



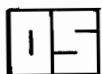
ORKUSTOFNUN
JARÐHITAEILD

HEILDARKÖNNUN
Á JARÐHITAMÖGULEIKUM
Á SVÆÐINU MILLI AKRANESS
OG SKARÐSHEIÐAR

INGVAR BIRGIR FRÍÐLEIFSSON
LÚÐVÍK S. GEORGSSON
HJALTI FRANZSON

OS JHD 7714

OKT 1977



ORKUSTOFNUN
JARÐHITAEILD

**HEILDARKÖNNUN
Á JARÐHITAMÖGULEIKUM
Á SVÆÐINU MILLI AKRANESS
OG SKARÐSHEIÐAR**

**INGVAR BIRGIR FRÍÐLEIFSSON
LÚÐVÍK S. GEORGSSON
HJALTI FRANZSON**

OS JHD 7714

OKT 1977

EFNISYFIRLIT

	bls.
1. INNGANGUR	1
2. JARÐFRÆÐI	
2.1 Jarðsaga svæðisins	5
2.2 Jarðlagastaflinn á Leirársvæðinu	6
2.3 Jarðlagastaflinn á Akranessvæðinu	8
2.4 Dreifing ganga og misgengissprungna á Leirársvæðinu	9
2.5 Dreifing ganga og misgengissprungna á Akranessvæðinu	11
3. JARÐHITI Á YFIRBORÐI, HEITAVATNSBORANIR OG HITASTIGULSRANNSÓKNIR	
3.1 Jarðhiti á yfirborði	13
3.2 Heitavatnsboranir við Leirá	14
3.3 Hitastigulsboranir á Akranesi og nágrenni	19
4. SEGULMÆLINGAR	
4.1 Segulmælingar á jörðu	21
4.2 Flugsegulmælingar	23
5. VIÐNÁMSMÆLINGAR	
5.1 Mæliaðferðir	24
5.2 Framkvæmd mælinga	26
5.3 Túlkun mælinga	26
5.4 Niðurstöður viðnámsmælinga	28
6. LÍKÖN JARÐHITAKERFA	
6.1 Líkan jarðhitasvæðisins við Leirá	32
6.2 Líkan hugsanlegs jarðhitakerfis við Innra Hólm	35
7. NIÐURSTÖÐUR	38
HEIMILDARRIT	40
MYNDIR	
VIÐAUKI	

MYNDASKRÁ

Mynd	Texti	Teikninúmer
2.1	Jarðfræðikort af Skarðsheiði, Leirársveit og Akranesi. Skali 1:50 000 (í vasa á kápu)	14878
2.2	Einfaldað jarðlagasnið af Leirár- og Melasveit Lega sniðsins er sýnd á mynd 2.1	15981
2.3	Einfaldað jarðlagasnið Blautós- Innri Hólmur Lega sniðsins er sýnd á mynd 2.1	15982
2.4	Meðalgildi í stefnu lóðréttra ganga á svæðinu milli Borgarfjarðar, Skorradals og Hvalfjarðar	15713
3.1	Staðsetning á hitaskellum í Leirársveit	14824
3.2	Hitamælingar í borholum L-2, L-3 og L-4 á Leirársvæði og holu H-4 á Akranesi	16246
3.3	Hitamæling í holu H-1 á Akranesi	7340
3.4	Hitamæling í holu H-2, Innra Hólmi	7341
3.5	Hitamæling í holu H-3, Hvítanesi	7342
4.1	Staðsetningarkort segulmælinga við Leirá	15299
4.2	Segulkort af Leirársvæðinu	15435
4.3	Segulmælingar við Geldingaá	15567
4.4	Flugsegulkort, Leirársveit-Akranes	15171
5.1	Skýringarmyndir varðandi mæliaðferðir við jarðhitaleit	14495
5.2	Uppsetning viðnámsmælinga í borholum	16020
5.3	Staðsetning viðnámsmælinga og viðnámsniða	14800
5.4	Eðlisviðnám á 400 m dýpi undir sjávarmáli	15661
5.5	Eðlisviðnám á 900 m dýpi undir sjávarmáli	15662
5.6	Leirársvæði, staðsetning viðnámsmælinga, viðnámsniðs D-D', borhola og hitaskella	16103
5.7	Viðnámsnið D-D'	16102
5.8	Hola L-2, viðnámsmælingar og jarðlagasnið	15648
5.9	Hola L-3, viðnámsmælingar og jarðlagasnið	15569
5.10	Viðnámsnið A-A'	15610
5.11	Viðnámsnið B-B'	15611
5.12	Viðnámsnið C-C'	15612

TÖFLUSKRÁ

	bls.
Tafla 1 Lýsing á kalkskellum í Leirársveit	15
Tafla 2 Efnagreiningar á sýnum úr borholum L-1, L-2, L-3 og L-4 við Leirá og holu H-4 á Akranesi	16
Tafla 3 Dýpi og hitastigull grunnra hola á Akranesi, Innra Hólmi og Hvítanesi	19
Tafla 4 Staðsetning Schlumbergermælinga, 1976	Í viðauka
Tafla 5 Staðsetning tvípólmælinga, 1976	Í viðauka

1 I N N G A N G U R

Fyrsta athugun á jarðhitamöguleikum fyrir Akraneskaupstað hófst árið 1949. Jarðfræðilegar og jarðeðlisfræðilegar athuganir voru gerðar í nágrenni kaupstaðarins (Þorsteinn Thorsteinsson, 1950), en slíkar athuganir voru þá á byrjunarstigi hér á landi. Í skýrslu til bæjarstjórnar Akraness var bent á hugsanlega nýtingu jarðhitans á Leirá í Leirársveit fyrir kaupstaðinn, en ekki talið ráðlegt, eins og sakir stæðu, að mæla með "frekari mælingum eða borunum til leitar á heitu vatni" fyrir Akraneskaupstað (Gunnar Böövarsson, 1950).

Mál þetta lá að mestu niðri þar til 1960, að Akraneskaupstaður greiddi kostnað við að dýpka holu við Leirárlaug úr 88 m í 132 m í því skyni að kanna, hvort þar væri að fá umtalsvert magn af heitu vatni. Fjarlægðin frá Leirárlaug til Akraness (18 km) var líklega stærsti þátturinn í því, að þessum athugunum var ekki haldið áfram.

Veturinn 1965-1966 voru boraðar þrjár hitastigulsholur í nágrenni Akraness. Hitastigullinn mældist $137^{\circ}\text{C}/\text{km}$ á Akranesi, $150^{\circ}\text{C}/\text{km}$ í Hvítanesi, en $153^{\circ}\text{C}/\text{km}$ við Innra Hólm. Með tilliti til kostnaðar við virkjun var síðan ákveðið að bora fyrstu djúpu rannsóknarholuna á Akranesi og var boruð þar 1400 m djúp hola árið 1967. Vatnsrennsli var sáralítið og örvaðist lítið við dælingu. Hitastigullinn mældist um $129^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Í borholuvatninu mældist mikil selta ($2500+3000 \text{ ppm Cl}^{-}$) (Kristján Sæmundsson o.fl., 1968). Í fyrstu var talið, að hinn háa hitastigull benti til heitavatsrennslis dýpra niðri og var því ráðgert að dýpka holuna. En í ljósi viðtækari rannsókna á hitastigli í berggrunninum á suðvesturlandi breyttist túlkun á þýðingu hins háa hitastiguls, þannig að ekki þótti vænlegt til árangurs að bora dýpra í hinn þetta berggrunn á Akranesi. Hins vegar mælti jarðhitadeild með því, að næsta skrefið í jarðhitarannsóknum fyrir Akranes yrði djúpbörnun við Innra Hólm, í von um að vatn ætti greiðari rás um hin brotnu jarðlög þar en hinn þetta berggrunn á Akranesi (Kristján Sæmundsson, 1969).

Í ársbyrjun 1968 gerði verkfræðistofan Vermir sf kostnaðarsamanburð á hagkvæmni hitaveitu með heitavatsvinnslu innan kaupstaðarins, á

Innra Hólmi eða Hvítanesi, og á Leirársvæðinu (Sveinn S. Einarsson og Matthías Matthíasson, 1968). Að sjálfsögðu voru mjög margir óvissuþættir í áætlun þessari, en niðurstaðan varð sú, að varmaveita úr borholum í næsta nágrenni kaupstaðarins mundi hagkvæmari en olíhitun, varmaveita frá Innra Hólmi eða Hvítanesi væri á mörkum þess að vera hagkvæm, en varmaveita frá Leirá væri ekki samkeppnisfær við olíuhitun í nálægri framtíð.

Hækkun olíuverós á heimsmarkaði á fyrstu árum þessa áratugs breytti mjög forsendum fyrir hitaveituframkvæmdum hér á landi. Hagkvæmt varð að leggja leiðslur frá jarðhitasvæðum til þéttbýlisstaða um mun lengri veg en áður. Gerðar voru áætlanir um hitaveitulagnir til flestra stærstu þéttbýlisstaða landsins.

Verkfræðistofan Fjarhitun hf (1973) gerði frumathugun um varmaveitu fyrir Akranes frá Leirá og komst að þeirri niðurstöðu, að slík veita væri hagkvæm. Ýmsar forsendur áætlunarinnar voru óvissar og bent var á nauðsyn djúprannsóknar á Leirársvæðinu.

Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen sf (1973) gerði áætlun um hitaveitu frá Deildartunguhver til Borgarness og Akraness. Niðurstöður frumathugunar voru þær, að hitaveita til Hvanneyrar og Borgarness væri hagkvæm, en að hitaveitu til Akraness þyrfti að reka með tapi fyrstu árin miðað við þær forsendur, sem gefnar voru.

Að ósk Akraneskaupstaðar gerði jarðhitadeild yfirborðsrannsóknir á jarðhitasvæðinu við Leirá haustið 1973 til undirbúnings frekari borunum til að kanna, hvort svæðið stæði undir hitaveitu fyrir Akranes (Kristján Sæmundsson, o.fl., 1974). Þá gerði jarðhitadeild samanburð á varmaveitum til Akraness frá Leirá og Deildartunguhver til að athuga hve miklar rannsóknir væri réttlætanlegt að fjármagna við Leirá í þeirri von að fá mætti þaðan ódýrari hitaveitu (Valgarður Stefánsson og Ingvar Birgir Friðleifsson, 1974). Niðurstöður bentu til, að skynsamlegt væri að verja fé í djúprannsókn á Leirársvæðinu til þess að kanna magn og gæði djúpvatns þar.

Vorið 1974 voru boraðar tvær holur (631 m og 511 m) á Leirársvæðinu. Báðar komu þær í smáar vatnsæðar með rúmlega 60°C heitu vatni í efstu

200 m, en þar fyrir neðan óx hitinn með dýpi. Fjarlægðin milli holanna (800 m) og hitaferlar þeirra bentu til allvíðáttumikils vatnskerfis í djúplögum undir svæðinu og mátti þar vænta hærri hita. Því var lagt til að boruð yrði 2 km djúp hola til að kanna dýpra vatnskerfið/vatnskerfin (Kristján Sæmundsson og Jens Tómasson, 1974).

Vorið 1975 var boruð 2019 m djúp hola skammt frá Leirálaug. Smávatnsæðar fundust af og til allt niður undir botn holunnar. Hitamælingar benda til berghita um 130°C í 800 m dýpi, en hiti vex tiltölulega jafnt þaðan til botns í 175°C (Jens Tómasson og Hrefna Kristmannsdóttir, 1975). Þrýsitprófanir í lok borunar bentu til að dæla mætti 25-30 l/s úr holunni með 90 m niðurdrætti.

Fjórum mánuðum eftir að borun lauk mældist sjálfrennsli í holunni gegnum gufuskilju 7.7 l/s við 0.5 kg/cm² mótþrýsting en rennslisþiti 109°C (Þorsteinn Thorsteinsson, 1975). Við dæluprófun kom í ljós að holan er mun treggæfari en áður hafði verið talið. Í febrúar 1976 var dælt óslitið í vikutíma 7.4-9.01/s af 122-128 °C heitu vatni með 45-65 m niðurdrætti (Sverrir Þórhallsson o.fl., 1976). Þetta svarar til 10.5 - 11 l/s miðað við 90-100 m niðurdrátt. Líklegt er talið að um helmingur þessa vatnsmagns komi úr vatnsæðum ofan 700 m.

Heita vatnið á Leirársvæðinu er kalkríkt ölkelduvatn. Vatnið úr 132 m holu við Leirárlaug hefur verið notað um árabil til upphitunar Leirárskóla með varmaskipti við húsvegg, en hiti þess er um 80°C. Strax og tók að renna úr djúpu holunni varð vart við kalkútfellingar og stíflaðist 6" frárennslisrör á fáeinum dögum. Kalkútfellingar eru mjög örar, ef vatnið sýður, og er vatnið því aðeins nýtanlegt, að því sé haldið undir nægilegum þrýstingi til að koma í veg fyrir suðu í varmaskipti. Hætta af kalkútfellingum, kísilútfellingum og tæringareiginleikar vatnsins gera það að verkum, að vatnið telst óhæft til beinnar notkunar í hitaveitu (Sverrir Þórhallsson o.fl., 1976). Fjarhitun hf (1976) gerði frumathugun og kostnaðaráætlun um varmaskiptastöð að Leirá. Varmaskipta-tilraunir sumarið 1976 benda til að kísilútfelling í varmaskiptum sé ekki verulegt vandamál, eins og óttast hafði verið. Enn eru nokkur

óvissuatriði varðandi nýtingarhæfni vatnsins ókönnuð, svo sem rekstur djúpdælu við allt að 150°C hita, málmtæring og afloftun upphitaða vatnsins (Ingvar Birgir Friðleifsson og Sverrir Þórhallsson, 1977).

Vegna lélegrar vatnsgæfni djúpu rannsóknarholunnar á Leirá og fyrir-sjáanlegra erfiðleika við nýtingu vatnsins voru að beiðni Akranes-kaupstaðar framkvæmdar allvíðtækar yfirborðsrannsóknir á Leirársvæðinu og á svæðinu milli Skarðsheiðar og Akraness sumarið 1976. Rannsóknirnar á Leirársvæðinu voru í beinu framhaldi af rannsóknunum frá 1973 og beindust að því a) að kanna heildarútbreiðslu jarðhitans í Leirársveit, b) að kanna legu og orsök óvatnsgengra skila á miðju jarðhitasvæðinu, sem fram komu við dæluprófanir, og c) að kanna legu ganga og misgengja, sem gætu haft áhrif á lekt jarðlaganna og uppstreymi heita vatnsins. Rannsóknirnar á svæðinu milli Skarðsheiðar og Akraness beindust að því að kanna til þrautar, hvort fá mætti nýtanlegt heitt vatn nær bænum en á Leirá. Athyglin beindist ekki síst að brotabeltinu við Innra Hólm, sem áður hafði komið til greina að bora í. Annars vegar voru framkvæmdar viðnámsmælingar og segulmælingar á jörðu svo og flugsegulmælingar. Hins vegar var gert jarðfræðikort af öllu svæðinu svo og gengið eftir öllum lækjarfarvegum og framræsluskurðum í Leirá- og Melasveit til að kanna útbreiðslu jarðhitaummerkja. Jarðfræðikortlagningu svæðisins var að mestu lokið er beiðni barst um þessa heildarkönnun. Hjalti Franzson gerði jarðfræðikort af Akranesi sumurin 1970 og 1972 að tilhlutun jarðhitadeildar. Frá 1973 hefur Hjalti unnið að jarðfræðirannsóknnum í fjallendinu norðan Leirá- og Melasveitar og er norðurhluti jarðfræðikortsins í þessari skýrslu nokkuð einfölduð mynd af jarðfræðikorti hans (Hjalti Franzson, óbirt). Útvinna Hjalta hefur verið kostuð af jarðhita-deild.

Í skýrslu þessari er greint frá helstu niðurstöðum fyrri rannsóknarskýrsla um Leirársvæðið svo og birt gögn og niðurstöður heildarkönnunarinnar á jarðhitamöguleikum á svæðinu milli Leirá og Akraness. Ágrip af niðurstöðum skýrslu þessarar var sent bæjarstjórn Akraness í apríl s.l. (Ingvar Birgir Friðleifsson og Sverrir Þórhallsson, 1977).

2. J A R Þ F R Æ Ð I

2.1. Jarðsaga svæðisins

Berggrunnurinn milli Borgarfjarðar og Hvalfjarðar er myndaður í lok Tertíer tíma, en þá lá virkasta gosbeltið um þetta svæði. Jarðlögnum hallar til suðausturs, og koma því elstu jarðlögin (9-13 milljón ára) fram á ströndinni við utanverðan Borgarfjörð, en yngstu jarðlögin (um 3 milljón ára) á norðanverðri Hvalfjarðarströnd og efst í Akrafjalli og Skarðsheiði.

Efsti hluti berggrunnsins á svæðinu er nær eingöngu myndaður úr hraunum, en setlög eru fá og óveruleg. Elstu hraunin, sem sjást á yfirborði á láglandinu í Melasveit, eru myndað við sprungugos og eru hraunin fremur þykk og þétt. En fyrir um 5.5 milljón árum hófust eldgos í Hafnarfjallsmegineldstöðinni, og var hún virk í um 1.5 milljón ára. Fyrst í stað var gosvirknin mest norðan til í eldstöðinni, en í annarri eldgosahrinu megineldstöðvarinnar myndaðist þykkur stafli af þunnum þóleíthraunlögum sunnan og austan við Hafnarfjall. Þessi hraunlög mynda nú efsta hluta berggrunnsins á jarðhitasvæðinu við Leirá, og eru líklega efstu 400-600 m í holu L-4 tilheyrandi þessari myndun. Hraunasyrpa þessi þykknar til norðurs, en þynnist til suðurs frá Leirá.

Jafnframt hinum tíðu hraungosum tróðst mikill fjöldi innskotslaga inn í berggrunninn og stór askja (sigketill) myndaðist í megineldstöðinni, en fylltist fljótlega af gosefnum. Suðurjaðar öskjunnar liggur rúmlega 1 km norðan við jarðhitasvæðið á Leirá, og er jarðhitasvæðið í jaðri keilugangasveims megineldstöðvarinnar, sem nær nokkuð úr fyrir öskjurimann. Innskotslögum fjölgar mjög ört til norðurs frá Leirá, en fækkar að sama skapi til suðurs.

Líparítgos voru hafin í megineldstöðinni áður en askjan myndaðist, en urðu þó miklu meiri síðar. Einu merkin um líparítkviku á Leirársvæðinu er þykkur líparítgangur, sem líklega sker jarðhitasvæðið í miðju, eins og vikið verður að síðar. Ekki verður fjallað frekar um gosvirkni megineldstöðvarinnar hér, þar sem gosmyndanir tilheyrandi

Yngri eldgosahrinum hennar liggja ofar í jarðlagastaflanum en Leirársvæðið.

Þegar kemur suður fyrir Leirárvog er þunnlögótti staflinn frá annarri eldgosahrinu megineldstöðvarinnar í Hafnarfjalli mjög tekinn að þynnast. Áhrifa megineldstöðvarinnar virðist lítið gæta þar. Jarðlagastaflinn er reglulegur og aðallega myndaður úr tiltölulega þykkum (6-7 m), þéttum hraunlögum, en þó eru tvær beltaskiptar dyngjur ofarlega í staflanum og nokkur þunn setlög.

Upphleðsluhraðinn var mun minni sunnan Leirárvogs en norðan, og spanna jarðlögin á láglandinu vestan Akrafjalls og í fjallinu sjálfu því mun lengri tíma en jafn þykkur jarðlagastaflinn í megineldstöðvunum í Hafnarfjalli og Skarðsheiði. Þetta er þýðingarmikið atriði með tilliti til tímasetningar á brotasögu svæðisins. Í ljós kemur, að brotahreyfingar voru virkar í Akrafjalli í a.m.k. 1 milljón ára eftir að jarðlögin á láglandinu við Leirárvog mynduðust. Þetta atriði er jákvætt með tilliti til jarðhitaleitar á svæðinu.

2.2 Jarðlagastaflinn á Leirársvæðinu

Þversnið A-B (Mynd 2.2) sýnir mjög einfaldaða mynd af jarðlagastaflanum í Melasveit og Leirársveit á línu, sem liggur um jarðhitasvæðið við Leirá frá NV-SA. Lega sniðsins er sýnd á jarðfræðikortinu (Mynd 2.1). Jarðlagasyrþurnar eru merktar á sama hátt og jarðlög í ritgerð Hjalta Franzsonar um megineldstöðina í Hafnarfjalli (Hjalta Franzson, óbirt). Segulstefna jarðlaganna er einnig sýnd (N = rétt segulmagnað berg, R = öfugt segulmagnað berg).

Elstu tvær syrþurnar eru að mestu úr ólivín þóleíti (A1) og dílabasalti (A2 og A3). Þessi lög eru mjög brotin og sveigð niður í sigdæld, sem talin er hafa myndast löngu áður en megineldstöðin í Hafnarfjalli varð virk. Þessi lög eru langt fyrir neðan botn holu L-4 á Leirársvæðinu.

Næsta jarðlagasyrþa, sem vitað er um með vissu, er að mestu úr stökum ólivín þóleít hraunum (B1 og B2), sem eru að meðaltali um 4.5 m þykk.

Syrpan er 200-300 m þykk í Ölveri, en þykknar til norðurs, og er um 400 m við norðurenda Hafnarfjalls. Fundist hafa tvö fremur fínkorna setlög (völuberg-siltsteinn), annað ofan til en hitt neðantil í syrpu, og er hvort þeirra um 2 m að þykkt. Surtarbrandur finnst í neðra laginu. Þessi syrpa er væntanlega öll neðan við botn holu L-4, og varð hennar ekki vart í borun.

Næsta jarðlagasyrpa er að mestu úr póleíthraunum (B3 og C1). Í Tungukolli er heildarþykkt póleítstaflans um 500 m, og er meðalþykkt hraunlaganna 5-6 m. Talið er líklegt að syrpan þynnist er kemur suður fyrir Ölver. Neðsti hluti holu L-4 tilheyrir væntanlega þessari syrpu. Í þessari syrpu eru fyrstu óbyggjandi merkin um súra eldvirkni á svæðinu, þar sem neðarlega í henni finnst nokkurra metra þykkt lag af líparítbreksiú, sem virðist hafa breiðst yfir all stórt svæði.

Ofan á póleítstyrpuna leggst syrpa af dílóttu basalti (C1). Þessi hraun mynda strandlengjuna norðan Akraness. Þar er heildarþykktin örugglega meiri en 200 m, en lítið er vitað um þykktardreifingu norðan Leirárvoogs. Hraunin eru flest 5-6 m þykk og yfirleitt mjög þétt. Á dýptarbilinu 1050-1150 m í holu L-4 er nokkuð um plagióklasdílótt hraun, og eru þau talin tilheyra þessari syrpu.

Næsta syrpa er mynduð úr beltaskiptum ólivín póleít hraunum (dýngjum) Syrpan er um 190 m þykk sunnan Hvítaness, en þynnist til suðurs og þykknar væntanlega til norðurs. Hraunin eru þunn og yfirleitt mjög blöðrótt. Syrpa þessi er talin mynda dýptarbilið 600-1000 m í borholu L-4.

Næsta syrpa (C2) er að mestu mynduð úr þunnum, blöðróttum, en fínkornóttum póleít hraunum, og eru slík hraun samfelld frá 400m upp í topp holunnar L-4. Þessi hraun eru mynduð í annari eldgosahrinu megineldstöðvarinnar, eins og áður hefur verið vikið að. Vegna þess hve þunn hraunin eru, er hraunlagasyrpan í heild mun blöðróttari en samsvarandi stafli af þykkum hraunum. Efra vatnskerfið á Leirársvæðinu virðist að mestu bundið við þessa syrpu. Athyglisvert er að Hreppslaug við Andakílsá er í jafnaldra myndun norðan Skarðsheiðar.

2.3 Jarðlagastaflinn á Akranessvæðinu

Þversnið C-D (Mynd 2.3) sýnir einfaldaða mynd af jarðlögum í Akrafjalli og á láglandinu á línu með stefnu NV-SA, en línan liggur skammt norðaustan við Innra Hólm og suðvestast í Blautós.

Elsta syrpan er úr dílabasalti (C1), og myndar þessi syrpa strandlengjuna norðan við Akranesskaupstað, eins og áður hefur verið getið. Dílabasaltsyrpan er fleyguð í sundur af dyngjusyrpu (C1), sem er um 190 m þykk sunnan Hvítaness, um 90 m þykk sunnan Blautóss, en mun þynnri er dregur nær Akranesskaupstað. Efri hluti dílabasaltsyrpunnar þynnist hins vegar til norðausturs að sama skapi og dyngjan þykknar, og er horfinn er kemur á mótis við Hvítanes. Neðri hluti dílabasaltsins er a.m.k. 200 m þykkur, en gæti verið mun þykkari.

Ofan við dílabasaltið og dyngjusyrpuna tekur við þóleíthraunasyrpa, sem svarar til efsta hluta jarðlagastaflans á Leirársvæðinu. Síðan tekur við dílabasalt og þá aftur þóleíthraun. Þykkt þessara hrauna allra er lauslega áætluð 500 m. Ekki varð vart þykkra setlaga, en opnur eru af skornum skammti, svo þunn setlög gætu verið hulin.

Næsta þykka syrpan er beltaskipt ólivín þóleít dyngjuhraun. Syrpan er 190-200 m þykk norðan og vestan Reynis og virðist þykkna til suðurs. Þunn setlög og þóleíthraunlög skipta syrpanni upp. Þykkasta setlagið finnst ofan við Reyni, og er það 7-34 m þykkt. Lag þetta er líklega árset, og virðist það þykkna til NA frá Reyni.

Næst tekur við um 100 m þykk syrpa af dílabasalti. Smá set er að finna á nær öllum hraunaskilum, flest rauðleit og fínkorna. Þessi syrpa er á yfirborði á láglandinu austan við Innra Hólm.

Efsta syrpan í Akrafjalli er þóleít hraunlög með nokkrum stökum lögum af dílabasalti. Meðalþykkt hraunlaganna er minni en í öðrum þóleítsyrpum í fjallinu, eða 3.7 m. Heildarþykkt syrpannar er a.m.k. 200 m, en töluvert kann að vera rofið ofan af henni. Í syrpanni eru tvö meiri háttar setlög. Hið neðra er 4 m þykkt, en hið efra 4-22 m (Geirmundartindsjökulbergið), og þykknar það til NA. Þessi hraunlög eru líklega ættuð úr Hvalfjarðarmegineldstöðinni og svara til samskonar hraunlaga í Svínadal.

Í heild er jarðlagastaflinn á Skipaskaga mjög þéttur og blöðróttar hraunsyrpur mun þynnri en t.d. á Leirársvæðinu. Djúpa borholan á Akranesi er boruð í elstu sýrpuna, sem hér er lýst (dílabasalt, C1). Í borholunni skiptast á ólivín þóleít og þóleít hraunlög, en vegna þess hve svarfið er blandað hefur holan ekki verið greind í sýrpur (Kristján Sæmundsson o.fl. 1968). Ekki varð vart við nein þykk set- eða túfflög í holunni, en allmörg, þunn, rauð millilög komu fyrir. Holan er ákaflega þétt og benda hitamælingar aðeins til einnar smá vatnsæðar á um 800 m dýpi. Efstu jarðlögin í borholunni á Akranesi eru á a.m.k. 1 km dýpi undir Innra Hólmi. Þar fyrir ofan eru jarðlögin tiltölulega þétt. Hins vegar kunna misgengissprungur og berggangar að hafa aukið lekt staflans þar, eins og vikið verður að síðar.

Töluvert er um holufyllingar í ólivín þóleít og dílóttu hraunlögnum neðan til í jarðlagastaflanum. Jarðlög við sjávarmál eru öll í skólesít- mesólít ummyndunarbeltinu. Efri mörk analsím beltisins eru í 200-300 m hæð (efst finnast analsím kristallar í 270 m hæð) og kabasít-thomsonít beltið nær líklega upp í topp fjallsins. Holufyllingar eru óverulegar í þóleít hraununum. Dreifing holufyllinga í fjallinu bendir til að jöklar ísaldar hafi skafið a.m.k. 200m ofan af núverandi toppi Akrafjalls.

2.4. Dreifing ganga og misgengissprungna á Leirársvæðinu

Eitt höfuðeinkenni megineldstöðva er mikill fjöldi bergganga, en gangarnir eru aðfærsluæðar hinna fjölmörgu hraunlaga í megineldstöðvunum. Í Hafnarfjallseldstöðinni, eins og svo mörgum öðrum megineldstöðvum er annars vegar um að ræða þéttan keilugangasveim en hins vegar þétt net lóðréttra ganga.

Útjaðar keilugangakerfisins er sýndur á mynd 2.4. Stefna keiluganganna er yfirleitt samsíða jaðrinum á hverjum stað, en göngunum hallar 20-40° inn að miðju keilusveimsins, sem yfirleitt fellur saman við miðju megineldstöðvarinnar. Suðurjaðar keilugangasveimsins er teiknaður um 1 km norðan við jarðhitasvæðið á Leirá, en vel kann að vera að stakir gangar eða sprungur tilheyrandi keilugangakerfinu nái allt suður á jarðhitasvæðið.

Lóðréttu gangarnir á Leirársvæðinu hafa einkum tvær stefnur, N15-20°A og N55°A. Á um 35 km² svæði NA við Leirá var skráð stefna 52 ganga og höfðu flestir þessar tvær stefnur, álíka margir hvora stefnu. Einnig fundust nokkrir gangar með stefnu um N120°A. Við yfirborðsathuganir norðan og austan Leirársvæðisins kom í ljós að gangar með stefnu N15°-20°A eru elstir, næstir koma gangar með stefnu N55°A, en yngstir eru gangar með stefnu um N120°A, en þeir eru líklega tengdir keilugangakerfinu. Á mynd 2.4. eru sýnd meðalgildi í stefnu lóðréttra ganga á svæðinu milli Borgarfjarðar, Skorradals og Hvalfjarðar.

Við yfirborðsathuganir í næsta nágrenni jarðhitasvæðisins við Leirá fannst aðeins einn basaltgangur. Gangurinn er tæplega 1 m breiður með stefnu um N30°A og sést austan vaðsins á Leirá rétt vestan gömlu sundlaugarinnar. Gangurinn er öfugt segulmagnaður, en hraunlögin umhverfis eru rétt segulmögnuð. Í farvegi Leirá um 500 m SSA gömlu sundlaugarinnar kemur fram líparítgangur. Gangurinn sést aðeins sunnan árinna og er a.m.k. 15 m breiður. Gangur þessi kom mjög greinilega fram við segulmælingar á svæðinu. Við boranir komu fram allmörg þunn, fersk lög, sem gætu verið gangar, en aðeins eitt meiriháttar dólerítinnskot kom fram í holu L4, en það virðist nær samfellt frá 1230-1330 m.

Vegna þess, hve berggrunnurinn í Melasveit og Leirársveit er mikið hulinn lausum yfirborðsjarðlögum voru gerðar segulmælingar bæði úr flugvél í 400 m hæð og þéttar mælingar á afmörkuðum svæðum á jörðu með fluxgate mæli. Flugsegulmælingarnar (Mynd 4.4) sýna greinilega segullagð, sem tengd er keilugangkerfi megineldstöðvarinnar, og styðja þá tilgátu, að jarðhitasvæðið á Leirá sé í jaðri þess.

Gangar og innskot sunnan til í megineldstöðinni eru yfirleitt með öfuga segulstefnu, en hins vegar eru hraunlögin umhverfis Leirársvæðið að mestu rétt segulmögnuð. Innskot skapa því segullagðir. Á flugsegulkortinu koma ekki fram einstakir gangar, nema hvað allbreið tota gengur suður úr segullagðinni á Leirársvæðinu á sama stað og líparítgangurinn fannst í farvegi Leirá. Líparítið er nánast

ósegulmagnað og má telja sennilegt, að segulfráviknið sé tengt ganginum. Nánar verður fjallað um segulmælingarnar í kafla 4.

Um misgengi í Melasveit og Leirársveit er lítið vitað vegna þess, hve lítið sést í berggrunninn. Þó hafa fundist allmargar misgengissprungur í Hafnarfjalli og Skarðsheiði, sem væntanlega ná sumar hverjar út á láglandið. Þessi misgengi eru yfirleitt með sig til vesturs. Á jarðfræðikortinu eru sýnd þrjú misgengi, sem talin eru hafa áhrif á jarðlagastaflann í nágrenni jarðhitasvæðisins við Leirá. Þau eru öll með sig til vesturs en ekki er vitað hversu mikið hefur sigið. Tvö þeirra stefna N35-40°A, en eitt N55°A. Á flugsegulkortinu (Mynd 4.4) má merkja nokkur greinileg línuleg frávik með stefnum um N35° og N50°A. Þarna gætu misgengi ráðið einhverju um.

2.5 Dreifing ganga og misgengissprungna á Akranessvæðinu

Alls fundust 35 gangar við yfirborðsathuganir á Akranessvæðinu. Flestir fundust við ströndina, eins og við má búast þar sem láglandið er yfirleitt gróið og lítið um opnur í fastan berggrunn. Í Akrafjalli fundust langflestir gangar í suðausturhluta fjallsins, norður af Innra Hólmi. Þar sem opnur eru víða góðar í fjallinu má telja fullvíst að gangabéttleiki sé mun meiri austan til í fjallinu en vestan. Á strandlengjunni norðaustan Innra Hólms virðist gangabéttleikinn einnig meiri en á nokkurri samsvarandi landspildu vestan til á skaganum.

Af 20 göngum, sem greindir voru til tegunda, voru 10 úr þóleíti, 9 úr ólivín þóleíti en 1 úr dílóttu basalti. Meðalþykkt allra ganganna var 1.7 m. Halli ganganna reyndist í flestum tilfellum vera sem næst hornréttur á halla hraunlaganna, eins og venja er til. Á stefnurós ganganna (Mynd 2.4) má sjá, að langflestir ganganna hafa stefnu á bilinu N25°A til N35°A, en nokkrir hafa stefnu um N55°A.

Gangabéttleikinn austan til á skaganum virðist vera nálægt 0.5%, sem bendir til að jarðlagastaflinn sé utan áhrifasvæðis megineldstöðvar. Til samanburðar má geta þess að gangabéttleikinn á láglandinu í Kjalar-neshreppi handan Hvalfjarðar er 3% til 6%, en þar er gangasveimur, sem teygist norður úr Kjalarneigineldstöðinni (Ingvar Birgir Friðleifsson, 1973).

Alls fundust 26 misgengi í hliðum Akrafjalls og eru þau stærstu merkt inn á jarðfræðikortið (Mynd 2.1). Stefna misgengjanna er hin sama og algengasta gangastefnan. Misgengi fundust ekki á láglandinu vestan Akrafjalls, en opnur eru slæmar og gætu misgengi vel leynst þar. Vegna opnanna var auðveldara að mæla stærð misgengjanna sunnan megin í Akrafjalli en norðan. Samanlagt sig mælanlegra misgengja í suðurhliðum fjallsins var um 230 m í vestur, en um 90 m í austur. Heildarsigið virðist því um 140 m í vestur. Stærstu misgengin eru ofan Reynis, í Göngukvennaskörðum og ofan Innra Hólms.

