



ORKUSTOFNUN
JARÐHITAEILD

JARÐHITASVÆÐIÐ VIÐ KRÖFLU
ÁFANGASKÝRSLA UM
JARÐEÐLISFRÆÐILEGAR RANNSÓKNIR 1976-1978

Ragna Karlsdóttir
Gunnar Johnsen
Axel Björnsson
Ómar Sigurðsson
Egill Hauksson

JARÐHITASVÆÐIÐ VIÐ KRÖFLU
ÁFANGASKÝRSLA UM
JARÐEÐLISFRÆÐILEGAR RANNSÓKNIR 1976-1978

Ragna Karlsdóttir
Gunnar Johnsen
Axel Björnsson
Ómar Sigurðsson
Egill Hauksson

<u>EFNISYFIRLIT</u>	Bls.
MYNDASKRÁ	5
VIÐAUKASKRÁ	6
1 INNGANGUR (AB)	7
2 VIÐNÁMSMÆLINGAR (RK)	9
2.1 Eðli viðnámsmælinga	9
2.2 Túlkun viðnámsmælinga	9
2.3 Afmörkun lóðréttra viðnámskila	11
2.4 Líkan	13
2.5 Tvíþólmælingar	14
2.6 Niðurstöður viðnámsmælinga	15
3 MÆLINGAR Í BORHOLUM (ÓS)	16
3.2 Sjálfspennumælingar í borholum	17
3.3 Niðurstöður SP- og viðnámsmælinga í borholum	17
4 SEGULMÆLINGAR (RK)	18
4.1 Mæliaðferð	18
4.2 Segulmælingar í Kröflu	18
5 TITRINGSMÆLINGAR (EH/AB)	20
5.1 Inngangur	20
5.2 Mæliaðferð	20
5.3 Mæliniðurstöður	21
5.4 Niðurstöður	22
6 ÞYNGDARMÆLINGAR (GJ).....	23
6.1 Inngangur	23
6.2 Útreikningar	24
6.3 Mat á óvissu Bouguergilda	25
6.4 Frekari úrvinnsla	28
7 SJÁLFSPENNUMÆLINGAR (AB/RK)	30
7.1 Inngangur	30
7.2 Framkvæmd mælinganna	30
7.3 Helstu niðurstöður	31

8	HELSTU NIÐURSTÖÐUR (RK/AB)	33
9	FRAMHALD RANNSÓKNA (RK)	35
	1. Rafleiðnimælingar	35
	2. Strúktúrrannsóknir	36

MYNDIR

VIÐAUKAR

MYNDASKRÁ

nr.	Fnr.	Heiti
2.1	17411	Viðnámsmælingar, Schlumberger, Skýringarmynd
2.2	16868	Staðsetning viðnámsmælinga á Námafjalls- og Kröflusvæði
2.3	16163	Gróf tengsl milli helstu bergmyndana sem borholur KG8 - KW1 skera.
2.4	17439	Viðnámslíkan af Kröflusvæði
2.5	16017	Jarðlagasnið gegnum borholu KJ6, KW1, KG3, KJ7, KG5 og KW2
2.6	16861	Viðnámsvæði innan Kröfluöskjunnar, ákvörðuð af viðnámsmælingum
2.7	17865	Viðnám á 600 metra dýpi
2.8	17512	Krafla, tvípólmælingar
3.1	16020	Uppsetning til viðnámsmælinga í borholum
3.2	17147	Krafla, hola KJ9, Einfaldað viðnámsnið
3.3	17146	Krafla, hola KG10, Einfaldað viðnámsnið
3.4	17145	Krafla, Hola KJ11, Einfaldað viðnámsnið
4.1	9706	Námafjall-Krafla, Flugsegulkort
4.2	17436	Krafla, Segulmælingar 1977
4.3	17454	Krafla-Segulkort. Einfölduð heildarmynd
4.4	17454	Krafla-Segulkort
4.5	17454	Krafla-Segulkort
4.6	17454	Krafla-Segulkort
4.7	17454	Krafla-Segulkort
4.8	17454	Krafla-Segulkort
4.9	17454	Krafla-Segulkort
5.1	17666	Krafla-Titringsmæling
5.2	17667	Krafla-Titringsmæling
5.3	17668	Krafla-Titringsmæling
5.4	17669	Krafla-Titringsmæling
5.5	17670	Krafla-Titringsmæling
5.6	17671	Krafla-Titringsmæling

nr.	Fnr.	Heiti
6.1	16839	Bouguer þyngdarkort af Kröflusvæði í mgal.
6.2	16838	Residual þyngdarkort af Kröflusvæði í mgal.
7.1	17720	Krafla, Titrings- og Sjálfspennumælingar
7.2		Sjálfspennumælingar, Hrafninnuhryggur-Leirhnjúkur

VIÐAUKASKRÁ

1. Viðnámsferlar og túlkun þeirra
2. Viðnámsmælingar í borholum
3. Segullínur
4. Þyngdarmælipunktur

1 INNGANGUR

Í júní 1971 kom út skýrsla á vegum jarðhitadeildar Orkustofnunar: Námafjall-Krafla, áfangaskýrsla um rannsóknir jarðhitasvæðanna. Í þeirri skýrslu birtust niðurstöður yfirborðsrannsókna, sem gerðar höfðu verið vegna fyrirhugaðra virkjunarframkvæmda á þessum slóðum. Sumarið 1971 var bætt við viðnámsmælingum (Schlumbergermælingum) á jarðhitasvæðunum. Voru viðnámsmælingar þá orðnar alls um 60 talsins. Með þessum rannsóknum var litið svo á að forrannsóknum, öðrum en borunum, vegna fyrirhugaðra virkjunarframkvæmda væri lokið á þessum slóðum.

Þrátt fyrir þetta hafa verið gerðar ýmsar frekari jarðeðlisfræðirannsóknir, bæði við Kröflu og á Námafjallssvæði, eftir því sem efni og aðstæður hafa leyft hverju sinni. Tilgangurinn var einkum tvíþættur:

- 1) Gufuöflun fyrir Kröfluvirkjun hefur gengið erfiðlega og í ljós hefur komið að jarðhitakerfið er flóknara en búist var við í upphafi. Var því reynt að bæta þá mynd er þegar hafði fengist af jarðhitasvæðinu og einkum stefnt að því að finna og kortleggja misfellur, sprungur eða önnur jarðfræðileg atriði er hjálpað gæti við að staðsetja borholur með meira öryggi.
- 2) Í annan stað hafa verið reyndar ýmsar nýjar mæliaðferðir í jarðeðlisfræðilegri könnun jarðhita. Slík starfsemi er fastur liður í verkefnum jarðhitadeildar og hér hefur verið lögð nokkur áhersla á þennan þátt og í því sambandi verið höfð samvinna við nokkra erlenda aðila.

