan Hólsgerðislaugar og hefur hún norðaustlæga stefnu.
- Hitamælingar í holum 1-10 sýna að vatnið í Hólsgerðislaug kemur upp um sprungu með stefnu um N20°V. Þetta er greinlega saman sprungan og fannst með viðnámssniðsmælingunum og ekki er útilokað að tengist ganginum sem liggur rétt vestan Hólsgerðis- og Torfufellslauga. Uppstreymið er bundið við lítinn hluta sprungunnar í grennd við holur 5 og 9. Þar kemur vatnið líklega djúpt úr jörðu (af a.m.k. 1-2 km dýpi) en vegna þykktar lausu jarðlaganna nær það ekki að komast þar til yfirborðs heldur berst eftir lekum millilögum meðfram sprungunni uns það kemur upp í Hólsgerðislaug og trúlega líka Torfufellslaug.
- Greining borsvarfs úr holum 5-10 sýnir að vatnsæðarnar fylgja þunnum setlögum sem eru á milli hraunlaganna sem jarðlagastaflinn er gerður úr. Þessi setlög eru oftast kölluð rauð millilög.
- Greining borsvarfs ásamt skoðun á halla jarðlaga í giljum Torfufells og Hólafjalls bendir til að jarðlögum halli 6-8° til austurs og 1-3° til norðurs. Þar sem algengast er að sprungur og gangar séu nær hornrétt á jarðlögum má búast við að sprungur sem stefna norður-suður hafi 4-8° halla til vesturs en 1-3° til suðurs ef stefnan er austur-vestur. Líkanreikningar á hitadreifingu kringum uppstreymisrásina við holu 5 benda einnig til þess að henni halli til vesturs.

Framhald jarðhitaleitar við Hólsgerði felst í borun djúprar rannsóknarholu. Verulegar líkur eru á að slík hola skili tilætluðum árangri og má þá breyta henni í vinnsluholu með rýmingu og fóðrun. Heppilegt er að miða við að hitta í uppstreymisrásina á 400-500 m dýpi, helst ekki mikið ofar vegna hættu á kælingu við langvarandi vinnslu. Nú er nokkur óvissa um legu sprungunnar og halla hennar sem taka verður tillit til þegar borholan verður staðsett. Ef við göngum út frá því að sprungan skeri yfirborð berggrunnss um 12 m austan holu 5 og halli sprungunnar sé 6° til vesturs ætti að bora nýju holuna 30 m vestan holu 5 til að hitta í uppstreymisrásina á 400 m dýpi. Ef hallinn er hins vegar í raun 8° ætti holan að hitta í uppstreymisrásina á 300 m dýpi en á 800 m dýpi ef hallinn reyndist aðeins 3°. Við þetta bætist síðan skekkja vegna 10-20 m óvissu í staðsetningu á skurðlínu sprungunnar við yfirborð. Í ljósi þessa er mælt með að fenginn verði til verksins bor sem ræður við að bora allt að 1000 m djúpa holu. Að vísu er ódýrara að fá minni bor, sem ræður við 500-600 m dýpi en það er þá að sama skapi áhættusamara. Heppilegast er að bora með lofti eins djúpt og unnt er.

Komi nægjanlegt vatn í holuna þarf að rýma hana og fóðra. Á þessu stigi er erfitt að segja hversu djúpt þarf að fóðra. Það fer eftir gerð jarðlaga og hvar vatnsæðar eru í holunni. Miðað við þær upplýsingar sem fyrir liggja er óvarlegt að reikna með minna en 120 m fóðringu og með langtímasjónarmið í huga væri eflaust æskilegt að fóðra niður á 250 m dýpi.

9. HEIMILDIR

Axel Björnsson og Kristján Sæmundsson, 1975: Jarðhitarannsóknir í nágrenni Akureyrar. Orkustofnun, OS-JHD 7557, 53s.

Hrefna Kristmannsdóttir og Sigfús Johnsen, 1980: Eyjafjörður. Efnainnihald og ísótópahlutföll jarðhitavatns. Orkustofnun, OS81023/JHD14, 49s.

Ólafur G. Flóvenz, 1988: Jarðhitinn hjá Hólsgerði og Torfufelli í Eyjafirði. Orkustofnun, ÓGF-88/04, 3s.