Ofan Reynis eru þrjú stallamisgengi með heildarsig um 50 m til vesturs. Norðan Berjadals eru sömu misgengi runnin saman í eitt.

Í Göngukvennaskörðum er misgengi með um 50 m sig til vesturs. Um 300 m vestan þess er lítið misgengi með um 10 m sig til austurs.

Ofan Innra Hólms hefur myndast þröngur sigdalur. Vestanmegin í honum eru stallamisgengi með sig til austurs; sigið á því stærsta mældist 38 m. Austurbarmur sigdalsins er myndaður af einu misgengi með um 110 m sig til vesturs. Sigspildan virðist 300-400 m breið á láglandinu við Innra Hólm, en þrengist mjög er norðar dregur. Norðan Jókubungu eru misgengin runnin saman í eitt misgengi með um 60 m sig til vesturs. Sigið á sama misgengi mældist um 30 m til vesturs í norðurhliðum Akrafjalls. Talið er, að misgengi um 500 m vestar í norður hliðum jafni út mismuninn.

Um 500 m austan sigdalsins við Innra Hólm er margfalt (a.m.k. fjórfalt) stallamisgengi með heildarsig um rúna 30 m til austurs. Stallamisgengið nær yfir um 200 m breiða spildu. Af framansögðu er ljóst, að á tæplega 1 km breiðri spildu umhverfis Innra Hólm er mestur fjöldi misgengja og stærð þeirra skiptir tugum metra. Berggrunnurinn þarna er því mjög brotinn og má telja líklegt að vatnsgengd í jarðlögum sé þar meiri en annars staðar á skaganum. Nokkrir gangar hafa fundist á þessu brotna svæði.

Samkvæmt rannsóknum Hjalta Franzsonar (óbirt) eru jarðlögin á láglandinu frá Akranesi til Innra Hólms líklega um 5 milljón ára vestast en um 4 milljón ára austast. Yngstu jarðlögin í toppi Akrafjalls eru hins vegar talin um 3 milljón ára. Misgengin við Innra Hólm skera yngstu jarðlög fjallsins og hafa því trúlega verið virk a.m.k. 1 milljón árum eftir að jarðlögin á láglandinu í næsta nágrenni Innra Hólms mynduðust. Talið er að þétting jarðlagastafla vegna samþjöppunar og útfellinga sé örúst í jaðri gosbeltis fyrstu ármilljónina eftir að viðkomandi jarðlagastafla myndast. Hin ungu misgengi í Akrafjalli gætu hafa verið virk eftir að aðalþétting jarðlagastaflans átti sér stað og þar með aukið lekt hans.

3 JARÐHITI Á YFIRBORÐI, HEITAVATNSBORANIR OG HITASTIGULSRANNSÓKNIR

3.1 Jarðhiti á yfirborði

Leirársvæðið er eina þekkta jarðhitasvæðið í Borgarfjarðasýslu, sunnan Skarðsheiðar. Í rituðum heimildum er aðeins getið um heitavatnsrennsli í Leirárlaug og Leirárhver, en stakar kalkskellur finnast í skurðbökkum og lækjarfarvegum á um 5 km² svæði á milli Leirár og Skipaness (Mynd 3.1). Vatnið á jarðhitasvæðinu er kalkríkt ölkelduvatn þannig að hvítt kalkhrúður hleðst upp umhverfis uppstreymisrásir. Líklegt er að uppstreymisrásir, sem nú eru kaldar, séu stíflaðar af kalkútfellingum. Tilvist þeirra bendir hins vegar til víðáttumikils jarðhitakerfis/jarðhitakerfa á svæðinu. Mynd 3.1 sýnir legu kalkskellanna, en stærð þeirra er sýnd í Töflu 1. Flestar kalkskellurnar koma fram í skurðbökkum og er yfirleitt um eða yfir 0.5 m þykkt jarðvegslag ofaná hrúðrinu, sumar skellurnar eru þó á yfirborði. Reynt var að tímasetja hvenær kalkskellurnar mynduðust með hjálp öskulaga, en það reyndist ekki mögulegt, þar sem engin öskulög fundust í jarðvegssniðum í skurðunum. Þótt kalkskellurnar séu kaldar nú, kann að vera virkt aflokað jarðhitakerfi undir þeim.

Í frásögn Eggerts Ólafssonar og Bjarna Pálssonar frá 1753 (Eggert Ólafsson, 1943) er talið að sjóði í Leirárhver, en vatn gjósi hins vegar ekki upp úr honum. Líklega hefur kolsýran í vatninu villt um fyrir Eggerti. Mackenzie mældi 59°C 1810 og Þorvaldur Thoroddsen mældi 53°C

árið 1883 (Þorvaldur Thoroddsen, 1959). Í skýrslu Iónaðardeildar frá 1945-46 er skráður hámarkshiti í Leirárlaug 55°C árið 1944, og var vatnsmagn þá 0.3 l/s. Áður en boranir hófust við Leirá 1959 var 15°C heitt vatn í hverahrúðurskál, sem er á vesturbakka Leirár skammt vestur af Leirárlaug (Jón Jónsson og Guðmundur Pálamson, 1959). Þetta eru sennilega leifar hins forna Leirárhvers, Örskammt þáðan í melnum vestan lækjar kom einnig 9°C vatn úr malarlagi milli tveggja leirlaga. Báðar þessar volgrur þurru við borun holu 1 við Leirárlaug.

3.2 Heitavatnsboranir við Leirá

Borað var við Leirárlaug 1959-1960 niður í 132 m. Vatn kom strax á 2 m dýpi, en aðalvatnsæðar holunnar voru á bilinu 60-120 m. Borholan gaf 8 l/s af 80°C heitu vatni. Vatnið er ölkelduvatn.

Vorið 1974 voru boraðar tvær holur á Leirársvæðinu; L-2 um 100 m norðan Leirárlaugar, 631 m, L-3 um 800 m ASA af Leirárlaug, 511 m djúp. Vatnsæðar fundust í holu L-2 á bilinu 84-104 m og síðan aftur í 193-208 m. Ekki rann vatn úr holunni, en í ljós kom að hún var í tengslum við holu L-1. Hitamælingar sýndu 65°C heitt vatnskerfi á 100-200 m dýpi, en þar fyrir neðan óx hitinn með dýpi og mældist 115°C í botni holunnar. Í holu 3 fundust vatnsæðar í 14-20 m og í 105-130 m, en ekki varð vart við vatnsæðar neðar í holunni. Úr holunni runnu um 4.5 l/s af 58°C heitu vatni. Haustið 1975 var hitinn 62°C, en neðan við vatnsæðarnar var hitaferill holunnar svipaður og holu L-2.

Efnasamsetning vatns í holum L-1 og L-3 er svipuð (Tafla 2) og reiknast kísilhiti 134°C í holu L-1 en 147°C í L-3. Hitaferlar í holunum þremur og efnasamsetning vatnsins benda til heitara vatnskerfis (> 130°C) neðan við 800-1000 m bæði við Leirárlaug og umhverfis holu L-3. Fjarlægðin á milli borholanna (800 m) og hitaferlarnir, sem eru mjög svipaðir, benda til að hér sé ekki um staðbundið uppstreymi að ræða, heldur víðáttumeira vatnskerfi í djúplögum. Á grundvelli þessara niðurstaðna lagði Orkustofnun til að boruð yrði 2 km djúp hola til að kanna dýpra vatnskerfið/vatnskerfin (Kristján Sæmundsson og Jens Tómasson, 1974).

TAFLA 1 LÝSING Á KALKSKELLUM Í LEIRÁRSVEIT

Staður	Stærð (lágmark)	Þykkt (m)	Þykkt jarðvegs ofan kalks (m)	Staðhættir
1	730 m ²	sést ekki	0	Leirárlaug og nágrenni.
2	1 = 15 m	óveruleg		Skurður fyrir norðaustan Leirárlaug. Kalk kemur eingöngu fram í uppgreftrinum, en ekki í sjálfum skurðinum.
3	46.2 m ²	sést ekki	1.20	Skurður fyrir suðaustan 2. Kalk sést greinilega í uppgreftri og einnig í sjálfum skurðinum.
4	288 m ²	sést ekki	0.75	Skurður vestur af 3. Kalkútfellingar og skánir í uppgreftri og skurði.
5	360 m ²	0.3	0.6	Skurður suður af 4. Kalkhrúður og útfellingar á 240 m kafla, þar af fastar útfellingar á 40 m kafla. Í sjálfum skurðinum sést lítið, en vestast í honum sést þó 5 m kalkband, einnig er lítil kalkopna austarlega í honum.
6	10000 m ²	sést ekki	0	Svæðið kringum hól 3. Í skurðruðningi, sem er í beinu framhaldi vestur af þessu svæði eru kalkútfellingar á 65 m kafla.
7	1 = 3.5 m	0.08	0.8	Skurður austur af Leirárskóla. Kalkhrúður í skurðbarmi.
8	120 m ²	1.0	0 - 2.0	Við foss í Geldingaá fyrir sunnan bæinn Geldingaá. Vestan árinna eru 2 skellur á yfirborði (8 m á milli þeirra). Þykkt kalklagsins sést í barminum austan árinna. 50-60 m sunnar er lítið kalkband í moldinni 1 - 2 m, þykkt ~ 0.2 m.
9	1 = 7.4 m	0.2	0.4	Annar skurður, sem opnast í Geldingaána að austan. Lítið kalkband ofarlega í skurðinum, enginn uppgroftur.
10	150 m ²	0.5	0.5	Fyrsti skurður, sem opnast í Geldingaá norðan Þjóðveggar. Kalkútfellingar eru greinilega bæði í uppgreftri og skurði.
11			0.3	Á um 2 m kafla, efst í barði í fjörुकambinum, eru nokkuð stórir steinar, þar af 5 greinilega kalkhellur (0.5 m á kant). Aðflutt.
12	1 = 4.0 m	0.5		Skurðruðningur sunnan Þjóðveggar vestan Geldingaárbrúar. Þunnt jarðvegslag ofan á bergi, sem er morkið, rauðleitt og með kalktrefjar.
13	1 = 10 m	óveruleg		Skurður norðan Þjóðveggar, við bæinn Fiskilæk. Kalkskán sést eingöngu í uppgreftri en ekki í sjálfum skurðinum. Álíka kalkskánir eru einnig í Fiskilækjarfarvegnum í bæjartúnu.

TAFLA 2

Efnagreiningar á sýnum* úr borholum við Leirá og holu 4 á Akranesi - Styrkur efna í ppm

Sýni nr.	Hola nr.	Hiti °C	pH/°C	SiO ₂	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CO ₂ (tot)	SO ₄ ⁻⁻	H ₂ S	Cl ⁻	F ⁻	Uppl. efni	Kísilhiti Kalsedon/kvars °C
Leirá															
BORV08730123	1	75	7.61/20	144	229	14.8	52.0	2.1	247	55.6	<0.1	186.7	2.1	938	134/148
BORV10750164	2	65	7.02/21	158	206	14.3	64.8	2.9	256	225	<0.1	246.8	2.1	910	141/162
BORV11750174	3	62	6.64/20	171	258	23.8	73.5		490		<0.1	302		1065	147/168
BORV11750173	4	122	6.70/20	265	225	24.7	21.6		171		5.8	273		946	/198
BORV02760017	4	128	6.29/20		30.9				279		0.3				
Akranes (67.04.24)	4	26	7.1	60	1360	17	560	12		600		3017	0.1	6120	

**

* Öll sýnin eru tekin við holustút.

** Sýni úr holu 4 á Akranesi var greint af Svavari Hermannssyni, en sýnin frá Leirá af jarðefnastofu jarðhitadeildar Orkustofnunar.

Vorið 1975 var hola L-4 boruð rétt austan við holu L-2 og er þarna nánast um djúpkun á holu L-2 að ræða. Borað var í 2019 m og fóðrað niður í 226 m, þ.e. grunnu vatnsæðarnar voru fóðraðar til að auðvelda borun, eins og venja er til. Borverki lauk 31. maí. Í borun og/eða við hitamælingar varð vart við smáar vatnsæðar í 275 m, 353 m, á bilinu 425-450 m, 700m, 1160 m, 1308 m (stærsta vatnsæðin í borun, um 2 l/s), um 1500 m, um 1600 m, 1678 m og á bilinu 1950-1970 m. Hitamælingar benda til um 130°C berghita í 800 m. Hitinn vex til-
tölulega jafnt þaðan til botns, en botnhiti mældist 175°C (Jens Tómasson og Hrefna Kristmannsdóttir, 1975). Hitaaukningin frá 800 m til botns er því 45°C, sem svarar til hitastiguls rúmlega 37°C/km.

Hitamælingar í holunni (Mynd 3.2) benda til nokkurra aðskilinna, tregæfra vatnsæðaneta í djúpa vatnskerfinu. Helstu vatnsæðanetin virðast vera á bilunum 1000-1200 m, 1500-1600 m og neðan við 1700 m.

Við þrýstiprófun á holu L-4 kom í ljós, að þrátt fyrir fóðringuna er hún í tengslum við holur L-1 og L-2 ofan 800 m, en ekki neðan. Holan virðist algjörlega aðskilin vatnsæðum í holu L-3.

Renna tók úr holu L-4 um hálfum mánuði eftir að borun lauk. Rennslis-
hiti hækkaði smám saman og var nálægt 100°C 1. júlí 1975, en var 109°C við 1.2 kg/cm² mótþrýsting í byrjun september. Rennsli var lítið frá byrjun, um 1 l/s, því kalkútfelling í 6" frárennslisröri héldu aftur af því. Útfellingarnar endurnýjuðust á fáeinum dögum væru þær fjarlægðar. Gufuskilja var sett á holuna til mælingar á rennsli og rennslis-
hita. Hinn 9. október mældist rennslið 7.7 l/s við 0.5 kg/cm² mót-
þrýsting en hiti 109.2°C. Loka varð fyrir holuna eftir rúmlega sólar-
hringsrennsli, því að svo dró úr rennsli í holu L-1 að Leirárskóli varð hitalaus (Þorsteinn Thorsteinsson, 1975).

Þrýstiprófanir í lok borunar bentu til að dæla mætti 25-30 l/s úr holunni með 90 m niðurdrætti. Djúpdæling sýndi hins vegar að holan er mun tregæfari. Í feb. 1976 var sett djúpdæla í 85 m djúpi í holu L-4. Afkastageta

dælunnar er 25 l/s. Dælt var óslitið í um vikutíma 7.4 - 9.0 l/s af 122-128°C heitu vatni með 45-65 m niðurdrætti (Sverrir Þórhallsson o.fl., 1976). Líklegt má telja að um helmingur þessa vatnsmagns komi úr vatnsæðum ofan 700 m, þótt gæfustu vatnsæðarnar efst í holunni séu fóðraðar af.

Rennslis- og vatnsstöðumælingar voru gerðar í holunum í október 1975 og febrúar og maí 1976. Benda þær til talsverðrar víðáttu efsta vatnskerfisins í holum L-1, L-2 og L-4 og sýna vatnsleiðnina $T = 1.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sek}$ en rýmdarstuðulinn 1.08×10^{-4} . Vatnsleiðni kerfisins er nógu mikil til nokkurra tuga l/s vatnsvinnslu með djúpdælum. Grunnt er hinsvegar niður á kerfið og þessvegna nokkur óvissa um leka yfirborðsvatns niður í það vegna lækkanði vatnsstöðu. Rennslismælingar í holu L-3 bentu til nokkru minni vatnsleiðni umhverfis hana, en mælingar þar eru óáreiðanlegri vegna vöntunar mælingarhola.

Sumarið 1976 var gerð þriggja mánaða varmaskiptatilraun til að kanna útfellingahættu við notkun vatns úr holu L-4 í varmaskiptum. Holuvatnið náði hvergi að sjóða í kerfinu og reyndust kalkútfellingar óverulegar. Sama er að segja um kísilútfellingar, þó svo að vatnið væri kælt niður í 20-30°C.

3.3 Hitastigulsboranir á Akranesi og nágrenni

Ekki er vitað um jarðhita á svæðinu sunnan Leirársvogs og vestan Hvalfjarðar. Lindir koma fram við rætur Akrafjalls á nokkrum stöðum. Árið 1965 var safnað úr þremur slíkum lindum í sambandi við jarðhitaleit fyrir Akranes. Lindir þessar eru undir fjallinu ofan við Hvítanes, hjá Reyni og ofan við Innra Hólm. Efnagreiningar á vatninu voru birtar í skýrslu Orkustofnunar "Jarðhitaleit og djúpborun á Akranesi" (Kristján Sæmundsson o.fl., 1968) ásamt efnagreiningum á neysluvatni Akurnesinga, vatni úr Óslæk og úr lind milli Berjadalsár og Óslækjar. Lindirnar hjá Hvítanesi og Reyni voru svipaðar venjulegu köldu lindavatni, en vatnið í lindinni við Innra Hólm var fremur auðugt að kísilsýru fyrir kaltyfirborðsvatn. Talið var að þetta ásamt hitastigi vatnsins (7-9°C) benti til að hér væri um fjallavermsl að ræða. Með því er átt við að vatnið í lindinni hafi seytleð í gegnum berglög Akrafjalls, volgnað við það lítið eitt og jafnframt leyst kísilsýru.

Veturinn 1965-1966 voru boraðar þrjár holur í nágrenni Akraness til að kanna hitastigul. Tafla 3 sýnir staðsetningu holanna, dýpi og mældan hitastigul.

Tafla 3

	Staður	Dýpi (m)	Hitastigull °C/km
Hola 1	Akranes	101	137
Hola 2	Innri Hólmur	102	153
Hola 3	Hvítanes	101	150

Jarðlagasnið af holunum eru í skýrslunni um "Jarðhitaleit og djúpborun á Akranesi" (Kristján Sæmundsson o.fl., 1968), en holurnar voru boraðar með kjarnabor. Holurnar eru þéttar og er ekkert vatnsrennsli úr þeim.

Þó benda hitamælingar til smávatnsæðar í um 80 m dýpi í holu á Innra Hólmi. Hitamælingar úr holunum eru sýndar á myndum 3.3-3.5. Kjarnarnir úr holunum á Akranesi og Hvítanesi voru heillegir, en kjarninn í Innra Hólms holunni töluvert sprunginn.

Vorið 1967 var boruð 1400 m hola við holu 1 á Akranesi. Einn helsti hvati að borun holunnar var jákvæð niðurstaða djúpborana á Seltjarnarnesi, en einnig þar mældist mjög hár hitastigull við grunnar boranir (255°C/km og 288°C/km, sjá Jens Tómasson o.fl., 1977) án þess að nokkur jarðhitaummerki væru á yfirborði. Þótt hitastigullinn á Akranesi væri mun lægri en á Seltjarnarnesi var hann mun hærri en víðast hvar á landinu og var talinn geta bent til heitavatnsrennslis djúpt í jörðu. Enda þótt hitastigull væri hæstur í holunni á Innra Hólmi og kjarninn úr þeirri holu meira sprunginn en í hinum, var þessi munur ekki meiri en svo, að sjálfsagt þótti að staðsetja fystu djúpu holuna í bænum sjálfum (Kristján Sæmundsson o.fl., 1968).

Vatnsæðar fundust á tveimur stöðum í holunni. Sú efri opnaðist í 810 m og var í fyrstu um 0.2-0.3 l/s, en sú neðri opnaðist í 995 m og var um 1 l/s. Sú æð mun þó hafa stíflast fljótlega í borun. Tveimur dögum eftir að borun lauk var sjálfrennsli úr holunni um 0.25 l/s af 25.6°C heitu vatni. Tveimur mánuðum síðar var sjálfrennslið 0.16 l/s og sex mánuðum síðar var rennslið komið niður í 0.08 l/s af 28°C heitu vatni. Þrýstingur í vatnsæð(um) í holunni hefur þannig minnkað smátt og smátt, eins og venja er til þegar holur standa opnar. Vegna stuttrar fóðringar í holunni var aðeins hægt að setja djúpdælu í 28 m dýpi. Með þeim niðurdrætti náðust 0.4 l/s úr holunni eftir rúmlega þriggja stunda dælingu. Á sama tíma var sjálfrennslið 0.25 l/s. Holan er því nánast alveg þétt. Holan er ein af landsins bestu hitastigulshólum vegna þess hve þétt hún er, og mælist hitastigullinn 129°C/km. Hitamæling úr holunni er sýnd á mynd 3.2.

Í fyrstu var talið, að hinn háí hitastigull á Akranesi benti til rennslis heits vatns djúpt í berggrunninum og var því ráðgert að dýpka holuna. Við frekari boranir og hitastigulsmælingar annars staðar á Suðurvesturlandi kom hins vegar í ljós, að hitastigullinn í berggrunninum vex tiltölulega reglulega eftir því sem nær dregur virka gosbeltinu,

sem liggur frá Langjökli út á Reykjanes hrygg. Þannig mælist hitastigullinn $109^{\circ}\text{C}/\text{km}$ í Borgarnesi, $129^{\circ}\text{C}/\text{km}$ á Akranesi, $145^{\circ}\text{C}/\text{km}$ í Ferstiklu og $165^{\circ}\text{C}/\text{km}$ í Arnarholti á Kjalarnesi (Guðmundur Pálmason, 1973). Hinn reglulegi hitaferill í djúpu holunni á Akranesi bendir þannig ekki til truflana af völdum vatnsrennslis. Á mynd 3.2 má sjá muninn á ótrufluðum hitaferli holu 4 á Akranesi og hitaferli holu L-4 á Leirá, sem truflaður er af heitavatnsrennslis í berggrunnum.

Í bréfi dagsettu 1969.12.12 (Kristján Sæmundsson, 1969) mælti jarðhitadeild með því, að næsta skrefið í jarðhitarannsóknum með tilliti til hitaveitu fyrir Akranes yrði djúpbörðun við Innra Hólm, í von um að vatn ætti greiðari rás um hin brotnu jarðlög þar en hinn þetta berggrunn á Akranesi. Af þessari börðun varð þó ekki.

4 SEGULMÆLINGAR

4.1 Segulmælingar á jörðu

Sumarið 1976 voru gerðar allnákvæmar segulmælingar á jörðu á um 1 km^2 svæði í nágrenni borholanna við Leirá. Tilgangur mælinganna var að kanna til hlítar hvort eigi mætti finna einhverja samsvörun milli bergganga eða misgengja annars vegar og heitavatnsuppstreymisins hins vegar. Notaður var róteindarsegulmælir (Geometrics) og nemi hafður í um 2.5 m hæð frá jörðu. Alls voru mældar 22 mælinínur af mjög mismunandi lengd og voru þær lagðar frá vestri til austurs. Fjarlægð milli mælipunkta var 5 m. Lega mælinínanna er sýnd á mynd 4.1. Fjarlægðin milli lína er yfirleitt um 50 m. Á myndinni er enn fremur sýnd dreifing jarðhita og hitaskella á yfirborði og staðsetning borhola.

Áður en rætt er um niðurstöður mælinganna er rétt að fjalla aðeins um mæliaðferðina. Styrkléiki og stefna segulsviðs jarðar eru mjög breytileg. Þegar hraunkvika storknar segulmagnast bergið í hlutfalli við ríkjandi jarðsegulsvið. Með segulmælingum er því hægt að mæla segulfrávik er stafa frá berggöngum eða innskotslögum, enda eru berginnskotin oft öðruvísi segulmögnum en bergið umhverfis þar sem þau myndast seinna. Fjarlægð nemans frá berginnskotinu skiptir miklu

máli og gildir almennt, að frávikið minnkar með vaxandi fjarlægð. Mæli-einingin er kγ og algengt frávik fyrir gang sýnilegan á yfirborði er nokkur kγ, ef nemi er staðsettur yfir ganginum, en frávikið minnkar fljótt er gangurinn fjarlægist. Sömuleiðis minnkar frávikið mjög með aukinni þykkt lausra yfirborðslaga. Mynd 5.1 C sýnir hugmyndina að baki segulmælingum.

Einstakir mæliferlar verða ekki birtir hér en til að fá sem besta heildarmynd af svæðinu var meðfylgjandi segulsviðskort gert, sjá mynd 4.2. Mismunur á heildregnum jafnsviðslínunum er 1 kγ. Fletirnir milli þeirra eru skyggðir þannig að styrkur jarðsegulsviðsins eykst með minnkandi skyggingu. Að auki eru 0.5 kγ jafnsviðslínur dregnar sem slitnar línur. Á segulsviðskortinu má rekja segulfrávik frá einni mælinínu til annarrar og því auðveldara að átta sig á hvað veldur þeim.

Meðalgildi segulsviðsins er á bilinu 51–52 kγ. Þrjú greinileg neikvæð línuleg segulfrávik eða segullægðir koma fram og stafa trúlega öll af öfugt segulmögnum göngum. Vestasta segullægðin fellur saman við þykka líparítganginn, sem sést í farvegi Leirár. Stefna gangsins er um N 20°A. Vestan við líparítganginn eru breytingar á segulsviðinu fremur litlar og óreglulegar. T.d. kemur ekki fram frávik vegna þunna basaltgangsins vestan gömlu sundlaugarinnar. Í nágrenni við holu L-3 er segulsviðið hins vegar mjög órólegt. Þar koma fram tvö sterk línuleg frávik og nokkur minni og óreglulegri frávik. Sterku frávikin stafa trúlega af göngum með stefnur N 10°A og N 50°A, en þau minni gætu stafað af litlum göngum eða misgengjum.

Athyglisvert er að minnst tvær línulegar segullægðir, önnur með stefnu N 15°A og hin N 150°A sjást austan við stóru segullægðina, sem stefnur N 50°A, en koma ekki fram vestan við hana. Hugsanleg skýring á þessu er meiri-háttar misgengi með stefnu N 50°A, samhliða öfugt segulmögnum gangi. Það gæti skýrt hvers vegna önnur segulfrávik (gangar ?) enda skyndilega, þegar þau mæta þessari línu. Ef þarna er misgengi á ferðinni er trúlegast að fall þess sé til norðvesturs. Ef til vill er þarna komið misgengi, sem sést ganga upp í Skarðsheiði og liggur liðlega 1 km norðvestan Neðra-Skarðs (sjá jarðfræðikort mynd 2.1). Stóra hitaskellan, sem hola L-3 var boruð í, er í skurðpunkti þessara segulfrávika (ganga ?).

Að öðru leyti virðist ekki vera mikið samband milli segullægðanna og dræfingar jarðhitans, sumar hitaskellurnar eru nærri segullægðum en aðrar ekki.

Auk mælinganna, sem hefur verið fjallað um hér að ofan, voru mældar tvær línur (GE-1 og GE-2) yfir hitaskellurnar nærri Geldingaá. Eins og sést á mynd 4.3 koma fram tvö sterk jákvæð frávik í mælingu GE-2, sem trúlega stafa af rétt segulmögnum göngum. Óvíst er að þeir hafi nokkuð með dreifingu hitaskellanna að gera, en ekki er óhugsandi að sá vestari sé eitthvað tengdur þeim, þó svo að hann komi ekki fram í mælingu GE-1.

4.2 Flugsegulmælingar

Sumarið 1976 lét jarðhitadeild gera flugsegulmælingar á Akranesi og í Leirársveit. Þorbjörn Sigurgeirsson, prófessor, sá um framkvæmd mælinganna. Mælt var með róteindarsegulumæli og var flogið í um 400 m y.s. Niðurstöður mælinganna eru sýndar á mynd 4.4. Segulkortið nær að suðurjaðri Hafnarfjallsmegineldstöðvarinnar. Þar kemur fram greinileg segullægð, sem trúlega er tengd keilugangakerfi megineldstöðvarinnar. Innskotin skapa segullægð þar sem gangar og innskot sunnan til í eldstöðinni eru yfirleitt með öfuga segulstefnu, en hraunlöggin umhverfis Leirársvæðið að mestu rétt segulmögnuð.

All viðáttumikil en grunn segullægð kom fram í Leirárvogi sunnan Geldingaár, og kom það á óvart. Yfirborðsberg á þessu svæði er rétt segulmagnað og ætti því fremur að skapa segulhæð. Hugsanlegt er að öfugt segulmögnum innskot skapi þessa lægð. Við Kjalardalsnes (sjá jarðfræðikort mynd 2.1) kemur fram hallaóregla sem gæti verið tengd innskotum.

Á Akranesi koma litlar sveiflur fram á segulkortinu. Þó kemur fram löng en grunn segullægð sem teygir sig frá Miðfellsmúla suður fyrir Innrá Hólmi. Stefnan er N 30-40°A. Hraunlög á þessu svæði eru öfugt segulmögnum og gæti það skýrt þetta. Þó er hugsanlegt að öfugt segulmagnaður gangur eða gangasveimur (frá Kjalarnesmegineldstöðinni?) eigi líka þátt í þessu, sem mundi skýra hina línulegu lögun fráviksins.

5. VIÐNÁMSMÆLINGAR

5.1. Mæliaðferðir

Með viðnámsmælingum er mælt eðlisviðnám (= 1/rafleiðni) berglaga á mismunandi dýpi, þ.e.a.s. hversu vel eða illa jarðlögin leiða rafstraum. Jarðhitadeild beitir einkum tveimur aðferðum við þessar athuganir. Schlumberger-mælingar mæla viðnám niður á um 1000-1500 m dýpi. Mynd 5.1 A sýnir uppsetningu tækjanna. Straumgjafi er tengdur við tvö rafskaut (póla), sem eru rekin niður í jörðina. Þegar straumur (I) er sendur út verður spennufall (ΔV) á yfirborði jarðar, og er það mælt á milli tveggja annarra rafskauta. Hið svokallaða sýndarviðnám ρ_s er skilgreint samkvæmt Ohmslög máli, sem $\rho_s = K \frac{\Delta V}{I}$, þar sem K er stuðull, sem aðeins er háður afstöðu og fjarlægð milli skauta. Með því að breyta bilinu milli skautanna á kerfisbundinn hátt og mæla straum og spennufall í hvert sinn fást ferlar, sem með rétttri túlkun gefa upplýsingar um eðlisviðnám jarðlaga á mismunandi dýpi. Tvípólmælingar mæla viðnám niður á um 5 km dýpi. Mælitæknin er svipuð og við Schlumberger-mælingar en innbyrðis afstaða rafskautanna önnur. Tvípólmælingar eru allmiklu tímafrekari og kostnaðarsamari en Schlumberger-mælingar og nákvæmni er minni.

Eðlisviðnám í bergi er einkum háð vatnsgengd bergsins, hitastigi og seltu jarðvatnsins. Viðnámið fer þannig lakkandi með

- 1) aukinni vatnsgengd
- 2) hækkandi hitastigi
- 3) auknu seltumagni

Til þess að heitt vatn komi fram sem lágt viðnám verður það að hafa nokkra lárétta útbreiðslu. Ef vatnið rennur upp eftir þröngum rásum, svo sem sprungum eða meðfram göngum, kemur það lítt eða ekki fram í mælingum. Mynd 5.1 B sýnir þetta vel. Oft getur verið erfitt að greina hvort orsök viðnámslækkunar er jarðhiti eða aukin selta í vatninu. Því verður að meta ytri aðstæður hverju sinni.

Gerðar voru viðnámsmælingar í tveimur borholum á Leirársvæðinu. Lítil reynsla er enn fengin af þeirri mæliaðferð hér á landi.

Mæliaðferðin er sú að viðnámið er mælt sem fall af dýpi þannig að samfelldur viðnámsferill fæst fyrir holuna. Til þessa er notuð einföld fjögurra rafskauta uppstilling, sem sýnd er á mynd 5.2. Straumskaut eru tvö, og er annað þeirra A neðst á viðnámsstækinu, en kápa mælivírsins er notuð á móti, en kápan er úr margþættum stálvír. Spennan er síðan mæld milli skautanna M og N og er skautið M uppi á yfirborði, en N er á viðnámsstækinu í fjarlægðinni a frá straumskautinu A.

Sýndarviðnámið reiknast á sama hátt og í öðrum jarðeðlisfræðilegum viðnámsmælingum. Það verður eins konar vegið meðalgildi á viðnámi þess, sem er í nágrenni viðnámsstækisins. Sýna má fram á að sú fjarlægð sem tækið kannar þannig er af sömu stærðargráðu og fjarlægðin a (sjá mynd 5.2). Þegar tækið er í samleitu umhverfi verður mælt sýndarviðnám jafnt viðnámi umhverfisins. Þetta fæst t.d. þegar vídd holunnar er verulega stærri en a og er þá ρ_s jafnt og eðlisviðnám vatnsins í holunni. Ef hins vegar vídd holunnar er verulega minni en a og bergið utan holunnar samleitt verður ρ_s jafnt og eðlisviðnám bergsins. Hið fyrrnefnda er uppfyllt í útvíkkunum í holunni (skápum) en hið síðara þar sem þykkt berglaga er mikil miðað við a . Að frátöldum þessum tveim tilfellum er ρ_s eins og áður segir meðalviðnám og þarf því að taka tillit til holuvíddar og eðlisviðnáms vatnsins til að finna raunverulegt viðnám bergsins utan holunnar.

Viðnámsstækið er þannig búið að tvö spennuskaut N eru á tækinu og fást því mæliferlar fyrir tvær mismunandi fjarlægðir a . Önnur fjarlægðin er 16" en hin 64". Munurinn á þessum tveimur mæliferlum felst í því að 16" ferillinn hefur betri upplausn, þ.e. þunn berglög koma þar betur fram en í 64" ferlinum, hins vegar gætir þar einnig verulegra áhrifa frá vatninu í holunni.

5.2 Framkvæmd mælinga

Haustið 1973 voru gerðar á vegum jarðhitadeildar allvíðtækar yfirborðs-rannsóknir á jarðhitasvæðinu við Leirá, þar á meðal 22 Schlumberger-viðnámsmælingar (Kristján Sæmundsson o.fl. 1974). Tilgangur mælinganna var tvíþættur. Annars vegar voru þær liður í könnun jarðhitasvæðisins (14 mælingar). Af þeim verður hér stuðst við 8 (E2, E3, E4, E8, E9, E10, E11 og E14). Hinar ná ýmist of grunnt (straumarmur < 400 m) eða eru lélegar mælitæknilega séð. Hins vegar voru mælingarnar notaðar sem hjálpartæki við kaldavatnsleit á þessu svæði. Í þeim mælingum var aðeins farið með straumarm út í um 120 m. Svo stuttar mælingar koma yfirleitt ekki að gagni við jarðhitakönnun nema mælt sé alveg ofan í jarðhita, og verður ekki stuðst við þær hér.

Sumarið 1976 gerði jarðhitadeild síðan 34 Schlumberger-mælingar (LE1 - LE34) og 4 tvípólmælingar (T7601, T7602, T7639 og T7640) á svæðinu milli Akraness og Skarðsheiðar. Staðsetning allra mælinganna er sýnd á mynd 5.3. Nákvæm staðsetning mælinganna frá 1976 er einnig gefin fremst í viðauka í töflu 4 og 5, og eru notuð Mercator-hnitin í bandarísku AMS-kortunum í mælikvarðanum 1:50000.

5.3 Túlkun mælinga

Hefðbundin túlkun viðnámsmælinga gerir ráð fyrir láréttri skipan viðnámslaga, þ.e.a.s. að lögin séu lárétt og með "óendanlega" útbreiðslu. Ef þessar forsendur eru uppfylltar fæst ein lausn.

