

Ben. 81



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

SUMARLIÐABÆR Í ÁSAHREPPI

**Jarðhitarannsóknir haustið 1986
ásamt yfirliti yfir fyrri rannsóknir
og boranir**

Lúðvík S. Georgsson

Unnið fyrir Holtabúið

OS-86073/JHD-33 B

Nóvember 1986



ORKUSTOFNUN

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr.: 686-101

SUMARLIÐABÆR Í ÁSAHREPPI

**Jarðhitarannsóknir haustið 1986
ásamt yfirliti yfir fyrri rannsóknir
og boranir**

Lúðvík S. Georgsson

Unnið fyrir Holtabúið

OS-86073/JHD-33 B

Nóvember 1986

EFNISYFIRLIT

Bls.

EFNISYFIRLIT.....	2
MYNDASKRÁ.....	2
1 INNGANGUR.....	3
2 FORRANNSÓKNIR.....	5
3 VINNSLUBORANIR Á ÁRUNUM 1983-1984.....	7
3.1 Borun holu SG-2.....	7
3.2 Borun holu SÝ-3.....	11
3.3 Borun holu SÝ-4.....	11
4 VATNSVINNSLA ÚR HOLU SÝ-4.....	14
5 VIÐNÁMSSNIÐSMÆLINGAR HAUSTIÐ 1986.....	16
5.1 Um viðnámssniðsmælingar.....	16
5.2 Framkvæmd viðnámssniðsmælinganna.....	17
5.3 Túlkun og niðurstöður viðnámssniðsmælinganna.....	17
6 NIÐURSTÖÐUR RANNSÓKNA OG FREKARI VATNSÖFLUN.....	19
HEIMILDIR.....	22
VIÐAUKI: Mæliferlar viðnámssniðsmælinganna.....	23

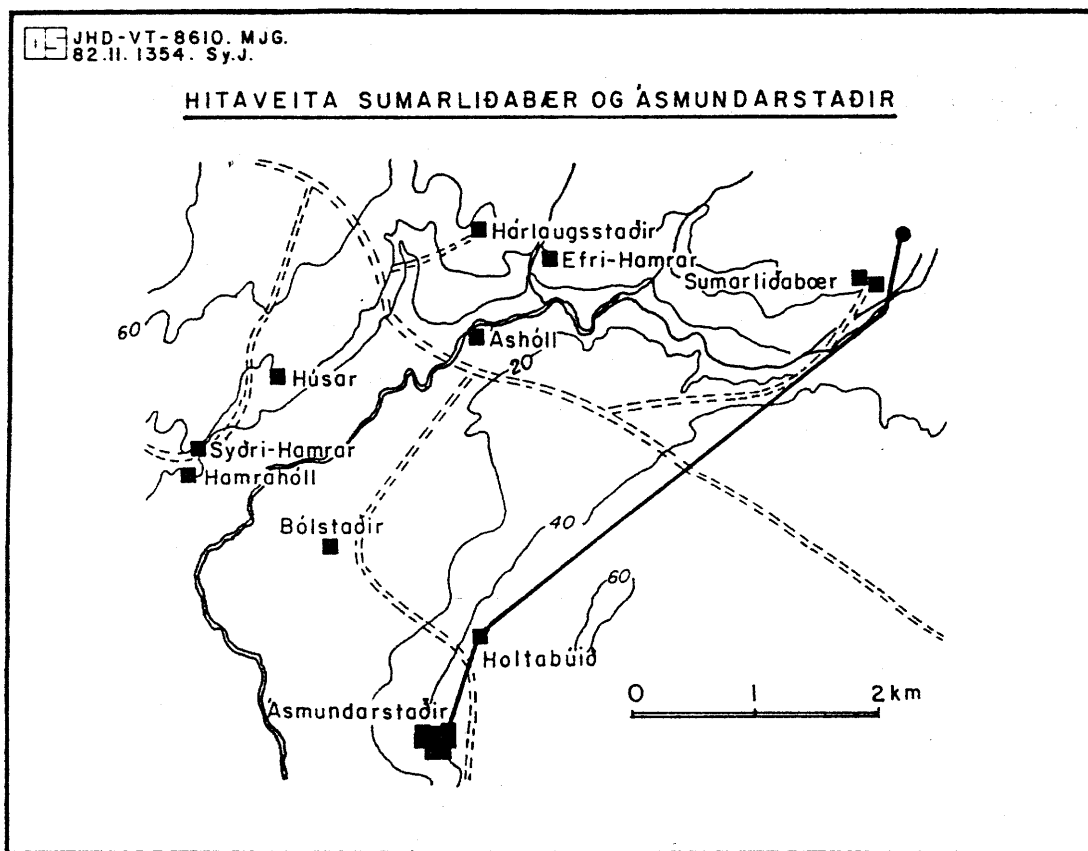
MYNDASKRÁ

1 Hitaveita Holtabúsins, afstöðumynd.....	3
2 Segulkort af laugasvæðinu við Sumarliðabæ.....	4
3 Hitamælingar í borholu SI-1.....	6
4 Borsaga holu SG-2.....	8
5 Hitamælingar í borholu SG-2.....	9
6 Hitamælingar í borholu SG-2.....	10
7 Hitamælingar í borholu SÝ-3.....	12
8 Hitamælingar í borholu SÝ-4.....	13
9 Langtímadæluprófun úr borholu SÝ-4.....	14
10 Staðsetning mælilína og lágviðnámsfrávik í viðnámssniðsmælingum.....	18
11 Jarðhiti og sprungukerfi.....	19
12 Líklegt þversnið af jarðhitakerfinu.....	21

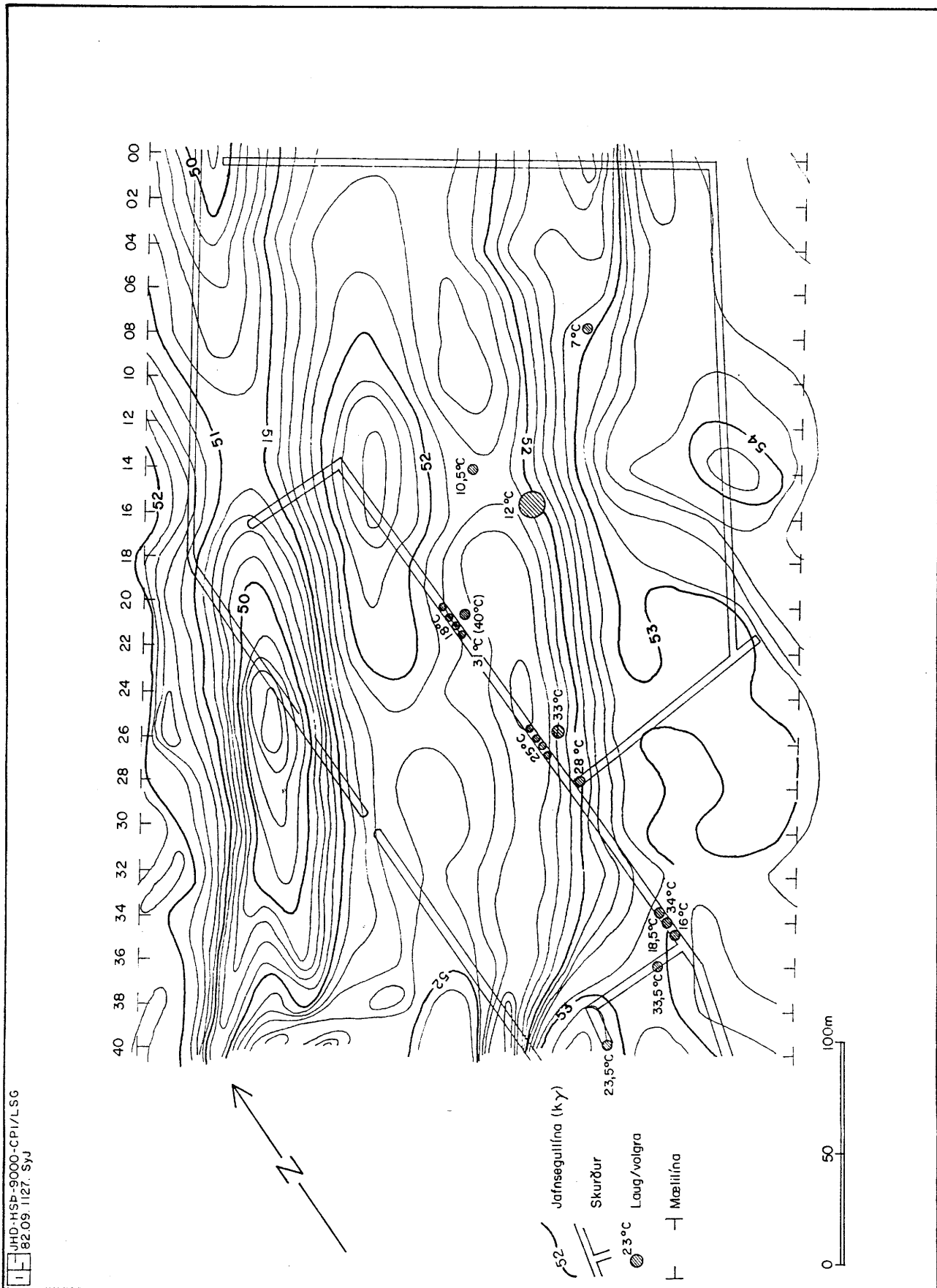
1. INNGANGUR

Undanfarið ár hefur verið rekin hitaveita á jarðhitasvæðinu við Efri Sumarliðabæ í Ásahreppi (1. mynd). Hún hefur séð Sumarliðabæ og Holtabúinu á Ásmundarstöðum fyrir heitu vatni. Hitaveitan er rekin af Holtabúinu sem keypti jarðhitaréttindin á sínum tíma af Efri Sumarliðabæ. Þegar vinnsla hófst síðla árs 1984 fékkst rúmlega 50°C heitt vatn úr vinnsluholunni. Vatnið hefur hins vegar farið kólnandi og er hitinn nú kominn niður fyrir 40°C. Þetta ástand er alls óviðunandi og því fór Holtabúið fram á að Jarðhitadeild Orkustofnunar skoðaði málið og reyndi að komast til botns í orsökum kólnunarinnar en undirbyggi um leið staðsetningu nýrrar vinnsluholu.

Hitamælingar í borholum sýndu strax að kalt grunnvatn streymir niður í jarðhitakerfið, og er niðurrennsli í borholu SG-2 líklega aðalskaðvaldurinn. Jafnframt lét Jarðhitadeild gera viðnámssniðsmælingar á jarðhitasvæðinu til að afla betri upplýsinga um hvað stjórnadi uppstreymi jarðhitavatnsins svo að unnt yrði að sækja heita vatnið dýpra og vonandi heitara en áður. Ágrip af niðurstöðum þessara rannsókna hefur þegar verið sent verkkaupa í greinargerð (Lúðvík S. Georgsson 1986). Í þessari skýrslu er greint frá niðurstöðunum en fyrst er gefið yfirlit yfir fyrri rannsóknir og boranir á jarðhitasvæðinu.



1. mynd. Hitaveita fyrir Sumarliðabæ og Holtabúið á Ásmundarstöðum.



2. mynd. Segulkort af laugasvæðinu við Sumarliðabæ.

2. FORRANNSÓKNIR

Í landi Efri Sumarliðabæjar í Ásahreppi er jarðhiti á allstóru svæði, um 700 m norðaustan við bæjarhúsin (1. mynd). Laugasvæðið er um 100x300 m² að stærð og ílangt í norðnorðaustur. Þarna voru allmargar laugar og volgrur, sem komu upp í mýri eða skurðum. Á yfirborði hefur hæstur hiti mælst 40°C, en hiti á bilinu 20-34°C mældist í allmörgum augum (2. mynd). Áður en farið var að dæla úr holum á svæðinu var nokkurt rennsli úr laugunum. Vegna aðstæðna var erfitt að mæla það en giska má á það hafi numið a.m.k. 3-4 l/s. Eftir að dæling hófst úr holu SÝ-4 hefur dregið verulega úr yfirborðsvirkni, en nánar verður vikið að því síðar. Volgruvottur finnst einnig í landi Neðri Sumarliðabæjar um 300 m vestsuðvestan bæjarhúsa. Þar vætlar fram um 17°C heitt vatn í skurðbakka skammt frá útihúsum.

Rannsóknir á jarðhitunum við Sumarliðabæ hófust sumarið 1982, ef frá er talin ein viðnámsmæling, frá sumrinu 1976. Laugasvæðið var kortlagt ýtarlega og segulmældur 300x400 m² stór skiki, sem tók yfir öll yfirborðsummerki jarðhitans. Verkið var unnið af nemendum Jarðhitaskóla Sameinuðu þjóðanna, og niðurstöður birtar í skýrslu sem skólinn gaf út (Ignacio 1982). Segulkortið er birt á 2. mynd. Helstu niðurstöður segulmælinganna voru að fram komu tvö meginsegulfrávik, annað mátti rekja til öfugt segulmagnaðs gangs, sem stefnir N25-30°A, hitt var túlkað sem misgengi, sem stefnir N30-40°A. Gangurinn liggur 50-100 m norðvestan við laugasvæðið og var erfitt að sjá nokkur tengsl milli hans og uppstreymis jarðhita. Misgengið, sem virðist klofið á norðanverðu mælisvæðinu, liggur hins vegar um laugasvæðið suðaustanvert. Stefnan er þó nokkuð austlægari en aðalstefna laugasvæðisins svo að áhrif þess hafa ekki þótt augljós. Fræðilegir útreikningar á lögun segulfrávikanna gáfu til kynna að þykkt lausra jarðlaga væri á bilinu 10-30 m yfir ganginum og grynntist til suðurs. Yfir misgenginu virtist hún nokkru minni, eða á bilinu 10-20 m.