Þessi skýrsla var að mestu leyti unnin veturinn 1978-1979, en dráttur hefur orðið á endanlegum frágangi og útgáfu, einkum vegna anna við áframhaldandi rannsóknir við Kröflu. Greint er frá helstu niðurstöðum einstakra þátta jarðeðlisfræðirannsóknanna, en á þessu stigi úrvinnslunnar verður ekki reynt að gera neina heildarmynd af byggingu og eðli jarðhitasvæðisins við Kröflu.

Slíka samantekt verður væntanlega unnt að gera þegar úrvinnslu jarðeðlisfærðilegra rannsókna ársins 1979 er lokið og þær felldar í eina heild ásamt öðrum upplýsingum er liggja fyrir eins og niðurstöðum efnafræðirannsókna og borholumælinga.

2 VIÐNÁMSMÆLINGAR

2.1 Eðli viðnámsmælinga

Viðnámsmæling mælir viðnám jarðlaganna gegn rafstraumi sem fall af dýpi undir mælistað. Hleypt er rafstraumi niður í jörðina gegnum straumskaut S og S¹ (mynd 2.1) og mæld spennan sem myndast við það milli spennuskautanna P og P¹. Viðnám er síðan reiknað samkvæmt ákveðinni líkingu og er háð straum- og spennugildum. Með því að auka sífellt fjarlægðina milli straumskautanna nær straumurinn æ dýpra. Mæliaflestur við hverja stöðu straum- og spennuskauta gefur svonefnt sýndarviðnám (á ákveðnu dýpi). Sýndarviðnámið er einhvers konar samnefnari viðnáms jarðlaga niður á það dýpi, sem straumurinn skynjar. Sýndarviðnám við hvern aflestur er síðan fært á línurit og gefur feril sem sýnir skiptingu jarðlaganna í viðnámslög undir mælistað. Með þessari mæliaðferð (Schlumberger-aðferð) má finna eðlisviðnám jarðarinnar niður á um 1200 metra dýpi með þeirri tækni sem jarðhitadeild ræður yfir. Með annarri röðun rafskauta, tvíþól-aðferð, má finna eðlisviðnám niður á um 6 km dýpi. Við túlkun beggja mælinga er gert ráð fyrir lagaskiptum í viðnámi með dýpi og engum viðnámsbreytingum í lárétta stefnu á því svæði sem hver mæling tekur yfir. Slíkar viðnámsbreytingar eru samt venjulega til staðar. Ef þær eru litlar hafa þær óveruleg áhrif á mæliniðurstöðuna en þó meiri á tvíþólmælingu en Schlumbergermælingu. Því eru tvíþólmælingar oft óáreiðanlegri en Schlumbergermælingar. Báðum þessum aðferðum hefur verið beitt á Kröflusvæði.

Viðnám í bergi er háð ákveðnum breytistærðum. Viðnám í köldu þurru bergi er mjög hátt en lækkar mjög með auknu vatnsinnihaldi bergsins, hækkandi hitastigi vatnsins og seltu.

2.2 Túlkun viðnámsmælinga

Viðnámsmælingar frá árunum 1970 og 1971 eru allar með 900 metra straumarm í ystu stöðu straumskautanna. Þetta þýðir að mælingin skynjar 6-700 metra dýpi. Mælingar frá 1976 eru með 1500-1700 metra straumarm og skynja þar af leiðandi dýpra eða 11-1200 metra dýpi. Elstu mælingarnar, sem birtust í framvinduskýrslunni, júní 1971 (1) eru endurtúlkaðar og skoðaðar með nýrri mælingum í ljósi nýrrar vitneskju og hugmynda um svæðið (sjá mynd 2.2 sem sýnir staðsetningu viðnámsmælinga

við Námafjall og Kröflu). Það sem gerir viðnámsmælingar frá háhitasvæðum erfiðar í túlkun er fyrst og fremst hinn mikli viðnámsmunur einstakra viðnámslaga. Oft eru ung gróðursnauð hraun á yfirborði en undir mjög ummyndað berg. Þurrt kalt hraun getur haft viðnám 10.100-60.000 Ω m en mjög ummyndað, vatnsósa, heitt berg hefur viðnám 2-5 Ω m. Einfaldasta túlkun viðnámsmælingar gerir ráð fyrir lárétttri lagskiptingu viðnámslaga og að hvert lag hafi óendanlega útbreiðslu í láréttum fleti. Það gefur auga leið að mikillar ónákvæmni getur gætt sé slíkri túlkun beitt eingöngu á jafn flókin fyrirbæri og háhitasvæði.

Skil milli viðnámslaga eru einatt mjög óregluleg og því erfitt að gera einfalt líkan af svæðinu. Þegar allar mælingarnar eru skoðaðar sést að mælingar sem gerðar eru á svæði sem afmarkast af Kröflu og Leirbotnum að suðaustan og teygir sig vestur að Hvíthóli hafa nokkra sérstöðu. Það sem einkennir þessar mælingar er lágt viðnám (< 10 Ω m) undir yfirborðslagi og hækun viðnáms í enda mælingar. Þessa viðnámshækkun má skýra þannig:

- a) Sem lárétt viðnámsskil, þar sem viðnám hækkar undir lágviðnámslaginu.
- b) Sem lóðrétt viðnámsskil, þar sem mælimiðja er staðsett yfir lágviðnámsvæði en armur mælingar fer yfir viðnámsskil út yfir herra viðnám.
- c) Sem samspil a og b.

Sé kostur a) valinn kemur í ljós að viðnámslag með mjög háu viðnámi þyrfti til að skýra viðnámshækkunina í enda mælingar. Dýpi niður á háviðnámið er þá 300-500 metrar, og grynnt á það á svæðinu vestur af Víti. Það er því eins og toppur undir miðju virkasta svæðisins. Þegar skoðað er jarðlagasnið úr borholum á Kröflusvæði sést ekkert, sem skýrt gæti viðnámsskil svo ofarlega. Jarðlagasnið úr KG-8-KW-1 (mynd 2.3) sýnir að móbergsmýndanirnar ná niður á 700-800 metra dýpi og þar fyrir neðan tekur við ummyndað basalt með ferskum innskotslögum neðan 1100-1200 metra dýpis. (Mynd 2.3 er úr holubréfi 7). Neðri mörk efra jarðhitakerfisins er á um 1200 metra dýpi í KG-8 og KG-10 (2).