Í raun er þetta ekki svona einfalt. Í fyrsta lagi eru jarðlögin yfirleitt ekki lárétt og útbreiðsla þeirra oft ekki svo mikil að hægt sé að líta á þau sem óendanleg, auk þess sem viðnámið í sama viðnámslaginu getur verið nokkuð mismunandi. Í öðru lagi verður alltaf að reikna með einhverri mæliskekku (um 5%), sem getur átt sér ýmsar orsakir, svo sem mismun í yfirborðsviðnámi, jarðspennusveiflur o.fl. Oftast eru þó frávikin ekki stærri en svo að góð nálgun fæst með því að gera ráð fyrir láréttri lagskipan. Lausn fæst þó stundum ekki fyrr en við samræmingu

nokkura mælinga yfir svæði, en þannig fæst venjulega ein lausn, sem innan ákveðinna skekkjumarka er sennilegri en aðrar. Meirihluti mælinganna, sem hér er fjallað um, lendir í þessum flokki og verður ekki frekar rætt um túlkun þeirra.

Nokkrar mælingar sýna veruleg frávik frá láréttri lagskipan og verður hér vikið að því nokkrum orðum.

LE1 við Þórisstaðavatn er greinilega trufluð af misgengjum eða göngum milli 100 og 400 m, enda er hún íjaðri Hvalfjarðar-megineldstöðvarinnar.

LE2 - LE9, LE18 og LE27. Flestar mælingar umhverfis Akrafjall bera meiri eða minni merki um misgengjasveiminn, sem gengur yfir skagann. Mest eru þó áhrifin í LE3 og LE5 við Innra Hólm, en þar virðast vera greinileg viðnámskil, eins og betur verður vikið að hér í næsta kafla. Sömuleiðis kemur mikið brot fram í LE18 í 850 m. Kannski eru þetta sömu skilin og koma fram í LE3 og LE5.

LE10, LE21 - LE24, LE26, E2 og E4. Allar mælingar inni á jarðhitasvæðinu við Leirá eru tortúlkanlegar útfrá láréttum viðnámslögum og gætir þar mikilla áhrifa ganga og misgengja en nánar verður vikið að þessu í næsta kafla.

LE12, Ölver. Mæliferill er nokkuð óvenjulegur, enda mælingin staðsett innan keilugangasveimsins frá Hafnarfjallseldstöðinni.

LE14. Brot á mæliferli í 1200 m, táknar trúlega að þar sé farið yfir gangasveim eða misgengi, enda mælingin staðsett í nánunda við rima Hafnarfjallsöskjunnar.

LE16. Eystra-Miðfell. Brot í mælingu milli 100-150m, táknar trúlega að þar sé farið yfir misgengi eða gang.

Einstakir mæliferlar, túlkun þeirra og reiknaðir ferlar eru birt í viðauka.

5.4 Niðurstöður viðnámsmælinga:

Jafnvíðnámskort sýna eðlisvíðnám svæðis á ákveðnu dýpi, en víðnámsnið sýna breytingu eðlisvíðnáms með dýpi eftir sniðlínu. Mynd 5.4 sýnir eðlisvíðnámið á 400 m dýpi undir sjávarmáli og mynd 5.5 á 900 m dýpi undir sjávarmáli.

Djúpvíðnám í Leirársveit er óvenju breytilegt og sjást þess glögg merki að svæðið er í jaðri megineldstöðvar. Nyrst er djúpvíðnámið mjög hátt eða yfir 200 Ω m, sem kemur vel heim og saman við að þarna er komið inn í keilugangasveim megineldstöðvarinnar, en djúpbergssinnskot og berggangar hafa hátt víðnám. Víðnám fer síðan lækandi nokkuð reglulega er fjær dregur frá eldstöðinni og fer niður í 10-15 Ω m við Leirárvog. Við Leirá virðist þó vera eitthvað frávik frá þessu, því þar er víðnámið herra ofan til en lægra neðan til, og verður vikið nánar að þessu hér á eftir. Við Geldingaá, þar sem hitaskellurnar fundust, er víðnám mjög lágt eða 10-15 Ω m, en mjög er vafasamt að þarna sé samband milli jarðhita og lágvíðnáms. Miklu frekar virðist þarna gæta áhrifa seltu sem og sunnan Leirárvogs. Víðnámsmælingar benda ekki til sambands á milli hitaskellanna við Geldingaá og jarðhitans við Leirá.

Á svæðinu kringum Akrafjall er eðlisvíðnámið allsstaðar lágt, 10-40 Ω m. Á vestanverðum skaganum er það mjög lágt, en um miðbik skagans virðast verða nokkuð skörp skil í djúpvíðnámi þar sem það hækkar úr 10-16 Ω m í 30-40 Ω m. Á sunnanverðum skaganum eru skilin skammt austan við Innra Hólm en að norðanverðu rétt austan við Fellsaxlarkot.

Leirá: Túlkun víðnámsmælinga innan jarðhitasvæðisins við Leirá reyndist miklum erfiðleikum háð, og er greinilegt að mælingarnar eru mjög truflaðar af misgengjum og/eða göngum. Ekki var hægt að tengja þessar truflanir ákveðnu misgengi eða gangi heldur virðist þetta frekar bundið við 500-1000 m breitt belti á austurbakka Leirá og kemur það nokkuð vel heim við segulmælingar og dreifingu jarðhita á yfirborði. Segulmælingarnar sýna eins og áður getur miklar segulsveiflur á um 1 km breiðu svæði á austurbakka Leirá, en frekar rólegt svið vestan hennar. Sömuleiðis eru öll yfirborðsmerki um jarðhita austan ár nema hinn uppbornaði Leirárhver.

Þær niðurstöður, sem fengust við túlkun á þessum mælingum út frá láréttum viðnámslögum, má því ekki taka of bókstaflega, enda er möguleiki á að túlka sumar mælingarnar á annan hátt. Mælingar virðast þó benda til ákveðins mynsturs (módelis), þ.e. að í efstu 500-1000 m sé viðnámið tiltölulega hátt, 100-200 Ω m (efra vatnskerfið?) en mun lægra, 40-50 Ω m, þar fyrir neðan (neðra vatnskerfið?).

Mynd 5.6 sýnir nákvæma staðsetningu viðnámsmælinganna við Leirá og legu viðnámsstriks D-D'. Þar er einnig sýnt hvar yfirborðsummerki eru eftir jarðhita og staðsetning borholanna. Snið D-D' á mynd 5.7, sem er hornrétt á stríkstefnu, sýnir vel þá mynd sem viðnámsmælingarnar gefa af jarðhitasvæðinu. Til frekari viðmiðunar voru teiknuð inn mjög einfölduð jarðlagasnið úr holu L-3 og L-4, en mjög er vafasamt að draga nokkrar ályktanir af þeim samanburði, til þess er hola L-3 of grunn. Í stuttu máli sagt er viðnámið hæst vestast á svæðinu nærri Leirárlaug og holum L-1, L-2 og L-4 og þar er sömuleiðis dýpst á lægra viðnám eða yfir 1000 m, (mæling LE26, en hún er í stríkstefnu frá holunum). Lægst er viðnámið aftur á móti nærri holu L-3 (mæling LE24), þar sem einnig virðist grynna á lægra viðnám.

Til frekari staðfestingar á þessu var ákveðið að viðnámsmæla borholurnar. Hola L-4 er mun víðari en holur L-2 og L-3, sem eru jafn víðar, því er beinn samanburður milli holu L-4 annars vegar og hinna erfiður. Hola L-4 er einnig undir töluverðum þrýstingi og erfitt að mæla hana. Því var ákveðið að eiga ekki við hana, en mæla holu L-2 í staðinn, þó svo að sú hola sé mikið grynna en hola L-4, en fáeinir metrar eru á milli þeirra. Niðurstöður þessara mælinga eru sýndar á mynd 5.8 og 5.9 ásamt jarðlagsniði holanna. Ekki er ýkja mikill munur á mælingunum. Í efstu 2-300 m virðist viðnámið mjög svipað, þó koma fram mun skarpari toppar í holu L-3. Neðan 300 m er viðnám hins vegar nokkuð hærra í holu L-2 og topparnir mun stærri. Verður þetta að teljast í þokkalegu samræmi við yfirborðsmælingar, en þær benda eins og áður getur til þess að viðnám væri heldur lægra nærri holu L-3. Holurnar eru ekki nógu djúpar til að staðfesta túlkun djúplágviðnámsins, en tvíþólmælingar T7601 og T7602 virðast staðfesta tilveru þess.

Viðnámsenni A-A' á mynd 5.10 nær vestan úr Melasveit, yfir jarðhitasvæði við Leirá og austur að Tungu í Svínadal. Legan er sýnd á mynd 5.3. (Athuga þer að dýptarskali sniðsins sem og sniða B-B' og C-C' er fimmfalt stærri en lengdarskalinn). Sniðið sýnir vel hversu mikil breyting virðist verða í eðlisviðnámi við Leirá. Vestast er djúpvíðnámið lágt eða um 25 Ω m og gætir þar trúlega áhrifa frá seltu eins og á Akranesi. Við Geldingaá vestan Leirá er efst (að yfirborðslögum undanskildum) um 4-600 m þykkt lágviðnámslag (30-40 Ω m), en þar undir er háviðnámslag með um 100-200 Ω m viðnámi. Við Leirá hverfur efra lágviðnámslagið algjörlega og eins og áður getur er viðnámið þar hátt ofan til (100-200 Ω m) en mun lægra viðnám eða 40-50 Ω m kemur fram á 500-1000 m dýpi. Tvíþól-mælingar T7601 og T7602 virðist benda til að þetta lágviðnámslag nái bæði nokkuð vestur og austur fyrir Leirásvæðið, en mjög dýpkar á það, þar sem þess verður ekki vart í Schlumberger-mælingum utan svæðisins. Við Neðraskarð er viðnám enn hátt, en þar fyrir austan lækkar viðnámið verulega og er þar komið út fyrir áhrifasvæði megineldstöðvarinnar.

Snið B-B' er á mynd 5.11 og nær frá rótum Skarðsheiðar við Hrossatungu, suður að Miðhúsum á suðurströnd Akraness, en nákvæm lega er sýnd á mynd 5.3. Þetta snið sýnir mjög vel hvernig viðnámið lækkar reglulega með aukinni fjarlægð frá megineldstöðinni, úr 340 Ω m nyrst í um 10 Ω m við norðurströnd Leirárvogs og á utanverðu Akranesi. Neðan 800-1000 m virðist þó háviðnám teygja sig heldur lengra suður á bóginn.

Innri Hólmur: Eins og vikið var að í kaflanum um túlkun viðnámsmælinga sýna flestar mælingar kringum Akrafjall einhver merki um misgengjasveiminn sem gengur suðvestur yfir skagann. Áhrif þess að straumarmar fara yfir misgengi koma þó yfirleitt fram sem staðbundnar truflanir á mæliferlum án verulegra breytinga á viðnámslagskipan. Þó eru mælingar LE3 og LE5 við Innra Hólm og kannski LE18 hjá Fellsaxlarkoti undantekningar frá þessu. Við Innra Hólm er óhjákvæmilegt að gera ráð fyrir skörpum lóðréttum skilum í viðnámi, enda virðast mæliferlarnir LE3 og LE 5 allt að því kennslubókardæmi um það hvernig lóðrétt viðnámskil koma fram í Schlumberger-mælingum, en þeir fara yfir þessi skil frá sitt hvorri hliðinni.

Skilin eru í beinu framhaldi af stallamisgenginu, sem er í Akrafjalli um 500 m austan við Innra Hólm. Þessi skil eru meiri en svo að hægt sé að álykta að aðeins sé um breytingu á yfirborðsviðnámi að ræða, því hefur verið gert ráð fyrir þeim í túlkun og reynt að meta hvernig ferlarnir hefðu orðið ef þau væru ekki til staðar. Loks hefur lárétt lagskipan sitt hvoru megin við skilin verið túlkuð út frá því. Best er að taka það fram strax að slík túlkun getur þó varla orðið nákvæm. Ef túlkunin er nærri lagi þá hækkar djúpvíðnám snögglega úr 10-15 m austan megin. Ofan 400 m dýpis virðist viðnámið aftur á móti mjög svipað báðum megin misgengisins nema í efstu 30 m þar sem það er aftur mun herra austan megin.

Þá er næst að ræða hvers vegna þessi skil koma fram. Misgengi eitt sér virðist vart nægileg skýring, þar sem munstærri misgengi sjást í Akrafjalli. Trúlegast er að þarna séu skil á milli djúpvatnskerfa. Hugsanlegt er að misgenginu fylgi gangar eða innskot sem ekki ná upp á yfirborð og virka sem veggur á milli. Djúpa borholan á Akranesi hafði háan hitastigul og var borholuvatnið verulega klórmengað. Skýrir þetta vel lága viðnámið á utanverðu Akranesi. Við Innra Hólm er hitastigull heldur hærri en á Akranesi, því virðist eðlilegt að herra viðnám eigi sér skýringu í mun minna seltumagni djúpvatns. Aukinn gangabéttleiki á austanverðu nesinu gæti einnig orsakað viðnámsþækkunina.

Snið C-C' á mynd 5.12 liggur eftir endilangri suðurströnd Akraness og er legan sýnd á mynd 5.3. Sniðið sýnir hversu lágt viðnám er á utanverðu nesinu og viðnámskilin við Innra Hólm. Háviðnáminu, sem fram kemur neðan 1000 m dýpis í tvíþól T7640 við Grundartanga, er ekki alveg treystandi, þar sem mælingin er staðsett fullnærri sjó.

6. LÍKÖN JARÐHITAKERFA

6.1 Líkan jarðhitasvæðisins við Leirá

Heita vatnið á Leirársvæðinu er kalkríkt ölkelduvatn. Ísótópasamsetning vatnsins bendir til að það hafi fallið sem regn á hálandinu vestan Langjökuls (Bragi Árnason, 1976), en seitlað djúpt niður í berggrunninn og runnið í átt til sjávar. Varmann tekur vatnið úr berginu, sem það rennur um, en varmagjafinn er hitaflæði jarðskorpunnar. Eins og fram kom í kafla 3.3 er hitastigullinn í héruðum þeim, sem vatnið er talið renna um, 100-150 °C/km.

Talið er líklegt að berggrunnurinn undir Íslandi sé meira og minna vatnsgengur niður á 3-5 km dýpi, eða niður á svonefnt lag 3, sem talið er að mestu myndað úr ógegndræpum innkotum. Bergið næst ofan við þetta þetta lag er samþjappað vegna jarðlagafarags og holur mikið til fylltar af útfellingum þannig að rennslishraði vatns hlýtur að vera mjög hægur. Talið er líklegt að vatn seitli einkum eftir lagmótum og einstaka lögum með mikið holurými í slíkum jarðlagastafla. Þá er einnig ljóst að misgengissprungur og berggangar skapa oft greiðar rennslisleiðir fyrir vatnið. Yfirborð lags 3 (hins þetta lags) er óreglulegt og er grynnt á það í kjörnum kulnaðra megineldstöðva þar sem mikill hluti bergsins er þétt innkotaberg. Kjarnar megineldstöðvanna eru oft nálægt 10 km í þvermál. Líta má á kjarna megineldstöðvanna sem e.k. tappa í vatnsgengum berggrunni, sem veita vatnsstreyminu til hliðar og/eða upp. Margir jarðhitastaðir á landinu eru í jöðrum megineldstöðva.

Jarðhitinn í Leirársveit er í suðurjaðri Hafnarfjallsmegineldstöðvarinnar. Hreppslaug við Andakílsá er í jafnaldra myndunum í norðurjaðri eldstöðvarinnar. Ef litið er á ísótópasamsetningu heita vatnsins og jarðfræðilega byggingu megineldstöðvarinnar í Hafnarfjalli verður að teljast líklegt að rennslisleið heita vatnsins í berggrunninum inn á Leirársvæðið sé austan við kjarna megineldstöðvarinnar.

Efsti hluti berggrunnins undir Leirárlaug og flestum kalskellunum í Leirársveit er gerður úr þynnri og blöðróttari hraunlögum en sam-

svarandi hluti berggrunnsins bæði austan Laxár og vestan Geldingaár (mynd 2.1). Þetta bendir til að þessi blöðróttu lög myndi e.k. safngeymi fyrir heitavatnssuppreymi að neðan. Síðan seitlar heitt vatn úr þessum geymi hér og þar upp til yfirborðsins. Uppstreyminu í þennan geymi að neðan er hins vegar trúlega stjórnað af sprungum, göngum og innskotum. Þegar ölkelduvatnið kemur upp til yfirborðsins streymir gas úr því. Við þetta breytist efnajafnvægi í vatninu þannig að kalk fellur út. Þannig myndast kalkhrúður við uppstreymisrásirnar. Kalkútfellingar geta auðveldlega stíflað uppstreymisrásir heita vatnsins. Þótt kalkskellurnar í Leirársveit (sjá töflu 1 og mynd 3.1) séu flestar kaldar, kann vel að vera heitt vatn undir þeim. Úr því fæst ekki skorið nema með borunum. Kalkskellur kunna að vera mun víðar en sést á yfirborði, því þykkir melar og mýrar hylja mikinn hluta láglendisins. Heitt vatn gæti auðveldlega streymt út í jarðveginn án þess að þess sæust merki á yfirborði.

Á jarðfræðikortinu (mynd 2.1) eru sýnd þrjú meiriháttar misgengi með norðaustlæga stefnu í austurjaðri megineldstöðvarinnar. Þessi misgengi, ásamt öskjujaðrinum og gangasveimi megineldstöðvarinnar, kunna að stjórna að verulegu leyti innrennslis- og útstreymisleið heita vatnsins á svæðinu. Eitt misgengjanna í austurjaðri megineldstöðvarinnar stefnir beint inn á jarhitasvæðið á Leirá. Það er með sig til norðvesturs, en ekki er vitað hvað sigið er mikið. Við segulmælingar á jörðu (kafli 4.1) kom fram segullægð með norðaustlæga stefnu um 70 m suðaustan við holu L-3. Þarna er hugsanlega um sama misgengi að ræða. Misgengis varð ekki vart í borholunni svo halli þess er vart meiri en 5°, ef um normalmisgengi er að ræða.

Víðáttumesta kalkskellan á Leirársvæðinu er við skurðpunkt þessarar segullægðar og tveggja annarra, sem talðar eru svara til bergganga. Að öðru leyti virðist ekki vera neitt einhlítt samband milli segulfrávika (ganga og misgengja) og kalkskella. Þetta bendir til að heita vatnið, sem myndar kalkskellurnar, streymi að einhverju leyti upp eftir lagamótum á hinum blöðróttu hraunum efst í berggrunninum, en halli jarðlaganna er um 14° til suðausturs. Hið greiða samband milli hola L-1, L-2 og L-4, bendir einnig til að "lárétt" rennslis sé töluvert í þunnlögóttu hraununum efst í berggrunni svæðisins. Streymið inn í þessi hraun er hins vegar trúlega tengt göngum og/eða misgengjum.

Reynt var að kanna dreifingu blöðróttu hraunlaganna og þá um leið efra vatnskerfisins með viðnámsmælingum. Þetta tókst ekki þannig að óyggjandi sé. Eins og fram kom í kafla 5.4. eru viðnámsmælingarnar á jarðhitasvæðinu mjög truflaðar af lóðréttum skilum (misgengjum og göngum) og er því erfitt um vik að rekja lárétt eða hallalítil jarðlög. Heildarmyndin, sem viðnámsmælingarnar gefa, er því fremur af dreifingu ganga og innskota heldur en vatnskerfa.

Jarðfræðiathuganirnar benda til, að blöðróttu hraunlagasyrþurnar í efsta hluta berggrunnins þykkni eftir því sem austar dregur frá Leirá vegna jarðlagahallans. Endurtekin misgengi með sig til vesturs valda því hins vegar að sömu jarðlögum koma fyrir á sama dýpi aftur og aftur, þótt haldið sé undan jarðlagahallanum. Ef reynt skal að vinna vatn úr efra vatnskerfinu er líklega árangursríkast að bora nærri kalkskellunum og þá fremur austan til á svæðinu en vestan. Óvatnsgeng skil milli hola L-3 og holanna vestar eru líklega tengd þykkum líparítgangi með stefnu NA-SW. Aðrir gangar og/eða innskot gætu einnig skipt svæðinu í hólf. Ef boraðar væru tvær djúpar holur á eystra svæðinu væri eðlilegt að önnur hola væri nærri holu L-3 (nánast dýpkun á þeirri holu), en hin væri staðsett norðaustur af holu L-3, vestan megin djúpu segul-lagðarinnar. Með þessu ynnist tvennt. Annars vegar væri stefnt að því að bora holurnar í sama hólf jarðhitakerfisins, þannig að dælu-prófanir gæfu vísbendingu um vatnsgæfni og hugsanlega víðáttu hólfins. Hins vegar væri síðari hola sett í þá átt, sem líklegast verður að telja að heita vatnið renni úr inn á svæðið.

Vegna hinna miklu útbreyðslu jarðhitamurkja á Leirásvæðinu og hins greiða samgangs milli hola L-1 og L-2 var aðallega stílað á lárétta vatnsleiðara við staðsetningu fyrstu djúpu holunnar (L-4). Á svæðum þar sem heitt vatn er unnið úr láréttum vatnsleiðurum, eins og t.d. í Mosfellssveit og Reykjavík, eru holur jafnan staðsettar fjærri berggöngum og/eða misgengjum, því komið hefur í ljós að lóðrétt skil skipta vatnskerfunum oft í hólf. Hagkvæmara er að hafa holu í miðju hólfu en í jaðri þess með tilliti til dæluafkasta.

Hin treuga vatnsleiðni í vatnsæðunum djúpt í holu L-4 bendir hins vegar til að í næsta nágrenni holunnar a.m.k. sé ekki að treysta á lárétta vatnsleiðara djúpt niðri. Þetta bendir til að svæðið sverji sig fremur í ætt við jarðhitasvæði eins og t.d. í Eyjafirði, þar sem gangar og misgengi virðast ákveða rennslisrásir heita vatnsins, fremur en jarðhitasvæðin í Reykjavík og nágrenni, þar sem láréttir vatnsleiðarar eru gjöfulastir.

Brot tengd göngum og misgengjum auka lekt staflans, en gangar geta einnig myndað vatnaskil í berggrunninum auk þess sem þeir eru oft uppstremisrásir fyrir heitt vatn. Reynsla af borunum við þessar aðstæður annars staðar á landinu hefur sýnt, að mjög mikill munur getur verið á vatnsgæfni einstakra hola, þótt stutt sé á milli þeirra.

Við segulmælingar (kafli 4) kom í ljós að segulsviðið er tiltölulega rólegt vestan til á jarðhitasvæðinu, þ.e. í grennd við holur L-1, L-2 og L4. Hins vegar eru nokkur línuleg segulfrávik í grennd við holu L-3, sem hafa verið túlkuð sem gangar og misgengi. Þar virðist berggrunnurinn því töluvert meira brotinn. Um vatnsleiðni í djúplögum á þessum hluta svæðisins er ekkert hægt að segja nema með borun. Hola L-3 er of grunn til að hægt sé að dæma um þetta.

Ef ákveðið yrði að halda áfram djúprannsóknunum á Leirársvæðinu, væri eðlilegast útfrá núverandi þekkingu að velja næstu djúpu holu stað í grennd við holu L-3.

6.2 Líkan hugsanlegs jarðhitakerfis við Innri Hólm

Við boranir á Akranesi hefur komið í ljós, að hitastigull er hár eða um $129^{\circ}\text{C}/\text{km}$ í 1400 m djúpri holu. Hitaaukningin er mjög jöfn með dýpi. Lekt jarðlaganna er hins vegar sáralítill. Við borun djúpu holunnar komu fram tvær smáar vatnsæðar í 810 m og 995 m. Sú neðri stíflaðist í borun, en sú efri gaf 0.25 l/s í sjálfrennsli í lok borunar. Sjálfrennslið var komið niður í 0.08 l/s hálfu ári síðar. Borholan á Akranesi bendir til að þar sé töluverður hiti, en allt of lítið vatn í berginu til vinnslu.

Við hitastigulsboranir kom í ljós að hitastigull er ívið hærri við Innra Hólm (153°C/km) og í Hvítanesi (150°C/km) en á Akranesi.

Við nákvæma jarðfræðikortlagningu hefur komið í ljós að berggrunnurinn í næsta nágrenni kaupstaðarins og Hvítaness er heillegur. Austan til í Akrafjalli og einkum í nágrenni Innra Hólms er berggrunnurinn hins vegar mikið brotinn. Á um 1 km breiðri spildu umhverfis Innra Hólm eru fjölmargar misgengissprungur með innbyrðis sig svo skiptir tugum metra.

Þótt berggrunnurinn undir Innra Hólmi, svo sem annars staðar á skaganum, sé mjög þéttur að upplagi, má telja líklegt að misgengissprungurnar hafi aukið lekt staflans verulega. Misgengin eru tiltölulega ung, sem er jákvætt með tilliti til lektar. Nokkrir gangar hafa fundist á hinu brotna svæði, sem einnig má telja jákvætt.

Viðnámsmælingar á láglandinu umhverfis Akrafjall sýna að eðlisviðnám jarðlaga í efsta 1 km eða svo er tvöfalt til þrefalt hærra austan til á skaganum en vestan. Þetta gæti stafað af meiri gangaþéttleika og/eða minna seltumagni vatns í jarðlögunum austan til á skaganum. Hið háa seltumagn (2500-3000 ppm Cl⁻) í djúpvatni borholunnar á Akranesi bendir til að vatnið sé langstaðið í berginu og er því vottur um dræmt gegnumstreymi. Viðnámsshækkunin í brotna svæðinu austan til á skaganum kann að benda til örara gegnumflæðis um berggrunninn þar.

Forsendur djúpborunar við Innra Hólm eru hár hitastigull og brotinn berggrunnur. Hversu mikið misgengisbrotin hafa aukið lekt staflans er aðeins hægt að kanna með borun. Við staðsetningu borholu væri miðað við að hún skæri misgengissprungu í um 1 km dýpi. Til að staðsetja holu þyrfti að segulmæla nákvæmlega all stórt svæði í nágrenni Innra Hólms.

Líta má á djúpborun í brotna berggrunninn í nágrenni Innra Hólms sem úrslitatilraun til að fá heitt vatn fyrir Akraneskaupstað nær bænum en við Leirá. Ef 1500 m hola við Innra Hólm er jafn treggæf og djúpa holan á Akranesi má afskrifa jarðhitamöguleika fyrir kaupstaðinn sunnan Leirárvogs miðað við núverandi þekkingu.

Selta djúpvatnsins á Akranesi svo og samanburður á jarðfræðilegum aðstæðum við jarðhitasvæðið á Seltjarnarnesi, þar sem klóríð er allt að 750 ppm, benda til, að klóríð kunní að verða það hátt í djúpvatni við Innra Hólm að nota þurfi varmaskipti. Hins vegar má telja litlar líkur á að kalkútfellingar verði vandamál við Innra Hólm.

Ef fyrsta rannsóknaholan við Innra Hólm gefur góðan árangur er næsta skrefið að bora fleiri holur í brotabeltið til að kanna stærð og afkastagetu vatnskerfisins.

Rétt er að taka skýrt fram, að óvissa um árangur borana er mun meiri við Innra Hólm en t.d. á Leirársvæðinu þar sem heitt vatn er á yfirborði. Borun við Innra Hólm mundi hafa mikið rannsóknarlegt gildi fyrir jarðhitaleit á öðrum stöðum á landinu þar sem ekki er jarðhiti á yfirborði, en hitastigull hár og jarðlög brotin svipað og við Innra Hólm. Innri Hólmur er þó fremstur meðal jafningja í því, að þar er hitastigullinn hærri en víðast annars staðar á landinu og líkur á árangri því betri.

7. NIÐURSTÖÐUR

1. Heildarkönnun á jarðhitamöguleikum á svæðinu milli Skarðsheiðar og Akraness bendir til að tvö svæði komi til greina til heitavattsvinnslu fyrir kaupstaðinn; jarðhitasvæðið við Leirá og svæði, sem einkennist af brotnum jarðlögum við Innra Hólm.

2. Boraðar hafa verið fjórar rannsóknaholur (132 m, 511 m, 631 m og 2019 m) í Leirársvæðið og hefur fengist úr þeim 60-128°C heitt vatn, en vatnsmagnið hefur verið lítið. Botnhiti í djúpu holunni er um 175°C.

3. Heita vatnið á Leirársvæðinu er kalkríkt ölkelduvatn og telst óhæft til beinnar notkunar í hitaveitu vegna tæringareiginleika og hættu af kalk- og kísilútfellingum. Varmaskiptatilraunir benda til að tæknilega sé mögulegt að nýta vatnið með varmaskiptastöð á vinnslusvæðinu.

4. Eina djúpa holan á svæðinu var boruð með tilliti til láréttra vatnsleiðara. Hún er mjög treggæf. Ekki er hægt að dæma heilt svæði af einni holu.

5. Ef ákveðið verður að halda áfram rannsóknaborunum við Leirá leggur jarðhitadeild til að næsta djúpa holan verði boruð austan til á svæðinu (við holu L-3) þar sem mælingar benda til að berggrunnurinn sé mun brotnari af völdum ganga og misgengja en í nágrenni fyrstu djúpu holunnar (L-4) og því hugsanlegt að vatnsrennsli sé örara.

6. Ekki er vitað um jarðhita á yfirborði sunnan Leirárvogs. 1400 m djúp hola á Akranesi sýnir að berggrunnurinn er mjög þéttur og vatnsleiðni jarðlaganna sáralítill. Hitastigullinn er hins vegar hár, 129°C/km í djúpu holunni á Akranesi, 137°C/km í 100 m holu á Akranesi, en um og yfir 150°C/km í 100 m holum í Hvítanesi og við Innra Hólm.

7. Nákvæm jarðfræðikortlagning sýnir að berggrunnurinn austan til á skaganum er mjög brotinn af völdum misgengissprungna. Berggrunnurinn vestan til virðist heillegur og þar er gangaþéttleiki minni

en austan til. Mest er berggrunnurinn brotinn í nágrenni Innra Hólms. Þar eru á um 1 km breiðri spildu misgengi með innbyrðis sig svo skiptir tugum metra. Nokkrir gangar hafa fundist á hinu brotna svæði. Líklegt má telja að misgengisbrotin og gangarnir hafi aukið lekt staflans verulega. Þetta er aðeins hægt að kanna með djúpbörum.

8. Viðnámsmælingar sýna að eðlisviðnám jarðlaga í efsta 1 km eða svo er tvöfalt til þrefalt herra austan til á skaganum en vestan. Þetta getur stafað af meiri gangabéttleika og/eða minna seltumagni djúpvatns í berggrunninum austan til. Minna seltumagn bendir til örara gegnumstreymis vatns í jarðlögum.

9. Til að kann vatnsgæfni brotnu jarðlaganna við Innra Hólm þarf að bora 1-2 km djúpa holu. Forsendur borunarinnar eru hár hitastigull og brotinn berggrunnur. Hversu mikið misgengisbrotin hafa aukið lekt jarðlaganna er aðeins hægt að kanna með borun. Líta má á djúpbörum við Innra Hólm sem úrslitatilraun til að fá heitt vatn nær bænum en við Leirá. Vegalengdin frá Akranesi til Innra Hólms er um 7 km, en til Leirár eru 18 km.

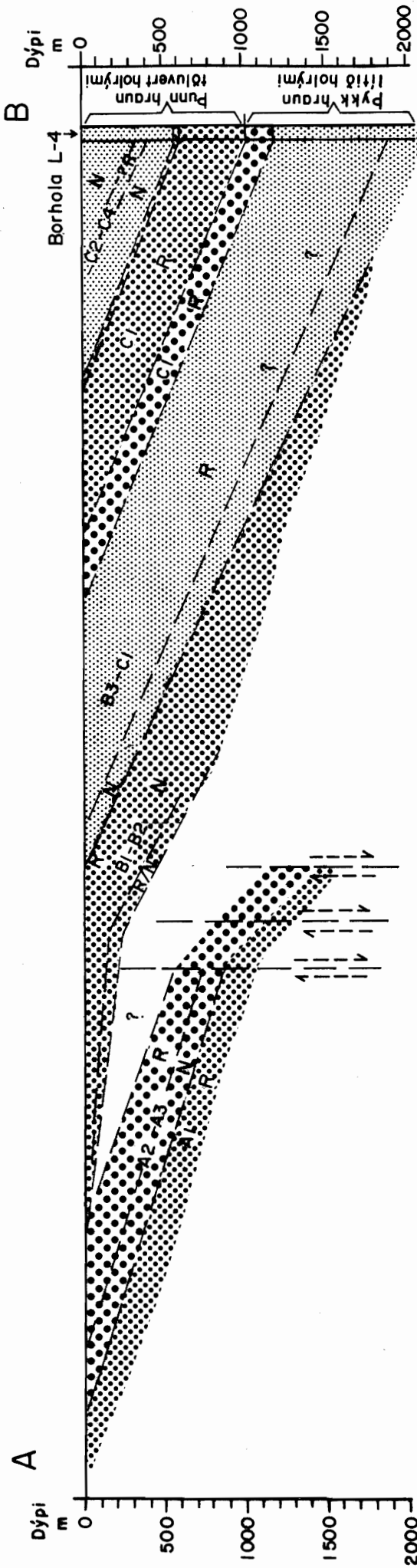
10. Hugsanlegt er að djúpvatn við Innra Hólm sé það klórrikt að nota þurfi varmaskipta.

11. Þótt ekki næðist nægilegt heitt vatn við Innra Hólm eða Leirá til að fullnægja varmaþörf Akranesskaupstaðar kæmi til álita samrekstur jarðhitaveitu og kyndistöðvar í bænum.






HEIMILDARRIT

- Bragi Árnason, 1976. Groundwater systems in Iceland. Vísindafélag Íslendinga, Rit 42, 236 bls.
- Eggert Ólafsson, 1943. Ferðabók, 1. bindi, bls. 72. Þýðing Steindórs Steindórssonar, Ísafoldarprentsmiðja, Reykjavík.
- Fjarhitun hf, 1973. Varmaveita fyrir Akranes. Frumathugun um aðfærslu frá Leirá. 7 bls.
- Fjarhitun hf, 1976. Varmaskiptastöð að Leirá. Frumathugun. 22 bls.
- Guðmundur Pálmason, 1973. Kinematics and heat flow in a volcanic rift zone, with application to Iceland. Geophys. J.R. astr. Soc. 33, bls. 451-481.
- Gunnar Böðvarsson, 1950. Skýrsla um rannsóknir á möguleikum til vinnslu á heitu vatni í nágrenni Akraness. Raforkumálaskrifstofan, jarðboranadeild, 2 bls.
- Hjalti Franzson, óbirt. The Hafnarfjall-Skarðsheiði central volcano, W-Iceland. Doktorsritgerð í undirbúningi, Edinborgarháskóli.
- Ingvar Birgir Friðleifsson, 1973. Petrology and structure of the Esja Quaternary volcanic region, SW-Iceland. D.Phil. ritgerð, Oxfordháskóli, 208 bls.
- Ingvar Birgir Friðleifsson og Sverrir Þórhallsson, 1977. Varðandi framhald jarðhitaleitar fyrir Akranesskaupstað 1977. Skýrsla Orkustofnunar, OS JHD 7702, 4 bls.
- Jens Tómasson og Hrefna Kristmannsdóttir, 1975. Leirá, hola 4. Skýrsla Orkustofnunar, OS JHD 7551, 13 bls.
- Jens Tómasson, Þorsteinn Thorsteinsson, Hrefna Kristmannsdóttir og Ingvar Birgir Friðleifsson, 1977. Höfuðborgarsvæði, jarðhitarrannsóknir 1965-1973. Skýrsla Orkustofnunar, OS JHD 7703, 109 bls.
- Jón Jónsson og Guðmundur Pálmason, 1959. Skýrsla um jarðhitaathuganir í Leirársveit. Raforkumálastjóri, jarðhitadeild, 4 bls.