Sama sumar var einnig leitað að sprungum á allstóru svæði umhverfis jarðhitann og í nærliggjandi holtum, en án árangurs. Í greinargerð um niðurstöður rannsókna (Lúðvík S. Georgsson 1984) kemur fram að samræmd túlkun allra gagna þótti gefa til kynna að jarðhitinn kæmi upp á sprungu sem stefndi N20-30°A. Misgengið skæri sprunguna en hlutverk þess þótti ekki ljóst. Loks gáfu efnagreiningar til kynna að þarna mætti fá tæplega 70°C heitt vatn.

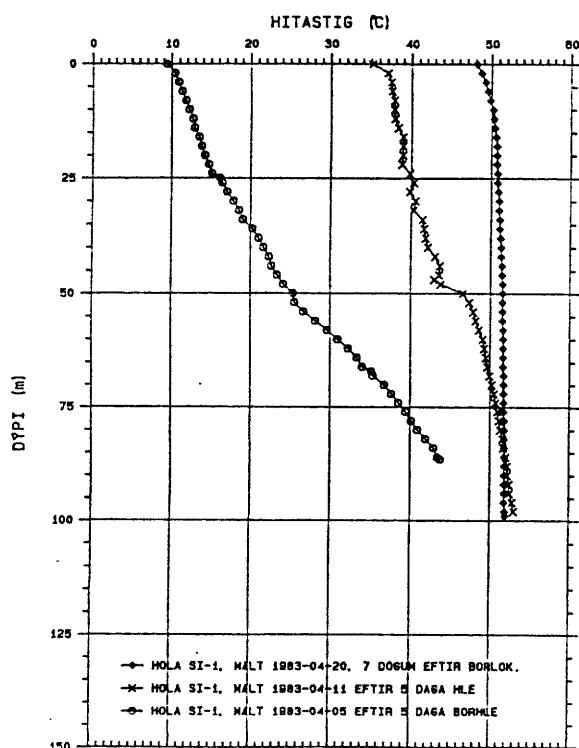
Þessar niðurstöður þóttu gefa til kynna að svæðið væri efnilegt til heitavatnsöflunar. Frumathugun á kostnaði við hitaveitu frá borholu á laugasvæðinu að Sumarliðabæ og Holtabúinu á Ásmundarstöðum, um 5 km sunnar, (1. mynd) gaf til kynna að hitaveita til þessara bæja væri hagkvæm. Heildarorkuþörfin reiknaðist um 5,5 l/s af 70°C heitu vatni, ef vatnið kæmi um 60°C heitt að Ásmundarstöðum. Orkuverð hitaveitunnar var áætlað svipað og verð svartolíu, en um 80% af raforkuverði á marktaxta miðað við verðlag fyrsta ársfjórðungs

1982 (María Jóna Gunnarsdóttir o.fl. 1983).

Áður en vinnsluhola yrði staðsett á svæðinu mælti Jarðhitadeild þó með að boruð yrði rannsóknahola til að afla frekari upplýsinga um tengsl jarðhitans við brot og ganga og halla þeirra. Hola SI-1 var boruð í þessum tilgangi í mars/apríl 1983. Hún var staðsett um 50 m vestan við heitustu laugina og boruð með 40° halla (frá láréttu) innundir laugasvæðið. Holan var boruð með jarðbornum Iðanda (Sullivan 4) og tók borun um 4 vikur. Kjarni var tekinn af allri holunni. Holan var 101 m löng og skar opna sprungu í 100 m (á 65 m dýpi) svo að ekki reyndist unnt að bora lengra. Vatn streymdi úr sprungunni og mældist það um 52°C heitt í æðinni. Hitamælingar úr holunni eru sýndar á 3. mynd. Nokkrar mælinur af svokölluðum VLF-mælingum sem gerðar voru í maí, sýndu einnig að vatnsgæf sprunga lægi þarna um. Heitasta laugin er hins vegar á yfirborðinu um 20 m vestar. Dæmið þótti því liggja nokkuð ljóst fyrir og var talið líklegt að sprungunni hallaði til austurs. Út frá þessum upplýsingum var unnt að staðsetja vinnsluholu, en áður en það yrði gert var ákveðið að bora nokkrar holur í gegnum mýrina til að staðfesta að þar væri ekki lárétt rennsli út frá sprungunni í lausum jarðlögum ofan á bergrunninum. Þessar holur, sem urðu alls 12 og eru 5-10 m djúpar, sýndu að svo var ekki og í framhaldi af því var vinnsluhola staðsett um 30 m austan sprungunnar á móts við heitustu laugina. Stefnt var að því að skera jarðhitasprunguna á 400-500 m dýpi, miðað við að sprungunni hallaði um 86° til austurs.

JHD-JED-8610-LSG
86.11.0974-T

SUMARLIÐABÆR
Hitamælingar í SI-1



3. mynd. Hitamælingar í borholu SI-1.

3. VINNSLUBORANIR Á ÁRUNUM 1983-84

3.1 Borun holu SG-2

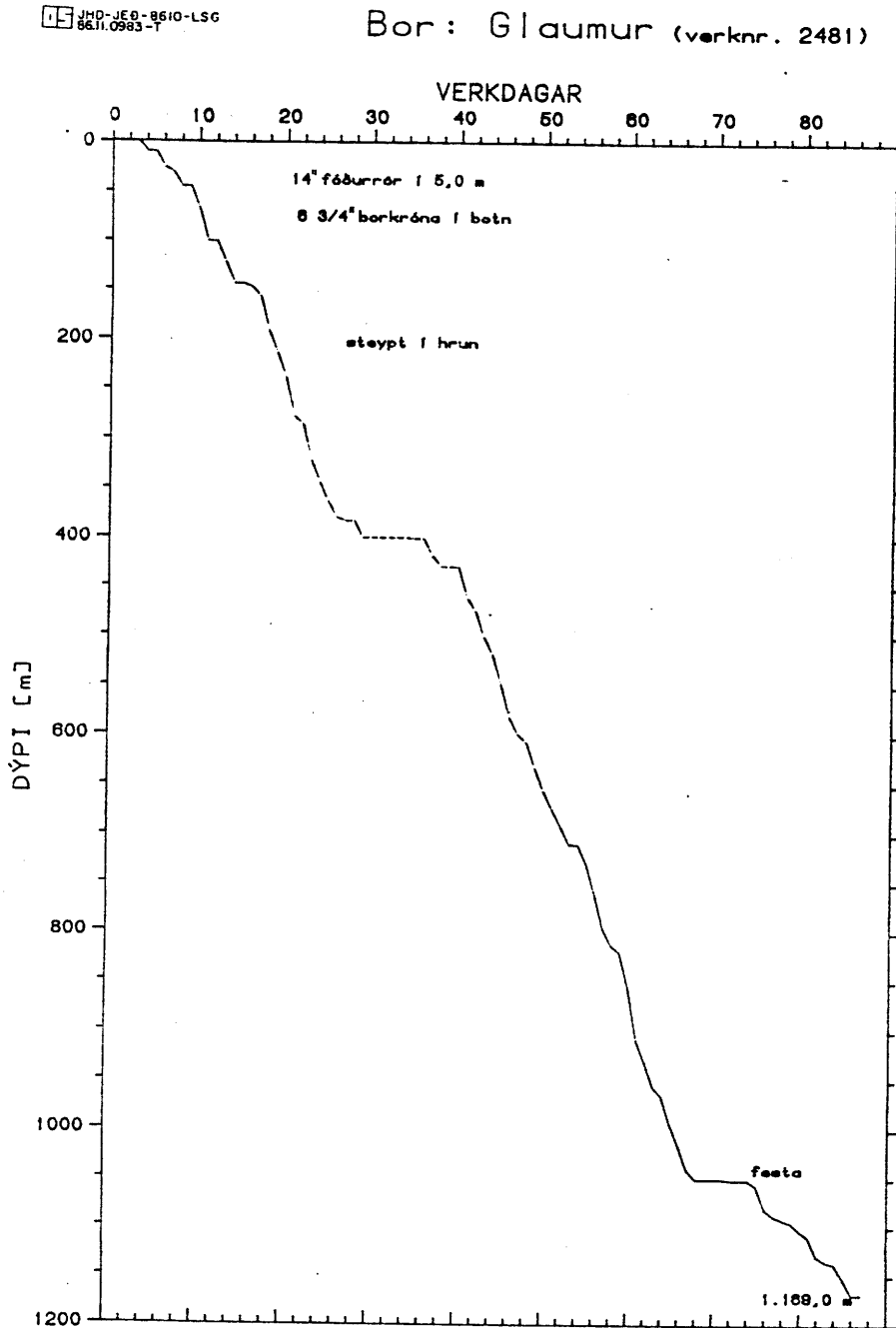
Borun holunnar hófst 2. júní 1983 og var jarðborinn Glaumur notaður til verksins. Glaumur var valinn þar sem fýsilegt þótti að nota bor sem kæmist dýpra en í 600 m ef þörf krefði. Þar var annars vegar litið til þess að enn ríkti töluverð óvissa um halla sprungunnar en hins vegar var höfð hliðsjón af árangrinum af borunum við Laugaland í Holtum, sem er skammt frá Sumarliðabæ. Það er skemmst frá því að segja að borun holu SG-2 gekk illa lengi framan af. Bergið reyndist mjög sprungið og hrungjarnt í efstu 400 m. Hver steypingin rak aðra og urðu þær alls 14. Mikið vatn, líklega um 10 l/s í sjálfrennsli, kom í holuna í efstu 200 m, en það reyndist litlu heitara en í vatnsæðinni í skáholunni, eða 52-54°C, sem var helst til kalt til nýtingar á Ásmundarstöðum. Því var haldið áfram að bora. Neðan 200 m dýpis var holan kaldari, eða innan við 45°C. Neðan 450 m dýpis hafði tekist að komast fyrir hrunið og gekk borun vel í framhaldi af því. Hiti fór nú einnig vaxandi að nýju.

Er komið var niður á 600 m dýpi var botnhitinn kominn yfir 65°C en engar vatnsæðar höfðu fundist neðan 200 m dýpis. Í ljósi þess að borinn var nú kominn í þann hita sem verið var að leita, og að halli næstum lóðréttra sprungna er metinn með mikilli óvissu var talin full ástæða til að halda borun áfram. Þá hafði olíuverð hækkað töluvert umfram byggingarvísitölu og því aukið svigrúm fyrir borframkvæmdir samkvæmt frumáætlun hitaveitunnar. Holan var boruð niður á 1169 m dýpi. Borun gekk vel ef frá er talin vikutöf sem varð þegar borað hafði verið niður á 1050 m dýpi, er borinn lenti í festu vegna lykilholu. Borun lauk 10. október eftir alls 89 verkdaga. Framvinda borverksins er sýnd á 4. mynd. Árangur var hins vegar mun lakari en vonast var eftir og engar nýtanlegar vatnsæðar fundust neðan 200 m dýpis. Holan virtist ekki hafa skorið jarðhitasprunguna, eins og stefnt var að, og því ljóst að halli hennar var annar en reiknað hafði verið með. Í lok borunar runnu úr holunni um 3-4 l/s af rúmlega 50°C heitu vatni, og kom það úr æðum í efstu 150 m holunnar (Lúðvík S. Georgsson og María Jóna Gunnarsdóttir 1984).

Á 5. og 6. mynd eru sýndar hitamælingar sem gerðar voru meðan borun holu SG-2 fór fram. Reynt var að hitamæla holuna um 10 vikum eftir að borun lauk, en þá reyndist vera fyrirstaða í holunni á um 460 m dýpi svo að öruggar upplýsingar um botnhita holunnar og hitastigul í neðri hlutanum fengust ekki (6. mynd). Út frá síðustu hitamælingum í borun má þó áætla að botnhitinn sé 100-105°C, sem samsvarar því að hitastigullinn sé um 100°C/km.

Hola SG-2 var víddar- og hallamæld, mæld var náttúrleg gammageislun og gerðar nifteindamælingar. Hins vegar mistókust viðnámsmælingar í holunni. Það er

skemmst frá því að segja við halla-, gamma og nifteindamælingarnar kom enn fram fyrirstaða í holunni á 420-460 m dýpi svo að ekki tókst að mæla dýpra. Hins vegar tókst að víddarmæla holuna næstum í botn eða niður á 1121 m dýpi og sýnir víddarmælingin þrengingu, trúlega vegna hruns, á 458 m dýpi. Annars er töluvert af skápum í holunni einkum á 100-260 m dýpi en einnig eru stórir skápar á 610, 620, 935 og 1000 m dýpi. Fullnaðarúrvinnsla á þessum mælingum liggur enn ekki fyrir en þær hafa veitt mikilsverðar upplýsingar um jarðlög sem hún sker.