VIÐAUKI I
Viðnámsniðsmælingar, frumgögn

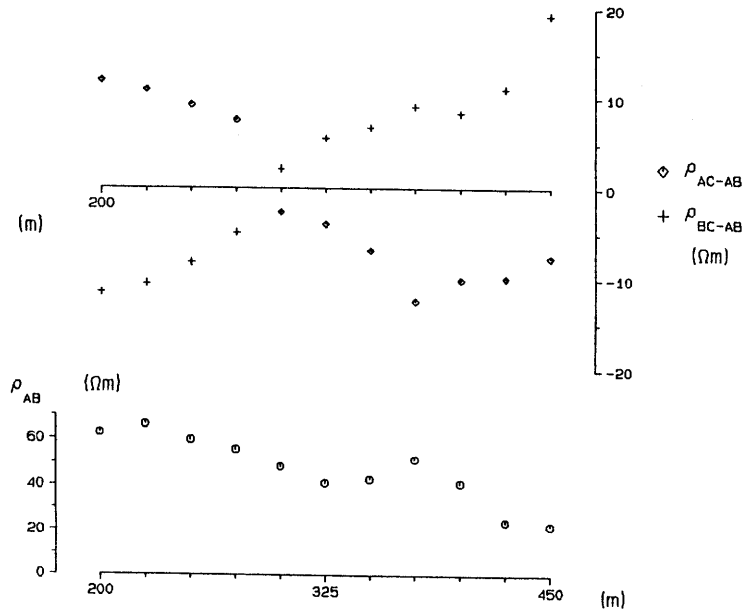
Hólsgerði í Eyjafjallasveit

Viðnámssniðsmæling

Lína 1. AB/2=300

A--M-N--B

Mælt 19.6.1992



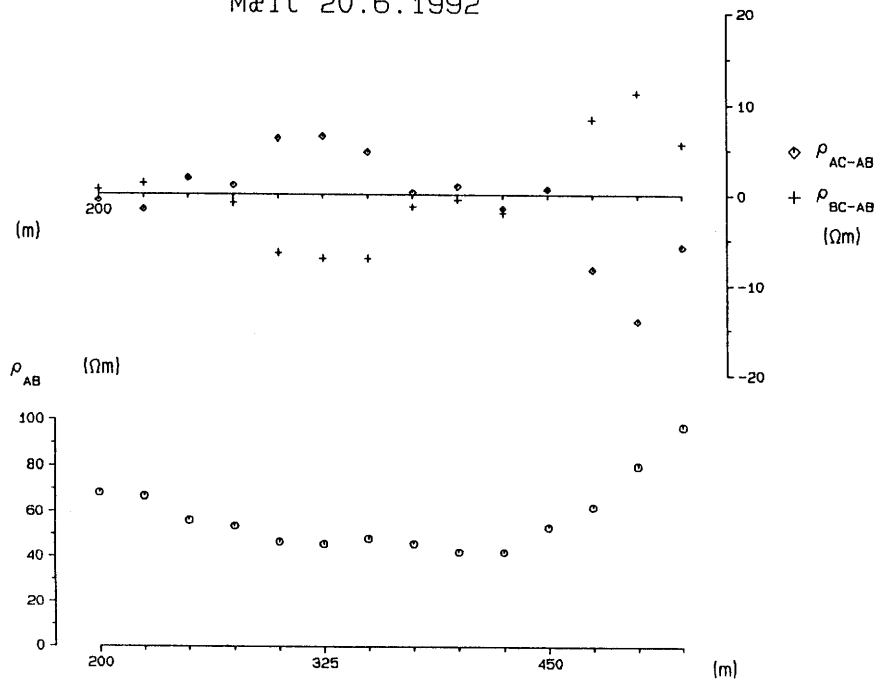
Hólsgerði í Eyjafjallasveit

Viðnámssniðsmæling

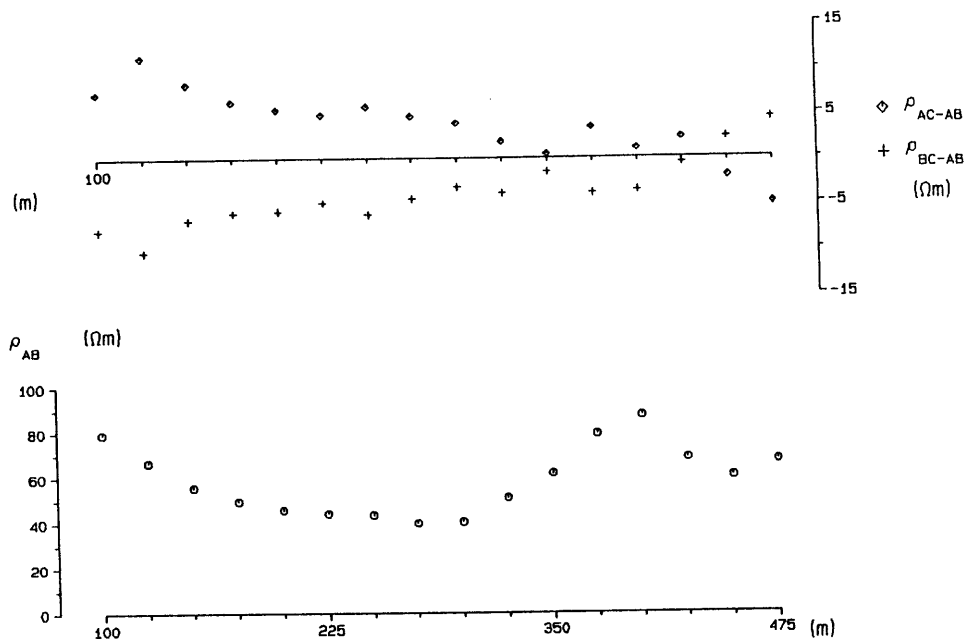