- Kristján Sæmundsson, 1969. Varðar framhald jarðhitarannsókna með borunum á Akranesi. Orkustofnun, greinargerð, 1969.12.12., 3 bls.
- Kristján Sæmundsson og Jens Tómasson, 1974. Varðar framhald rannsókna á Leirá í Borgarfirði. Skýrsla Orkustofnunar, OS JHD 7417, 4 bls.
- Kristján Sæmundsson, Jón Jónsson, Jens Tómasson og Guðmundur Pálmason, 1968. Jarðhitaleit og djúpbörðun á Akranesi. Skýrsla Orkustofnunar, 22 bls.
- Kristján Sæmundsson, Stefán Arnórsson, Valgarður Stefánsson, Guðmundur Sigurðsson og Sigurður Benediktsson, 1974. Skýrsla um jarðhitarannsóknir við Leirá í Leirársveit, með kostnaðaráætlun um borun, Skýrsla Orkustofnunar, OS JHD 7402, 10 bls.
- Sveinn S. Einarsson og Matthías Matthíasson, 1968. Varmaveita fyrir Akranes. Vermir sf ráðgjafarverkfræðingar, Reykjavík, 93 bls.
- Sverri Þórhallsson, Þorsteinn Thorsteinsson og Gestur Gíslason, 1967. Framvinduskýrsla um rannsóknir að Leirá. Skýrsla Orkustofnunar OS JHD 7617, 12 bls.
- Valgarður Stefánsson og Ingvar Birgir Friðleifsson, 1974. Varmaveitur frá Leirá og Deildartungu. Skýrsla Orkustofnunar, OS JHD 7410, 12 bls.
- Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen sf, 1973. Hitaveita frá Deildartunguhver til Borgarness og Akraness. 14 bls.
- Þorsteinn Thorsteinsson, 1950. Skýrsla um rannsókn á vatnsvinnslumöguleikum á Akranesi. Raforokumálaskrifstofan, jarðboranadeild, 10 bls.
- Þorsteinn Thorsteinsson, 1975. Varðar rennslismælingar í borholum við Leirá í sept.-okt. 1975. Orkustofnun, greinargerð, 2 bls.



SKÝRINGAR:

-  póleít
-  Ólivín póleít
-  Dífíótt basalt
-  N Rétt segulstefna
-  R Öfug segulstefna

Mynd 2, 2

 ORKUSTOFNUN Einfaldað jarðlagasnið af Leirár og Melasveit.	7707.27. HF/EK
	Tnr. III
	J-Leird
	Fnr. 15981



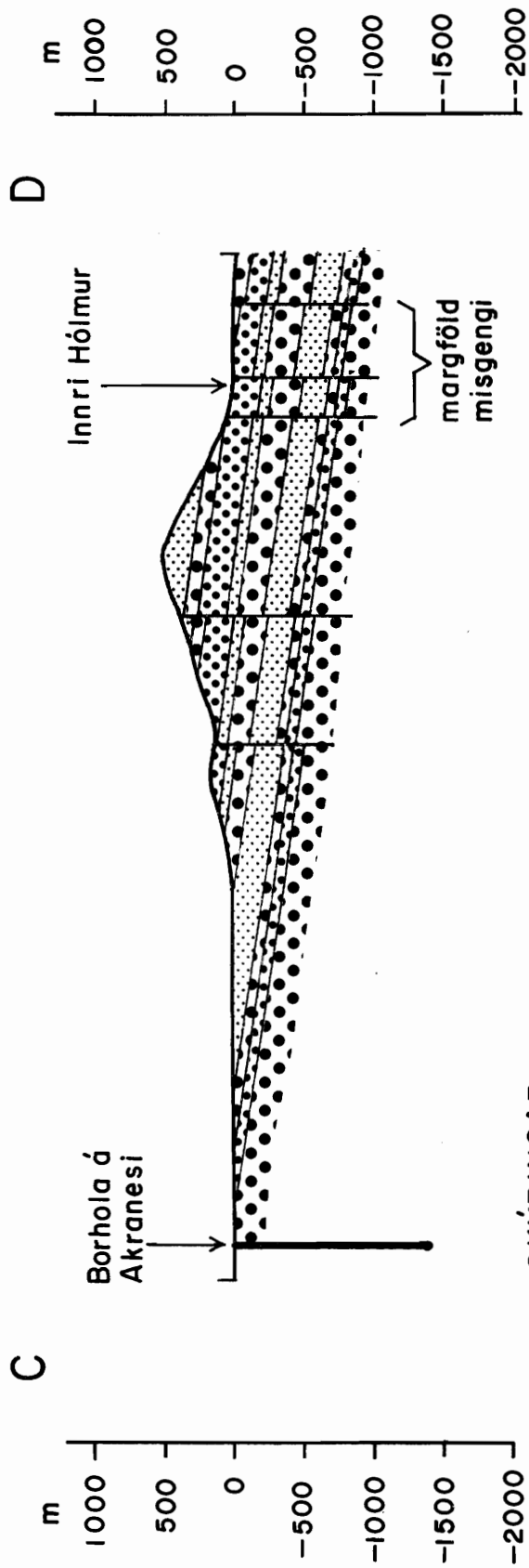
Þversnið Blautós - Innri Hólmur

Tnr. 12




J-Leirá

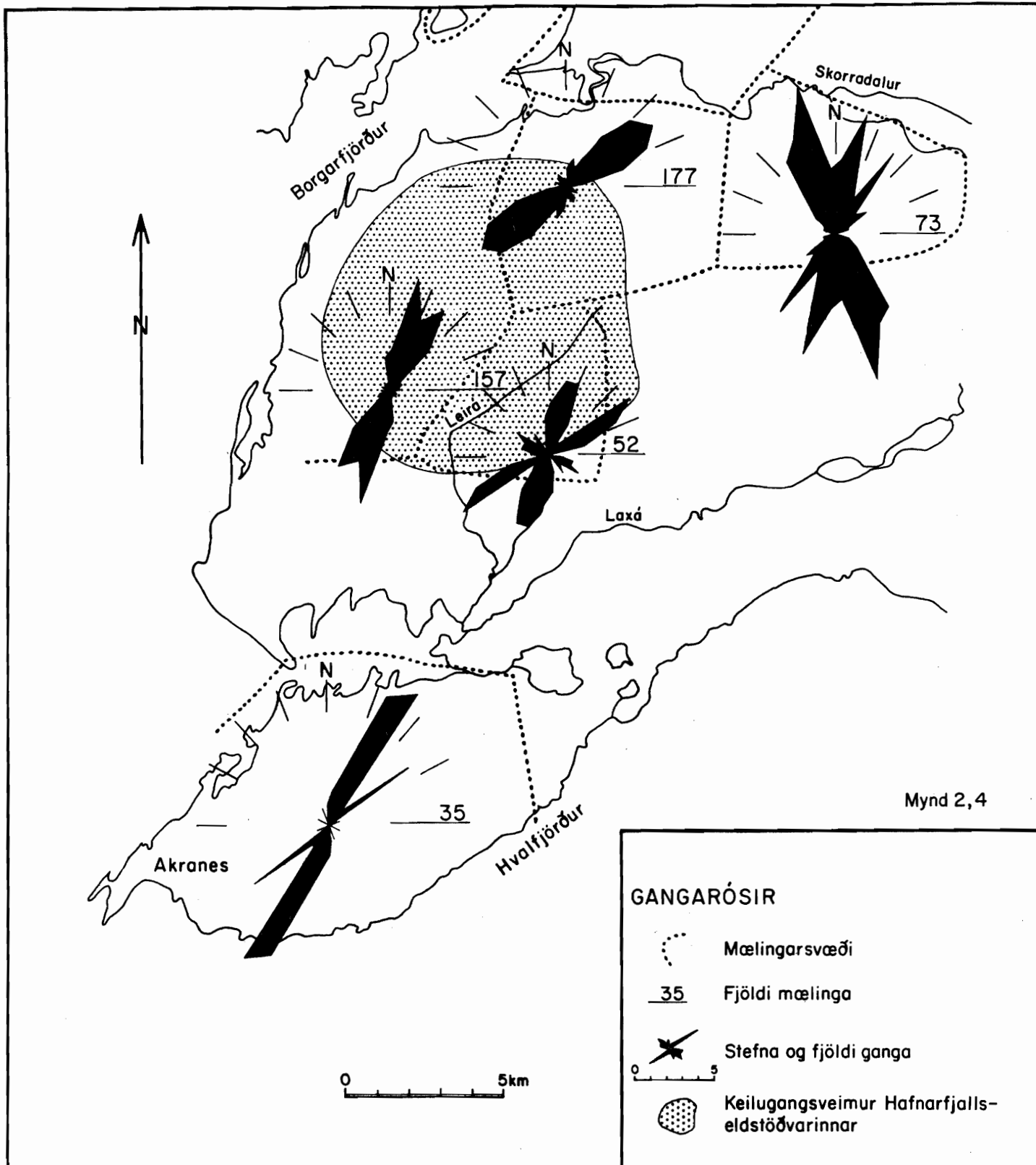
Fnr. 15982

Mynd 2,3



SKÝRINGAR

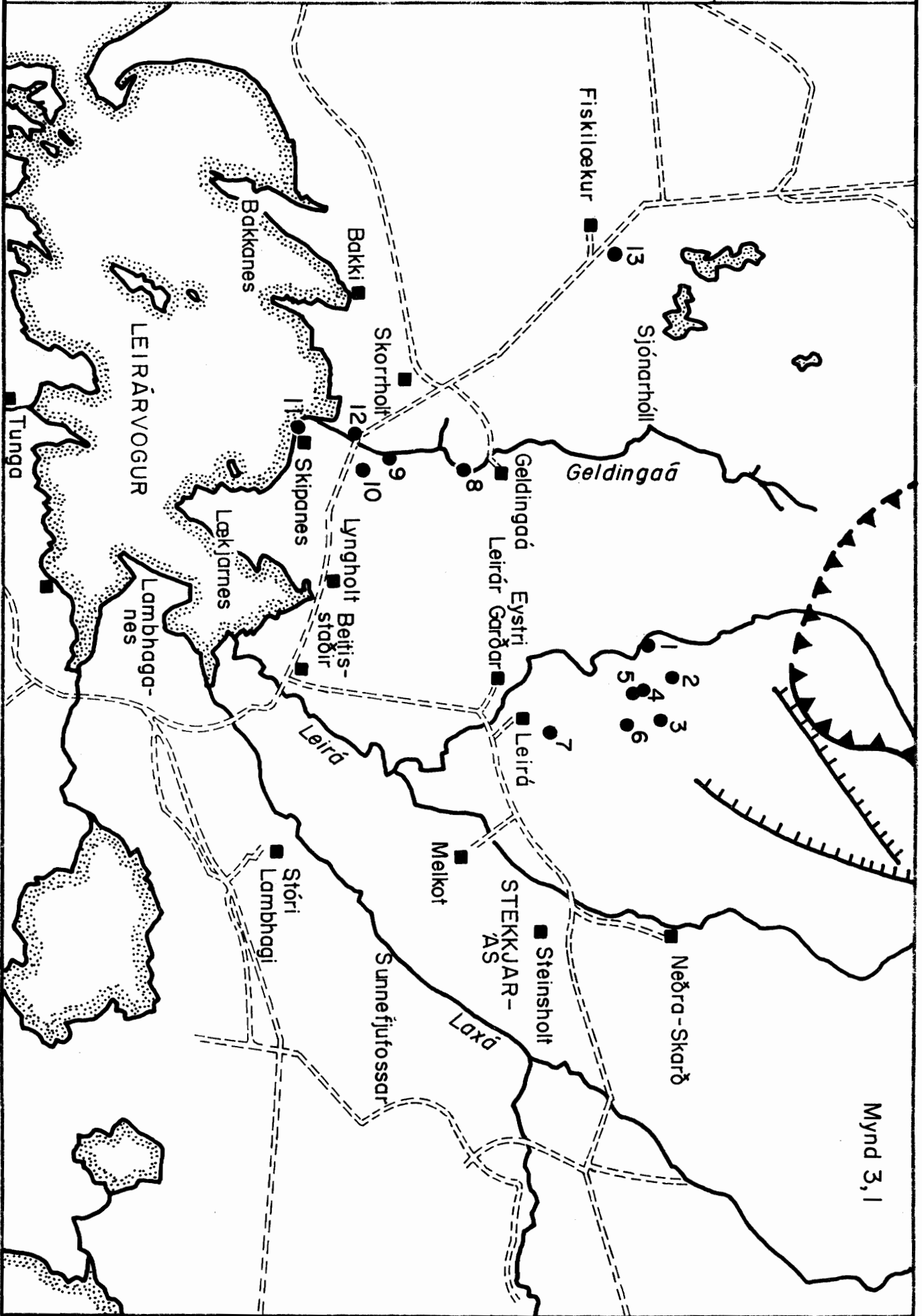
-  Póleít
-  Ólivín póleít
-  Dílött basalt



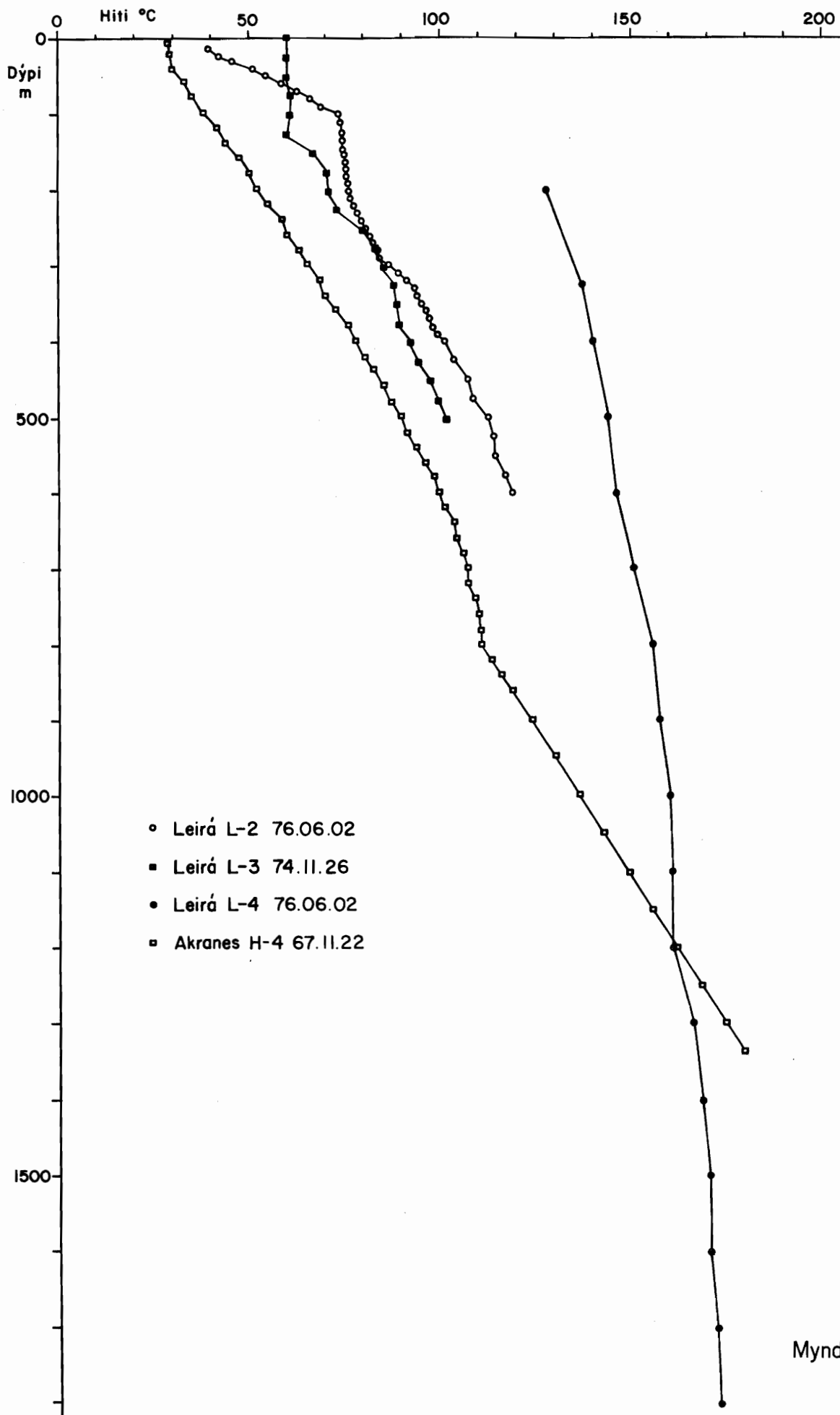


STAÐSETNING Á HITASKELLUM Í LEIRÁRSVEIT

1:50 000



Mynd 3,1



Mynd 3,2

RAFORKUMÁLASTJÓRI

Jarðhitadeild

Hitamælingar í borholum

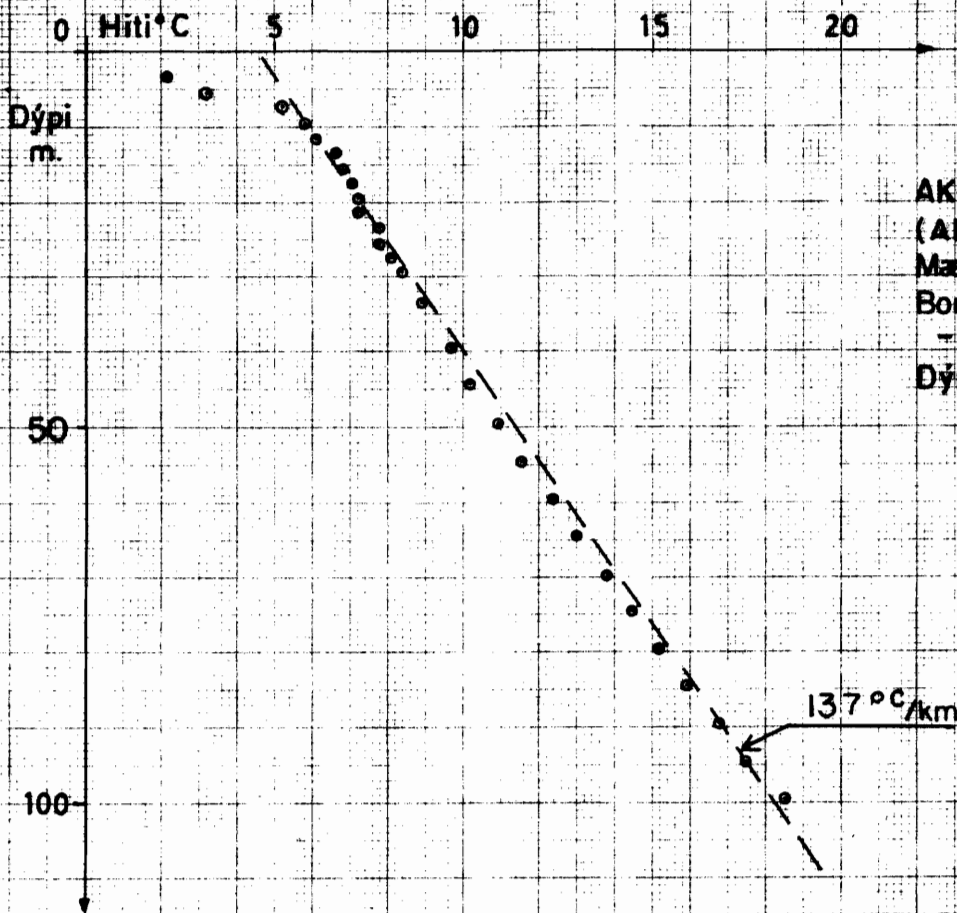
9.5.66 SGS / HF

J-Hitam. J-Akranes

Tnr.458 Tnr.11

Fnr. 7340

Mynd 3,3



AKRANES I
 (Akranes)
 Mælt 17.3'66 S.G.S.
 Borun hófst 24.11'65
 - lokið 10.12'65
 Dýpi 100,8 m.

RAFORKUMÁLASTJÓRI
Jarðhitadeild

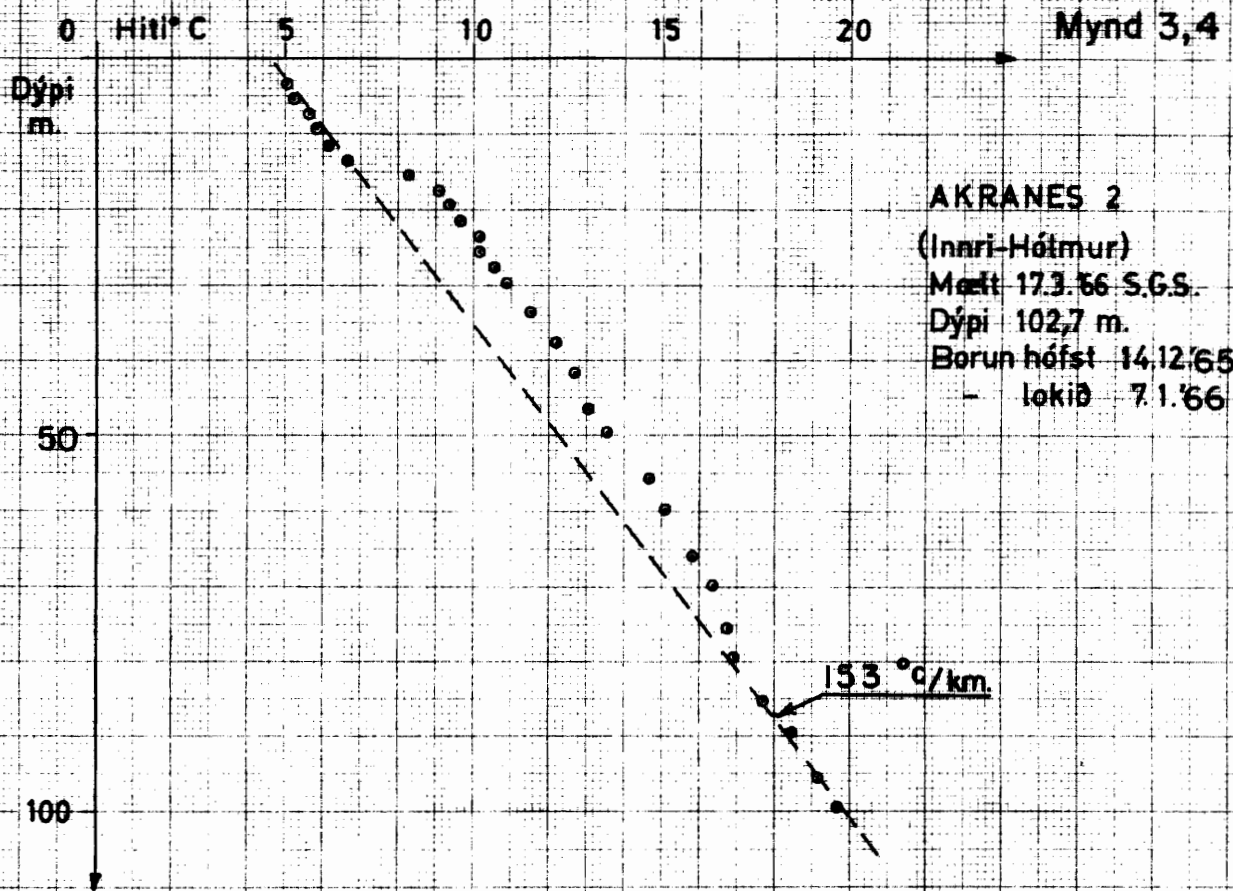
9.5.'66 SGS / H.F.

J-Hitam. J-Akranes

Tnr. 459 Tnr. 12

Fnr. 7341

Hitamælingar i borholum



RAFORKUMÁLASTJÓRI
Jarðhitadeild

9. 5. 66 SGS / HF
J-Hitam. J-Akranes
Tnr.460 Tnr.13
Fnr. 7342

Hitamælingar í borholum

Mynd 3,5

0 Hití° C

5

10

15

20

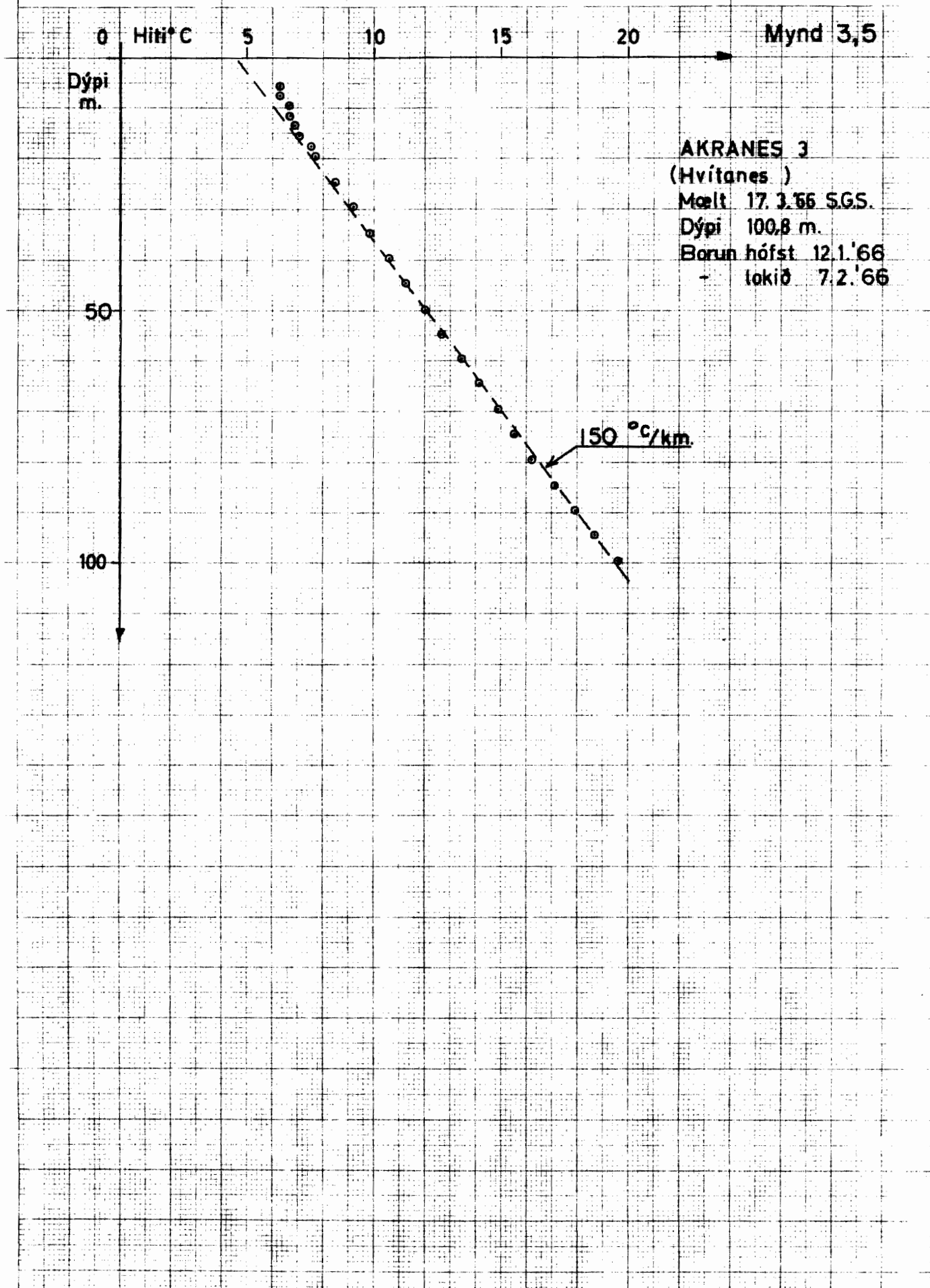
Dýpi
m.

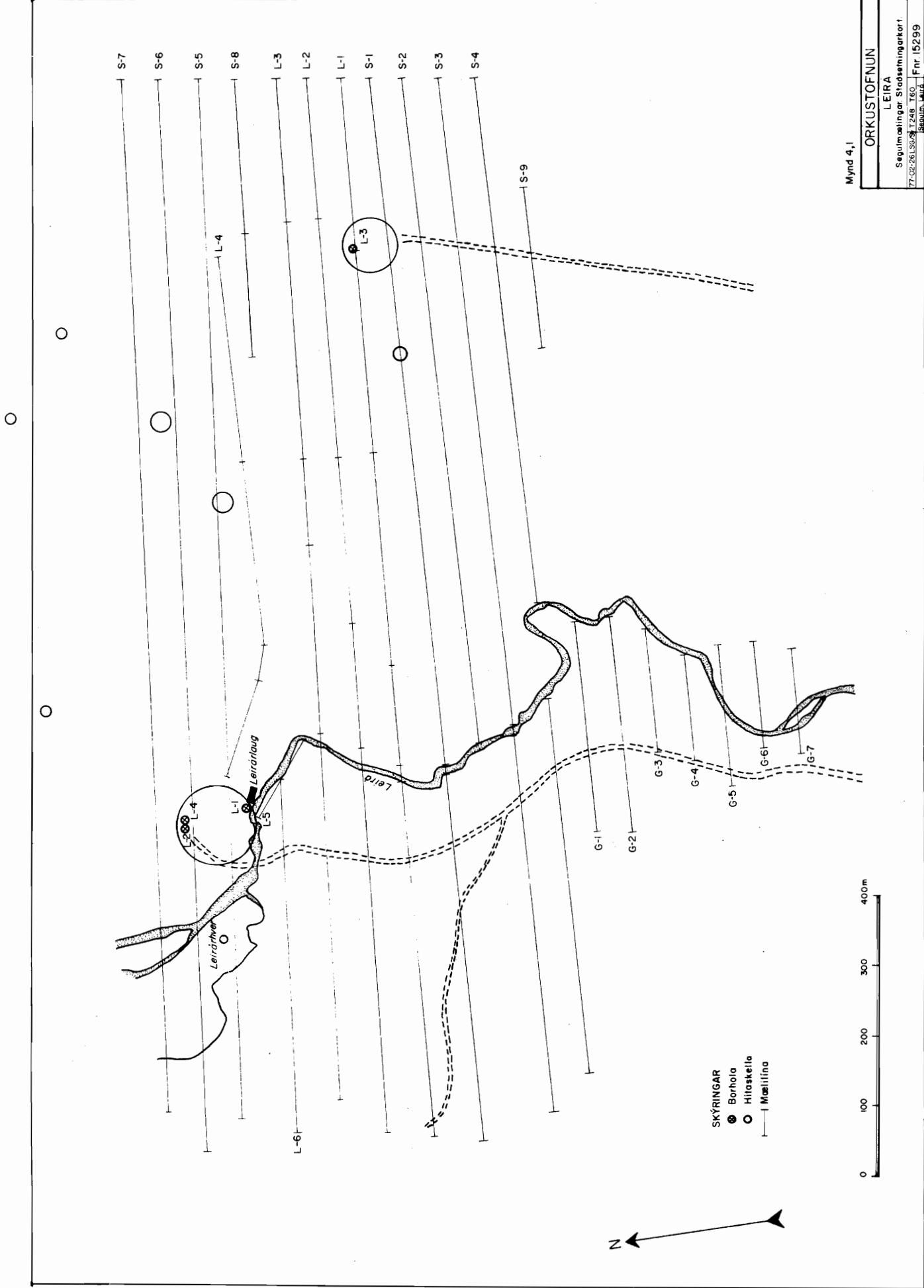
50

100

AKRANES 3
(Hvítnes)
Mælt 17. 3. 66 SGS.
Dýpi 100,8 m.
Borun hófst 12.1.'66
- lokið 7.2.'66

150 °C/km.