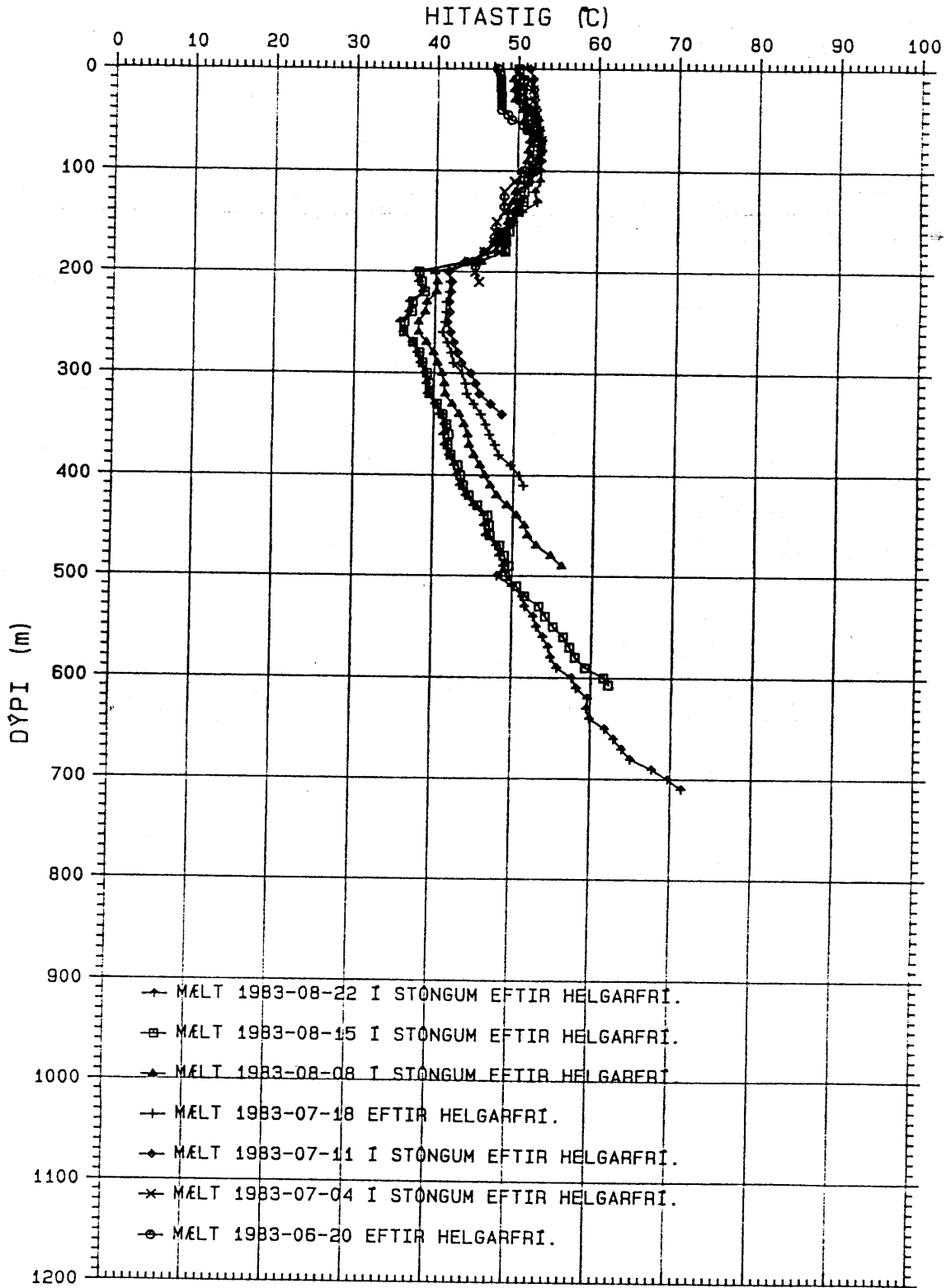


4. mynd. Borsaga holu SG-2.

IL JHD-JED-8610-LSG
86.11.0975-T

SUMARLIDABÆR

Hitamælingar í SG-2

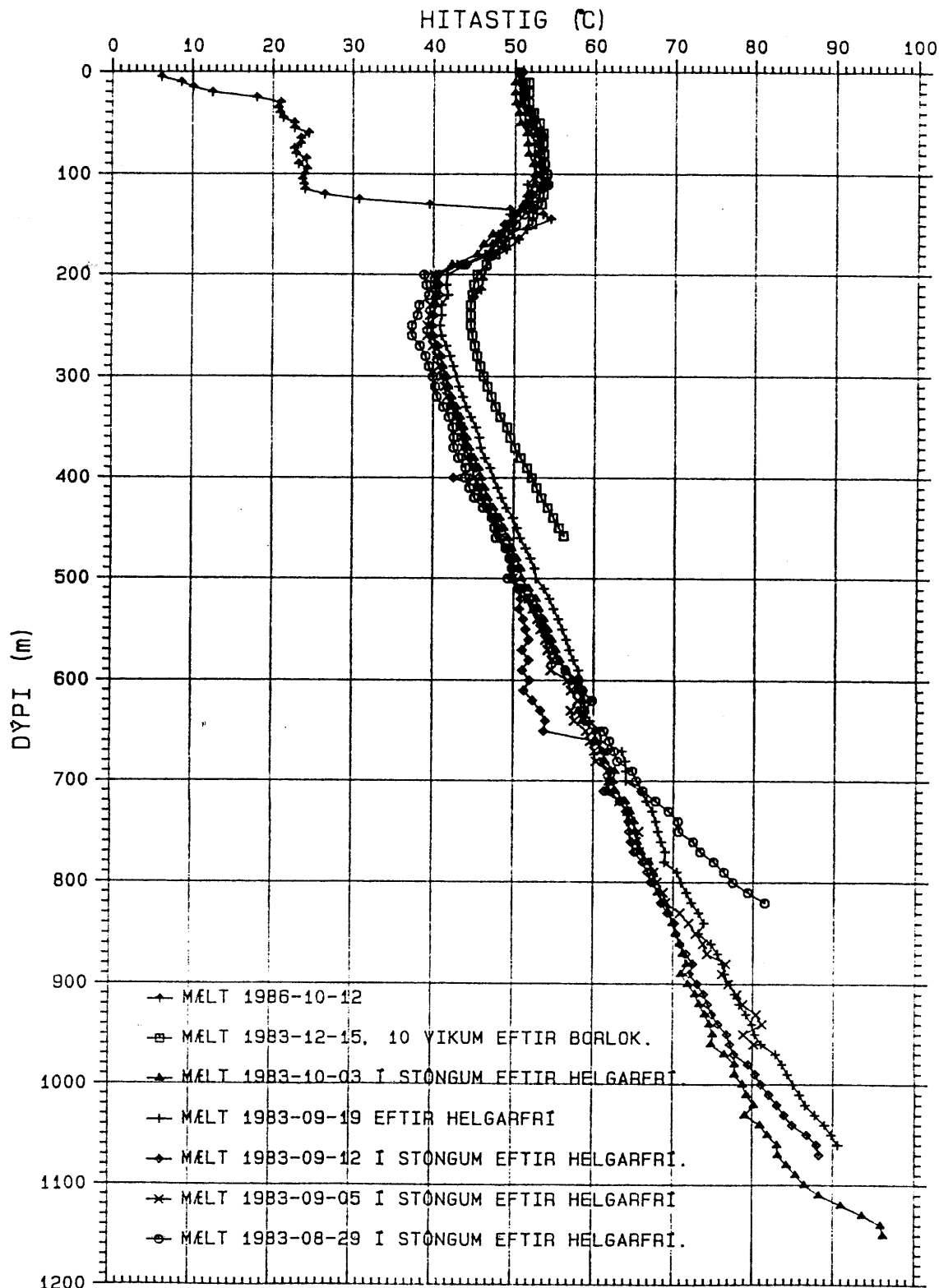


5. mynd. Hitamælingar í borholu SG-2.

JHD-JED-8610-LSG
86.II.0976-T

SUMARLIDABÆR

Hitamælingar í SG-2



6. mynd. Hitamælingar í borholu SG-2.

3.2 Borun holu SÝ-3

Niðurstöður borunar holu SG-2 ollu vonbrigðum og sýnt að heitara vatn en 50-55°C yrði torsótt. Veturinn 1984 kom einnig í ljós að efnahiti heita vatnsins hafði áður verið ofmetinn og var hann nú talinn vera nálægt 60°C (Halldór Ármannsson 1984). Mat verkkaupa var hins vegar að betra væri 50-55°C heitt vatn en ekkert vatn og því var ákveðið að bora grunna vinnsluholu til að ná því. Ekki þótti heppilegt að reyna að sækja þetta vatn í holu SG-2. Vissulega var hún enn sæmilega opin í efstu 200 m en það hafði margoft verið steypt í þessar æðar svo að víst þótti að betri vinnsluhola fengist með borun nýrrar grunnrar holu. Holunni var valinn staður beint yfir þar sem talið var að hola SI-1 hefði skorið jarðhitasprungu, um 25 m austan við heitustu laugina.

Borun SÝ-3 hófst 5. júní 1984 var jarðborinn Ýmir notaður til verksins. Holan var fóðruð með 7 5/8" röri niður á 21 m dýpi. Borað var með lofti niður á 222 m dýpi. Borun lauk 13. júní og tók alls 6 verkdaga. Töluvert vatn kom í holuna en það reyndist nokkrum gráðum kaldar en í holu SG-2 eða um og rétt undir 50°C, eins og sjá má í hitamælingum úr holunni á 7. mynd. Eins og hola SG-2 var SÝ-3 einnig mun kaldari neðan 150 m og mældist þar um og innan við 45°C.

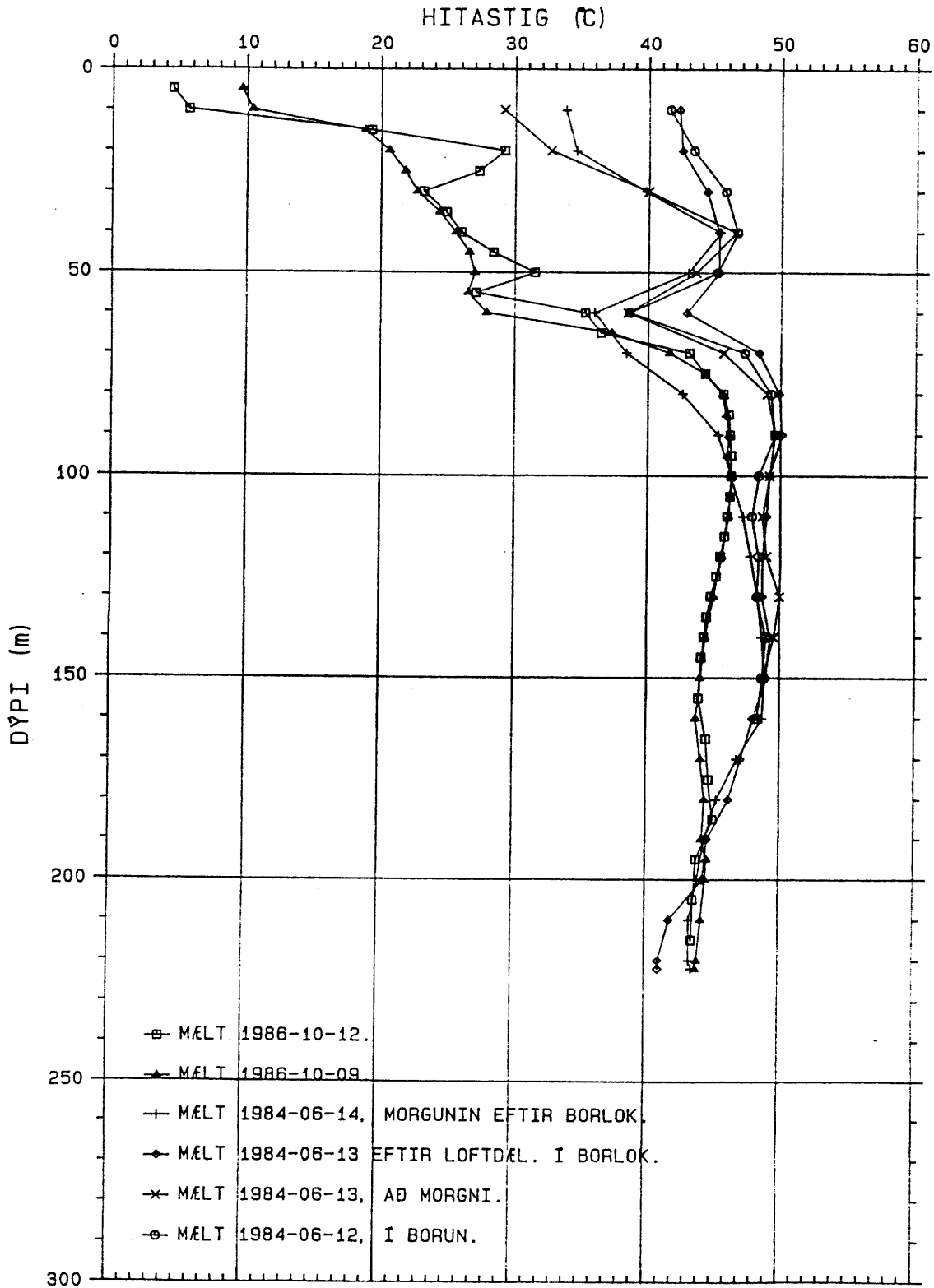
3.3 Borun holu SÝ-4

Þegar virkja á vatn, sem er kaldara en 60°C, er hver gráða dýrmæt, og nú varð ekki aftur snúið. Ákveðið var að reyna enn einu sinni og nú nokkru austar og stíla upp á að ná í sama vatnið og í holu SG-2. Holu SÝ-4 var valinn staður um 12 m vestan hennar. Ýmir var notaður áfram og hófst borun þann 14. júní, en lauk þann 29. júní eftir 12 verkdaga. Holan var boruð með lofti niður á 145 m dýpi og fóðruð með 8 5/8" röri í 62 m. Borun gekk þó ekki snuðrulaust og urðu tafir vegna vatnsrennslis og hruns. Nokkrar vatnsæðar komu fram, þær helstu voru á um 65 og 125 m dýpi. Hitamælingar úr holunni eru sýndar á 8. mynd. Um tveggja gráða misræmi kemur fram milli mælinga og bendir allt til að í fyrstu hafi verið notuð mælirúlla sem sýndi heldur háan hita. Ef tekið er tillit til þess má ætla að hiti í heitustu æðinni, á um 125 m dýpi, hafi verið um 54°C, sem er svipað og mældist í holu SG-2. Ekki rann úr holunni enda stendur hún eilítið hærra en hola SG-2. Með skammtíma loftdælingu úr SÝ-4 fengust um eða yfir 15 l/s með því að draga vatnsborðið niður á um 8 m dýpi (mælt í holu SG-2). Eftir að vatnsborð kom upp aftur að lokinni loftdælingu fór að renna úr holunni um 1 l/s. Árangurinn var sá sem vonast var eftir og í framhaldi af því var borunum hætt.