Lína 2. AB/2=300

A--M-N--B

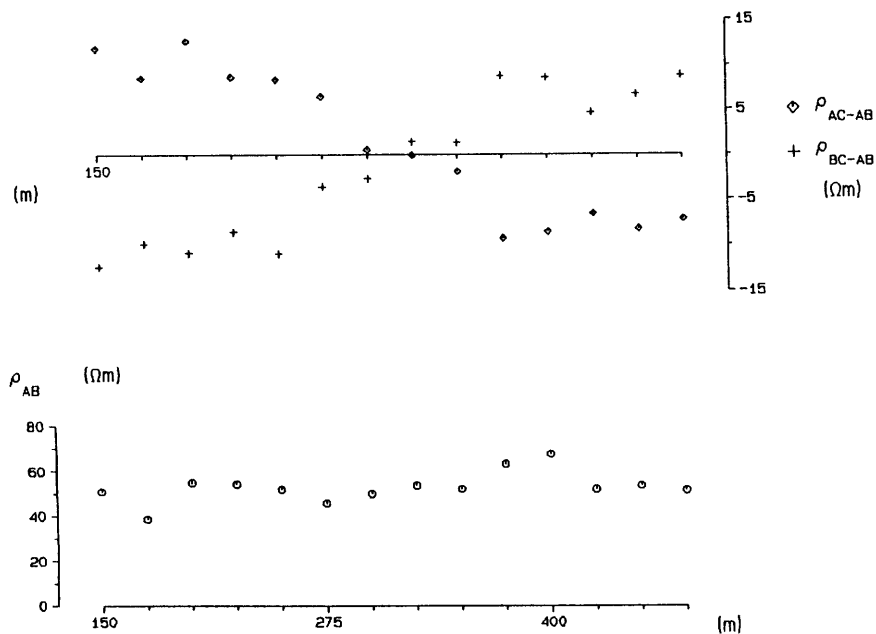
Mælt 20.6.1992



Hólsgerði í Eyjafjallasveit
Viðnámssniðsmæling
Lína 3. AB/2=300
A--M-N--B
Mælt 20.6.1992



Hólsgerði í Eyjafjallasveit
Viðnámssniðsmæling
Lína 4. AB/2=300
A--M-N--B
Mælt 20.6.1992