Mynd 4.1

ORKUSTOFNUN

LEIRA

Segulmælingar, Staðsetningarkort

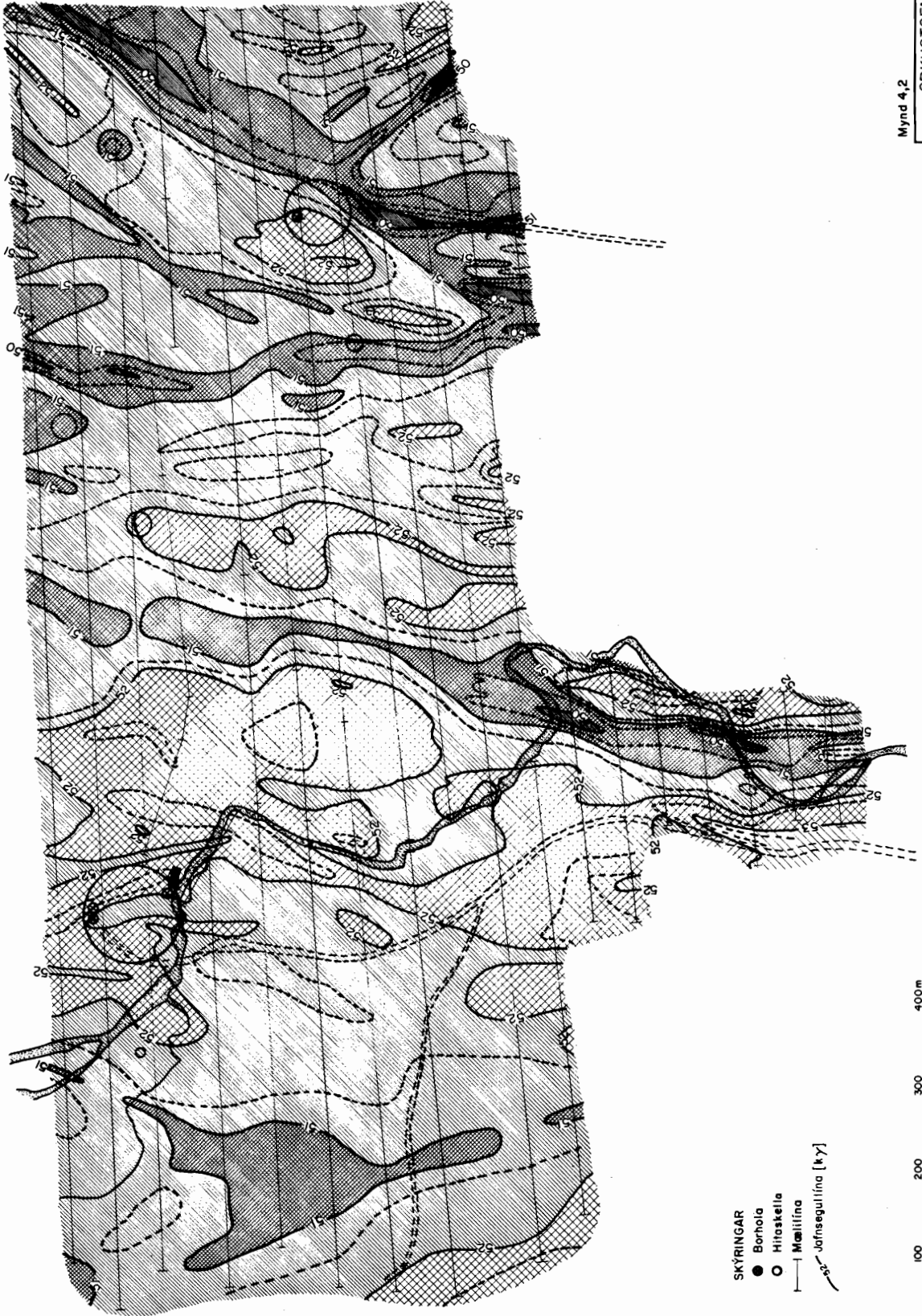
77.02:261.95/S, 1.248 160 Fr. 15299

Seðum, Leir

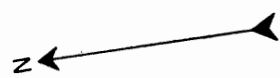
SKÝRINGAR

- Borholo
- Hitaskella
- Mællilina





- SKYRINGAR
- Borhola
 - Hitastella
 - Mællifna
 - Jafnsegullfna [kγ]



Mynd 4,2

ORKUSTOFNUN

LEIRA

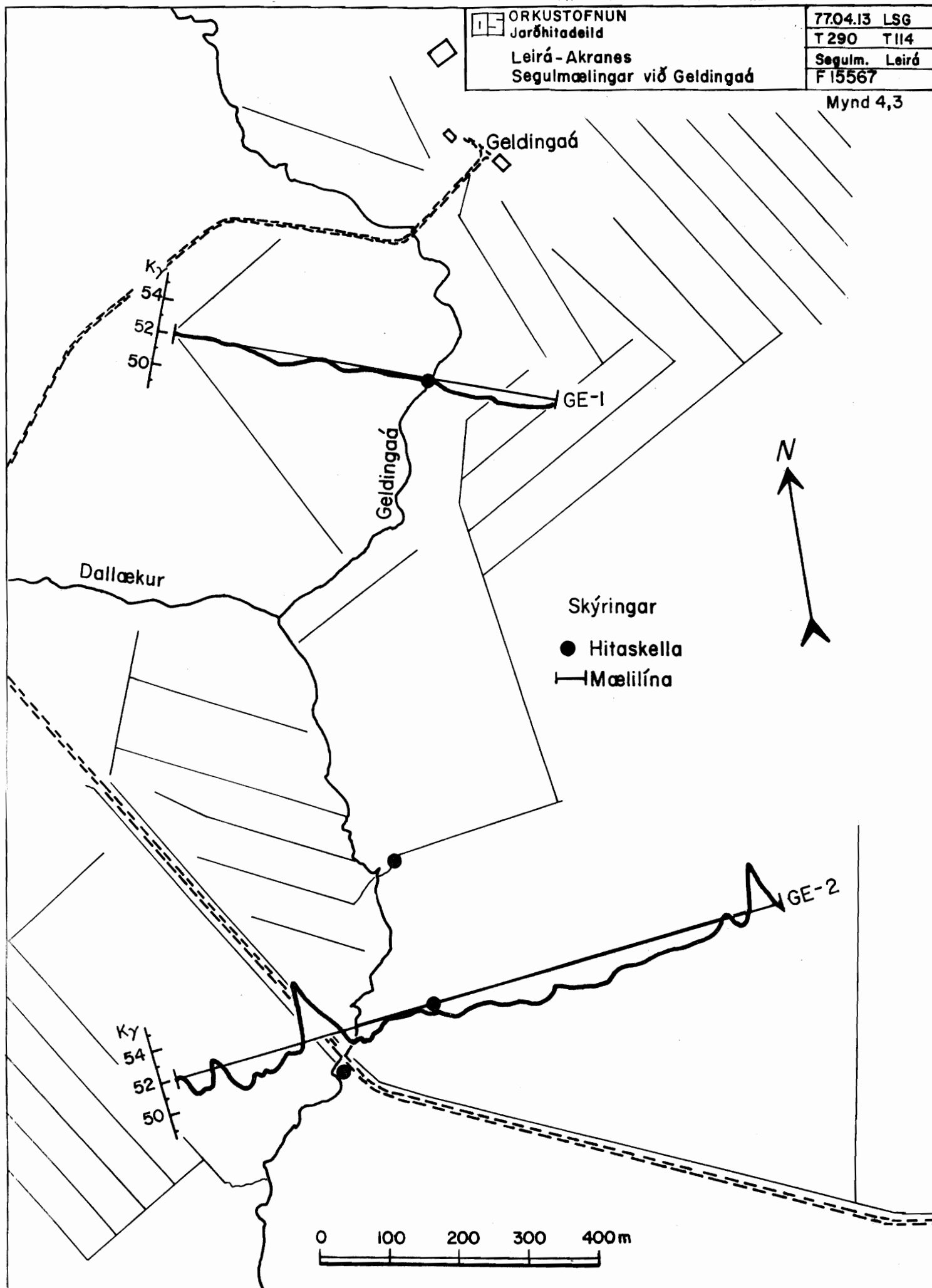
Sagulkort

77-03-5-56-41 Throgur 2004 Fnr. 15435

ORKUSTOFNUN
 Jarðhitadeild
 Leirá - Akranes
 Segulmælingar við Geldingá

7704.13	LSG
T 290	T 114
Segulm. Leirá	
F 15567	

Mynd 4,3

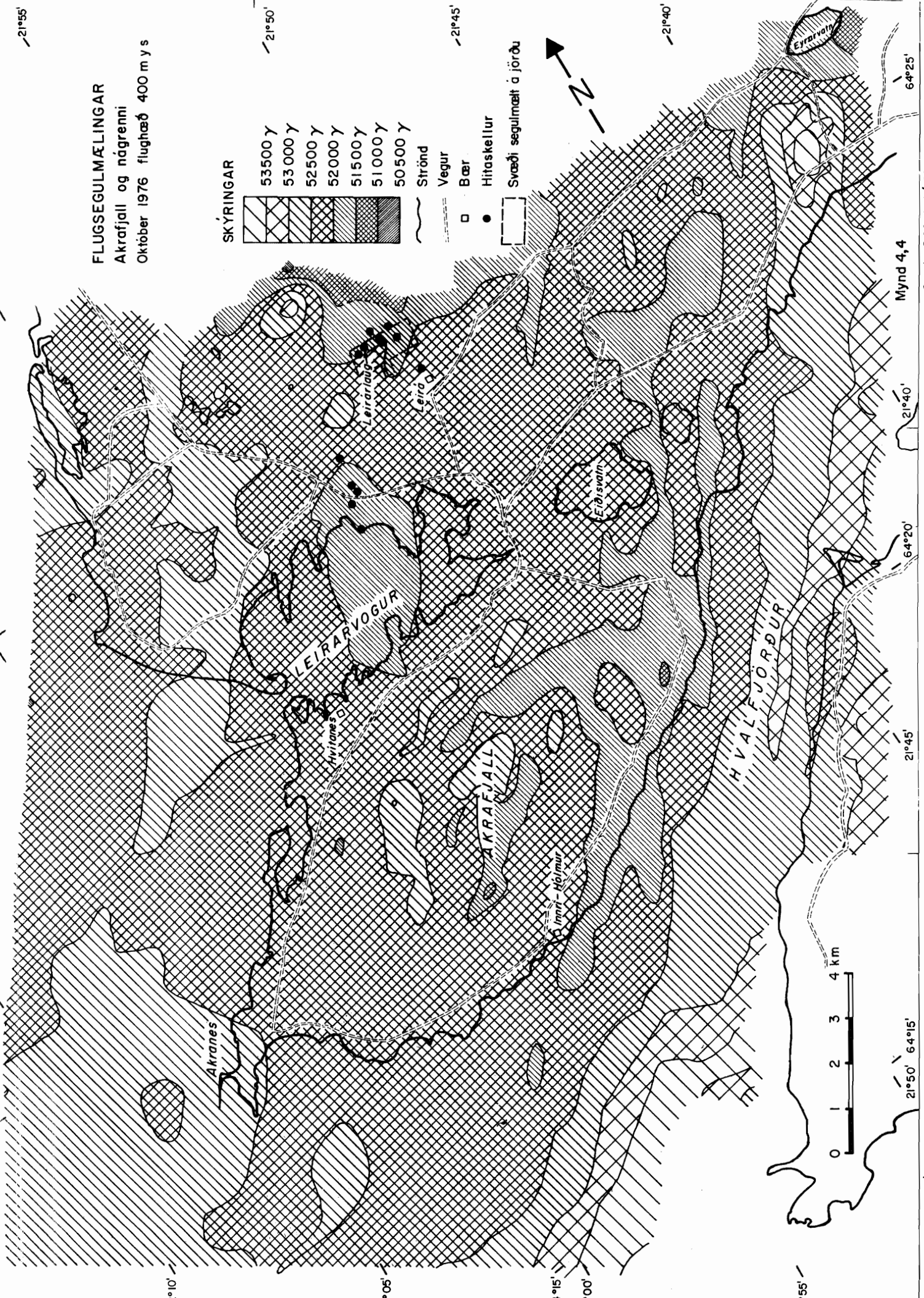
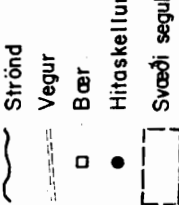
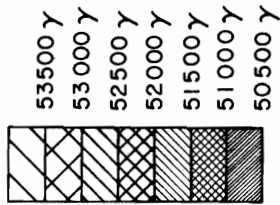


FLUGSEGULMÆLINGAR

Akrafjall og nágrenni

Október 1976 flughæð 400 m ys

SKÝRINGAR

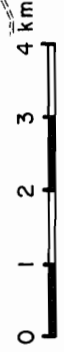


Akranes

LEIRARVOGUR

AKRAFJALL

HVALFJÖRÐUR

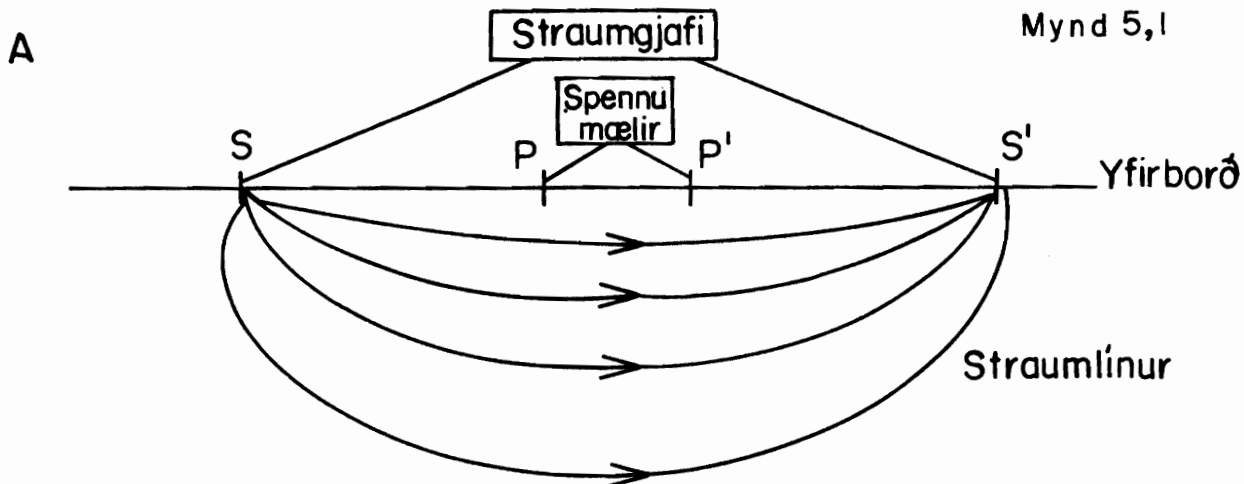


Mynd 4, 4

21°55' 21°50' 21°45' 21°40' 22°10' 22°05' 22°00' 64°15' 64°20' 64°25' 21°55' 21°50' 64°15'





Mæliaðferðir
Skýringamynd




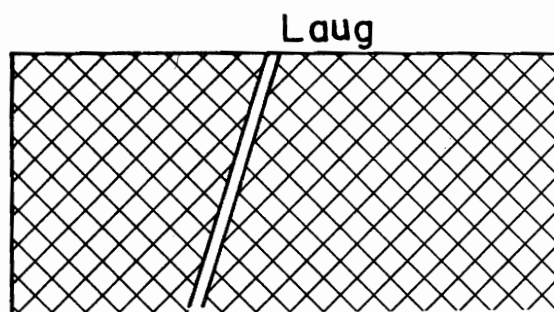
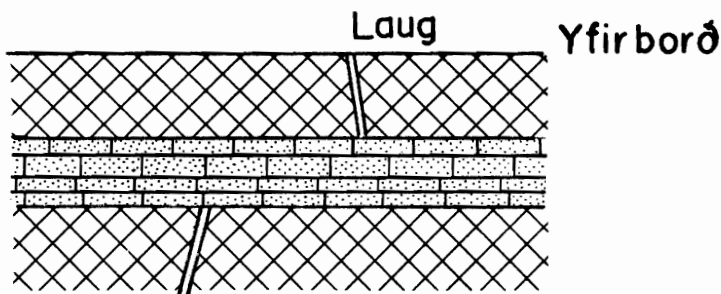
Mynd 5,1

S-S' Straumskaut
P-P' Spennuskaut

B

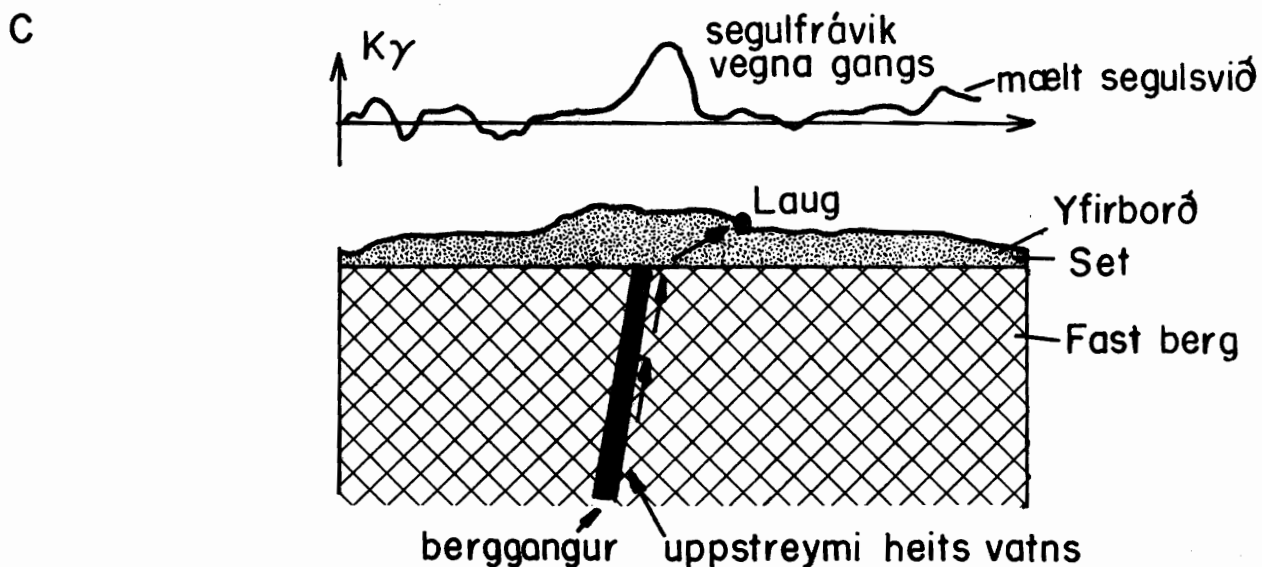
 Þurrt lítt vatnsgengt berg (hátt viðnám)  Vatnsgengt berg með heitu vatni (lágt viðnám)

 Uppstreymisrás



Við þessar aðstæður finnst jarðhiti auðveldlega með viðnámsmælingum

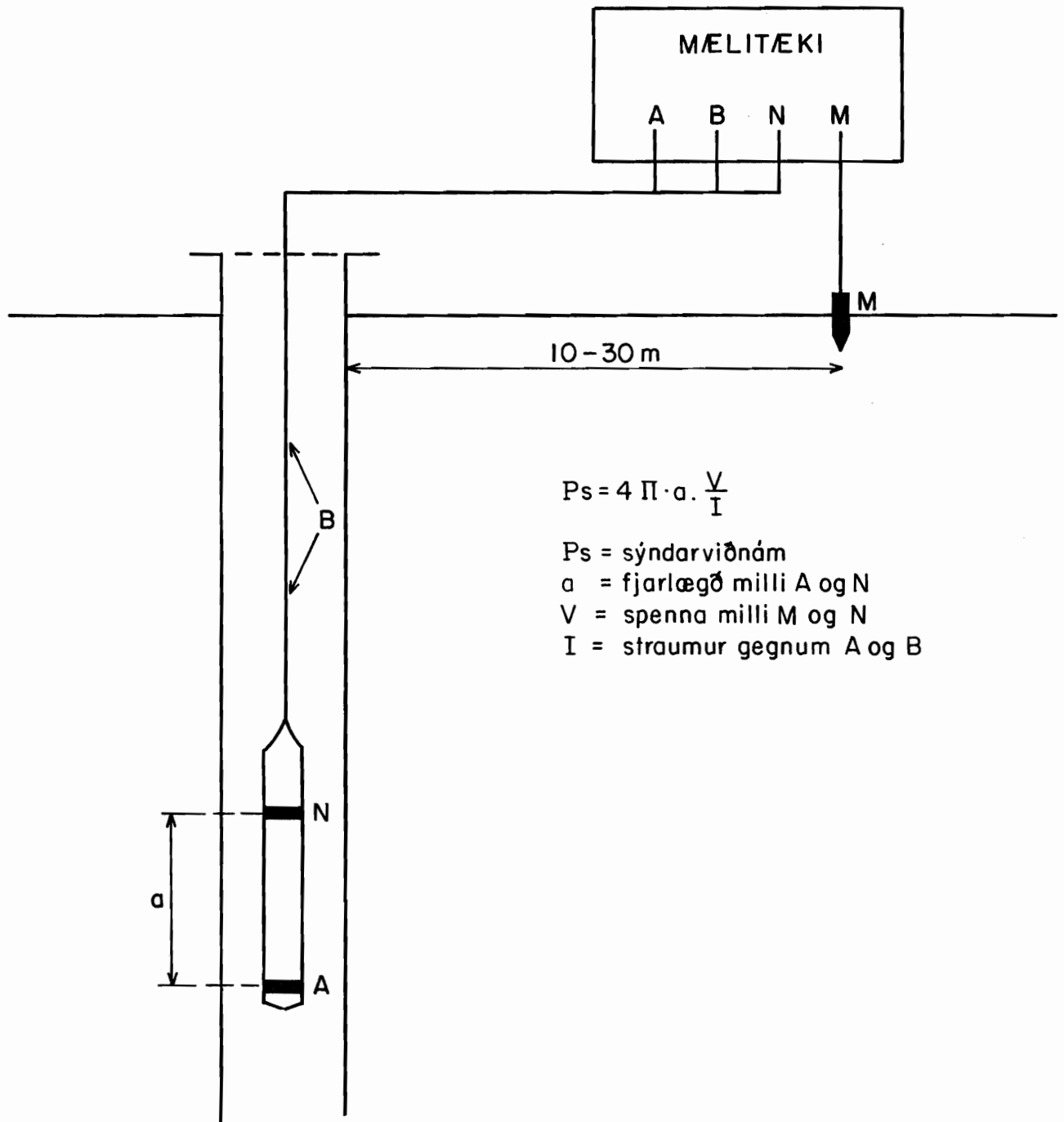
Við þessar aðstæður kemur jarðhitinn ekki fram í viðnámsmælingum

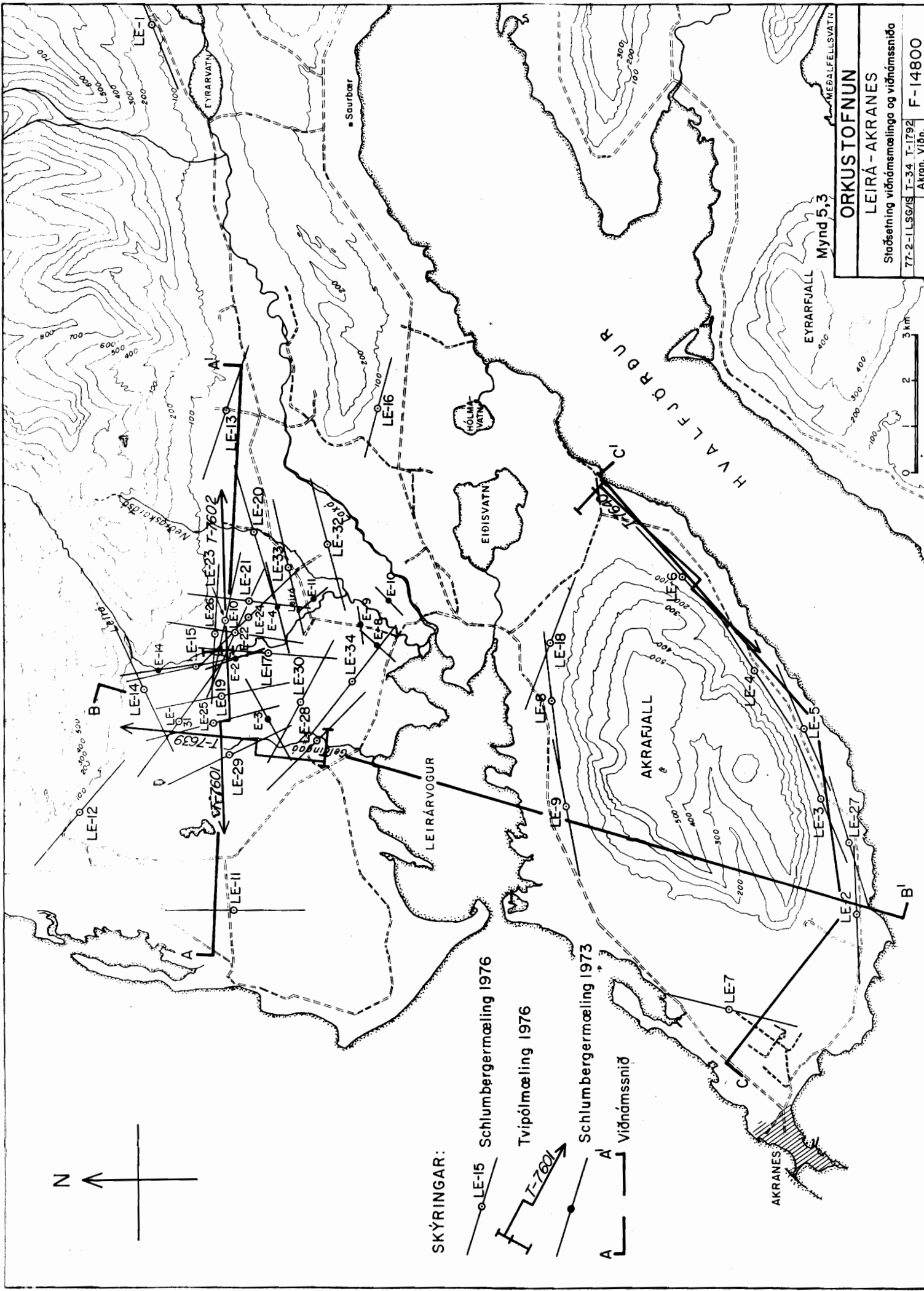




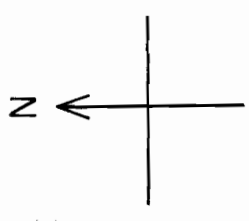
Uppsetning til viðnámsmælinga í borholum

Mynd 5,2





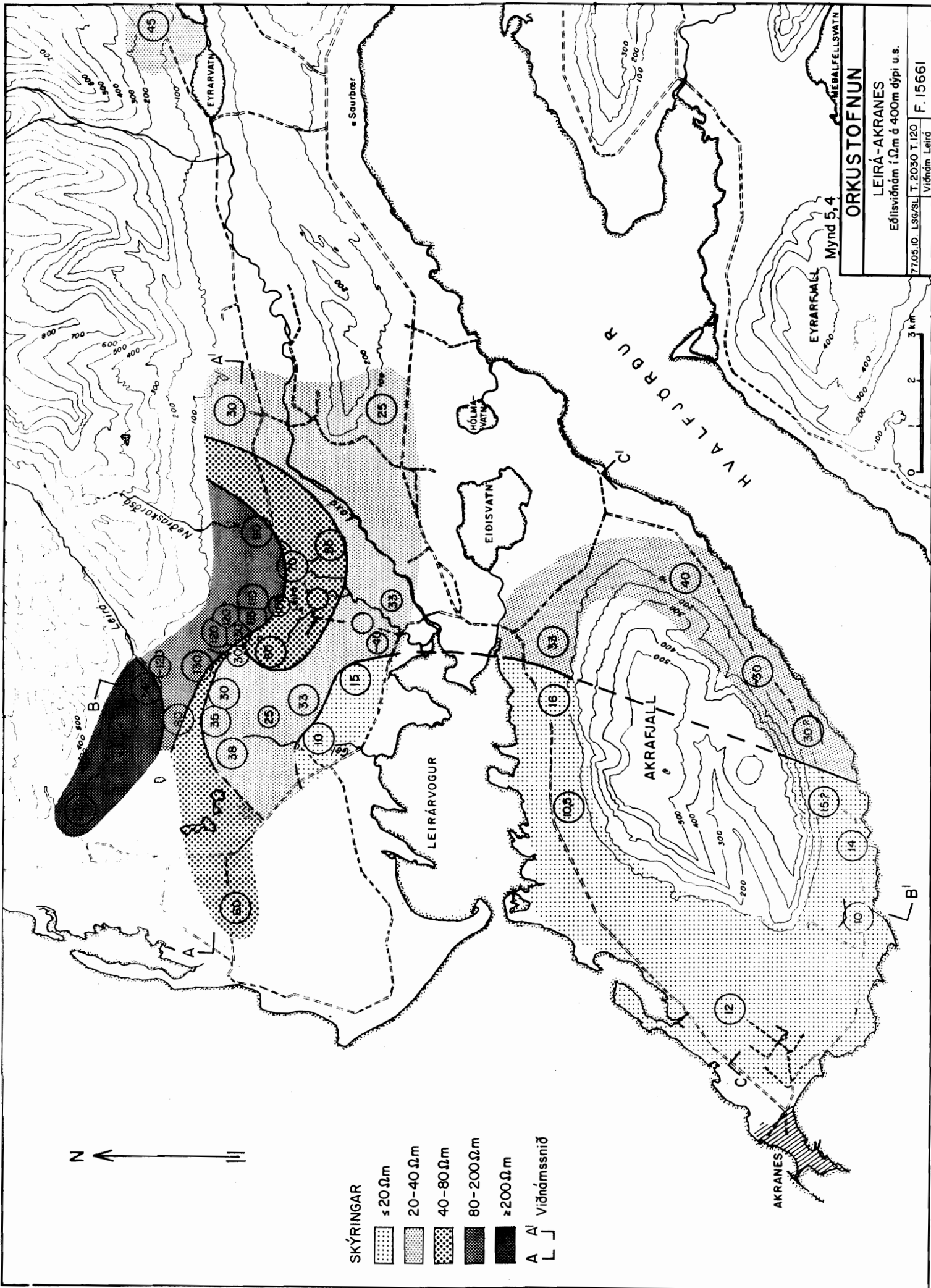
ORKUSTOFNUN
 LEIRÁ - AKRANES
 Staðsetning viðnámsmælinga og viðnámsniða
 77-2-1.LSG/S T-34 T-1792 Akran. Viðn. F-14800



SKÝRINGAR:

- LE-15 Schlumbergermæling 1976
- LE-700 Tvípólsmæling 1976
- Schlumbergermæling 1973
- A — Viðnámsnið

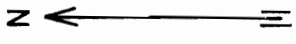
0 1 2 3 km



ORKUSTOFNUN
LEIRÁ-AKRANES
 Eðlisviðnám í Ωm á 400m dýpi u.s.
 77.05.10. LSG/SLJ T. 2030 T. 120
 Viðnám Leirá F. 15661

Mynd 5,4






- SKÝRINGAR**
- $\leq 20 \Omega\text{m}$
 - 20-40 Ωm
 - 40-80 Ωm
 - 80-200 Ωm
 - $\geq 200 \Omega\text{m}$
 - A A'] Viðnámssnið
 - L L']



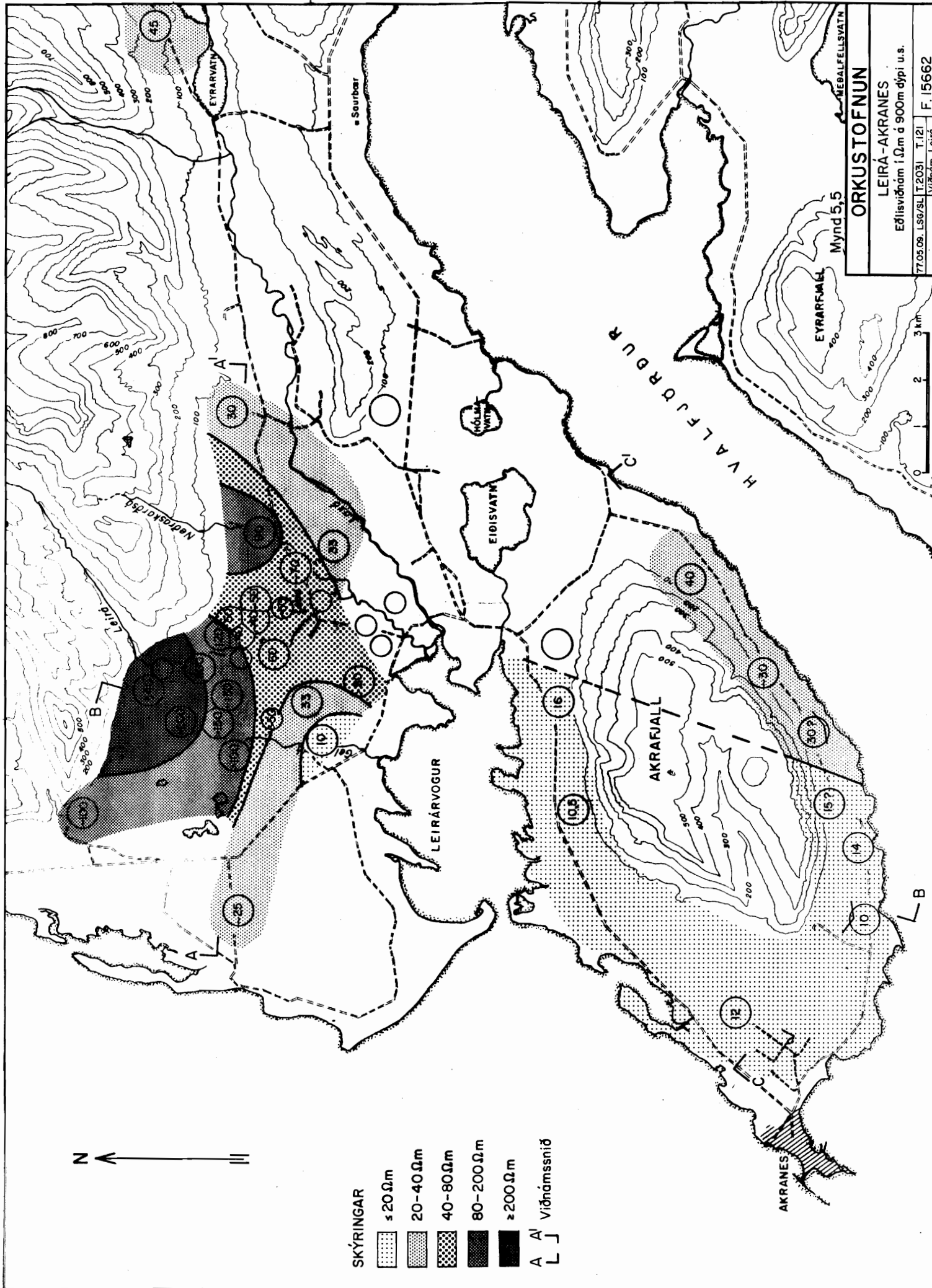
0 2 3 km



SKÝRINGAR

-  $\leq 20 \Omega m$
-  $20 - 40 \Omega m$
-  $40 - 80 \Omega m$
-  $80 - 200 \Omega m$
-  $\geq 200 \Omega m$

A A' Viðnámssnið
L L' Viðnámssnið



ORKUSTOFNUN

LEIRÁ-ÁKRANES

Eðlisviðham í Ωm á 900m djúpi u.s.