JHD-JED-8610-LSG
86.11.0977-T

SUMARLIÐABÆR

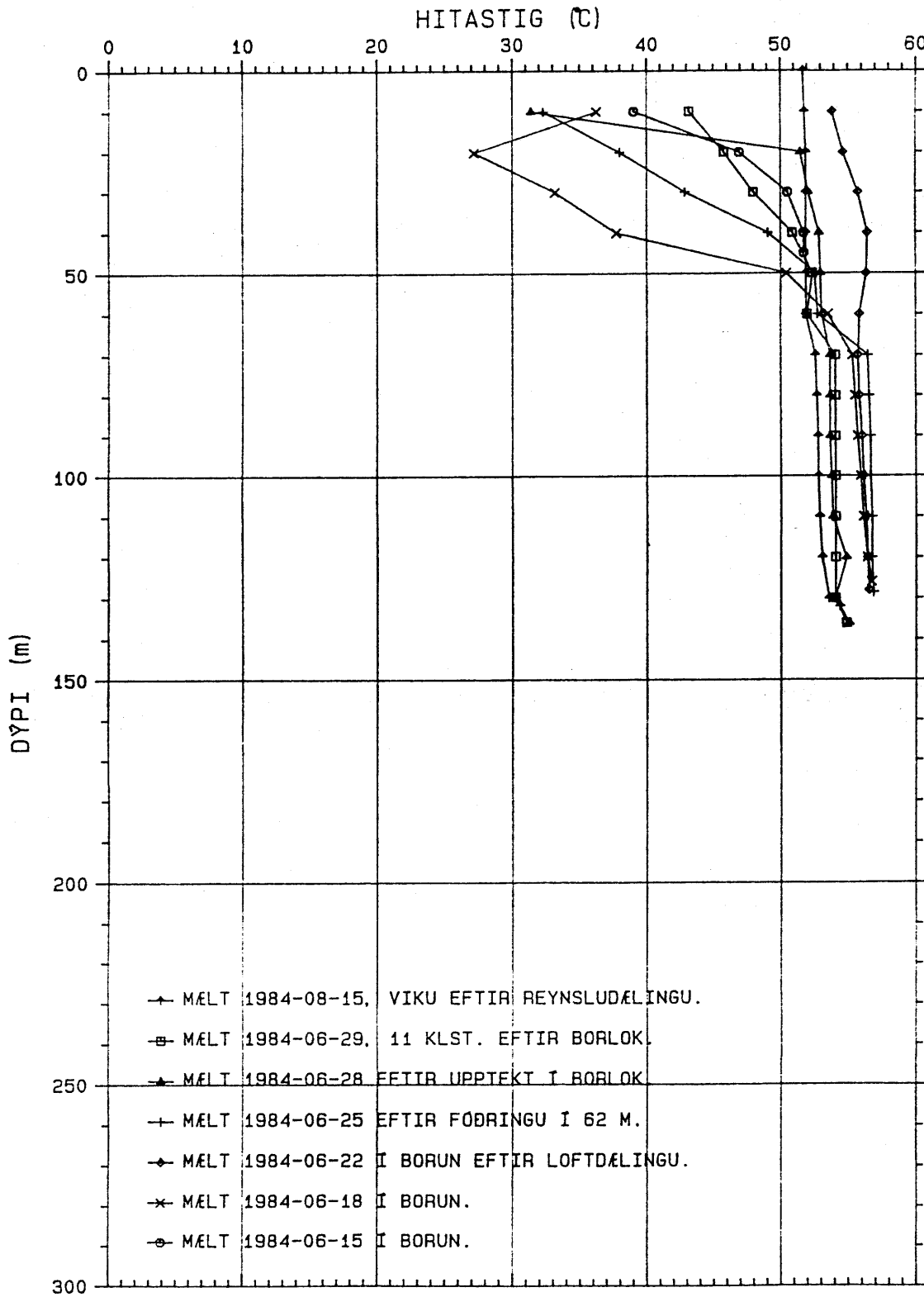
Hitamælingar í SÝ-3



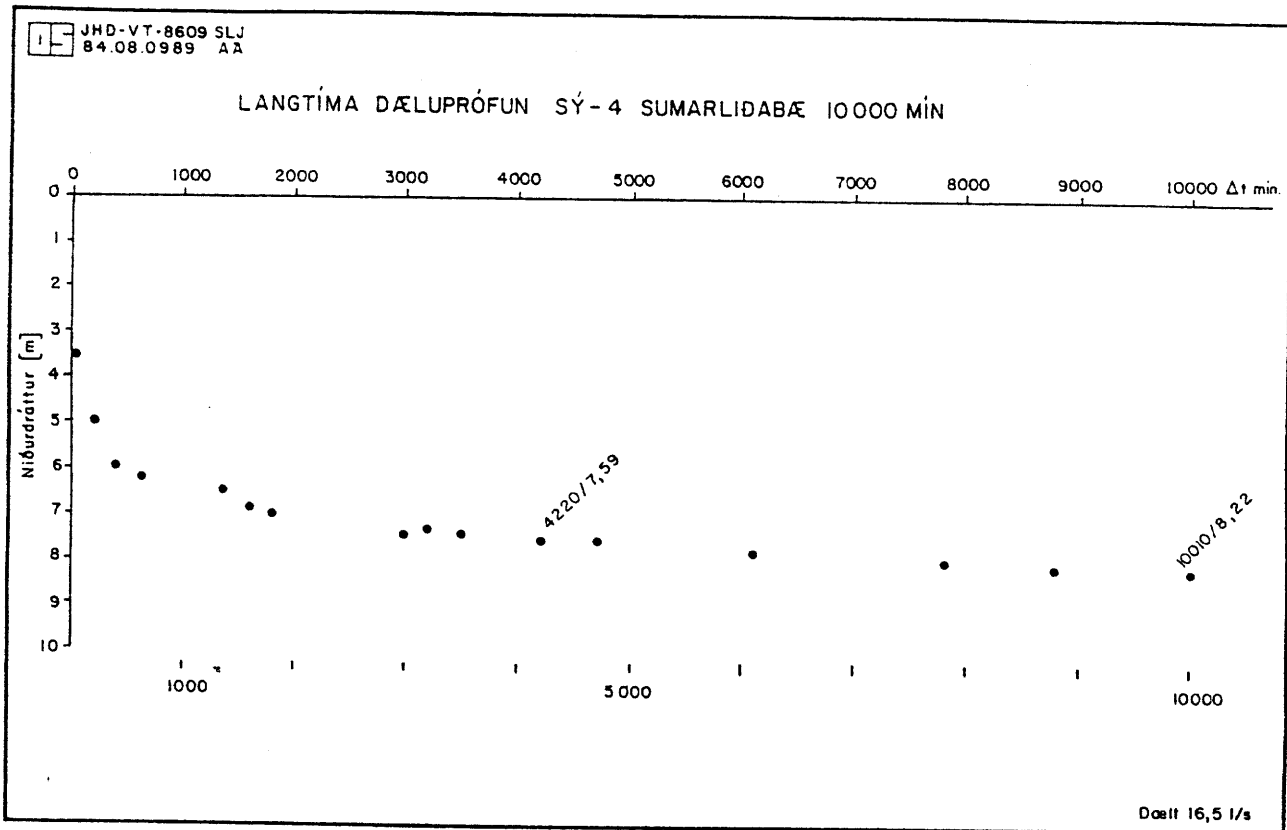
7. mynd. Hitamælingar í borholu SÝ-3.

SUMARLIDABÆR

Hitamælingar í SÝ-4



8. mynd. Hitamælingar í borholu SÝ-4.



9. mynd. Langtímadæluþrófun úr borholu SÝ-4.

4. VATNSVINNSLA ÚR HOLU SÝ-4

Í ágúst 1984 var hola SÝ-4 dæluþrófuð með dælu frá Jarðhitadeild og hafði Sæþór L. Jónsson umsjón með verkinu. Fyrst var þrepaðælt úr holunni í tveimur þrepum og fylgst með niðurdrætti í henni og nærliggjandi holum. Þá var gerð langtímadæluþrófun og var dælt úr holunni 16,5 l/s í 7 daga. Við þessa dælingu lækkaði vatnsborðið í um 8 m eins og sjá má á 9. mynd. Þessar niðurstöður þóttu benda til að úr holunni mætti dæla 10-12 l/s til langs tíma án þess að draga vatnsborð verulega niður. Þetta voru viðunandi niðurstöður fyrir Holtabúið.

Hitaveita var lögð veturinn 1984-1985 frá holu SÝ-4 að Sumarliðabæ og Holtabúinu á Ásmundarstöðum. Hitaveitan tók þó ekki til starfa fyrr en um mitt sumar 1985. Eftir að vinnsla hófst hefur að jafnaði verið dælt úr SÝ-4 um 10 l/s. Vatnsborðið hefur lækkað nokkuð og er nú á um 12 m dýpi. Hiti vatnsins var í upphafi rúmlega 50°C, en fljótlega fór að bera á kólnun. Vatnið hefur síðan kólnað jafnt og þétt og tímabundinn samdráttur í vatnsvinnslu virtist hafa lítil áhrif þar á. Í októberbyrjun 1986 eftir 15 mánaða vinnslu var hitinn við holutopp kominn niður í um 39°C. Þetta var auðvitað óviðunandi og í framhaldi af því fór Holtabúið fram á að Orkustofnun skoðaði mál-

ið. Orkustofnun tók það að sér en mælti jafnframt með að gerðar yrðu viðnámsniðsmælingar til að undirbúa staðsetningu nýrrar vinnsluholu. Hitamælingar í holu SG-2 og SÝ-3 sýndu töluverða kólnun í holunum (6. og 7. mynd) samanborið við ástandið áður en dæling hófst. Þetta er einkum áberandi í holu SG-2, sem er orðin "skítköld" niður á 125 m dýpi. Mæliferillinn bendir eindregið til að niðurrennsli sé í holunni úr efstu 30-40 m niður á 125 m. Hóla SG-2 er aðeins fóttruð í 5 m og fjarlægðin milli hennar og vinnsluholunnar SÝ-4 er aðeins 12 m. Ennfremur má benda á að ein aðalvatnsæðin í vinnsluholunni er einmitt á um 125 m dýpi. Það er því nokkuð ljóst að hina miklu kólnun í SÝ-4 má rekja til niðurrennslis í SG-2 og greiðs samgangs milli hennar og vinnsluholunnar. Ekki er þó útilokað að náttúrlegt niðurrennsli um sprungur í kjölfar vatnsborðslækkunarinnar eigi líka einhvern þátt í þessu.

Til frekari staðfestingar var í október síðastliðnum tekið sýni við holutopp SÝ-4 til efnagreiningar. Greiningu er enn ekki lokið en fyrstu niðurstöður benda allar í sömu átt, þ.e. til innstreymis kaldsgrunnvatns í kerfið. Til að mynda hefur klórinnihald heita vatnsins minnkað um a.m.k. 40% og heildarmagn uppleystra efna um a.m.k. 30%. Með hliðsjón af þessu og því að hitinn hefur lækkað úr rúmlega 50 gráðum í tæplega 40°C má ætla að um 25-30% af því vatni, sem nú er tekið úr vinnsluholunni SÝ-4, sé að uppruna kalt grunnvatn.

Eftir að vinnsla heita vatnsins hófst og farið var að draga niður vatnsborðið með dælingu, hefur dregið mikið úr yfirborðsvirkni jarðhitans. Efstu (nyrstu) laugarnar eru horfnar en rennslið hefur minnkað úr þeim syðri. Þá hafa þær einnig kólnað verulega. Í nóvember 1986 mældist hæstur hiti á yfirborði 17-18°C í syðstu lauginni (2. mynd).

5. VIÐNÁMSSNIÐSMÆLINGAR HAUSTIÐ 1986

5.1 Um viðnámssniðsmælingar

Á lághitasvæði eins og á Sumarliðabæ í Ásahreppi, þar sem seltu gætir lítt í grunnvatni, vega áhrif vatnsinnihalds bergsins langþýngst í eðlisviðnámi bergsins. Af því leiðir að jarðmyndanir með lágu eðlisviðnámi hljóta jafnframt að vera vatnsríkar. Því má segja að "lágviðnámssprungur" séu líklegir vatnsleiðarar.