Mælingarnar voru síðan athugaðar með það í huga, að lóðrétt skil yllu þessari viðnámshækkun (skýring b)). Mörkuð er fjarlægð mælimiðju frá slíkum skilum. Kemur þá fram afmarkað svæði sem nær vel út fyrir það

svæði sem sýnir ummyndun á yfirborði. Lögun mæliferlanna sýnir hins vegar að ekki er hægt að skýra viðnámsþækkunina með lóðréttum viðnáms-skilum eingöngu. Viðnámsþækkunin í enda mælingar er meiri en svo að lóðrétt viðnámskil ein gætu skýrt hana. Trúleggra er að við nám þækki einnig með dýpi þannig að um samspil a) og b) sé að ræða.

Hægt er að skýra viðnámsþækkunina í mæliferlunum sem samspil lóðréttra og láréttra skila (skýring c)). Samkvæmt því eru mælingarnar yfir lágviðnámssvæði (ummyndunarsvæði) sem afmarkast af lóðréttum skilum á allar hliðar og láréttum skilum á 800-1000 metra dýpi. Sjá mynd 2.4 af líkani. Innan lágviðnámssvæðisins er viðnámið 1-10 Ω m. Við syðri skilin þækkar viðnámið í um 30 Ω m utan svæðisins, við þau nyrðri þækkar viðnámið í 50-100 Ω m. Viðnámið neðar 800-1000 metra dýpis er 100 Ω m. Viðnámsmælingar í borholum á Kröflusvæði sýna viðnámsþækkun með dýpi. Skilin eru ekki skörp en við nám þækkar á um 1000 metra dýpi í KJ11 og á um 1200 metra dýpi í KG10 (sjá síðar um við nám í borholum). Ef skoðað er ummyndunarsnið af Kröflusvæði á mynd 2.5 (gegnum KJ6 - KW1 - KG3 - KJ7 - KW2) frá norðri til suðurs, sést að hola KJ6 sker sig mjög úr. Ummyndunargættir minna í KJ6 og er hún eina hola sem er utan ummyndunarsvæðisins í viðnámslíkaninu (3). Í jarðlagasniði kemur fram misræmi milli KJ6 og annarra hola og er það skýrt þar sem 300 metra misgengi.

2.3 Afmörkun lóðréttra viðnámskila

Suðurjaðar svæðisins er allvel markaður sjá mynd 2.6. Mælingar innan lágviðnámssvæðisins sem ná með syðri straumarm yfir mörkin eru:

Heiti mælingar	Fjarlægð mælimiðju í lóðrétt skil	Dýpi á lárétt skil
KR24	400 og 200 m	
KR59	400 m	800 m
KR61	280 m	800 m
KR62	600 m	800 m
KR72	500 m	1000 m
KR77	700 m	1000 m

Ferlar mælinga sunnan markanna hafa lögun sem bendir til lóðréttrar við-
námsskila, þar sem mælimiðja er yfir "háu" viðnámi en straumarmur nær
út yfir lægra viðnám. Mælingarnar eru:

Heiti mælingar	Fjarlægð mælimiðju í lóðrétt skil
KR20	190 m eða 300 m
KR41	750 m
KR63	1000 m og 280 m
KR70	270 m og 1200 m
KR73	420 m og 1000 m

Lögun mæliferla KR63, KR70 og KR73 má túlka þannig að báðir straumarmar
fari út yfir lóðrétt viðnámsskil. Fjarlægð mælimiðju í skilin
í aðra áttina fellur saman við áður nefnd mörk ummyndunar svæðisins
(nyrðri armur mælinganna). Fjarlægðin í skil á syðri armi fellur saman
við kalt ummyndunarsvæði sem sést á yfirborði í Hvíthólsklifi. Annað lítið
lágviðnámssvæði virðist vera í dalverpinu milli Sandabotnafjalls og Hala-
skógafjalla.

Norðurjaðar svæðisins markast þannig:

Heiti mælingar	Fjarlægð í lóð- rétt skil	Dýpi á lárétt skil
KR11	500 m	-
KR22	360 m	-
KR65	600 m	800 m
KR66	750 m	1000 m
KR67	500 m	1000 m
KR69	(700) og (1500)	-
KR75	850	1000 m

sem hafa mælimiðju innan svæðisins og

KR38 750 m

KR39 (600 m)

KR58 500 m

sem hafa mælimiðju utan svæðisins.

Lágviðnámssvæðið virðist síðan teygja sig til suðausturs í suðurhlíðum Kröflu svo og til norðvesturs vestur fyrir Hvíthól. Svæðið er þannig aflangt að lögun og er langásinn þvert á stefnu (misgengja) sprungu-sveimsins.

Þetta lágviðnámssvæði sem afmarkast af lóðréttum viðnámsskilum fellur mjög vel saman við ummyndun á yfirborði. Kemur þetta fram bæði á aðal-lágviðnámssvæðinu milli Hrafninnuhryggs og litla Leirhnjúks en einnig við litlu lágviðnámsblettina við suðurjaðar Kröfluöskjunnar.

2.4 Líkan

Við þessa túlkun er gerð mjög einfölduð mynd af svæðinu. Hið einfald-aða líkan gerir ráð fyrir afmörkuðu lágviðnámssvæði eða strompi og tals-vert herra viðnámi umhverfis. Eins og áður er sagt, eru lóðréttu við-námsskilin skörp í suðurjaðri svæðisins í Leirbotnum. Mælingar eru þar þéttar og skilin vel ákvörðuð. Á norðurjaðri svæðisins eru skilin mjög óregluleg. Misgengi og brot skera norðurjaðarinn þar sem hann er ákvarð-aður af viðnámsmælingunum. Þau eru virk og svæðið því opnara og við-námsskilin þar af leiðandi ekki eins skörp. Lóðréttu viðnámsskilin í Leirbotnum eru austan við misgengjasveiminn.