77.05.09. LSG/SL T.2031 T.121
Viðnám Leirá F. 15662

0 1 2 3 km

Mynd 5,5



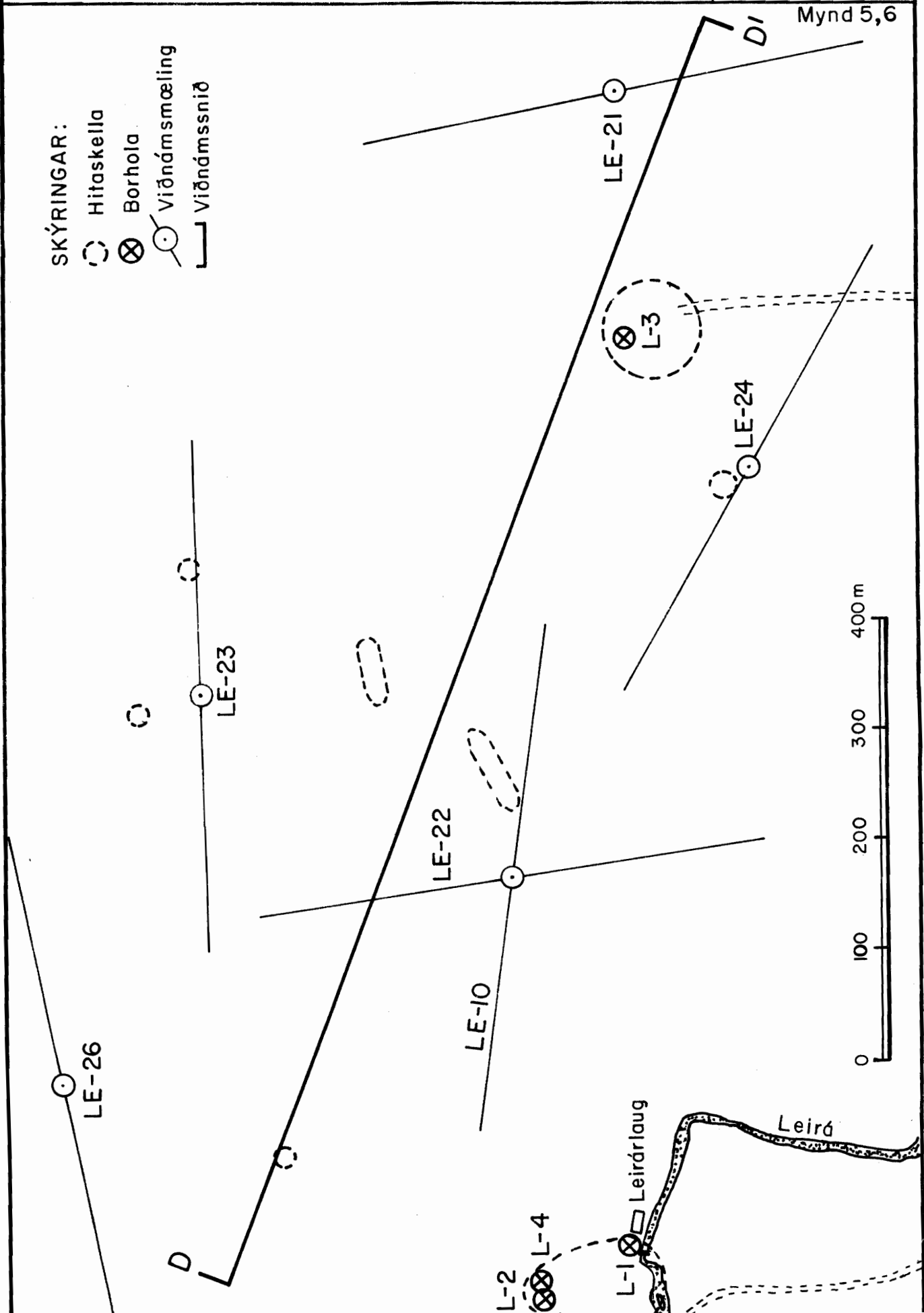
Leirá

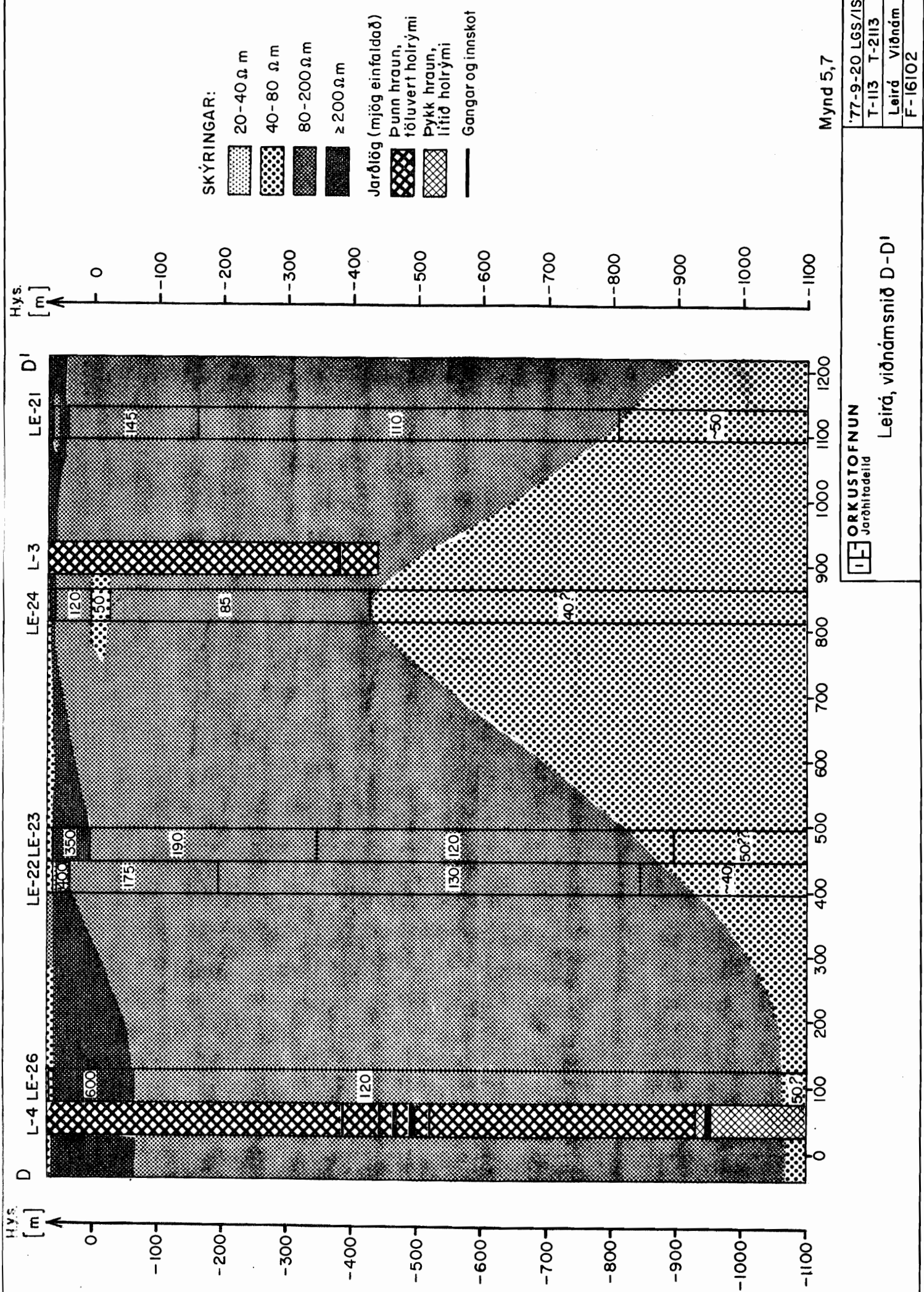
Staðsetning viðnámsmælinga og viðnámsniðs

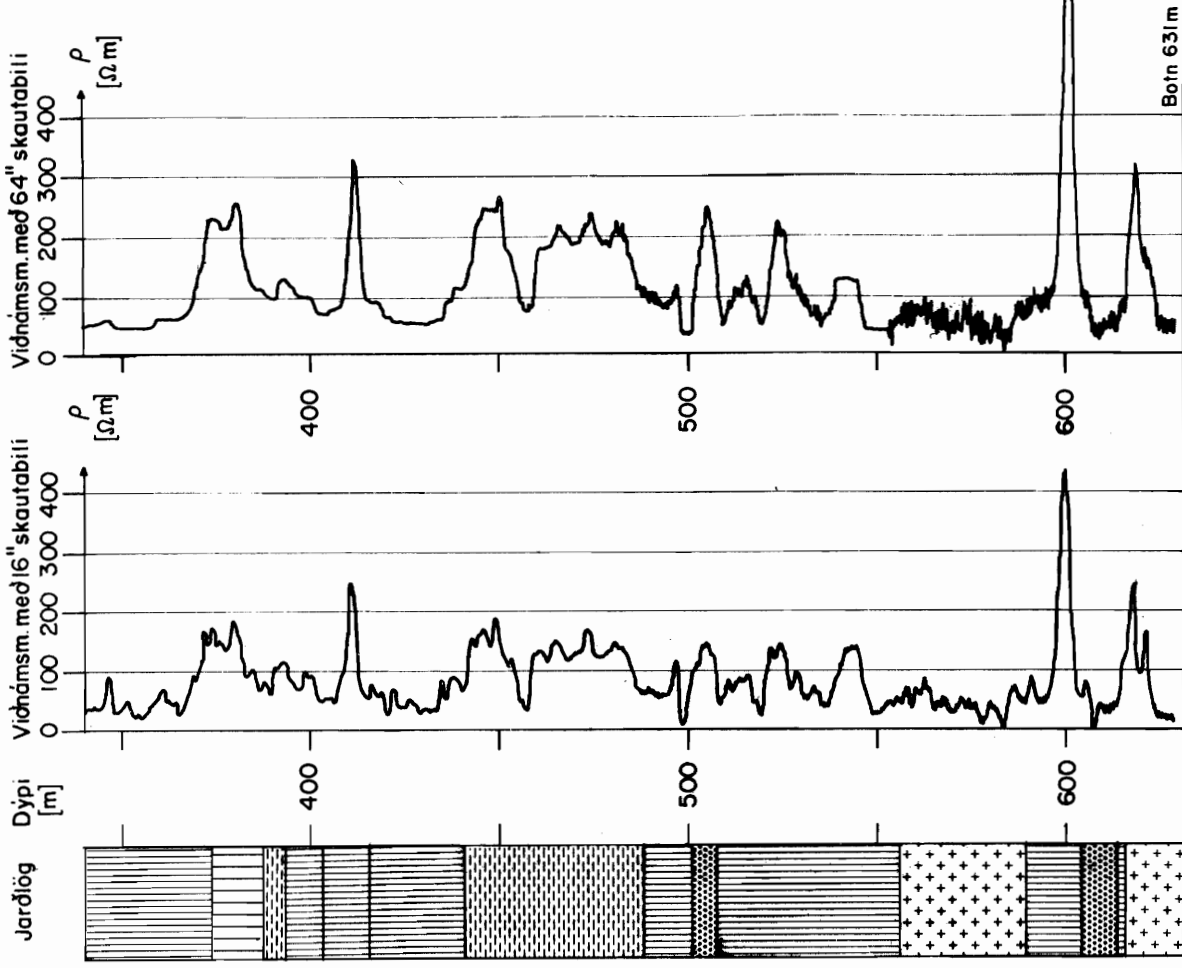
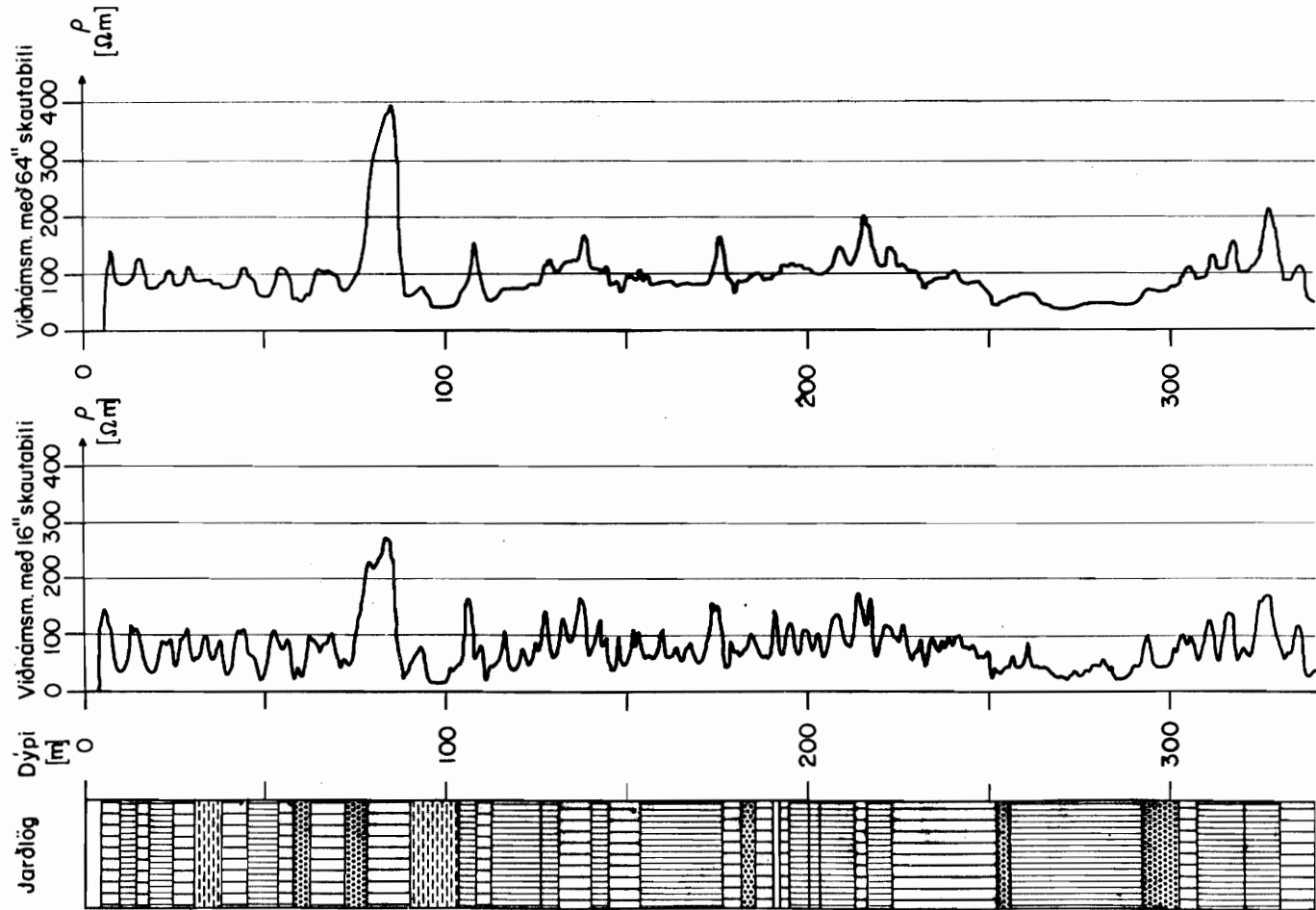
Mynd 5,6

SKÝRINGAR:

- Hitaskella
- Borhola
- Viðnámsmæling
- Viðnámsnið







Mynd 5,8

ORKUSTOFNUN

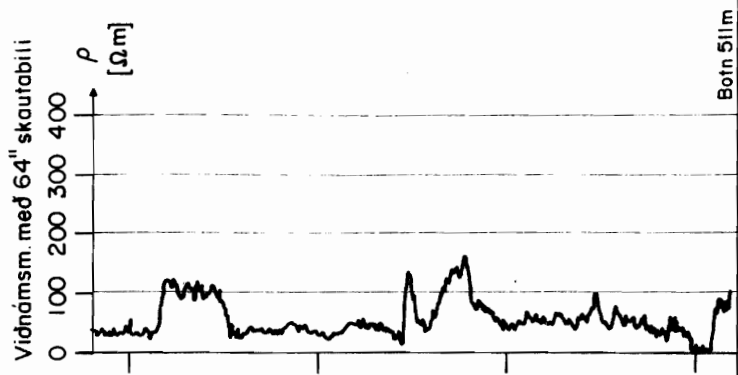
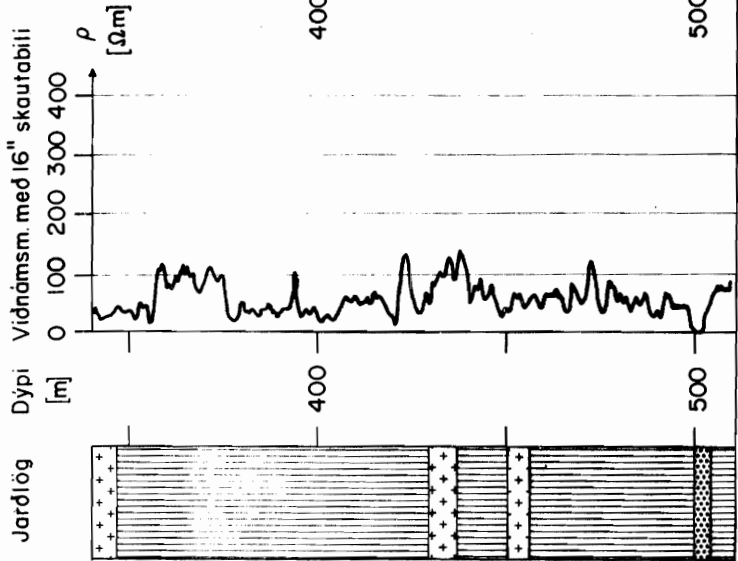
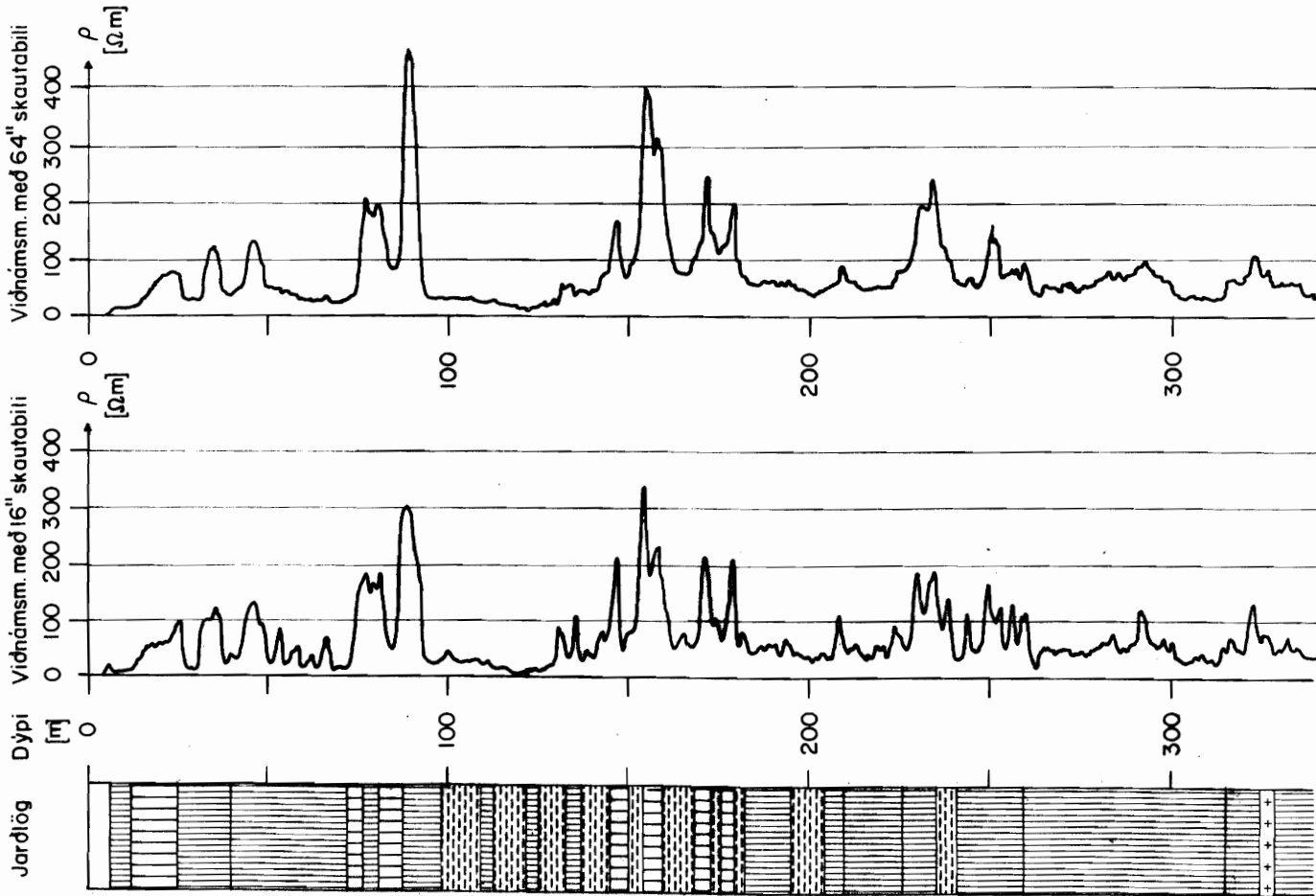
LEIRA, HOLA L-2

Vidnámsmælingar og jarðlagasnið






77-05-02 LSG/Syl T-119 T-2029 Fnr. 15648

Leirá Vöðum.

Botn 631m

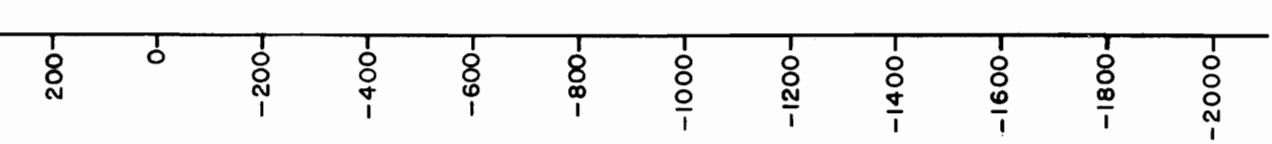


SKÝRINGAR

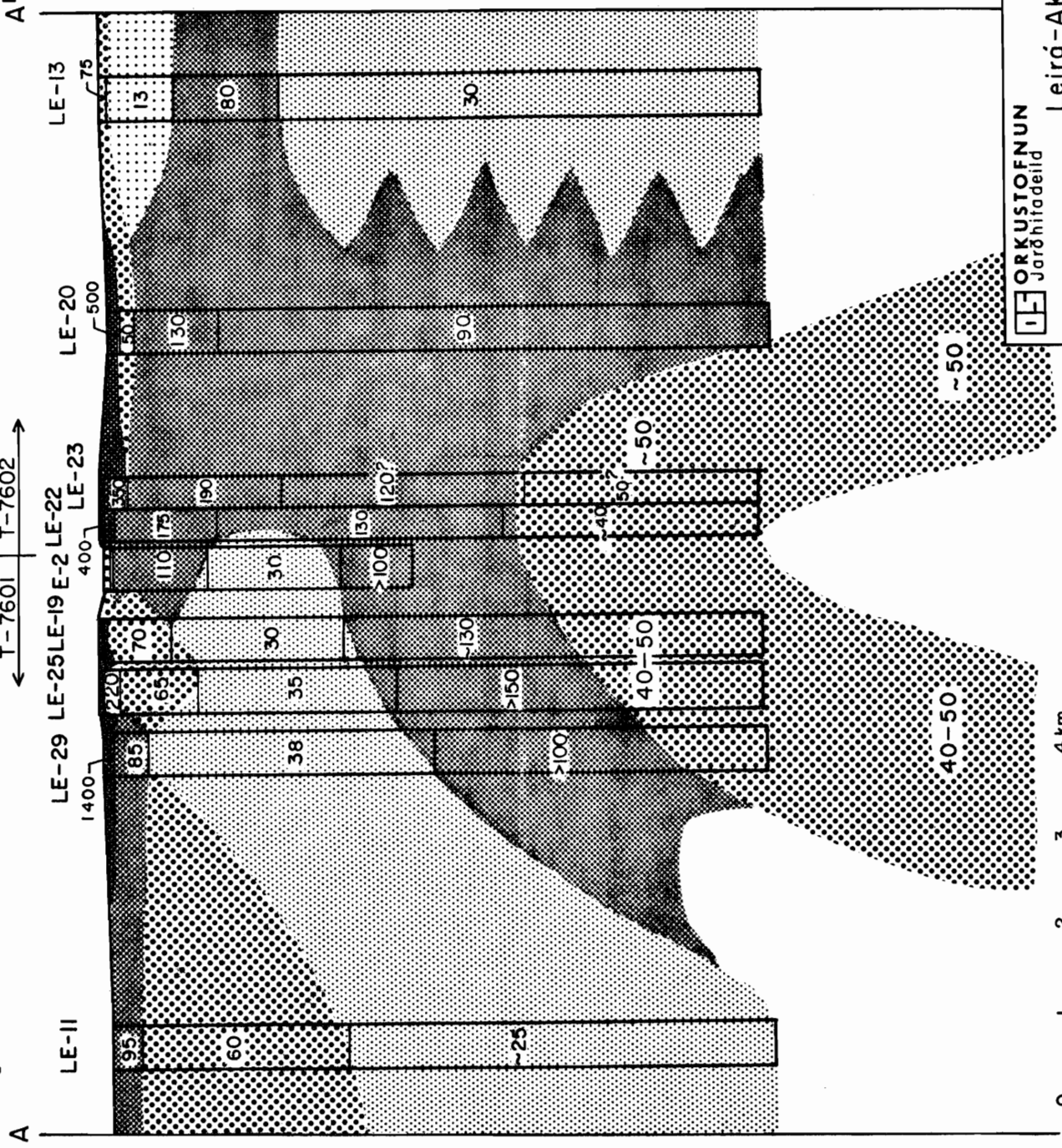
-  Myndbreytt basalt
-  Ferskt basalt
-  Túffrikt set
-  Innskot (óalerít)
-  Ótilgreint set

Mynd 5,9

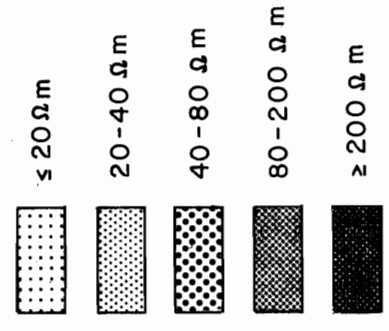
Hys. [m]



Hys. [m]



SKÝRINGAR:

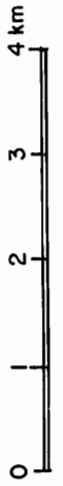


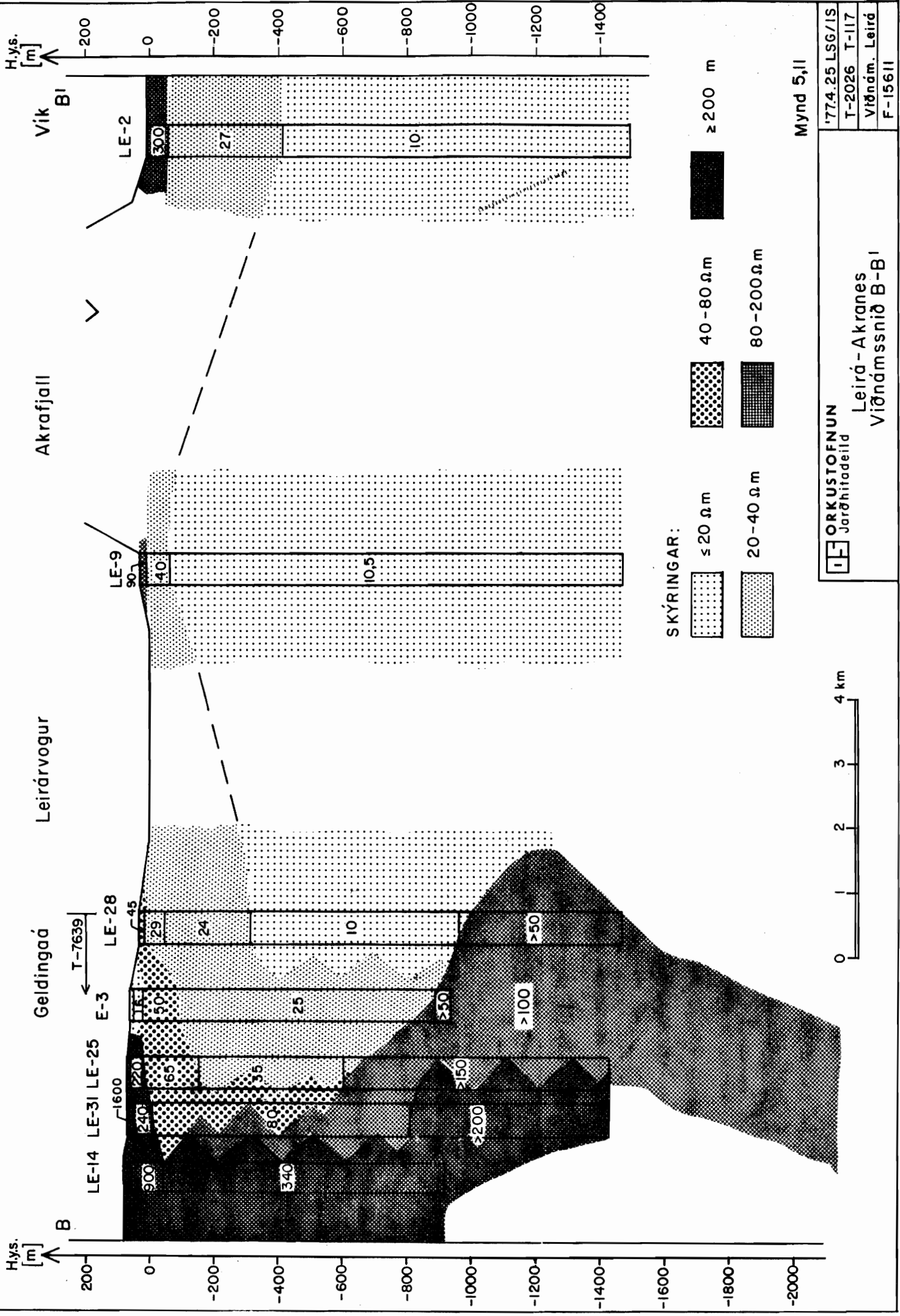
Mynd 5,10

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadæla

Leirá-Akranes
Viðnámsnið A-A'

'77.4.25 LSG/IS
T-2025 T-II6
Viðnáms Leirá
F-15610





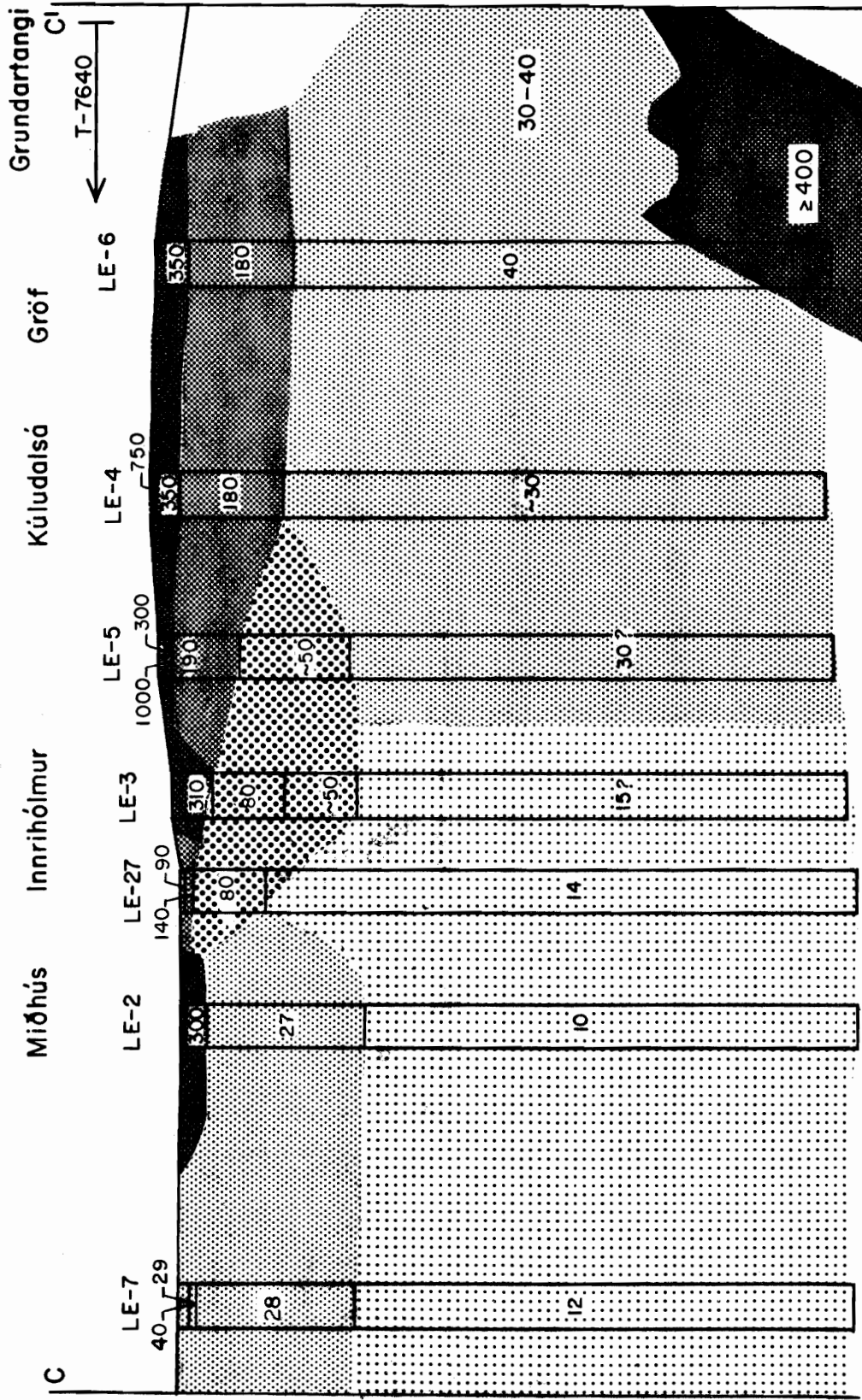
	'774.25 LSG/IS
	T-2026 T-II7
	Vitðnám. Leirá
	F-15611

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

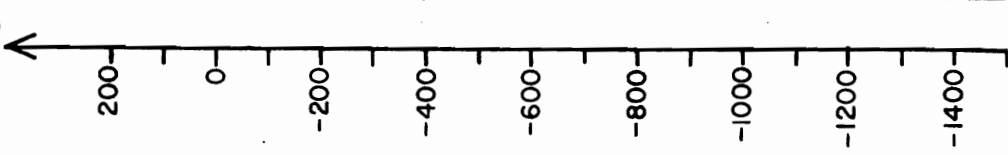
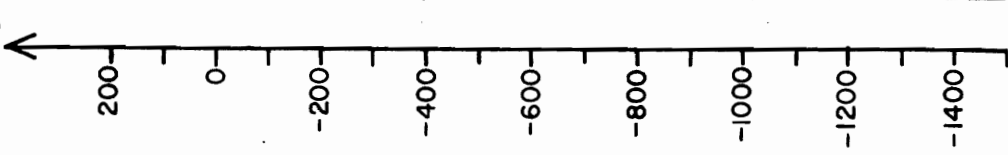
Leirá - Akranes
Viðnámssnið B-B'

0 1 2 3 4 km

H.ys. [m]



H.ys. [m]



SKÝRINGAR:

- ≤ 20 Ω m
- 20-40 Ω m
- 40-80 Ω m
- 80-200 Ω m
- ≥ 200

Mynd 5,12

ORKUSTOFNUN
Jardhitadeild

Leirá-Akranes
Viðnám Leirá
Viðnámssnið C-C1

'77.4.25 LSG/IS
T-2027 T-IIIB
F-15612

VIĐAUKI

Tafla 4.