Viðnámssniðsmælingar hafa unnið sér fastan sess í jarðhitaleit síðustu 5-6 árin. Þær hafa reynst mjög vel við leit að lóðréttum vatnsleiðandi sprungum eða göngum, sem koma fram eins og lágviðnámspil. Mæliaðferðinni hefur margt oft verið lýst í skýrslum Orkustofnunar (sjá t.d. Sigmundur Einarsson o.fl. 1983), en í stuttu máli byggist hún á eftirfarandi. Notuð eru 3 straumskaut (A, B og C) og 2 spennuskaut (M og N). A og B og spennuskautum er raðað á mælilínu (sniðlínu) eins og í venjulegri Schlumbergerviðnámsmælingu (dýptarmælingu). Í dýptarmælingu er bilið sífellt aukið á milli straumskauta (og spennuskauta) til að skyggjast dýpra niður. Í lengdarmælingum eins og viðnámssniðsmælingum er skautabili hins vegar haldið föstu og öll skaut (bæði straum- og spennuskaut) færð um sömu vegalengd í stefnu mælilínu. Straumskauti C er hins vegar komið fyrir mjög langt í burtu, helst þvert á mælilínu og er það ekki flutt til. Í hverri mælistöð á mælilínu er sendur straumur milli allra þriggja para af straumskautum, en spennan er í öllum tilfellum mæld milli sömu spennuskauta.

Út frá mældum spennu- og straumgildum og þekktum fjarlægðum er svokallað sýndarviðnám (ρ) reiknað. Í hverjum mælipunkti í viðnámssniðsmælingu fást 3 sýndarviðnámsgildi, fyrir AB, AC og BC. Sýndarviðnámsmæliferlarnir eru venjulega birtir á tveim myndum. Önnur sýnir breytingar í stærðunum $\rho(AC) - \rho(AB)$ og $\rho(BC) - \rho(AB)$ eftir mælilínunni og eru þessir ferlar spegilmynd hvor af öðrum um 0-línu. Hin myndin sýnir breytingar í $\rho(AB)$ eftir mælilínunni. Ef jörðin væri eingöngu gerð úr láréttum viðnámslögum væru öll sýndarviðnámsgildin eins. Í grennd við lóðréttar, velleiðandi (eða torleiðandi) sprungur og ganga eru þau hins vegar frábrugðin hvert öðru. Þetta lýsir sér í stórum dráttum þannig að fyrst fjarlægjast spegilferlarnir hvorn annan þegar spennuskautin nálgast sprunguna en skerast svo þegar farið er yfir hana, þ.e. skipta um formerki. Ekki er hætta á að ruglast á velleiðandi eða torleiðandi gangi, því að það ræður upphaflegum formerkjum ferlanna. Í ferlinn $\rho(AB)$ kemur venjulega fram lögð þegar farið er yfir lágviðnámssprungu en hæð yfir háviðnámsgangi.

Stundum eru niðurstöður viðnámssniðsmælinga það ótvíræðar að auðvelt er að rekja lágviðnámssprungur milli mælilína. Það er þó æskilegt að mælingarnar séu túlkaðar tölfræðilega og oft nauðsynlegt. Flókið samspil lágviðnáms-

sprungna og háviðnámsganga getur gefið mjög torráðna mæliferla, sem aðeins er hægt að leysa upp með tvívíðum líkanreikningum. Til að auðvelda þá túlkun er heppilegast að mælilínur séu lagðar nokkurn veginn hornrétt á þá stefnu sem vænta má að lágviðnámsprungurnar hafi. Niðurstöður líkanreikninga eru bornar saman við mæligögn og þegar þeim ber vel saman telst túlkun viðunandi. Með því að tengja milli mælilína má svo sjá hvar vatnsríkar sprungur eða berggangar liggja sem fýsilegt væri að bora í. Dýptarskynjun mælinganna er háð bili milli straumskauta, þ.e. lengd straumarms ($AB/2$) og er armurinn oftast á bilinu 200-700 m. Dýptarskynjunin getur þá verið á bilinu þriðjungur til helmingur lengdarinnar. Yfirleitt er mælt með 2 eða 3 mismunandi straumörmum til að skoða viðnámið á mismunandi dýpi. Tölfræðilega líkanið þarf þá að fella að niðurstöðum mælinga með mismunandi straumörmum.

5.2 Framkvæmd viðnámsniðsmælinganna

Viðnámsniðsmælingarnar við Sumarliðabæ í Ásahreppi voru gerðar dagana 17.-19. október. Framkvæmd mælinganna einkenndist nokkuð af erfiðu tíðarfari enda var farið í þær seinna hausts en venjulegt og æskilegt er. Alls voru mældar 7 mislangar mælilínur. Lega þeirra er sýnd á 10. mynd. Allar línurnar voru gerðar með 300 m straumarmi og allar nema lína 7 með 500 m armi. Lína 1 var lögð þvert yfir jarðhitasvæðið, með stefnuna $N117^\circ A$ enda talið líklegast að þær lágviðnámsprungur, sem verið var að leita að, hefðu norðlæga stefnu. Hún var 800 m löng, þ.e. ef miðað er við þann hluta sem spennupólar fara yfir. Línur 2 og 3 voru stuttar línur (250 m), sitt hvoru megin við línu 1 og samsíða henni. Til að spara tímann voru þær mældar þannig að straumskautin (AB) fylgdu línu 1, meðan spennuskautin voru í réttri línu. Þessi hliðrun straumskauta er heppileg þegar stutt er milli lína og vinna þarf tíma. Lína 4, sem er nyrsta línan á svæðinu, er 500 m löng og hefur einnig svipaða stefnu. Þverlínurnar 5 og 6 eru 300 m langar og voru mældar til að leita af sér grun um að þversprungur lægju yfir svæðið. Beitt var beitt sömu tækni við mælingu línu 6 og áður er lýst, þannig að straumskautin (AB) fylgdu línu 5. Lína 7 er svo syðsta mælilínan á svæðinu. Hún stefnir svipað og fyrstu línurnar og er 400 m löng. Mæligögnin eru birt í viðauka við skýrsluna.

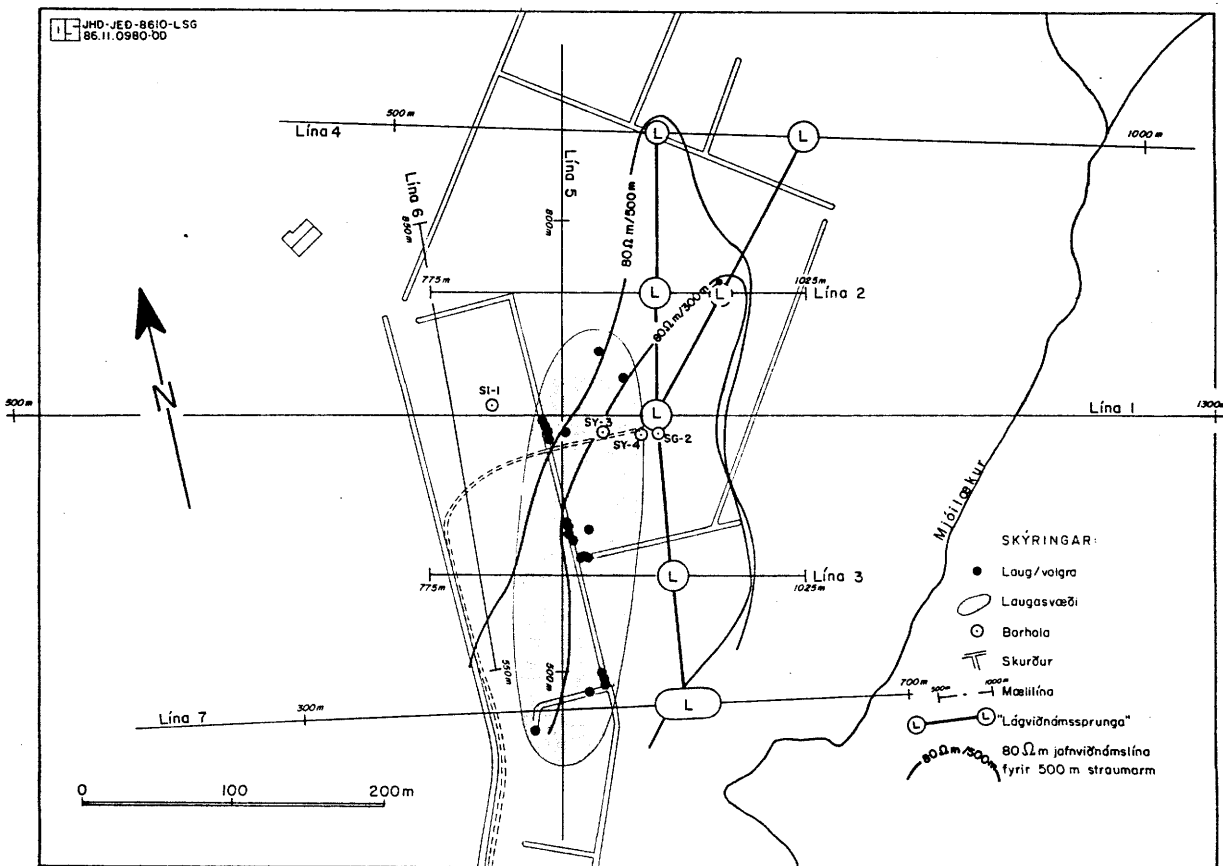
5.3 Túlkun og niðurstöður viðnámsniðsmælinganna

Viðnámsniðsmælingarnar við Sumarliðabæ voru ekki túlkaðar með tvívíðum líkanreikningum. Niðurstöðurnar eru það ljósar og frestur til ákvarðanatöku stuttur svo að ekki var talin nauðsynlegt að bíða eftir því.

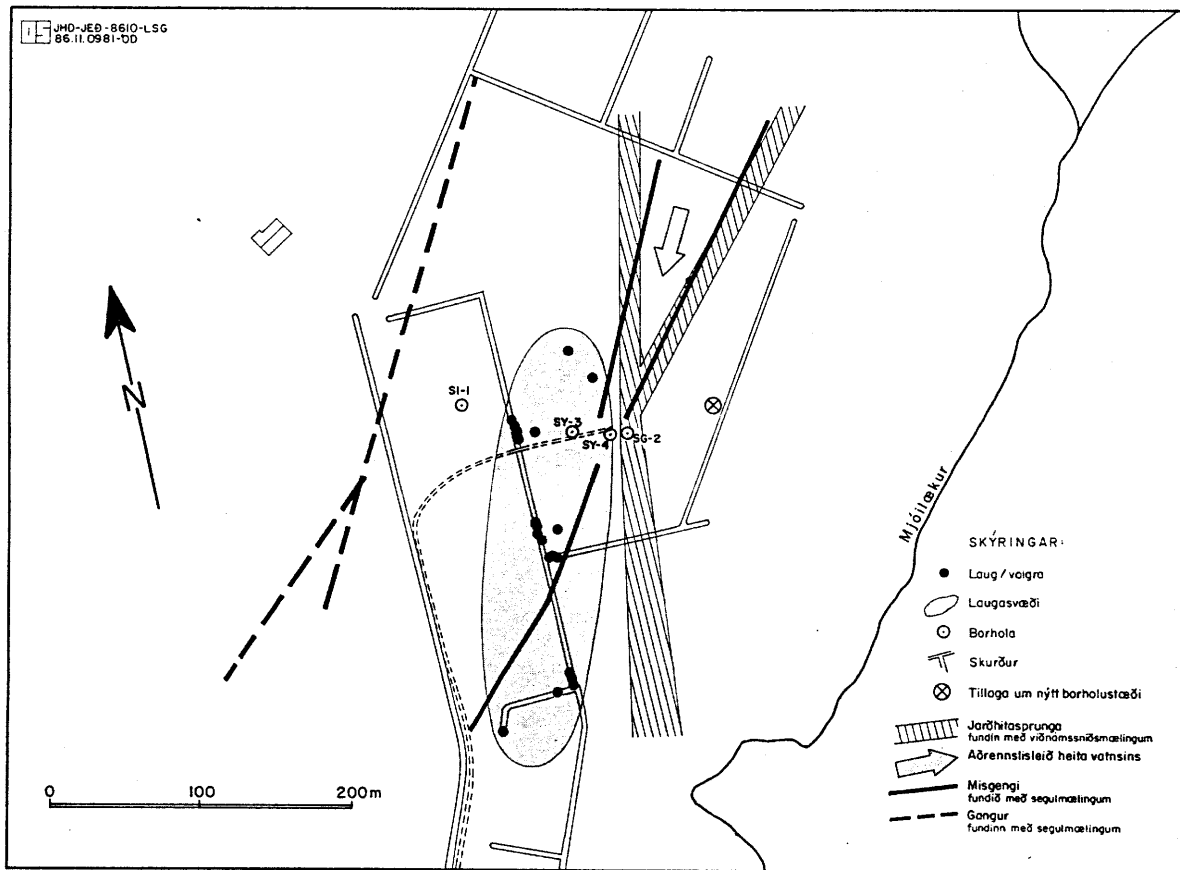
Það er skemmst frá því að segja að í öllum mælilínum, sem lagðar voru þvert yfir laugasvæðið, kom fram ótvíræður vitnisburður um lágviðnámsprungu. Í

tveimur nyrstu línunum virðast sprungurnar vera tvær, en aðeins ein í þeim syðri. Aftur á móti kom ekkert markvert fram í línun 5 og 6 sem liggja langs eftir svæðinu. Á 10. mynd kemur fram hvar á mælilínunum lágviðnámsprungur eru. Þar kemur einnig fram að draga má sem næst beina línu um þessa staði þvert á mælilínurnar, og stefnir hún um $N25^\circ A$. Um þrjár nyrstu mælilínurnar má draga aðra línu sem stefnir $N55^\circ A$. Enginn greinilegur háviðnámsgangur kemur fram, t.a.m. sést gangurinn, sem fannst í segulmælingunum, ekki.