Líkanið gerir ráð fyrir lægra viðnámi en 10 Ω m undir yfirborðslagi á lágviðnámssvæðinu (sjá mynd 2.7 sem sýnir viðnám á 600 metra dýpi á Kröflusvæði). Nú sýna mælingar að viðnám er breytilegt innan svæðisins. Lægst er það í Leirbotnum 1-2 Ω m og við Leirhnjúk 1-2 Ω m. Viðnám sunnan við Víti er um 3 Ω m. Svæðið milli Vítis og Leirhnjúks hefur herra við-nám eða 7-9 Ω m. Þannig sést að lágviðnámssvæðið er alls ekki samkennt (homogen). Lægsta viðnámið er þar sem mikið gufuúttstreymi er á yfir-borði. Þetta bendir því til að mest uppstreymi jarðhita sé við Leir-hnjúk annars vegar og á svæðinu frá Víti suður í Leirbotna hins vegar. Athuganir á borholusvæðinu leiða líkur að því að uppstreymi "neðra jarð-hitakerfisins" sé nálægt Hveragili (Leirbotnum) og það tengist "efra kerfinu" þar. Þannig sé "efra kerfið" afrennsli "neðra kerfisins" (4).

Viðnámið utan lágviðnámssvæðisins er heldur ekki samkennt í næsta ná-grenni svæðisins. Þannig er viðnámið til norðurs og norðausturs all-miklu herra en til suðurs. Viðnámið norðan við er 50-80 Ω m og fer hækkandi til austurs og austan við svæðið. Viðnámið sunnan við er 20-30 Ω m á beltí í stefnu frá Kröflu suður í átt að Námafjalli. Sam-

felld lágviðnámsbelti ~ 30 Ωm nær því á milli Námafjalls og Kröflu með afmörkuðu lágviðnámi (strompum) á báðum svæðunum. Athyglisvert er hvernig lágviðnámsvæðið teygir sig í norðvestur og suðaustur. Það er aflangt með langás þvert á sprungustefnu. Lausleg frumtúlkun á Námafjallssvæðinu bendir til sams konar fyrirbæris þar. Flugsegulkort, sem nær yfir Námafjalls- og Kröflusvæðið og gert var 1970, sýnir segul-lægð yfir háhitasvæðunum sjálfum svo og stærri lægð, sem teygir sig norðvestur og suðaustur frá Kröflu. Eftir eldsumbrotin í desember 1975, kom fram misgengi í suðurhlíðum Kröflu með sömu norðvestur/suðaustur stefnu. Stefnu þessa má einnig greina í þyngdarkorti af svæðinu (sjá mynd 6.1 og 6.2). Þetta gefur óneitanlega vísbendingu um að undir háhitasvæðinu við Kröflu sé eitthvert fyrirbæri í jarðskorpunni með þessa stefnu.

Auk þessara samfelldu lágviðnámslaga sem að framan greinir kemur fram lágt viðnámi í fáeinum einstökum mælingum.

KR18 sýnir 20 Ωm viðnámslag á 150-250 metra dýpi.

KR37 sýnir 30 Ωm viðnámslag á 70-650 metra dýpi.

KR51 sýnir 25 Ωm viðnámslag á 40-400 metra dýpi.

KR18 og KR37 eru báðar rétt við öskjurimann, KR18 norðan af Hlíðarfjalli og KR37 austur af Kröflu. KR51 er austur af Kröflu um 1 km austan við öskjurimann.

Allar viðnámsmælingar á Kröflusvæðinu og túlkun þeirra eru sýndar í viðauka 1.

2.5 Tvípólmælingar

Árið 1976 voru gerðar fimm tvípólmælingar á og nálægt háhitasvæðinu við Kröflu (sjá mynd 2.8). Í öllum mælingunum eru straumskaut innan lágviðnámsvæðisins. Nota má tvípólmælingar sem framlengingu á Schlumbergermælingum. Í viðauka 2 eru tvípólmælingarnar sýndar ásamt Schlumbergermælingum er liggja í stefnu tvípólmælingarinnar og hafa miðju nálægt straumarmi hennar. Tvípólmælingarnar styrkja þá skoðun að lárétt viðnámskil séu á 500-1000 m dýpi og herra viðnámi þar fyrir neðan. Þetta eru skilin sem sett eru á 800-1000 metra dýpi í líkani. Samkvæmt jarðlagasniði, úr borholum KG8-KW1 (mynd 2.3) er móbergsmýndun efst eða niður á 700-800 metra dýpi. Þar tekur við basaltmýndun sem nær niður á 1100-1200 metra dýpi en þar fyrir neðan er innskotamyndun.

Mikillar ummyndunar gætir bæði í móbergs- og basaltmynduninni og því ekki líklegt að viðnámsmælingar skynji skil þar á milli. Innskotin eru hins vegar fersk og hafa því mun herra viðnám en ummyndað berg. Þegar þeirra fer að gæta að einhverju ráði á 1100-1220 metra dýpi hækkar viðnám og því er trúlegt að það séu láréttu viðnámsskilin, sem framkoma í viðnámsmælingum.

2.6 Niðurstöður viðnámsmælinga

Samkvæmt þeirri túlkun, er lýst er hér á undan eru helstu niðurstöður viðnámsmælinga þessar: Fundist hefur vel afmarkað lágviðnámssvæði innan Kröfluöskjunnar. Svæðið er um 7 km² að stærð á yfirborði og nær niður á 800-1000 metra dýpi. Viðnámshækkunin á 1100-1200 metra dýpi er vegna aukins þéttleika ferskra innskotslaga. Auk þessa afmarkaða lágviðnámssvæðis koma fram lágviðnámsblettir í Hvíthólsklifi, en þar sést einnig ummyndun á yfirborði. Einnig kemur fram óeðlilega lágt viðnám í nokkrum mælingum og er það sjálfsagt tengt ummyndun við öskjurimann (sjá mynd 2.7). Lágviðnámssvæðið fellur vel saman við ummyndun á yfirborði.

Það lágviðnámssvæði sem hér hefur verið lýst nær niður á 800-1000 m dýpi. Það er því trúlega eins konar kortlagning af svokölluðu efra jarðhitakerfi í Kröflu (2.4).

Heimildir við viðnámskafla.

1. Kristján Sæmundsson og fleiri, 1971, Námafjall-Krafla, áfangaskýrsla um rannsókn jarðhitasvæðanna. OSJHD.
2. Valgarður Stefánsson, Hrefna Kristmannsdóttir og Gestur Gíslason, 1977, Holubréf nr. 7.
3. Valgarður Stefánsson, Hrefna Kristmannsdóttir og Gestur Gíslason, 1977, Bráðabirgðaskýrsla um stöðu rannsókna við Kröflu. Óbirt handrit.
4. Benedikt Steingrímsson og Valgarður Stefánsson, 1978, Holubréf nr. 9.