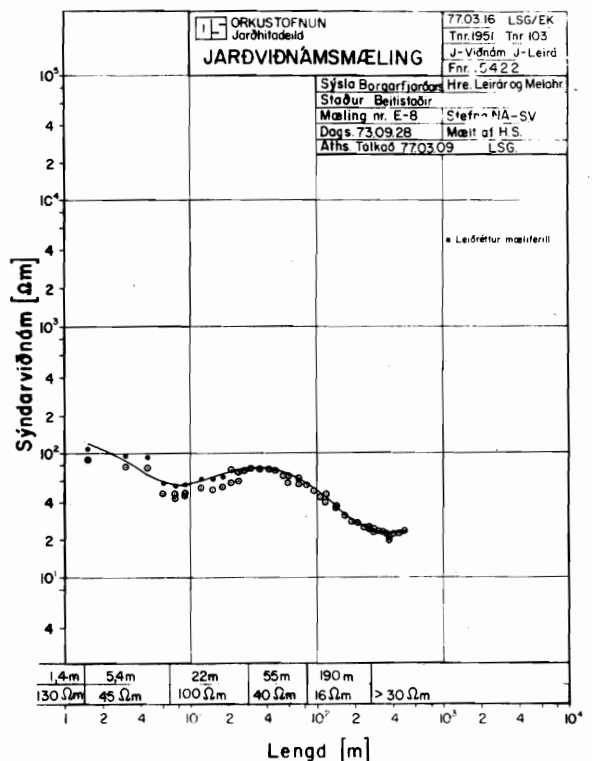
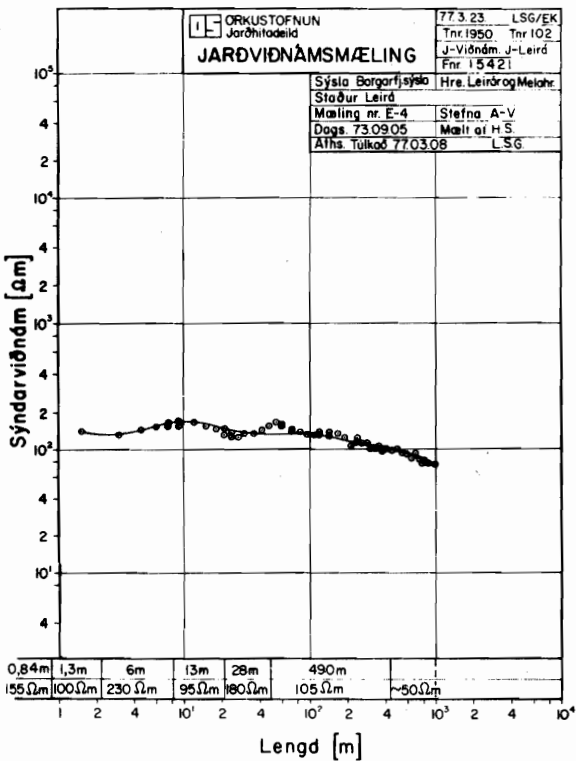
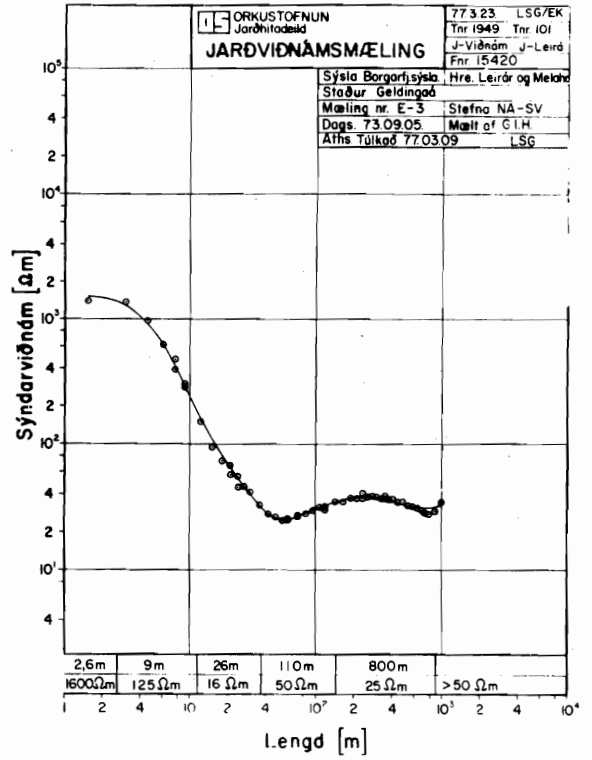
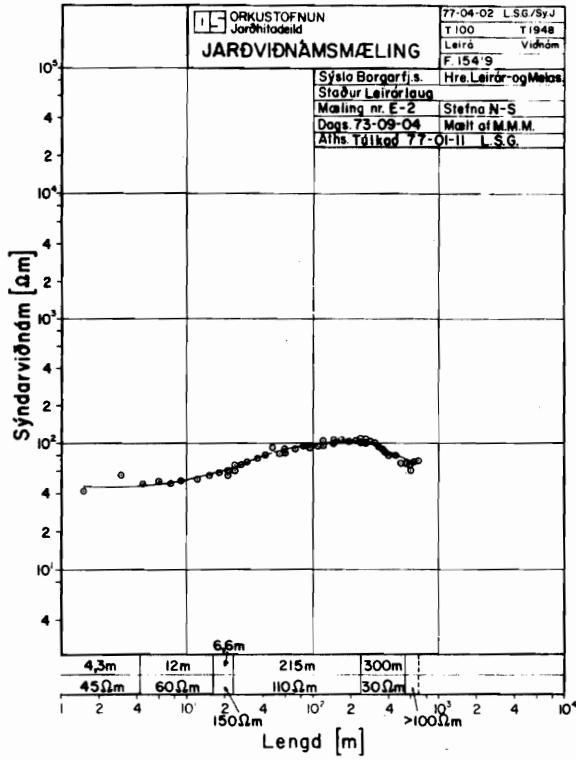
Staðsetning Schlumberger-mælinga við Leirá og Akranes sumarið 1976

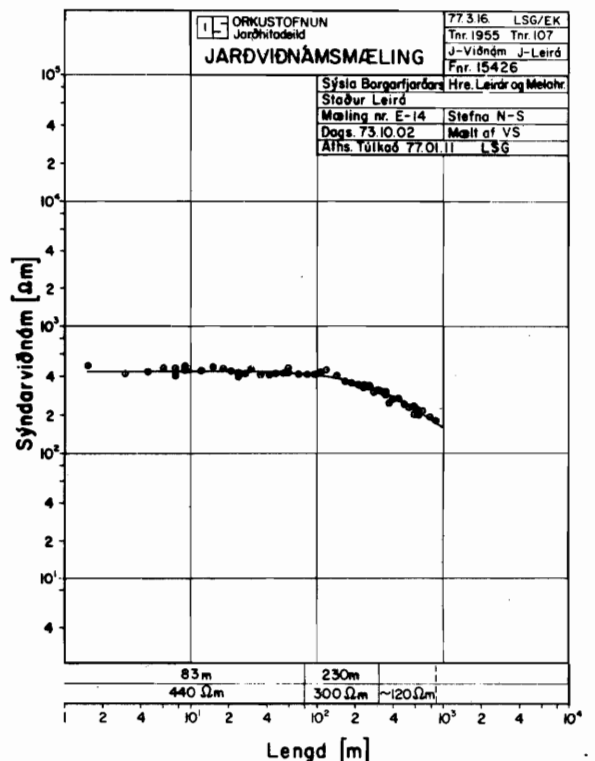
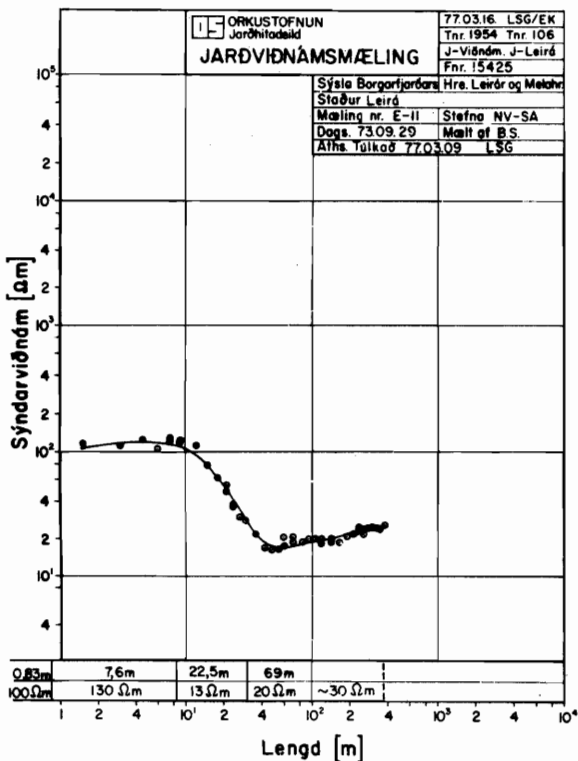
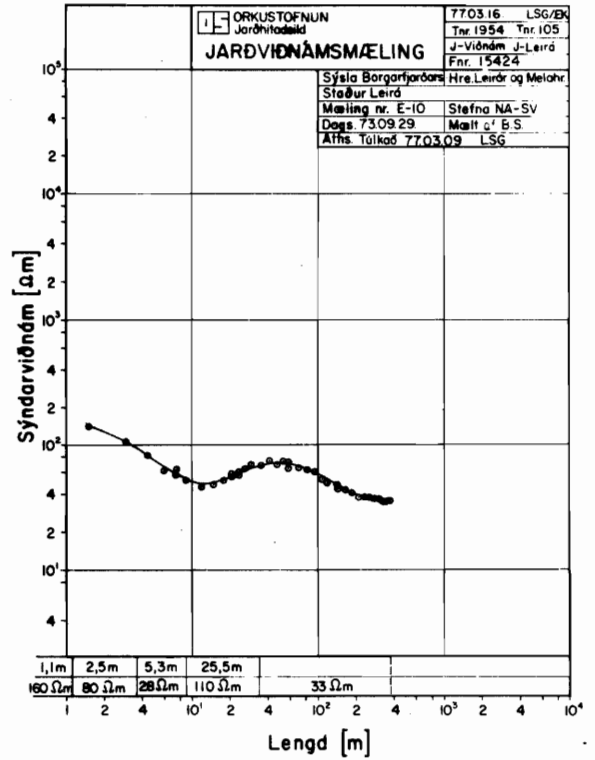
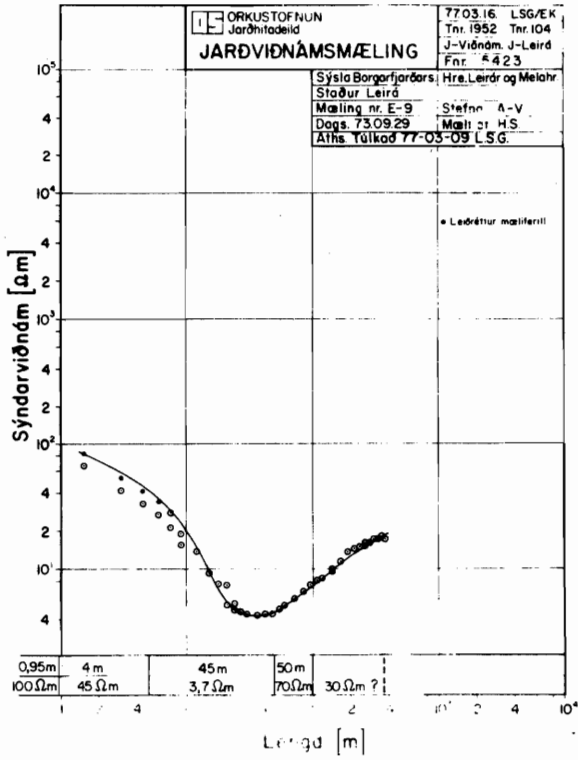
LE nr.	Breidd	Lengd	Stefna straumarms	Staðarlýsing
1	46,75	71,85	N65°A	Norðan Þjóðveggar milli Kambshóls og Glammastaða
2	31,65	52,55	N88°A	Miðhús, um 300 m norðan bæjarhúsa.
3	32,40	55,00	N68°A	Innríhólmur, um 700 m norðan bæjar.
4	33,80	57,80	N55°A	Kúludalsá, norðan Þjóðveggar.
5	32,75	56,55	N68°A	Hólabrú.
6	35,35	59,85	N50°A	Grafarmelur, nærri hliðum Akrafjalls.
7	34,45	50,55	N14°A	Um 1 km norðaustan Garða.
8	38,20	57,25	N83°A	Um 750 m suðvestan Litlu-Fellsaxlar.
9	37,90	54,95	N79°A	Um 500 m suðaustan Bekanastaða.
10	45,00	58,75	N66°V	Um 300 m austan Leirárlaugar.
11	45,05	52,80	N 0°A	Helgamelur, sunnan Þjóðveggar.
12	48,40	54,95	N49°V	Ölver.
13	45,15	63,55	N71°V	Tunga, vestan heimreiðar.
14	47,00	57,55	N63°A	Mynni Lambagils.
15	45,90	58,05	N13°V	Vesturbakki Leirár, um 2 km norðan Leirárlaugar.
16	41,90	63,55	N75°V	Eystra-Miðfell.
17	44,30	58,30	N 4°A	Um 700 m norðan Leirárgarða.
18	38,20	58,50	N70°V	Undir Akrafjalli, við Kúapalla.
19	45,30	57,40	N11°V	Baugamelur, um 1 km vestan Leirárlaugar.
20	44,60	60,90	N74°A	Neðraskarð, við heimreið um 700 m sunnan bæjar.
21	44,70	59,45	N 4°A	Leirá um 200 m austan holu L-3.
22	45,00	58,75	N 8°A	Um 300 m austan Leirárlaugar, sama og Le-10.
23	45,20	59,00	N76°V	Um 700 m norðaustan við Leirárlaug.
24	44,70	59,05	N45°V	Leirá, um 170 m suðvestan við holu L-3.
25	45,50	56,80	N15°V	Baugamelur, austan Geldingaár
26	45,45	58,75	N87°V	Um 500 m norðan Leirárlaugar.
27	31,80	54,05	N68°A	Um 300 m norðaustan við Gerði.
28	43,25	56,45	N44°V	Geldingaá, um 500 m sunnan bæjar.
29	45,15	56,15	N22°A	Selhóll við Geldingaá.
30	43,60	57,25	N61°V	Milli Geldingaár og Leirárgarða.
31	46,25	56,85	N36°V	Austan Geldingaár við Hryggi.
32	43,00	60,65	N77°A	Melkot.
33	43,85	60,15	N78°A	Um 300 m vestan við Hávarósstaði.
34	42,50	57,70	N44°V	Lyngholt, um 500 m norðan bæjar.

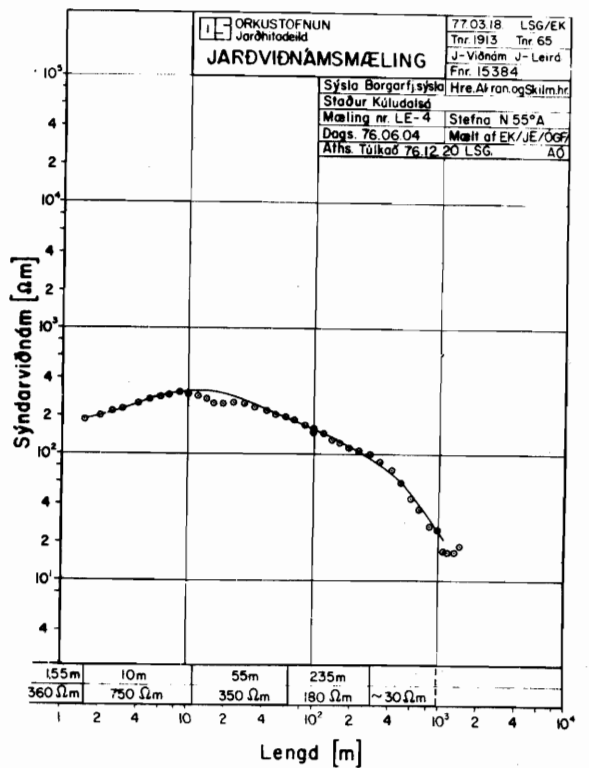
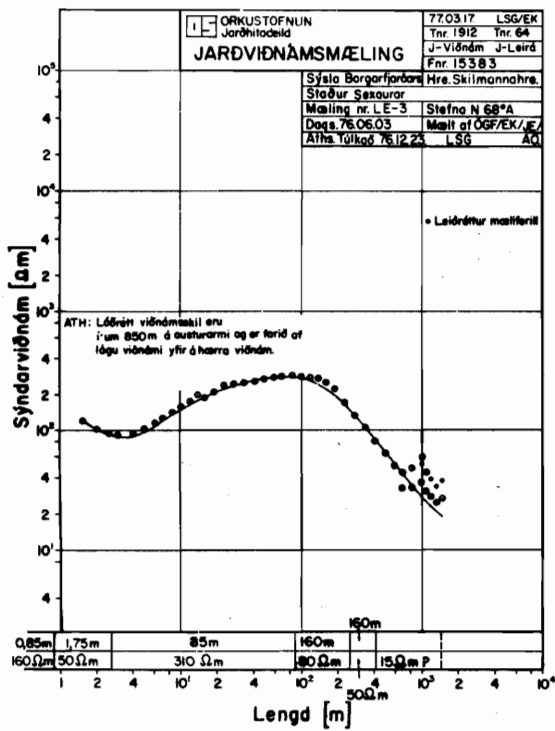
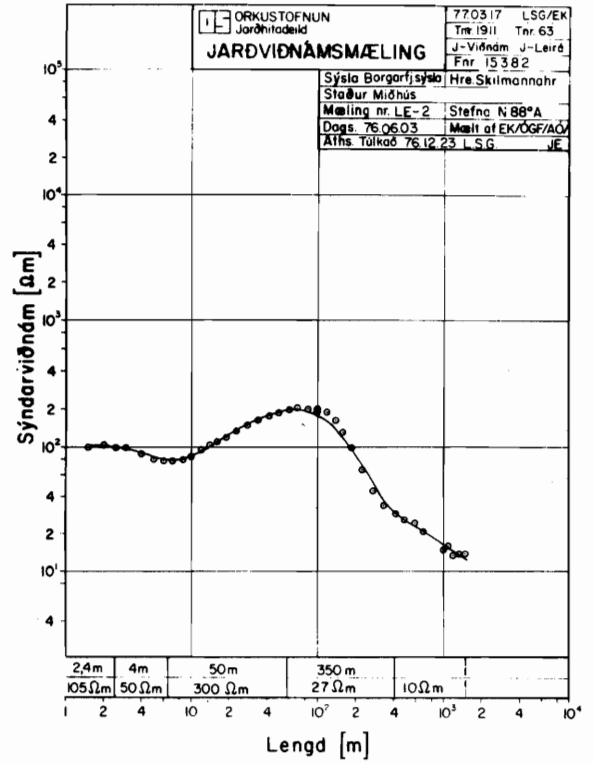
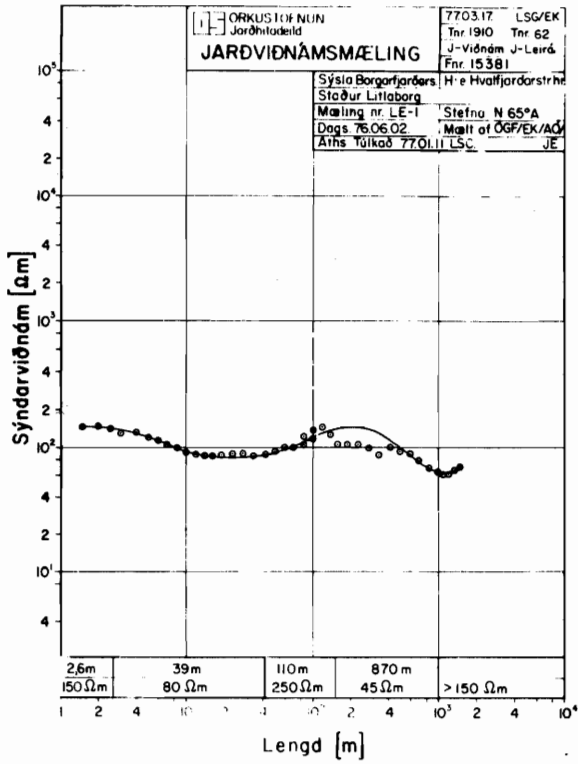
Tafla 5.

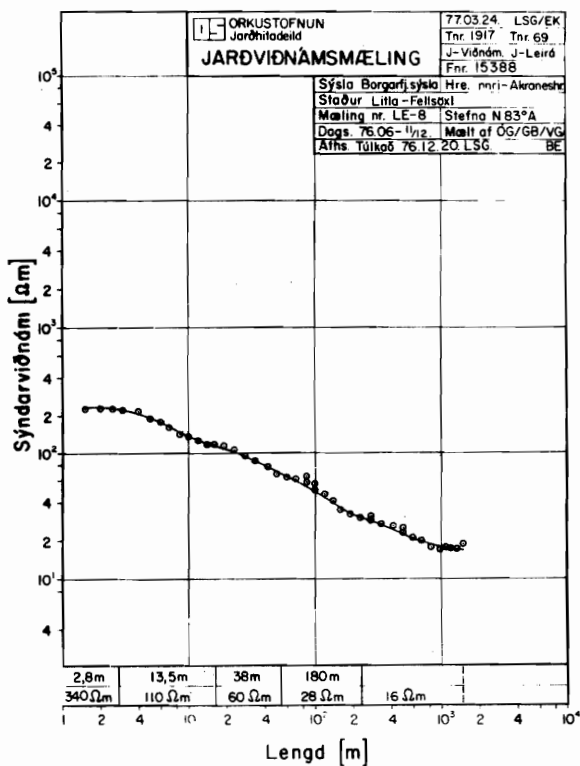
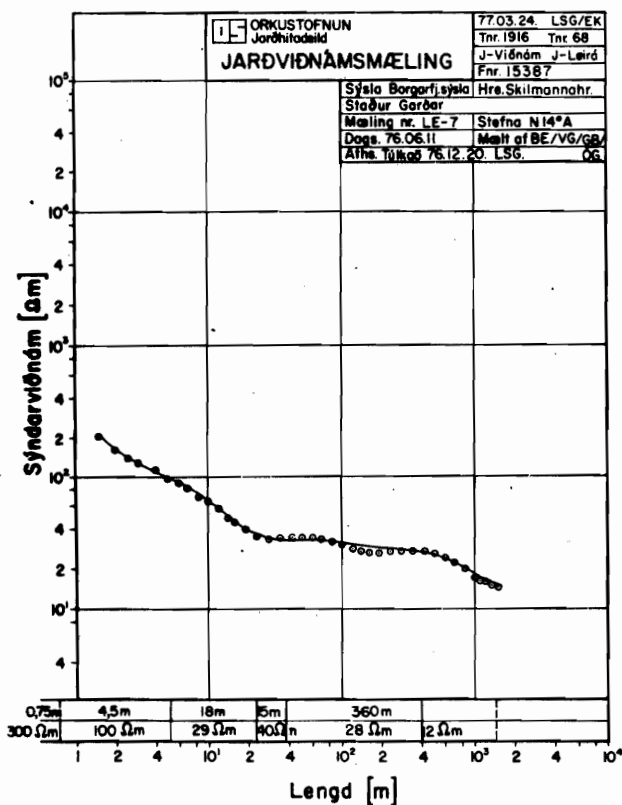
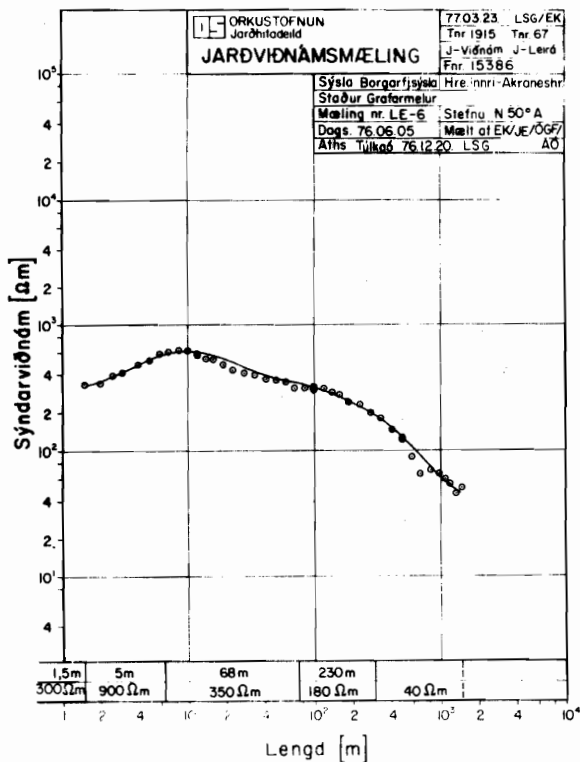
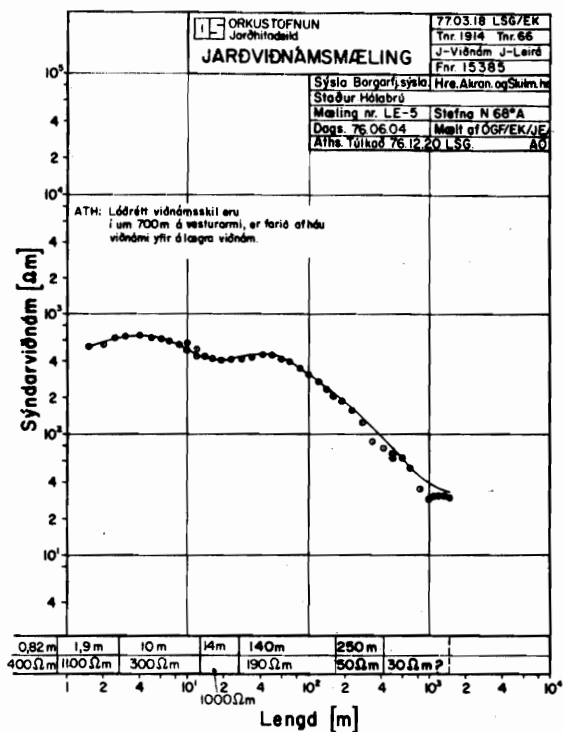
Staðsetning tvíþólmælinga við Leirá og Akranes sumarið 1976.

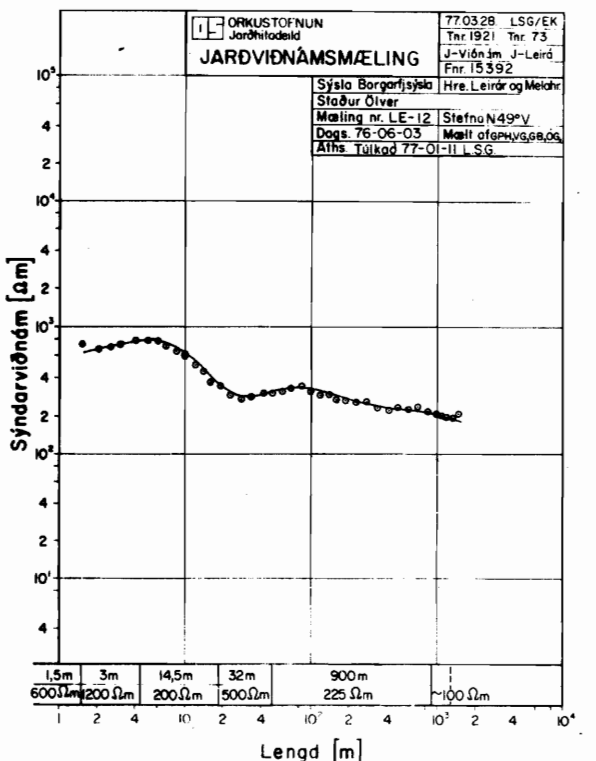
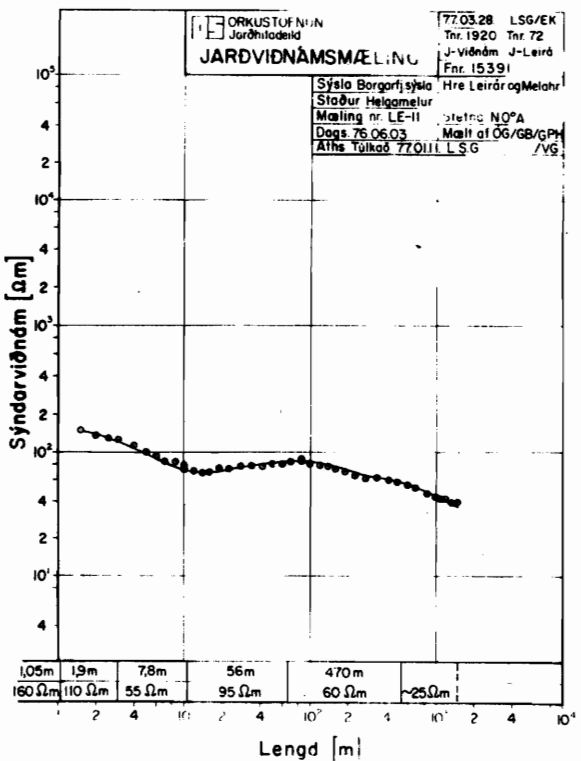
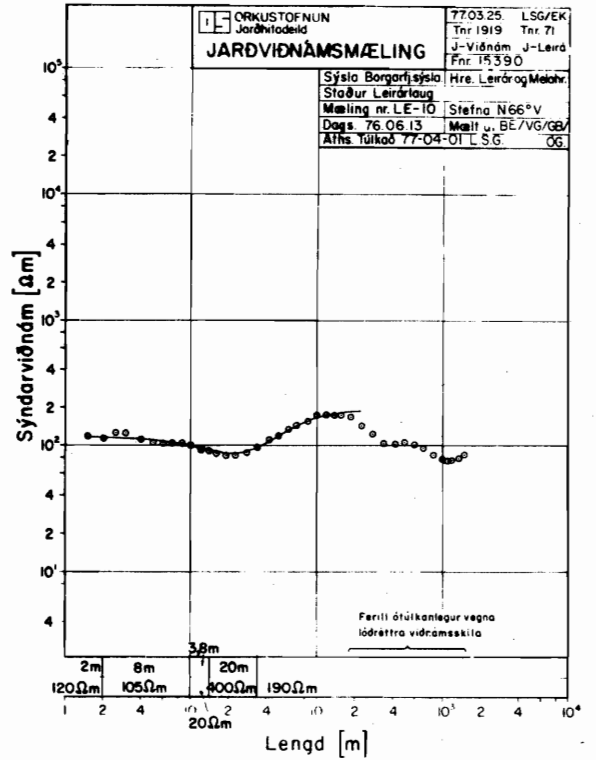
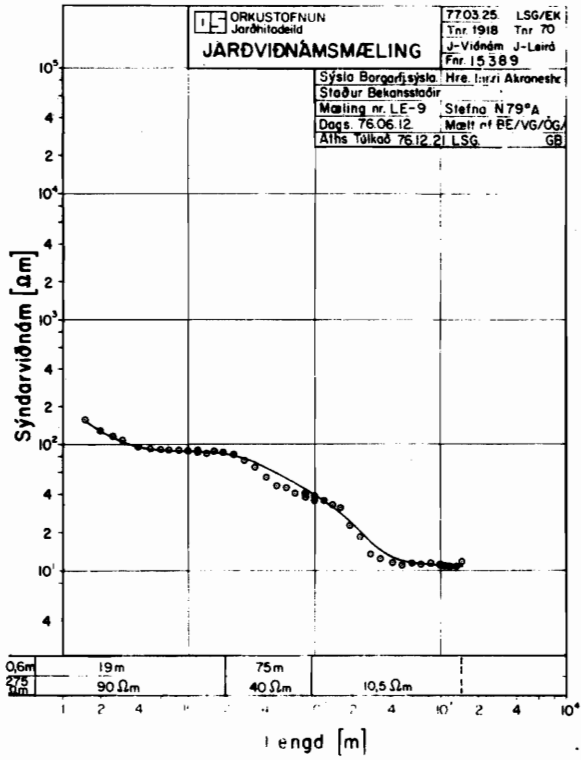
Heiti	Breidd	Lengd	Stefna	Lengd (m)	Staðarlýsing
T-7601	45,20	58,40	270°Rv	4000	Leirá við Leirárlaug.
T-7602	45,20	58,40	90°Rv	3500	Leirá við Leirárlaug.
T-7639	43,15	55,95	7°Rv	4500	Geldingaá.
T-7640	37,20	61,85	224°Rv	5000	Grundartangi.