Út frá $Rho(AB)$ má ætla að viðnám umhverfisins á 100-300 m dýpi sé á bilinu 100-150 ohmm. Inni á jarðhitasvæðinu kemur hins vegar fram lágviðnámsfrávik og fer viðnámið allt niður í 50 ohmm. Á 10. mynd er sýnt það svæði, þar sem $Rho(AB)$ er lægra en 80 ohmm, bæði fyrir 300 m straumarm og 500 m straumarm. Á myndinni kemur fram að lágviðnámsprungan er innan þessa svæðis en einnig sést að laugasvæðið er nokkuð hliðrað til vesturs með tilliti til þess.



10. mynd. Staðsetning mælilína og lágviðnámsfrávik sem komu fram í viðnáms-sniðsmælingunum



11. mynd. Jarðhiti og sprungukerfi.

6. NIÐURSTÖÐUR RANNSÓKNA OG FREKARI VATNSÖFLUN

Á 11. mynd hafa verið dregnar saman niðurstöður viðnámssniðsmælinganna frá í haust og annarra gagna, sem safnað hefur verið. Laugarnar á Sumarliðabæ koma upp á sprungu, sem stefnir $N25^\circ A$. Sprungan er klofin í tvennt nyrst á mælisvæðinu. Hugsanlegt er að annar armurinn sýni vatnsleiðarann inn á svæðið en hinn sprunguna sem veitir vatninu upp. Um það er þó erfitt að fullyrða. Aðalsprungunni virðist halla $60-70^\circ$ til austurs (út frá láréttu), sem er óvenjulegur halli. Þannig er laugasvæðið á yfirborði hliðrað um 50 m til vesturs miðað þá línu sem viðnámssniðsmælingarnar gefa og gæti sýnt legu jarðhitasprungunnar á um 150 m dýpi. Afleiðing þessa er að allar holurnar skera sprunguna mjög ofarlega. Hola SÝ-3 sker hana væntanlega á 50-100 m dýpi (sbr. einnig sprunguna í SI-1 á 65 m dýpi), en SG-2 og SÝ-4 á 125-150 m. Raunar er hola SG-2 boruð þar sem sprungan klofnar samkvæmt viðnámssniðsmælingunum. Hún er með aðalæðarnar á 100-150 m, sem kemur nokkuð vel heim við að þessar mælingar sýni legu sprungunnar á um 150 m dýpi. Allar holurnar kólna síðan verulega í næstu 100-200 m dýpi og hitaferlarnir í SG-2 (6. mynd) benda ekki til að hola sé nærri uppstreymisrásinni neðar, sem styður þennan óvenjulega halla jarðhitasprungunnar. Þetta líkan af upp-

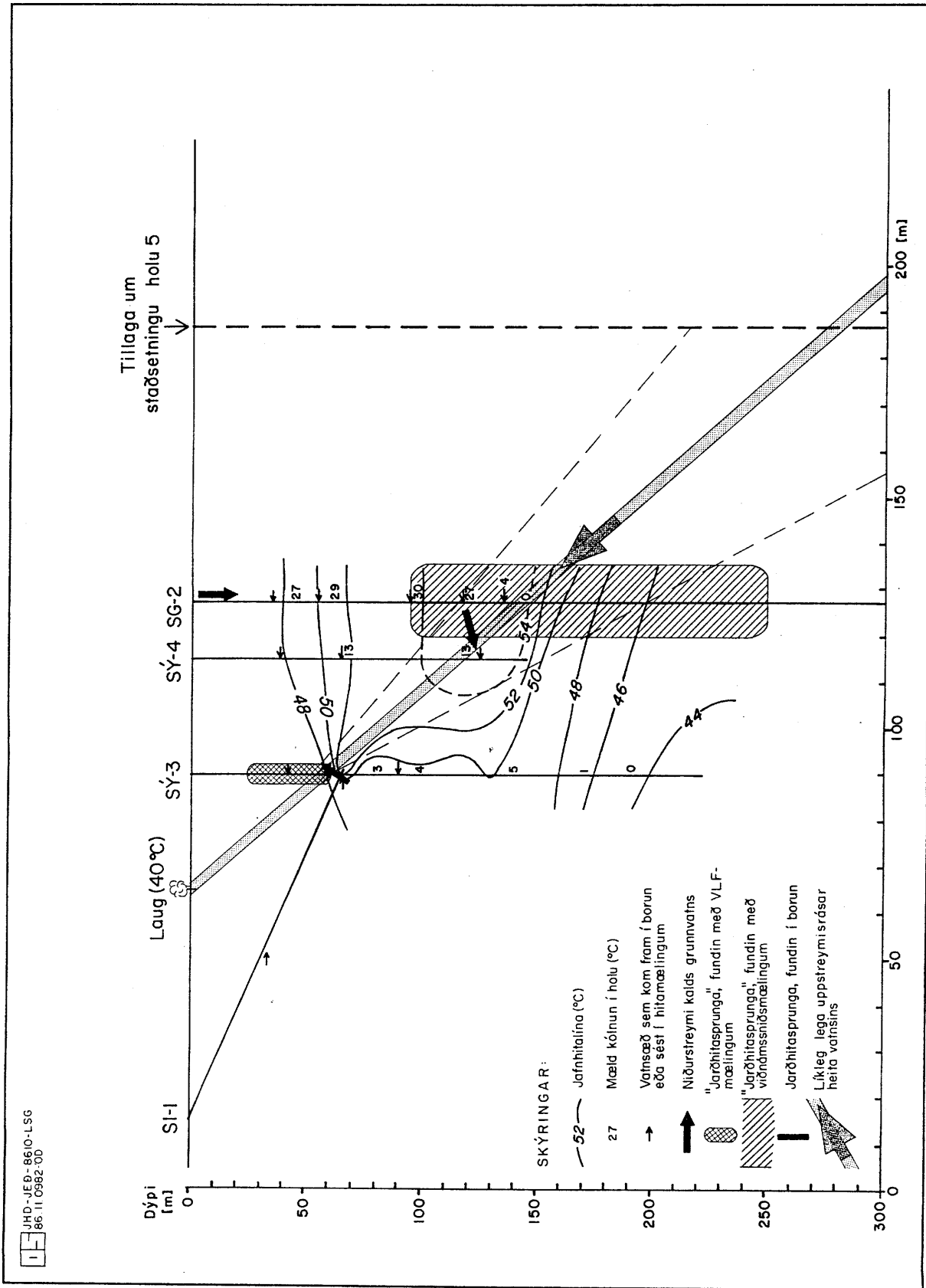
streymi jarðhitans ráð fyrir að lárétt rennsli sé ekki ráðandi í efstu 200 m. Ef svo er, gæti það skekkt myndina verulega. Á 12. mynd er loks sýnt hitapversnið gegnum holurnar og það fellt að öðrum gögnum. Óhætt er að segja að þessi mynd styðji líkanið, sem sett hefur verið fram hér að ofan, en hún útilokar þó ekki lárétt rennsli.

Á 12. mynd kemur fram hvernig líklegast er að sprungunni halli. Ef gert er ráð fyrir að þennan halla megi framlengja niður á 300-400 m dýpi þá er ljóst að bora þarf mun austar ef ná á vatninu neðar og vonandi einnig heitara. Ekki er fráleitt að ætla að halli sprungunnar geti aukist eitthvað með dýpi og sé þar nær lóðréttu en um það verður ekkert sagt á þessu stigi málsins.

Til að efla og tryggja betur heitavatnsöflunina á Sumarliðabæ þarf að gera tvennt. Annars vegar þarf að steypa upp í holur SG-2 og SÝ-3, en hins vegar er æskilegt að bora nýja vinnsluholu.

Hvað steypingar varðar er hola SG-2 sem næst ófóðruð og greinilega mikill skaðvaldur fyrir jarðhitakerfið. Hola SÝ-3 er fóðruð í 20 m og gæti hugsanlega tekið við því hlutverki ef aðeins yrði steyppt í SG-2. Djúpu holuna SG-2 skal steypa þannig að tappi verði settur í holuna á um 215 m dýpi og steyppt ofan á hann. Áður verði þó sett 2" mæliröri, sem nái niður fyrir tappann. Þar með fengist góð mælingahola til eftirlits með jarðhitakerfinu. Við þessar aðgerðir ætti að draga að mestu úr kólnun og ekki er ólíklegt að töluvert af henni gangi með tímanum til baka.

Mælt er með að ný vinnsluhola verði boruð um 60 m austan við djúpu holuna, SG-2. Miðað við þann halla, sem reiknað er með á 12. mynd, ætti holan að skera jarðhitasprunguna á um 300 m dýpi og ekki neðar en á 500 m ef halli sprungunnar eykst eitthvað með dýpi. Holan verði til að byrja með aðeins fóðruð í fast með víðri fóðringu, t.d. 12" í um 10 m. Æskilegt er að ákvörðun um frekari fóðrun holunnar verði frestað þangað til fyrir liggja einhverjar upplýsingar sem staðfesta líkanið af jarðhitakerfinu, sem sett var fram hér að ofan. Þetta þýðir að bora gæti þurft í a.m.k. 250-300 m áður en fóðrað verður. Eftir að ákvörðun hefur verið um fóðrun er mælt með að holan verði fóðruð í um 175 m, þ.e. vel niður fyrir dýpi þar sem kælingar gætir. Utanmál fóðurröra þarf að vera a.m.k. 8 5/8". Vídd holunnar neðan fóðringar þarf að vera a.m.k. 5 7/8". Í borun þarf að fylgjast gaumgæfilega með botnhita holunnar og hitamæla hana á hverjum morgni, a.m.k. í efstu 300 m. Enn betra væri að hafa síritandi næturhitamæli í holunni frá því að borun lýkur að kvöldi fram á morgun, þannig fengist betra mat á berghita. Slíkt gæfi fyrir upplýsingar um hvort forsendur staðsetningar standist og um leið er fyrir unnt að spá um líkur á árangri.



12. mynd. Líklegt þversnið af jarðhitakerfinu og mæld kólnun í holum.

HEIMILDIR

- Ignacio, Camilo P. 1982: The ground magnetic method in geothermal exploration. UNU Geothermal training programme, Skýrsla 1982-6, 49 s.
- Halldór Ármannsson 1984: Sumarliðabær, efnahiti. Orkustofnun, greinargerð HÁ-84/01, 3 s.
- Lúðvík S. Georgsson 1984: Jarðhitarannsóknir og heitavatnsboranir á Sumarliðabæ í Ásahreppi. Orkustofnun, greinargerð, LSG-84/03, 2 s.
- Lúðvík S. Georgsson 1986: Borun nýrrar vinnsluholu við Sumarliðabæ í Ásahreppi fyrir Holtabúið. Orkustofnun, greinargerð LSG-86/08, 2 s.
- Lúðvík S. Georgsson og María Jóna Gunnarsdóttir 1984: Varðar ráðgjöf Jarðhitadeildar til Holtabúsins við boranir á Sumarliðabæ. Orkustofnun, greinargerð, LSG-MJG-84/04, 5 s.
- María Jóna Gunnarsdóttir, Karl Ragnars og Kristján Sæmundsson 1983: Húshitunaráætlun, II hluti: Frumáætlanir um 5 nýjar hitaveitur. Viðbótar-skýrsla. Orkustofnun, OS-83002/JHD-01, 27 s.
- Sigmundur Einarsson, Margrét Kjartansdóttir, Brynjólfur Eyjólfsson og Ólafur G. Flóvenz 1983: Jarðhitasvæðið í Urriðavatni. Jarðfræði- og jarðeðlisfræðirannsóknir 1978-1982. Orkustofnun, OS-83005/JHD-03, 83 s.