3.1 Viðnámsmælingar í borholum

Aðferðum sem beitt er við viðnámsmælingar í borholum svipar til þeirra aðferða sem notaðar eru á yfirborði jarðar og um þær gilda sömu lögmál. Aðferðin við viðnámsmælingar í borholum er sú að viðnám er mælt á hverjum stað í holunni þannig að samfelldur viðnámsferill fæst fyrir hana. Til þess er notuð einföld fjögurra rafskauta uppstilling sem sýnd er á mynd 3.1. Straumskaut eru tvö og er annað þeirra A neðst í viðnámstækinu en kápa mælivírsins, sem er úr margþættum stálvír, er notuð sem hitt skautið (B). Spennan er mæld milli spennuskautanna M og N og er skautið M uppi á yfirborði, en N er á viðnámstækinu í fjarlægðinni a frá straumskautinu A. Sýnt hefur verið fram á að þar sem fjarlægðin a er miklu minni en fjarlægðir milli annarra rafskauta, er aflestur tækisins aðallega háður viðnámi bergsins í næsta nágrenni við viðnámstækið. Aflesturinn eða sýndarviðnámið er því meðalgildi viðnáms bergsins í nágrenni tækisins. Sú fjarlægð sem tækið kannar út fyrir borholuna er af sömu stærðargráðu og fjarlægðin a og breytist hún í öfugu hlutfalli við vídd holunnar. Þegar tækið er í einleitu (homogen) umhverfi verður mælt sýndarviðnám jafnt eðlisviðnámi umhverfisins. Þetta er svo t.d. þegar vídd holunnar er verulega meiri en fjarlægðin a og er þá sýndarviðnámið jafnt eðlisviðnámi vatnsins í holunni. Ef vídd holunnar er hins vegar verulega minni en fjarlægðin a og bergið utan holunnar einleitt, verður sýndarviðnámið jafnt eðlisviðnámi bergsins. Hið fyrrmefnda gerist við skápa í holunni, en hið síðara, þar sem þykkt berglaga er mikil miðað við a. Fyrir utan þessi tvö tilfelli er sýndarviðnámið yfirleitt meðalviðnám og þarf því að taka tillit til holuvíddar og eðlisviðnáms vatnsins til að finna raunverulegt viðnám bergsins utan holunnar.

Viðnámstækið er þannig útbúið 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 tveim mæliferlum felst í því að ferill þegar mælt er a = 16" hefur betri "upplausn", þ.e þunn jarðlög koma þar betur fram en í hinum. Hins vegar gætir þar skiljanlega verulegra áhrifa frá vatninu í holunni. Aftur á móti er sýndarviðnámið þegar mælt er með 64" fjarlægð milli póla nær eðlisviðnámi þegar um er að ræða þykk lög.

3.2 Sjálfspennumælingar í borholum

Sjálfspenna (SP) er mæld samhliða viðnámsmælingum með viðnámstækjum. Eru notuð tvö rafskaut þar sem annað rafskautið er á viðnámstækinu en hitt er fast á yfirborði jarðar. Mældur er spennunur milli vatnsins í borholunni og yfirborðs jarðar.

Breytileg sjálfspenna orsakast af rafstraumum í borholuvökvanum sem koma fram t.d. vegna jónastreymis. Munur á efnasamsetningu borholu-veggja kemur stundum fram í SP-mælingum og einnig er oft hægt að greina vatnsæðar, ef mikið rennur inn í holuna eða út úr henni (streaming potential).

3.3 Niðurstöður SP- og viðnámsmælinga í borholum

Ef litið er á hin einföldu viðnámsnið úr borholunum er ekki hægt með góðu móti að tengja þau beint saman (myndir 3.2, 3.3, 3.4). Í heild sýna sniðin þó svipað hegðunarmynstur þ.e. að ofarlega í holunum er viðnám tiltölulega lágt en lækkar svo verulega á nokkru dýpi. Þessi viðnámsþækkun gerist á mismunandi dýpi í holunum. Í holu KJ-9 verður hún á um 800 m dýpi (mynd 3.2), í KG-10 á rúmlega 1100 m dýpi (mynd 3.3) og í KJ-11 á tæplega 1000 m dýpi (mynd 3.4). Veruleg viðnámslækkun verður svo aftur á tæplega 1700 m dýpi í holu KJ-11. Sambærileg viðnámshegðun verður ekki greind í holu KG-10 enda eru jarðlög þessara tveggja hola mjög ólík neðan 1650 m dýpis. SP-mælingar sýna verulegar lægðir þar sem stærstu vatnsæðarnar opnast í holurnar, en minni vatnsæðar eru ógreinilegar eða koma alls ekki fram.

Hegðunarmynstur viðnámsmælinga í borholum benda þó ótvírætt til að viðnám í bergi sé mun hærri neðan við 1000 m dýpi en ofar. Kemur það vel heim við viðnámsmælingar á yfirborði, auk þess sem skil jarðhitakerfanna eru yfirleitt á þessu dýpi. Svo sem áður er getið er berg neðan við 1000 m dýpi mun fersklegra en ofar, er því eðlilegt að viðnám þar sé að meðaltali hærri en þar sem berg er meira ummyndað.

Nákvæmari lýsing á viðnámi í holum KG8, KG10 og KJ11 er í viðauka 2.

4 SEGULMÆLINGAR

4.1 Mæliaðferð

Í segulmælingum er yfirleitt mælt með róteindasegulumæli sem mælir heildarstyrk sviðsins. Mælingar á jörðu eru gerðar í 2,5-4 metra hæð. Sé nauðsynlegt að gera nákvæmt segulkort af svæðinu, er mælt í neti með um 20 metra milli lína og 5 metra milli aflestrarpunkta í línu. Niðurstöður eru síðan færðar á nákvæmt afstöðukort og janfsegulsviðslíkur dregnar.

4.2 Segulmælingar í Kröflu

Raunvísindastofnun Háskóla Íslands gerði flugsegulkort fyrir Orkustofnun af um 180 km² svæði árið 1970 (mynd 4.1). Kortið nær yfir Námafjall Kröflu og nágrenni og var birt í áfangaskýrslunni frá 1971 en hefur verið endurteiknað hér. Á kortinu sést að vel afmarkaðar segullægðir koma fram við Námafjall og Kröflu. Lægðin er mjög skörp við Námafjall og fellur vel saman við lægð á korti sem gert var eftir mælingar á jörðu niðri á Námafjallssvæði 1975. Ekki er ljóst, hvort ummyndunin orsakar breytingu á segulmögnun bergsins, eða hvort um er að ræða áhrif hins háa hitastigs í berginu.