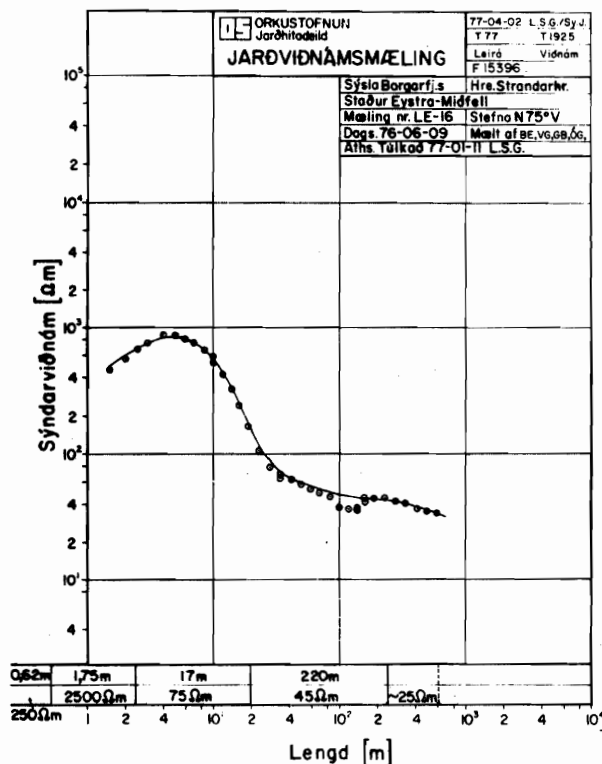
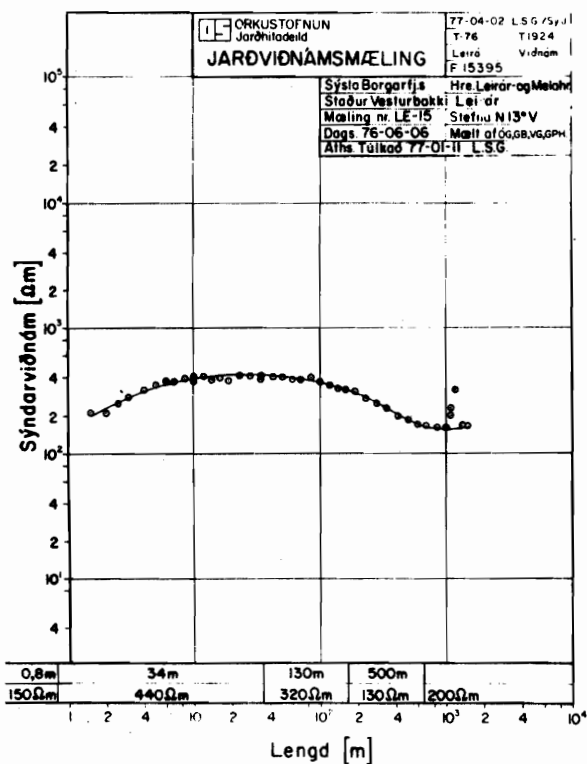
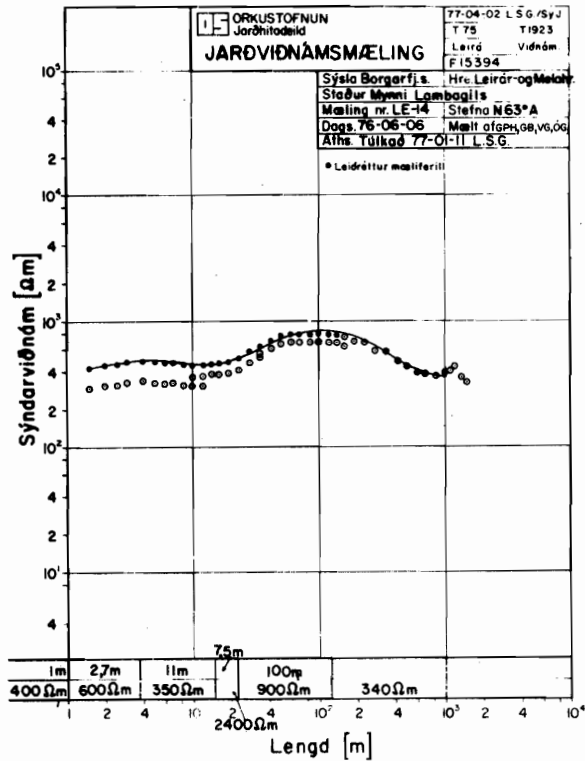
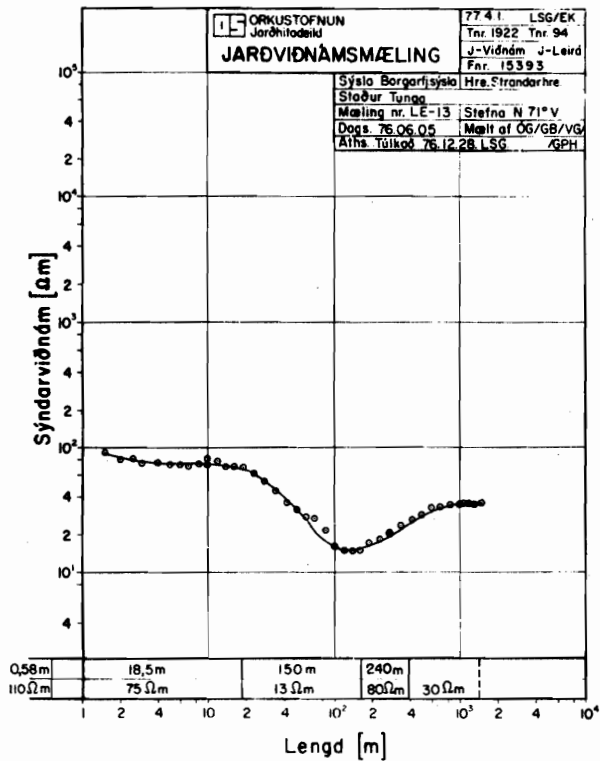


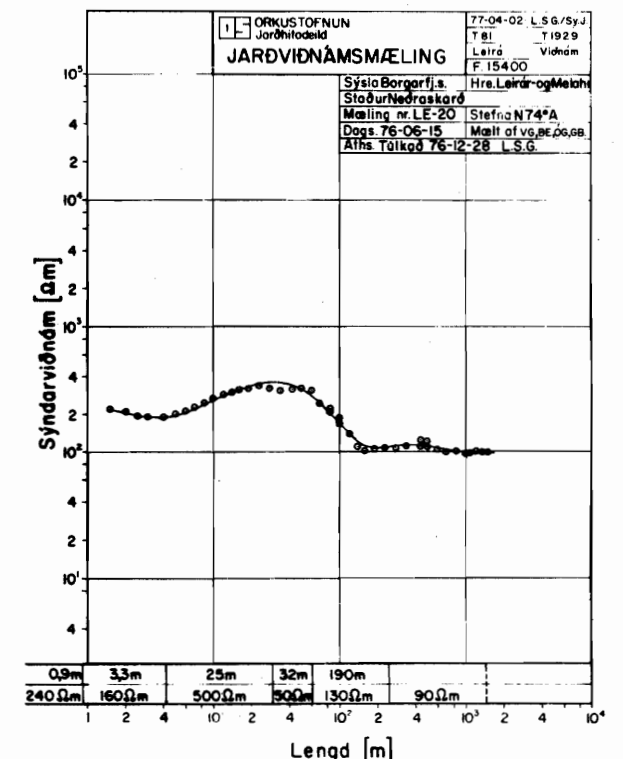
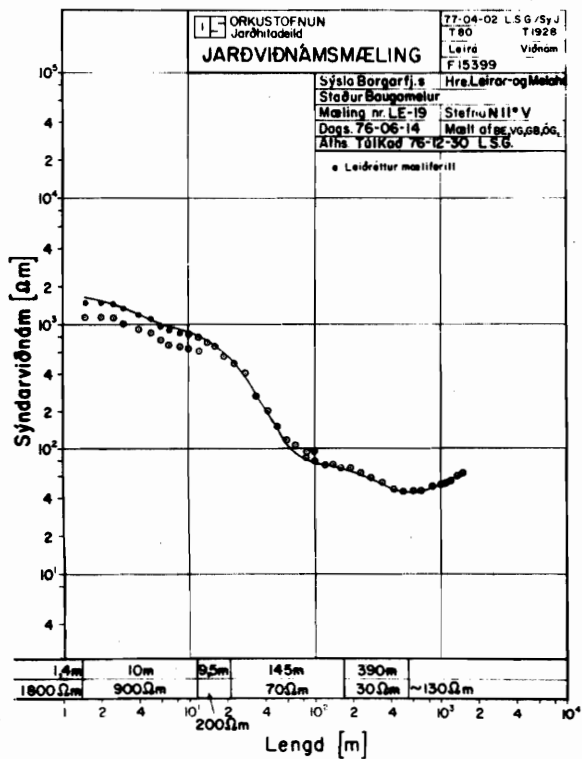
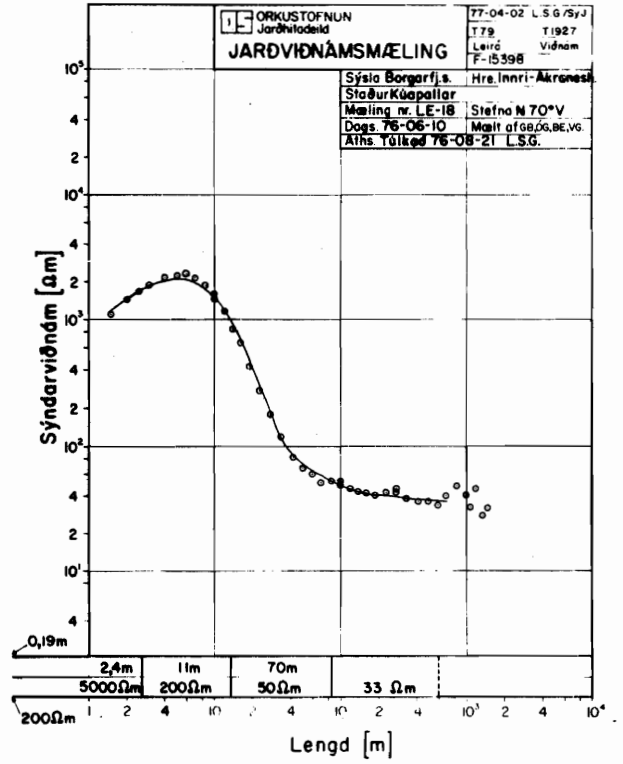
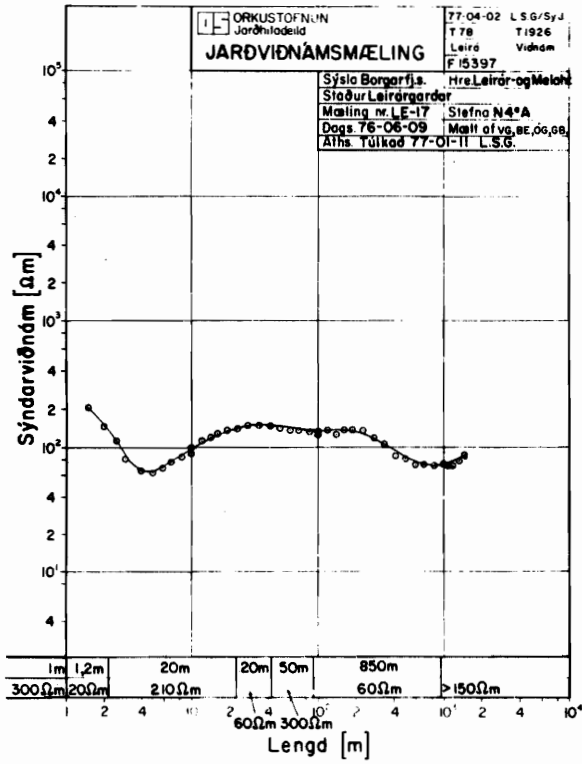


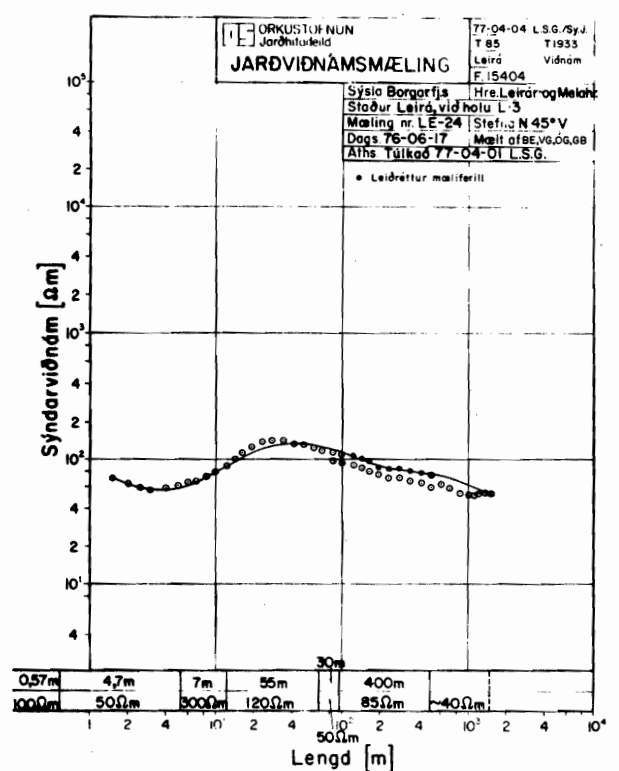
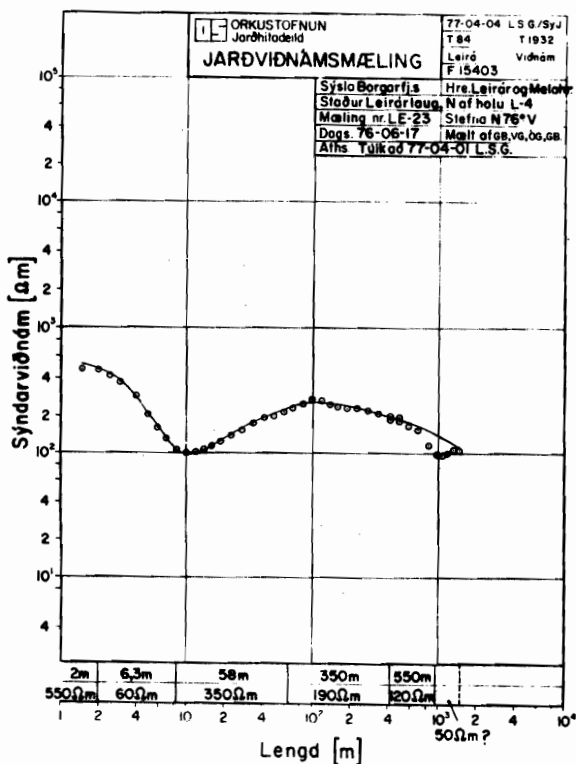
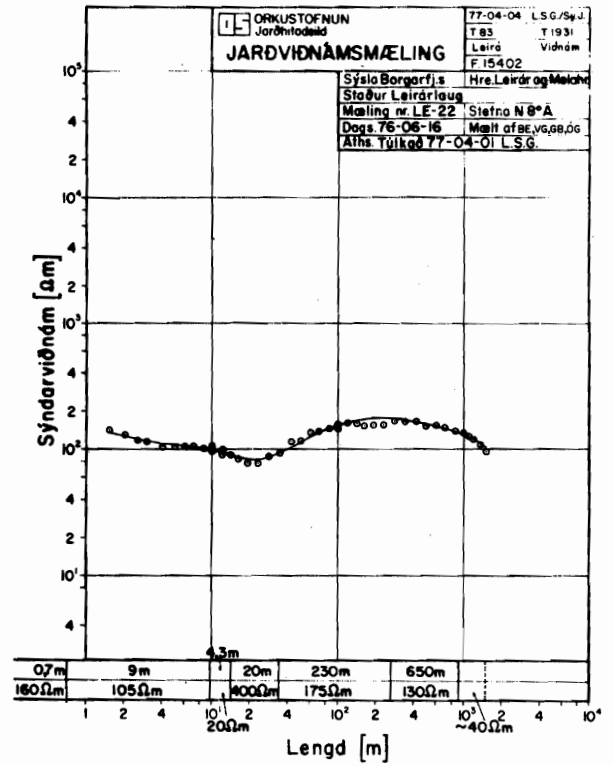
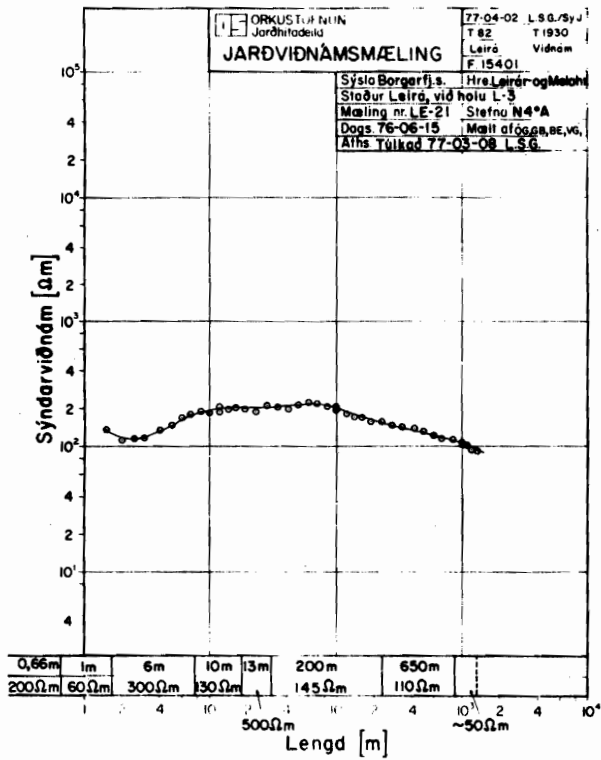


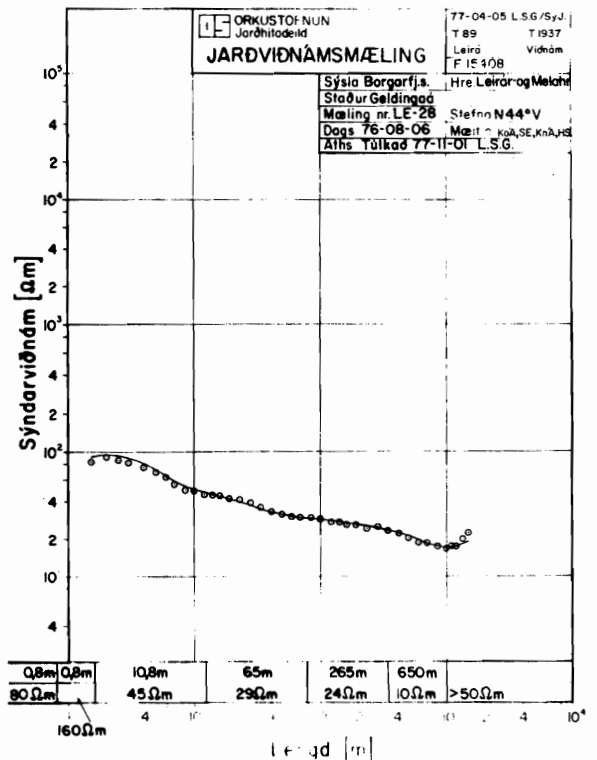
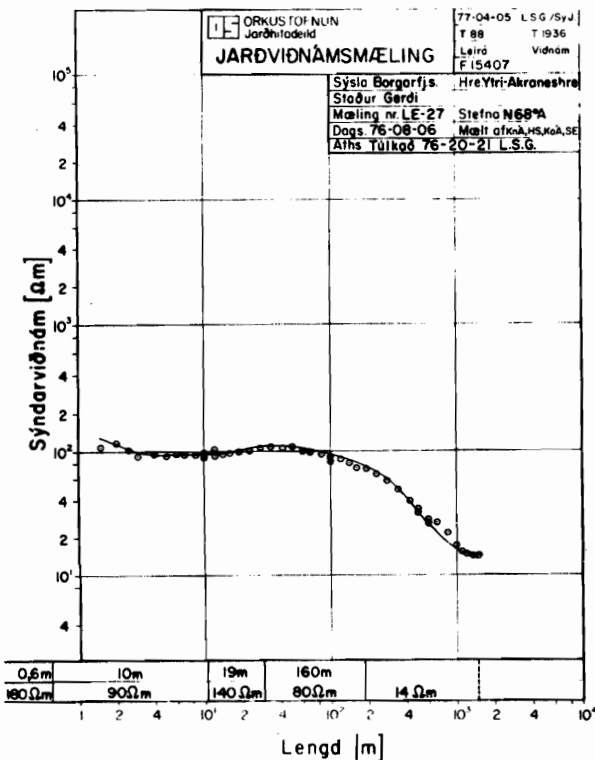
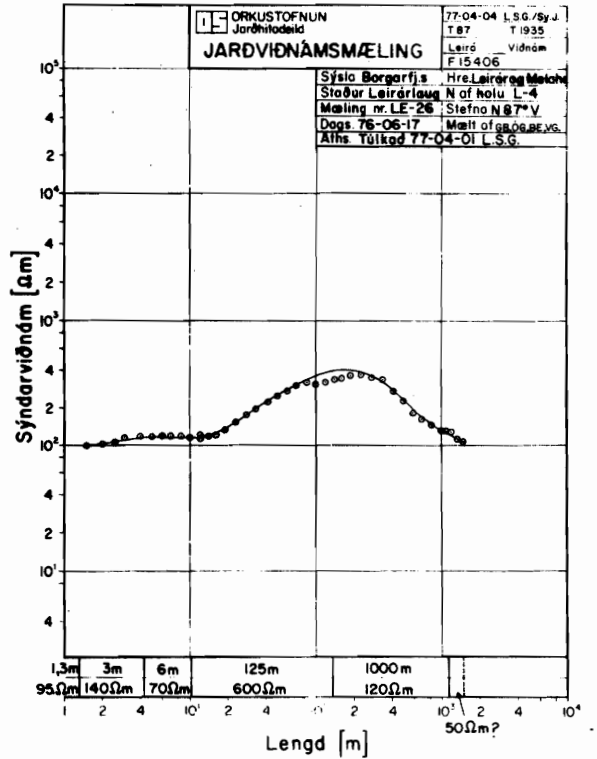
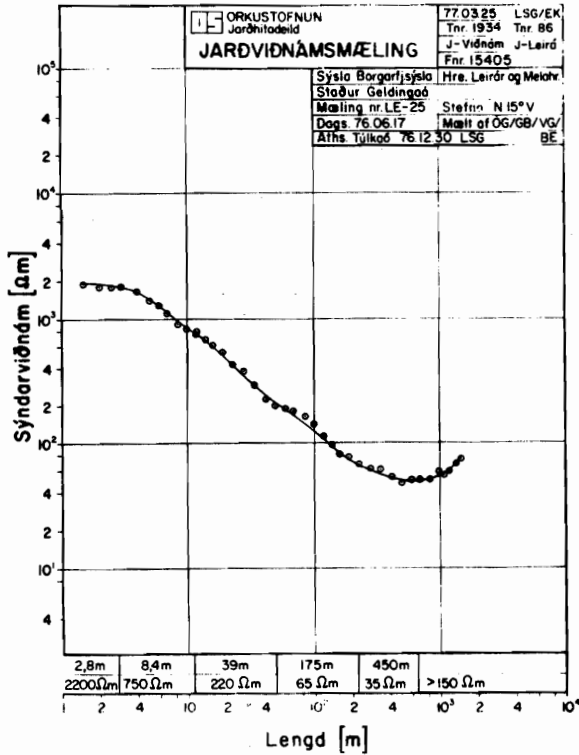


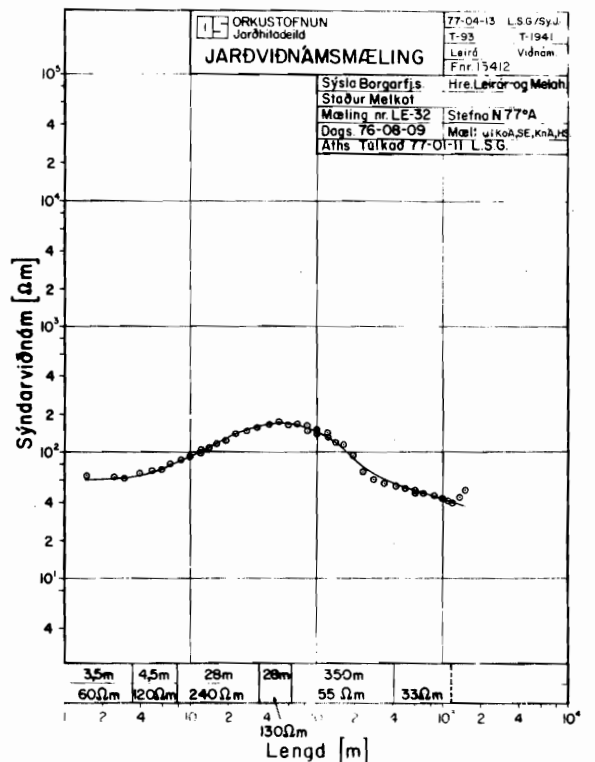
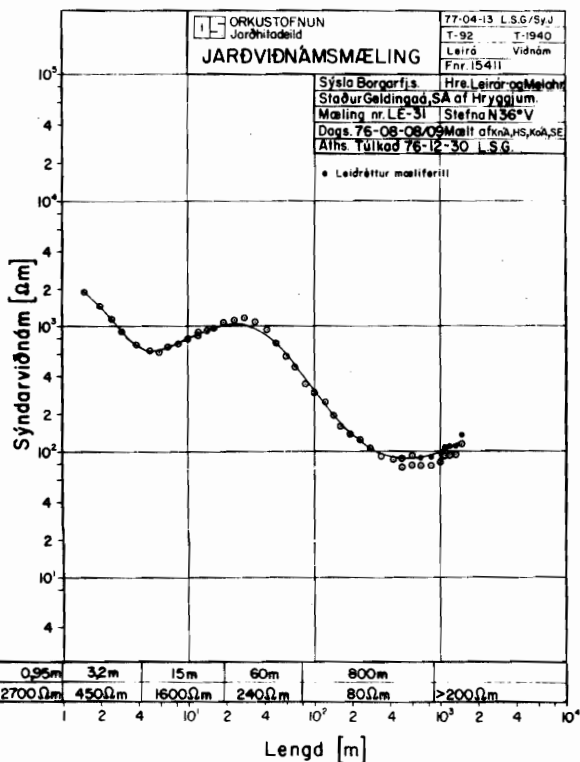
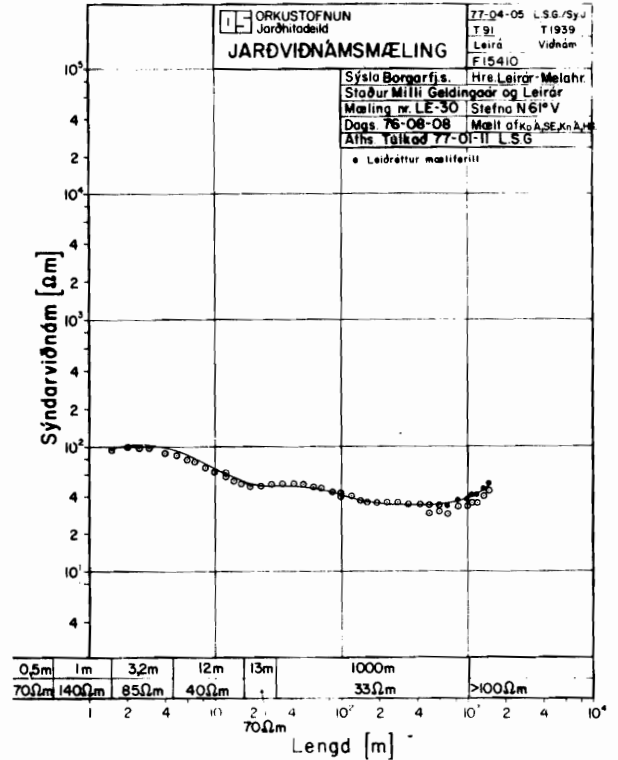
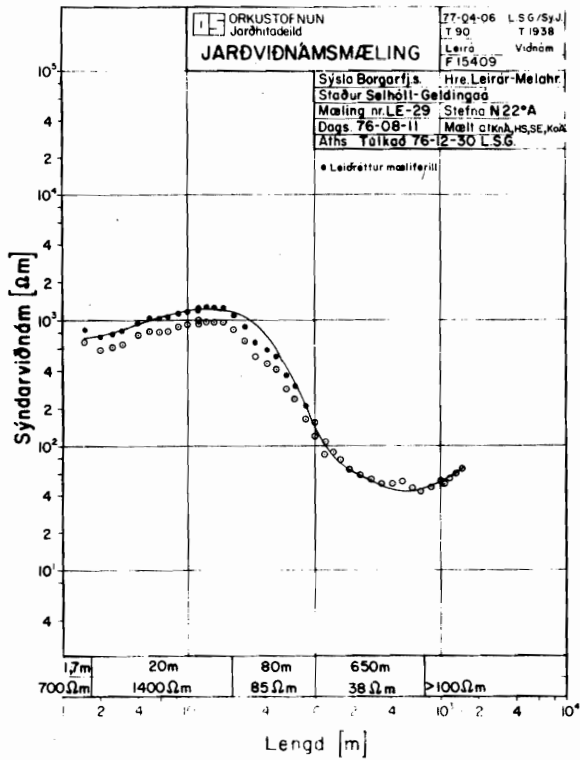


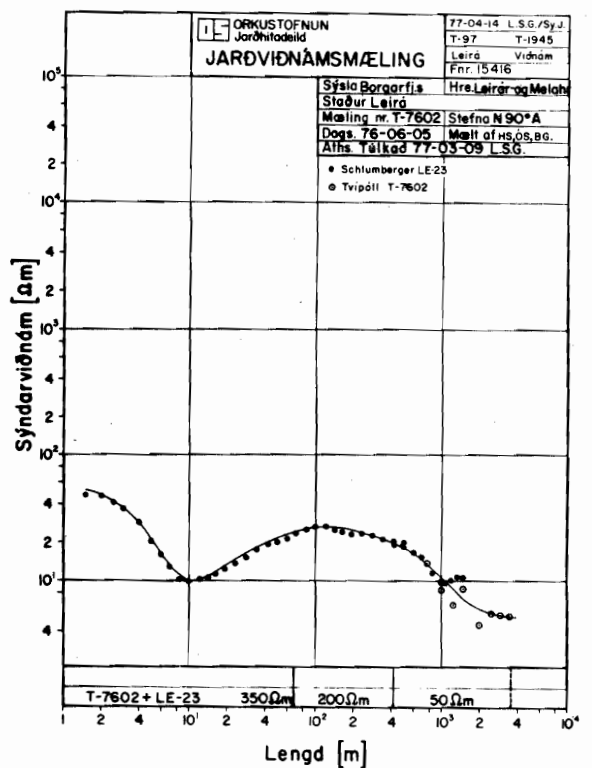
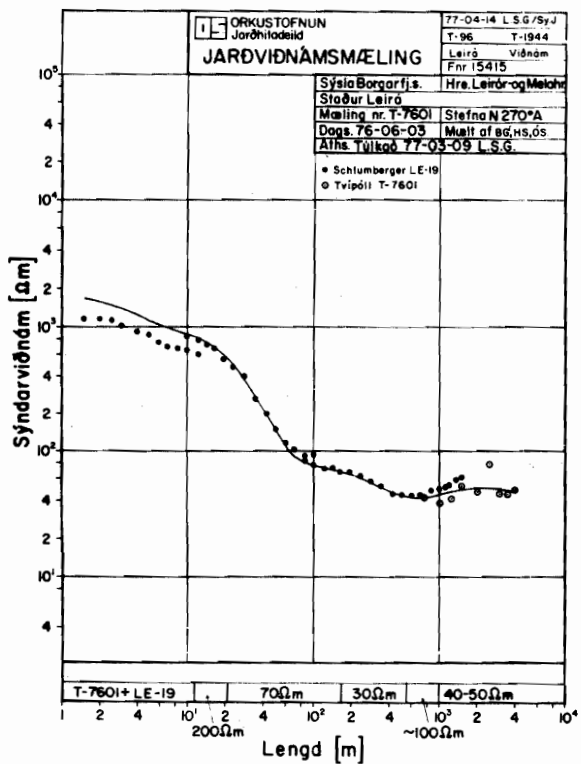
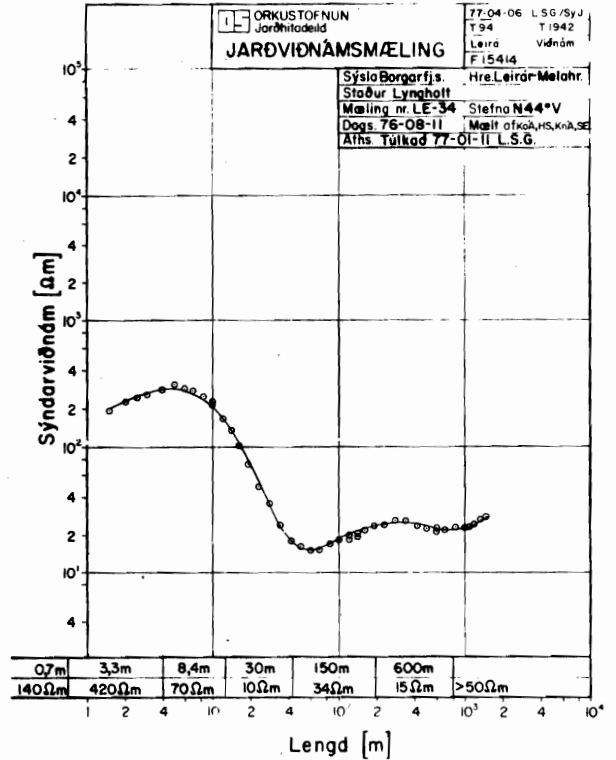
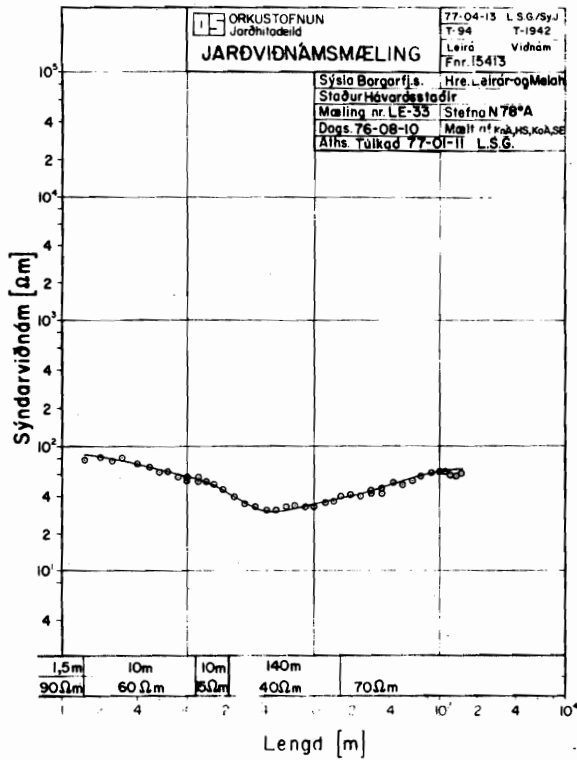


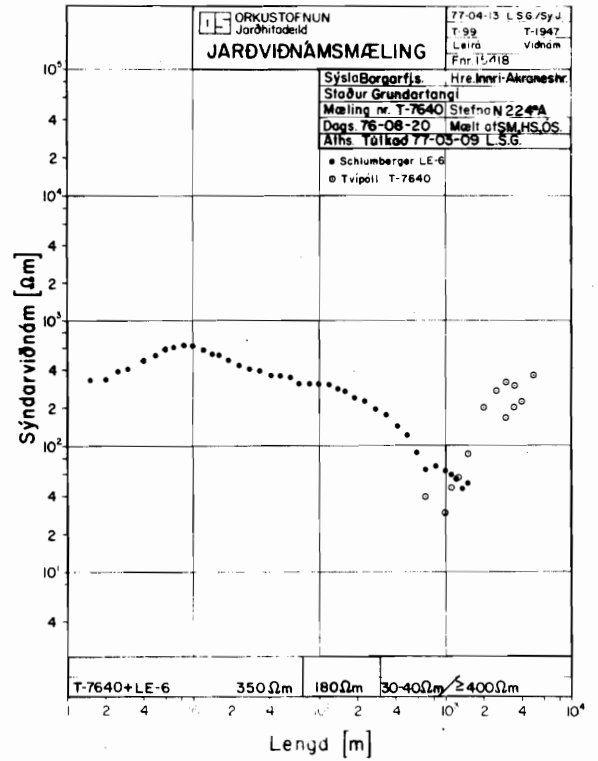
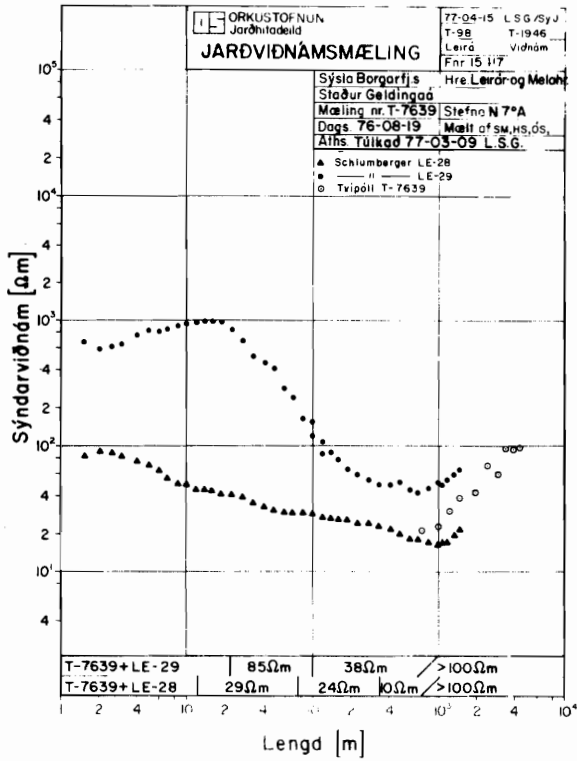












Mynd 2.1



- SKÝRINGAR
- Póleít
 - Ólivín póleít
 - Dílótt basalt
 - Basalt breksía
 - Andesít (hraun og breksía)
 - Líparít (hraun og túff)
 - Gabbró og dólerít innkot
 - Framhlaup
 - Líparít innkot
 - Misgengi
 - Hitaskellur
 - Hallandi basaltgangur
 - Basaltgangur
 - Jarðlagahalli
 - Enginn jarðlagahalli

0 2 4 km
1:50000

ORKUSTOFNUN		
Jarðfræðikort af Skarðsheiði, Leirársveit og Akranesi		
76.II.II. HF/AES/SL	T. 57	F. 14878
	Leirá	

22°65'

22°55'

22°45'

64°30'

64°25'

64°20'