VIÐAUKI

Mæliferlar viðnámssniðsmælinganna

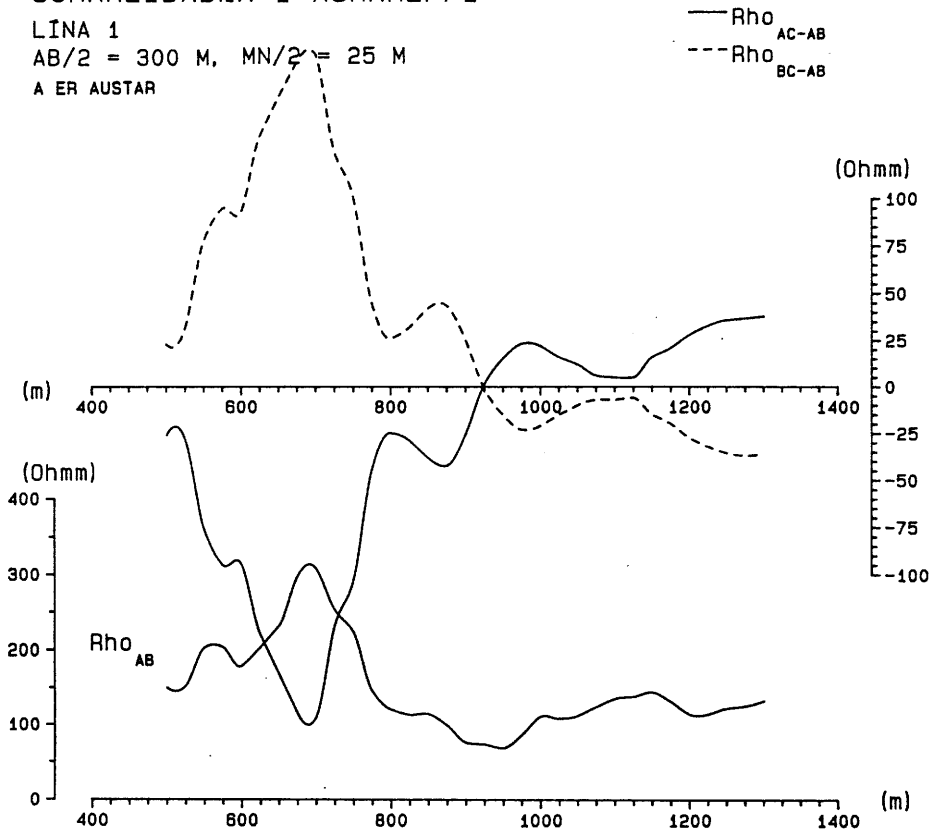
JHD-JED-86JO-LSG
86.11.0979/1 T

SUMARLIÐABÆR I ÁSAHREPPI

LÍNA 1

AB/2 = 300 M, MN/2 = 25 M

A ER AUSTAR



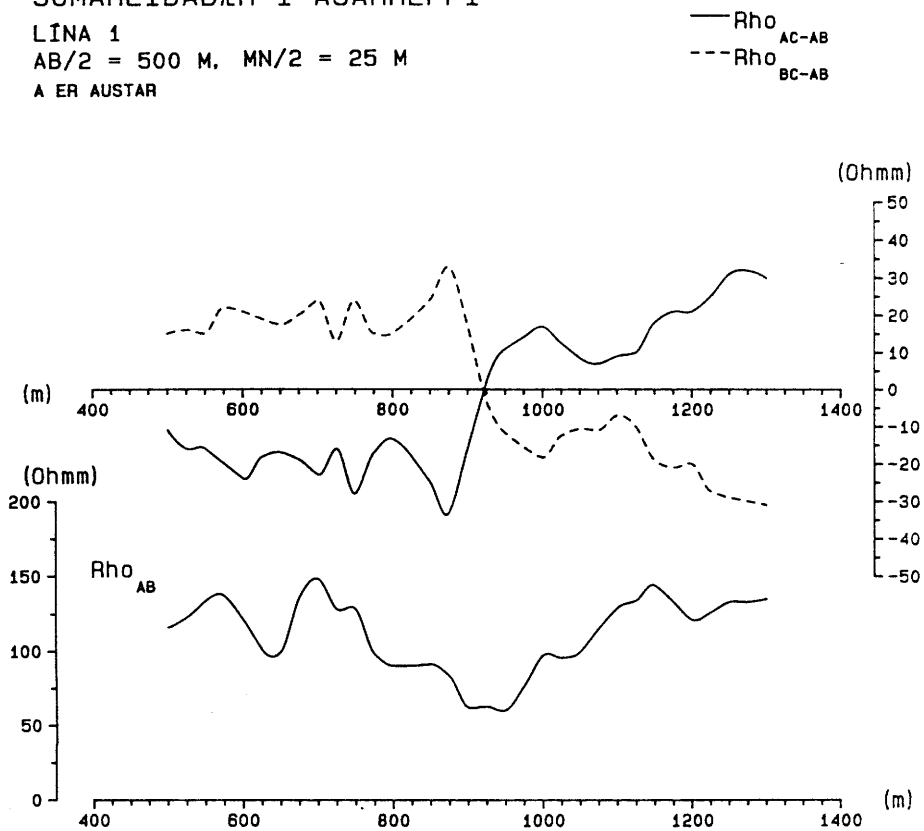
JHD-JED-86JO-LSG
86.11.0979/2 T

SUMARLIÐABÆR I ÁSAHREPPI

LÍNA 1

AB/2 = 500 M, MN/2 = 25 M

A ER AUSTAR



JHD-JED-8610-LSG
86.11.0979/3 T

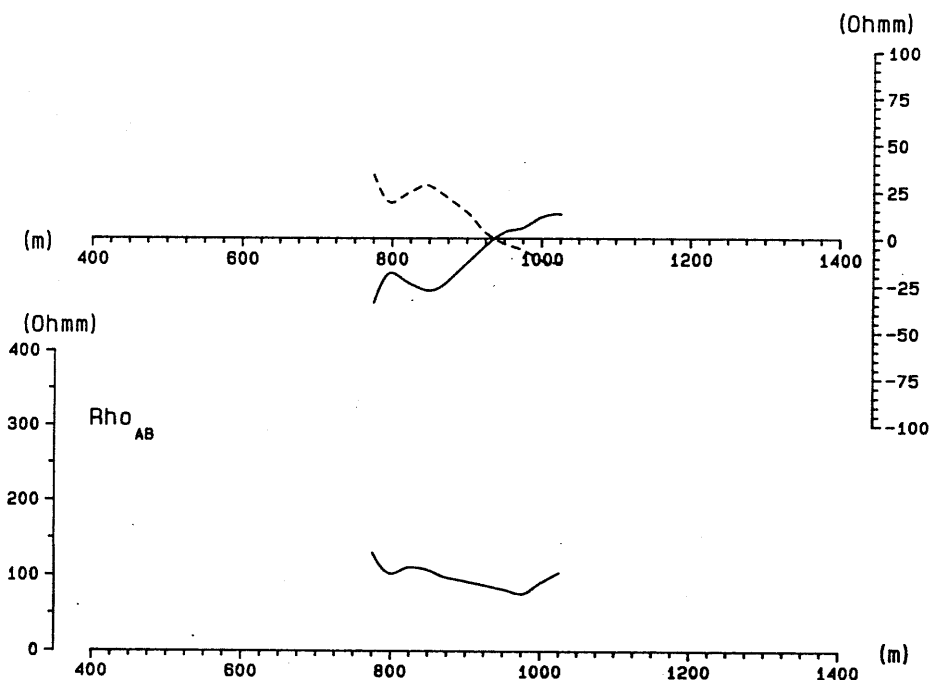
SUMARLIDABÆR I ÁSAHREPPI

LÍNA 2

AB/2 = 300 M, MN/2 = 25 M

A ER AUSTAR

— Rho_{AC-AB}
--- Rho_{BC-AB}



JHD-JED-8610-LSG
86.11.0979/4 T

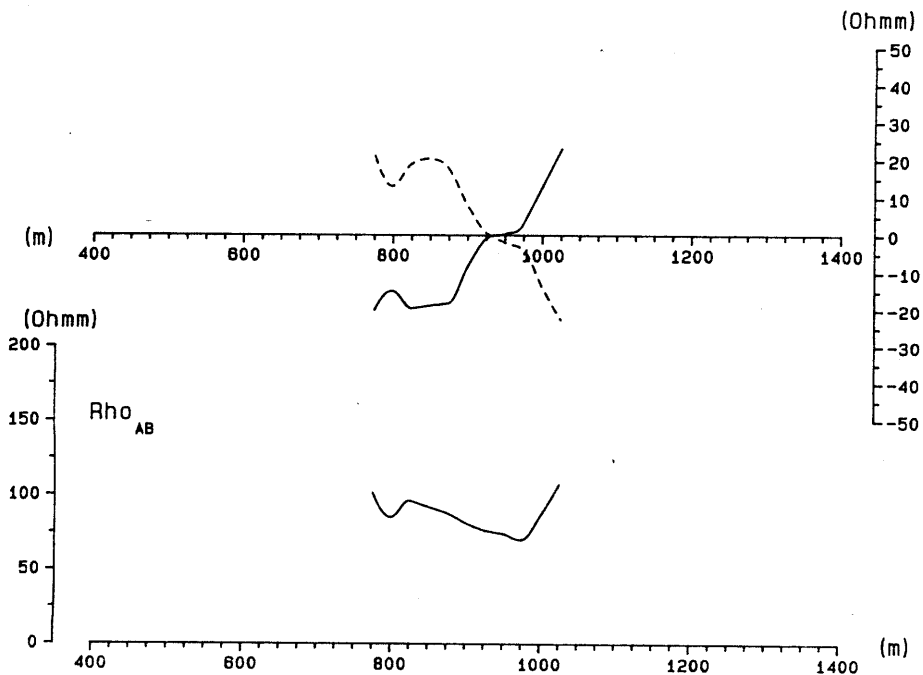
SUMARLIDABÆR I ÁSAHREPPI

LÍNA 2

AB/2 = 500 M, MN/2 = 25 M

A ER AUSTAR

— Rho_{AC-AB}
--- Rho_{BC-AB}



JHD-JED-8610-LSG
86.11.0979/5

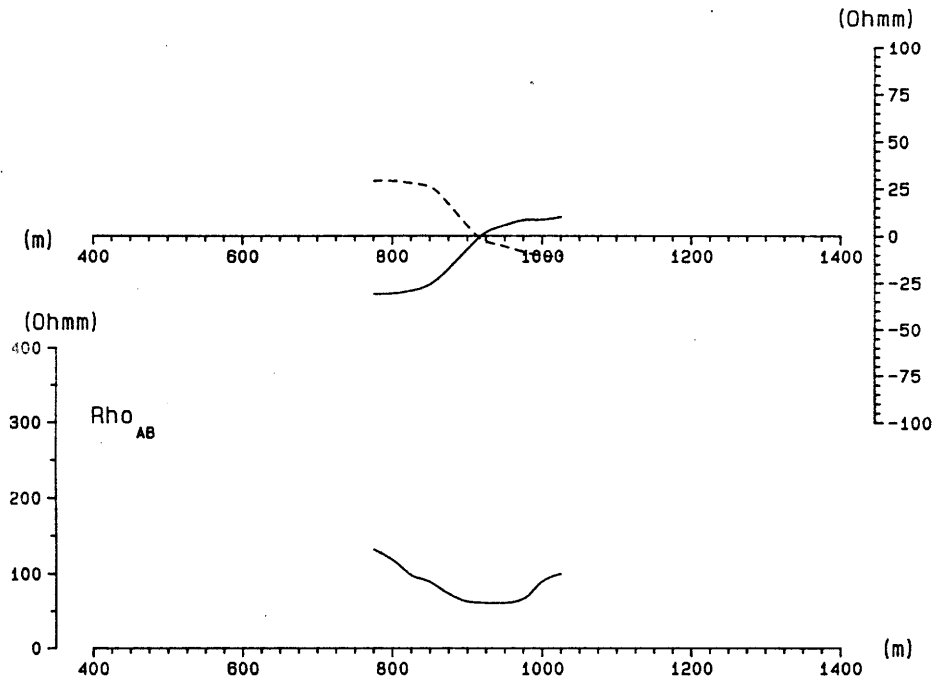
SUMARLIDABÆR I ÁSAHREPPI

LINA 3

AB/2 = 300 M, MN/2 = 25 M

A ER AUSTAR

— Rho_{AC-AB}
--- Rho_{BC-AB}



JHD-JED-8610-LSG
86.11.0979/6

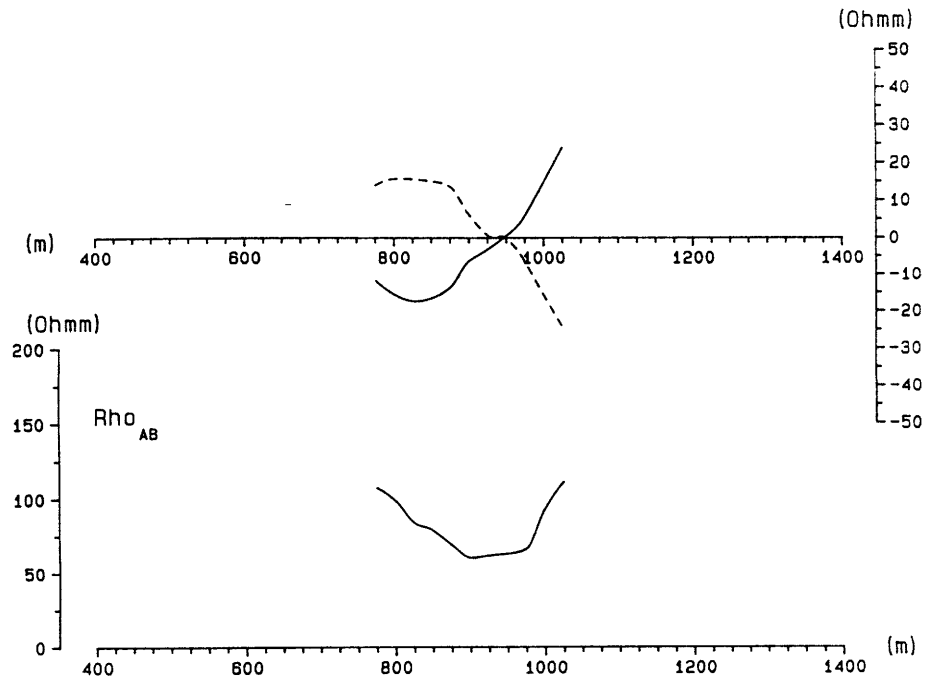
SUMARLIDABÆR I ÁSAHREPPI

LINA 3

AB/2 = 500 MN/2 = 25 M

A ER AUSTAR

— Rho_{AC-AB}
--- Rho_{BC-AB}



JHD-JED-8610-LSG
86.11.0979/7 T

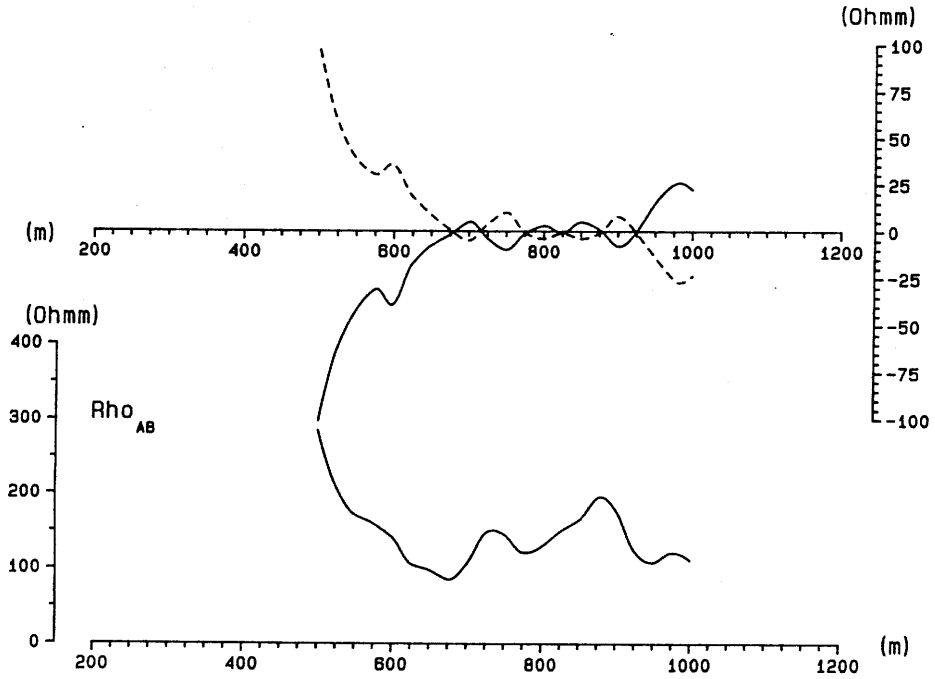