Sumarið 1977 var hafin gerð nákvæms segulkorts á jörðu af Kröflusvæði. Mælt var í neti eins og áður er lýst. Tilgangur mælinganna var að athuga hvort finna mætti sprungur eða misgengi á þeim svæðum sem líklegust þykja sem vinnslusvæði. Misgengjasveimur með stefnuna nálægt N-S liggur í gegnum Kröflu-öskjuna og er háhitasvæðið austan til í honum. Auk þessara N-S misgengja er að finna misgengi með NA-SA stefnu. Við umbrotin, sem hófust 1975 kom í ljós misgengi í suðurhlíðum Kröflu. Eitt misgengi liggur frá holu KG-3 í stefnu suðaustur hjá holu KW1 og hefur stefnuna N158°A. Annað misgengi er austar og ofar í suðurhlíðum Kröflu og stefnir N122°A. Spurning var, hvort þessi misgengi sæjust með segulmælingum og hvort hægt væri að rekja þau. Segulmælt svæði er sýnt á mynd 4.2 og einfaldað segulkort á mynd 3.4. Nákvæmari segulkort eru sýnd á mynd 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, og 4.8.

Norðurjaðar kortsins nær frá holu KW2 að austan og nálægt beinni stefnu vestur um 300 metra vestur fyrir holu KG8. Að vestanverðu afmarkast kortið af veginum (vegi til Vítis) allt frá afleggjaranum að holu KJ6 og að brekkubrún en þar stækkar kortið til vestur eins og fyrr er sagt.

Að austan afmarkast kortið af gili sem liggur til suðurs, suður af holu KW2, allt suður undir holu KJ7 en þar stækkar kortið til austurs, austur fyrir holu KJ9. Frá holu KG3 og suður að þvergili norðan Sandabotnafjalls hefur kortið verið teygð í austur, í suðurhlíðar Kröflu.

Þegar litið er á lándakort af svæðinu sést að nokkur hæðarmunur er innan segulkortsins. Hæð lands umhverfis holu KJ6 er 460-470 m y.s. en hæð lands á Vítismó milli holu KW2 og KG8 er 530-540 m y.s. Þetta hefur áhrif á segulmælingar og veldur hækkingum lands hækkingu í segulsviði. Sé litið á segulkortið í heild sést að meðalstyrkleiki segulsviðsins (regional-styrkleiki) er hærri uppi á brekku en niðri í dalnum. Er það vegna hæðarmunar. Gert er ráð fyrir að munurinn sé um 1000 gamma (γ). Þannig er meðalstyrkur segulsviðsins 51000-53000 γ nyrst en niðri í dalnum er það 50.000-50.000 γ . Segulsviðið er því talið óeðlilega lágt sé það minna en 50.000 γ í dalnum og minna en 51.000 γ uppi á Vítismó. Óeðlilega lágt segulsvið nær frá holu KG8 suð-austur um borholusvæðið í brekkunni, suður undir holu KJ6 og austur í suðurhlíðar Kröflu eins langt og kortið nær. Á öllu þessu svæði er allmikil ummyndun á yfirborði.

Það sem athygli vekur þegar litið er á segulkortið eru miklar óreglur í segulsviði á afmörkuðu svæði. Þetta eru hæðartoppur í segulsviðinu og segullægðir á milli þeirra. Þetta óreglusvæði er aflengt frá holu KG8 til suð-austurs að holu KW1. Oft kemur nokkuð skýrt og þekkjanlegt merki yfir misgengi. Annað misgengið frá 1975 er inni á óreglusvæðinu og fellur stefna misgengisins saman við stefnu óreglusvæðisins. Hugsanlegt er því að þessi frávik í segulsviðinu á þessum stað stafi af misgengjum eða sprungum með stefnuna NV-SA. Holurnar KW1, KG8 og KJ11 eru allar innan óreglusvæðisins. Hóla KJ6 er ein suðvestan þess, KG5, KJ7, KJ9 og KG10 eru allar norðaustan þess. Niðurstöður svarfgreininga úr borholum benda til þess, að á milli holu KJ6 og hinna holanna sé misgengi. Viðnámsmælingar sýna lóðrétt viðnámskil, en þau liggja 200-250 metrum sunnan við óreglusvæðið.

Í ráði er að halda segulmælingum áfram og athuga hvort þessarar segulóreglu verður vart lengra til norð-vesturs en að Leirhnjúk. Auk þess er ætlunin að segulmæla í suðurhlíðum Kröflu en það svæði kemur mjög til greina til framtíðarvinnslu.

5 TITRINGSMÆLINGAR

5.1 Inngangur

Dagana 21. og 22. júlí 1977 voru gerðar titringsmælingar á borsvæðinu við Kröflu. Slíkar mælingar hafa víða verið gerðar á jarðhitasvæðum erlendis en með misjöfnum árangri. Rétt þótti að reyna þessa aðferð á Kröflusvæði með þeim tækjabúnaði er tiltækur var í landinu.

Tigangur mælinganna var að kanna:

- 1) Hvort eitthvert áberandi mynstur fyndist í styrk eða ríkjandi eigintíðni titrings á svæðinu, sem rekja mætti til takmarkaðra upptaka er tengdust jarðfræðilegri uppbyggingu þess.
- 2) Titring frá borholum í blæstri. Hola KW2 var valin til þessara athugana.

Hér fer á eftir lýsing mæliaðferðar og niðurstöður. Rétt er að benda á að niðurstöður þessar eru frumúrvinnsla frekar ófullkominna gagna. Ef vel ætti að vera þyrfti verulega fullkominari tækjabúnað og stafræna úrvinnslu gagna í tölvu til að fá endanlega úr því skorið hvort titringsmælingar gætu nýst til rannsóknar á Kröflusvæði.

5.2 Mæliaðferð

Titringurinn var mældur með jarðsveiflumælitækjum Orkustofnunar og Raunvísindastofnunar Háskólans. Sex geófonar, 1 st. 2Hz lóðréttur, 2 st. 2Hz láréttir og 3 st. 5Hz lóðréttir voru tengdir inn á 6 rása magnara sem magnar 60 dB fasta mögnun og allt að 60 dB breytilega mögnun. Lágtíðnisiur voru stilltar á 0,1 Hz og hátíðni á óendanlegt sem þýðir hátíðnisiur upp á 6dB/okt við 30 Hz. Merkin frá magnara ásamt sekúndumerki og talrás voru skráð á Philips segulband. Upptakan er FM og hraði er 3 3/4 ips.