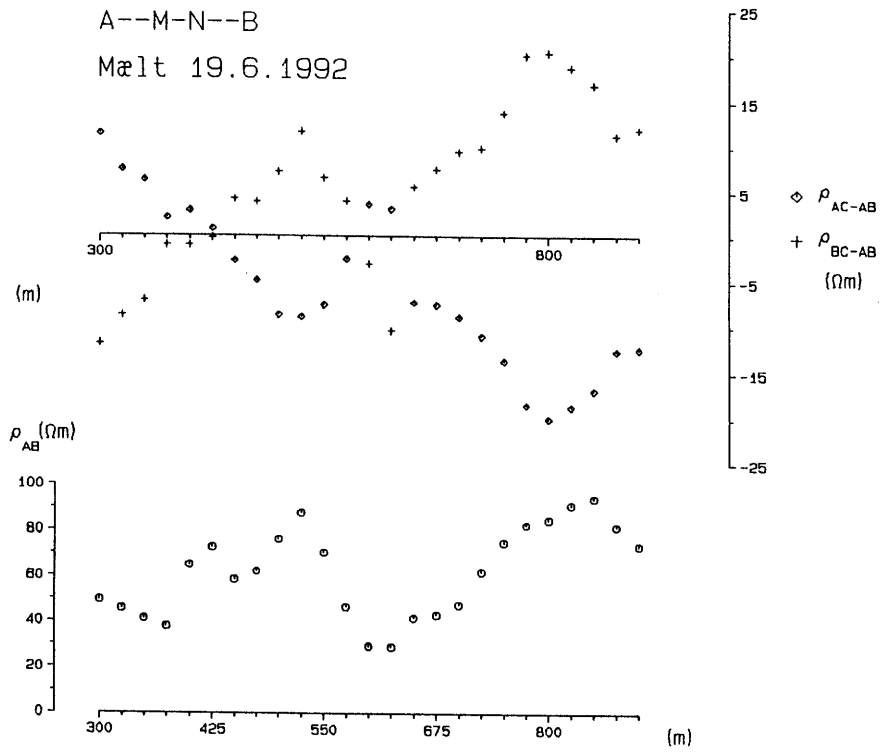
Hólsgerði í Eyjafjallasveit

Viðnámssniðsmæling

Lína 5. $AB/2=300$

A--M-N--B

Mælt 19.6.1992



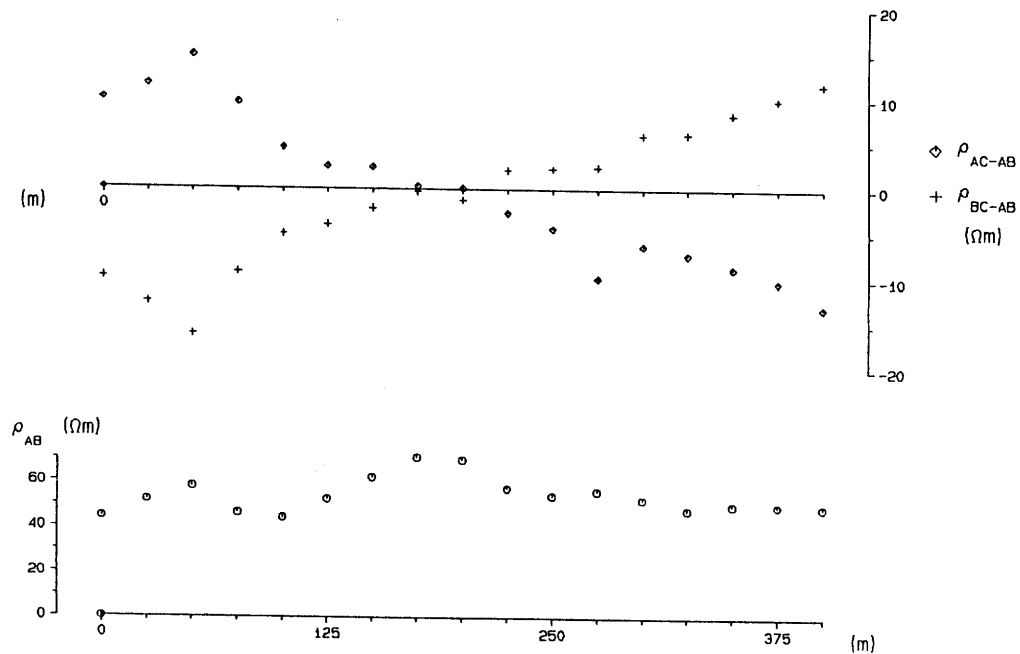
Hólsgerði í Eyjafjallasveit

Viðnámssniðsmæling

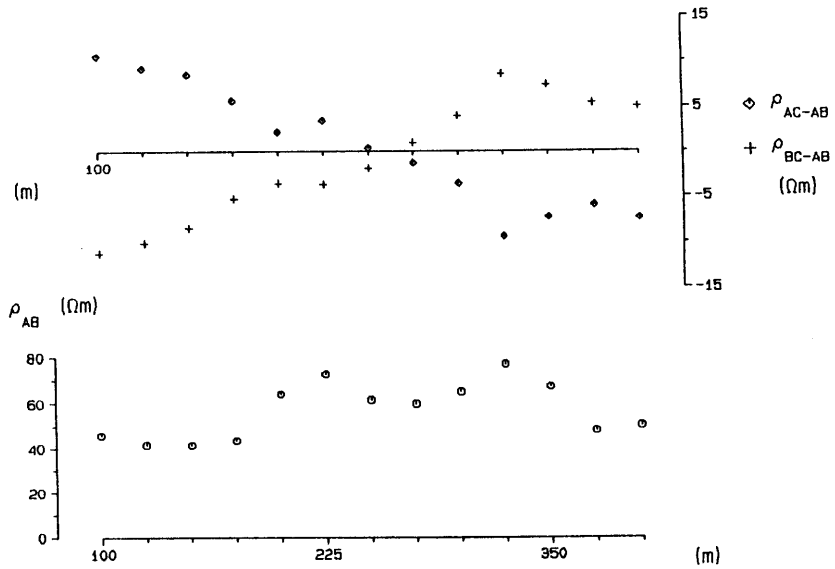
Lína 6. $AB/2=300$

A--M-N--B