SUMARLIÐABÆR I ÁSAHREPPI

LINA 4

AB/2 = 300 M, MN/2 = 25 M

A ER AUSTAR

— Rho_{AC-AB}
--- Rho_{BC-AB}



JHD-JED-8610-LSG
86.11.0979/8 T

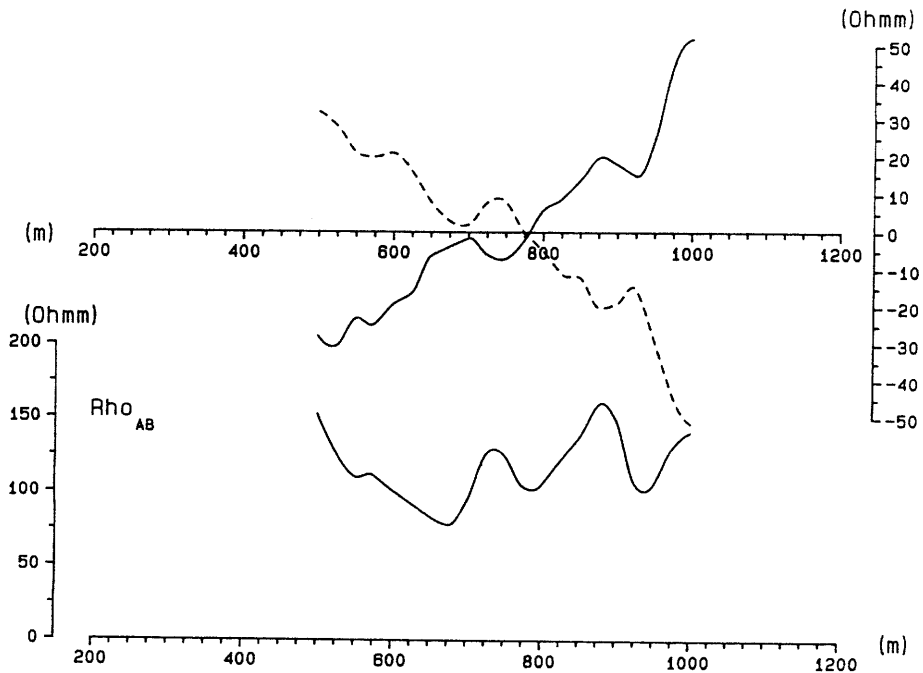
SUMARLIÐABÆR I ÁSAHREPPI

LINA 4

AB/2 = 500 M, MN/2 = 25 M

A ER AUSTAR

— Rho_{AC-AB}
--- Rho_{BC-AB}



JHD-JED-8610-LSG
86.11.0979/S T

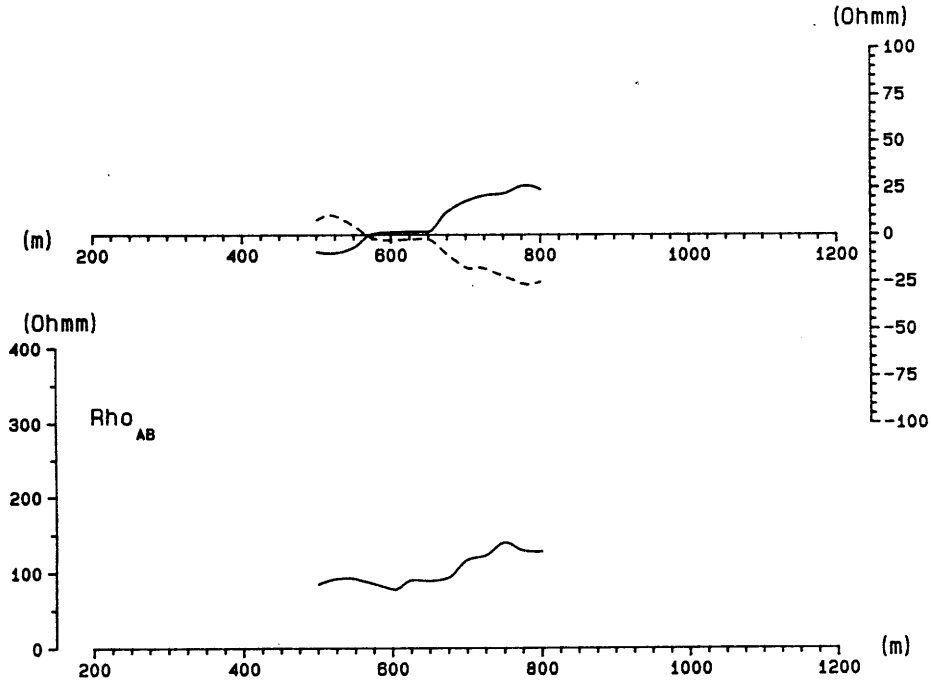
SUMARLIDABÆR I ÁSAHREPPI

LINA 5

AB/2 = 300 M, MN/2 = 25 M

A ER NORÐAR

— Rho_{AC-AB}
--- Rho_{BC-AB}



JHD-JED-8610-LSG
86.11.0979/IO T

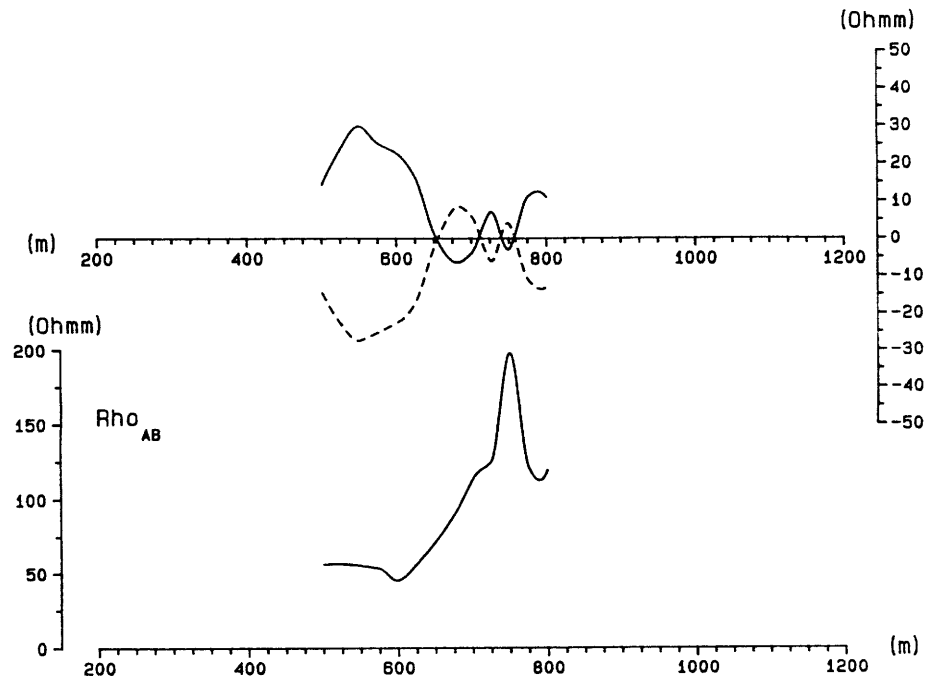
SUMARLIDABÆR I ÁSAHREPPI

LINA 5

AB/2 = 500 M, MN/2 = 25 M

A ER NORÐAR

— Rho_{AC-AB}
--- Rho_{BC-AB}



JHD-JED-8610-LSG
86.11.0979/11 T

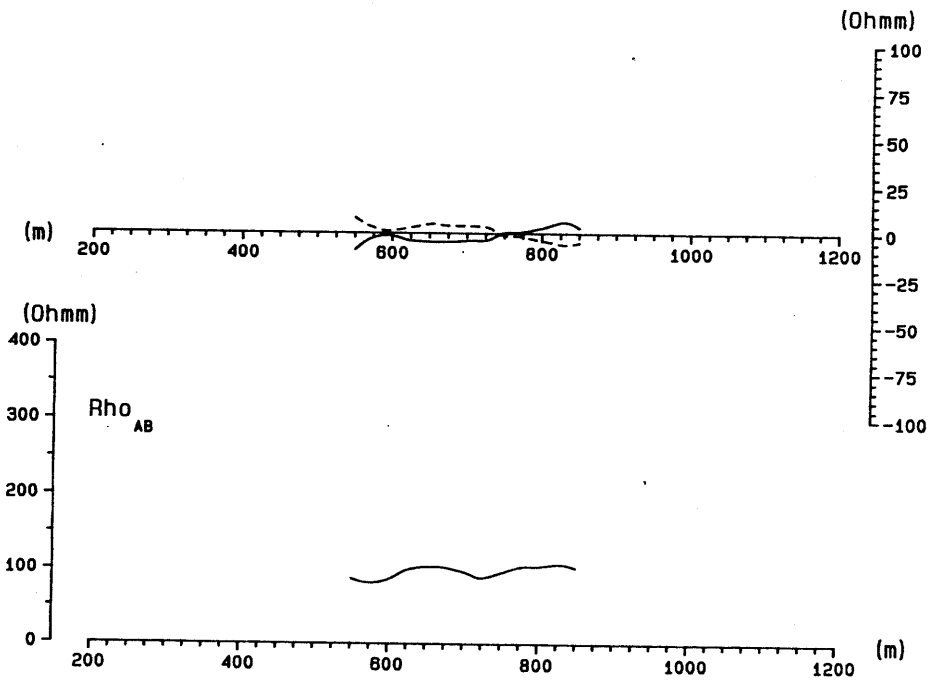
SUMARLIDABÆR I ÁSAHREPPI

LÍNA 6

AB/2 = 300 M, MN/2 = 25 M

A ER NORÐAR

— Rho_{AC-AB}
--- Rho_{BC-AB}



JHD-JED-8610-LSG
86.11.0979/12 T

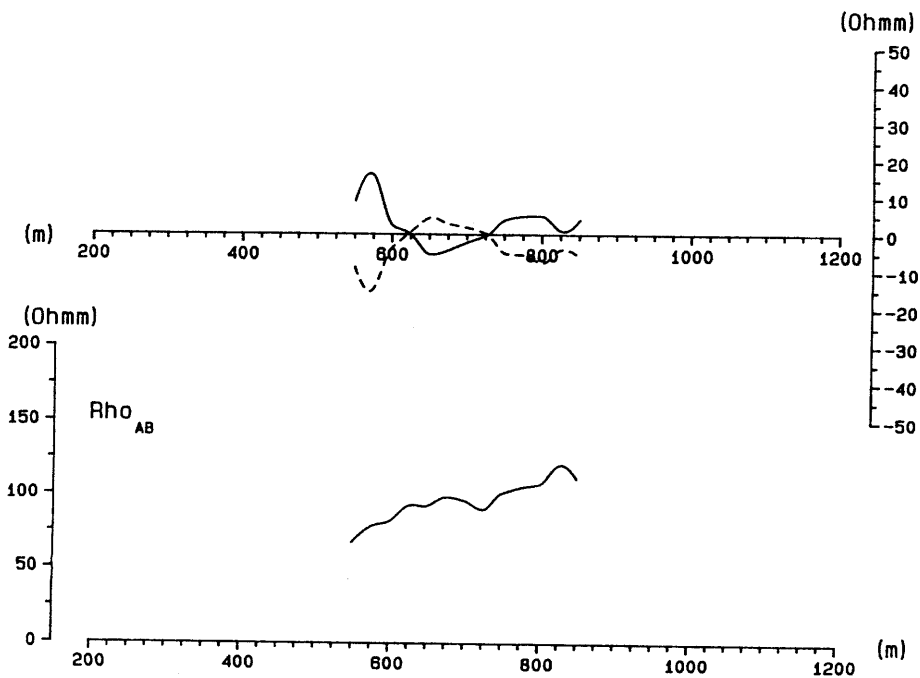
SUMARLIDABÆR I ÁSAHREPPI

LÍNA 6

AB/2 = 500 M, MN/2 = 25 M

A ER NORÐAR

— Rho_{AC-AB}
--- Rho_{BC-AB}



JHD JED:86IO-LSG
8611.0979/13 T

SUMARLIDABÆR I ÁSAHREPPI

LINA 7

AB/2 = 300 M, MN/2 = 25 M

A ER AUSTAR

— Rho_{AC-AB}
--- Rho_{BC-AB}