Mælipunktur eru merktir inn á kort af svæðinu (7.1). Venjulega var titringur mældur í eina mínútu í hverjum mælipunkti. Þann 21-07-1977 var logn og þoka, en næstu nótt (22-07-1977) var suðaustan strekkingur. Vegna þessa var lokað fyrir holu KW2 sömu nótt og nokkrar mælingar endurtekna til að fá fram áhrif veðurbreytinganna.

Við úrvinnslu af segulbandi var notast við Siemens-skrifara OS og RH. Fyrst var pennamögnun stillt með tíðnigjafa sem gaf 2 Vpp við 10 Hz. Því næst voru 25 sek af upptöku hverrar mælingar spilaðar til að kanna hvernig meðalútslag breyttist milli mælistaða. Síðan voru valdir sex mælistaðir til tíðnigreiningar í þeim tilgangi að finna tíðnisvið borholutitrings. Við tíðnigreiningu var spilað í gegnum tvær bandsíur (Brüel og Kær) sem stilltar voru á 3% síuskala.

Útslag titrings var metið á línuriti.

5.3 Mæliniðurstöður

Mælipunktur eru sýndir á mynd 7.1. Mynd 5.1 og 5.2 sýna meðaltalsútslag titrings í mælipunktum 1 til 18 mælt bæði með lóðréttum og láréttum geófónum. Titringur er mestur við holu KG8 sem blæs inn í hljóðdeyfi. Titringstoppurinn á milli holu KW2 og Vítis á líklega rætur sínar að rekja til lausra yfirborðsjarðlaga. Meðalútslag titrings við holu KW2 (ekki í blæstri) og 1 km NNA af henni er af mjög svipaðri stærð. Breytingar í meðaltalsútslagi frá holu KJ11 að holu KW1 virðast hafa jákvæða fylgni við laus yfirborðsjarðlög. Ekki er neinn marktækur munur á láréttum og lóðréttum titringi eins og sýnt er í línuriti 1 og 2.

Mynd 5.3 sýnir einfaldlega að hola KW2 er svo meinleysislegur titringsgjafi að áhrifin frá holunni eru ekki mælanleg utan við 100 m radíus. Allur mismunur á punkta- og strikálínunum nema við holu KW2, eru áhrif suðaustan strekkings sem gerði aðfaranótt þess 22. júlí. Sú staðreynd að fyrri frávik magnast upp, bendir til að áhrif veðurfars á sjó og land eigi sinn þátt í tilveru þeirra.

Þegar holu KW2 er hleypt í blástur, eykst titringur af tíðni 10 Hz í næsta nágrenni við hana. Blástursstútur verkar líklega sem bassi þannig að orka berst sem hljóðbylgja í lofti að geófónum. Tíðnisviðið sést vel á mynd 4.5. Þar sést einnig að hola KW2 framleiðir hlutfallslega minna af titringi á tíðnibílinu 4 til 8 Hz. Mynd 5.5 sýnir að titringurinn frá holu KG8 er á svipuðu tíðnisviði og úr holu KW2. Tíðnigreining á punkti KG8 gefur til kynna að tíðnibilið 5 til 10 Hz hafi stærra meðalútslag (meiri styrk) innan borsvæðisins en utan þess.

Myndir 5.6 og 5.4 gefa tilefni til að áætla áhrif suðaustan strekkingsins á mæliniðurstöður.

5.4 Niðurstöður

Niðurstöður titringsmælinganna eru:

- 1) Borholutitringur frá holu KW2 í blæstri er frekar lítill og mundi ekki hafa truflandi áhrif á titringsmælingar, nema í næsta nágrenni við holuna.
- 2) Efsti metrinn af yfirborðsjarðlögum og veðurfar skapa titringsanómaliur af svipaðri stærðargráðu og blásturinn í holu KW2.
- 3) Útslag titrings breytist lítið eftir prófíl sem liggur frá holu KW2. og 1 km til NNA.
- 4) Hóla KW2 í blæstri eykur titring innan 100 m radíus. Næst holunni er þessi titringsaukning á tíðnibilinu 10 Hz.
- 5) Titringur er meiri á neðra borsvæði en því efra.
- 6) Engin ríkjandi eigintíðni sem rekja má til annarra upptaka en borholu finnst á svæðinu.

Ekki þykir ráðlegt að gera frekari titringsmælingar með núverandi eða svipuðum tækjabúnaði. Við núverandi aðstæður er ekki mögulegt að rekja ákveðið tíðnibil um svæðið vegna þess að óþskileg tíðnisvið geta mettað upptökutækið. Mikil pappírseyðsla á sér stað við útspilun og við aflestur línurita reynir mjög á eigið mat þess er vinnur úr. Nauðsynlegt er því að breyta um skráningartækni eða vinna verkið í tölvu.

6 ÞYNGDARMÆLINGAR

6.1 Inngangur

Árið 1975 var hafist handa við þyngdarmælingar á jarðhitasvæðinu við Kröflu. Tilgangurinn var að reyna með endurteknum mælingum, að fylgjast með og meta massabreytingar á svæðinu er kynnu að koma fram við nýtingu gufu úr borholum. Vegna jarðhræringanna, er hófust í árslok 1975 og mikilla þyngdarhreyfinga samfara þeim, reyndist þetta ekki unnt, þyngdarmælingar hafa því einkum verið notaðar til þess að fylgjast með jarðhræringunum og einnig hefur verið gert Bouguerkort til þess að fá hugmynd um massadreifingu undir svæðinu.

Við þessar mælingar var notaður LaCoste og Romberg þyngdarmælir, G-445. Mæld þyngdargildi voru tengd landsneti þyngdarmælinga og gerð var hæðarleiðrétting, Bouguerleiðrétting, landslagsleiðrétting, breiddarleiðrétting og leiðrétting vegna flóðs og fjöru fyrir alla punkta.

Endanleg tölvuúrvinnsla liggur ekki enn fyrir, en hér er birt bráða-birgða-þyngdarkort af svæðinu (mynd 6.1) með 1 mgal jafnþyngdarlínunum.