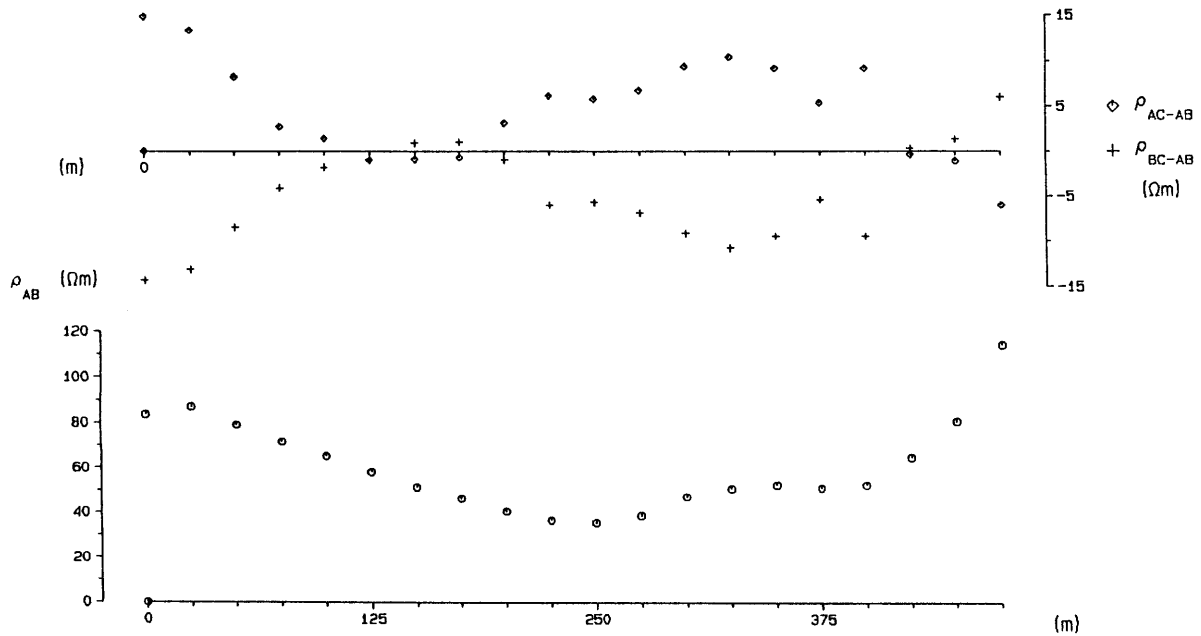
Mælt 21.6.1992



Hólsgerði í Eyjafjallasveit
Viðnámsniðsmæling
Lína 7. $AB/2=300$
A--M-N--B
Mælt 21.6.1992



Hólsgerði í Eyjafjallasveit
Viðnámsniðsmæling
Lína 8. $AB/2=300$
A--M-N--B
Mælt 21.6.1992



Hólsgerði í Eyjafjallasveit

Viðnámssniðsmæling

Lína 8. AB/2=400

A--M--N--B

Mælt 21.6.1992