Þyngdarkortið sýnir vaxandi þyngdargildi frá suðri til norðurs í átt að Kröfluöskju. Innan öskjunnar einkennist kortið af óreglum, bæði hæðum og lægðum, en suður af öskjunni eru þyngdarbreytingar mun minni. Þyngdarkortið nær einungis út fyrir öskjuna að sunnan.

Bouguerkortinu samanstendur af tveim hlutum. Annar hlutinn lýsir þyngd á stóru svæði umhverfis Kröflu ("regional gravity trend") en hinn hlutinn lýsir þyngdarfrávikum á Kröflusvæðinu sjálfu ("residual gravity anomaly") (mynd 6.2). Þar sem fullnaðarúrvinnsla er ekki lokið verður ekki gerð tilraun til að skýra þyngdarkortin í þessari skýrslu nema að óverulegu leyti. Í lok þessa kafla er í stuttu máli rætt um hugsanlegar endurbætur og frekari úrvinnsla gagna.

6.2 Útreikningar

Bouguer-þyngdarkortin, sem mynd 6.1 er byggð á, eru fengin með jöfnunni (1,2):

$$g_B = g_M + g_H - g_{H\rho} + g_L - g_N \quad (\text{mgal})$$

Þar sem:

g_M er mælt þyngdargildi leiðrétt fyrir reki (drift), flóði og fjöru og heimfært á íslenska Potsdam kerfið (3). Flóðleiðréttingin byggist á aðferð Longmans (4).

g_H er hæðarleiðrétting fengin með jöfnunni:

$$g_H = 0.3086 \cdot H$$

þar sem H er hæð punktsins yfir sjávarmáli mæld í m. Þessi liður er nefndur "free air" leiðrétting.

$g_{H\rho}$ er leiðrétting vegna þess massa, sem er milli mælipunktsins og sjávarmáls (Bouguerleiðrétting) og fæst með jöfnunni:

$$g_{H\rho} = 0.04191 \cdot H \cdot \rho$$

þar sem ρ er eðlismassi í g/cm^3 . Við útreikning á Kröflusvæðinu var allsstaðar notað gildið $\rho = 2.3 \text{ g/cm}^3$.

g_L er landslagsleiðrétting, það er leiðrétting vegna áhrifa umhverfisins (fjalla, dala o.s.frv.) á þyngdargildið í viðkomandi mælipunkti. Leiðrétt er út í 30 km fjarlægð frá hverjum punkti. Þessi liður er alltaf pósitífur. Við landslagsleiðréttinguna var notuð aðferð eftir P.L. Lukavchenko (1). Eðlismassinn $\rho = 2.3 \text{ g/cm}^3$ var einnig notaður hér.

g_N er leiðrétting vegna mismunandi landfræðilegrar breiddar mælipunkta og fæst með jöfnunni (International Gravity Formula, 1930 (1,2)).

$$g_N = 978.0490 (1 + 0.0052884 \sin^2\phi - 0.0000059 \sin^2\phi^2) \text{ í gal}$$

þar sem ϕ er norðlæg breidd punktsins.

Þessi stærð g_N er nefnd "Normal gravity".

Mynd 6.2 sýnir þyngdarkort með þyngdarbreytingum á sjálfu Kröflusvæðinu (residual gravity anomaly). Þetta kort er fengið með því að draga frá þyngdarkortinu (Bouguer kortinu, í mynd 6.1) þyngdarbreytingar á stóru svæði umhverfis Kröflusvæðið (regional gravity trend). Þar sem tölvu-úrvinnsla liggur ekki fyrir var við gerð þessa frádráttarliðs notað mjög einfaldað línulegt samband:

$$g_{BL} = 18 + 0,5 \cdot y \text{ í mgal}$$

Þar sem y er fjarlægð í km í stefnu norður frá fastri viðmiðunarbreiddargráðu, syðst á mynd 1, til mælipunkts. "Residual": þyngdarkortið fæst þá með

$$g_B - g_{BL}$$

6.3 Mat á óvissu Bouguergilda

Sem áður er lýst eru Bouguergildin fengin úr jöfnunni:

$$g_B = g_M + g_H - g_{H\rho} + g_L - g_N$$

Þannig að óvissa á skráðum Bouguergildum er samanlögð óvissa hinna einstöku liða. Þetta mætti skrifa:

$$\Delta g_B = \Delta g_M + \Delta g_{H\rho} + \Delta g_L + \Delta g_N$$

Hér skal sýnt hvernig meta má heildaróvissuna út frá einstökum þáttum jöfnunnar.

a) Δg_M . Óvissan á mældu gildi, er sú óvissa sem tengd er mælingum með þyngdarmæli, útreikningum á þyngdargildum miðað við nálæga grunnstöð og síðan tenging útreiknaðs þyngdargildis við landsnet (íslenska Potsdamkerfið (1)).

Framleiðendur þyngdarmælisins gefa upp óvissu í stillingu og aflestri sem 1 einingu (um 0,01 mgal). Óvissa í útreikningum er óvissa af völdum

reks (drifts) þyngdarmælisins, óvissa vegna skekkju í flóðaleiðréttingar-töflum (max 0,01 mgal samkv. uppl. Gunnars Þorbergssonar) og óvissa vegna skekkju á skráðum tíma.

Grunnstöð og viðmiðun fyrir daglegar mælingar var ýmist FM-5597 (á virkjunarsvæðinu) eða FM-5276 (á tröppum kirkjunnar við Reynihlíð). Mælt var reglulega milli þessara grunnstöða meðan á mælingum á svæðinu stóð. Eftir 29. apríl 1977 hafa mælingar verið tengdar við FM-5224 á Húsavíkurflugvelli.

Heildaróvissu í mældum gildum, g_M , má því áætla um 0,04 mgal.

b) g_H má skrifa sem:

$$g_H = 0.3086 \cdot H$$

Óvissan í g_H , er því:

$$\Delta g_H = 0.3086 \cdot \Delta g_H$$

Hæð mælipunkta er fengin með tvennu mótí. Annars vegar er hæð fengin frá landmælingum Orkustofnunar og hins vegar er hæð tekin beint af kortum.

Hæð fastmerkja sem fengin eru frá landmælingum OS er gefin upp í metrum með þrem aukastöfum (í mm), en þar sem þyngdarmælingarnar ná yfir mælingar nokkra mánuði sumarið 1977, má gera ráð fyrir um 10-20 cm hæðarbreytingu á mælitíma (og því óvissu í hæð), þ.e.

$$\Delta g_H = 0,03 \text{ til } 0,06 \text{ mgal.}$$

Hæð annarra punkta er lesin beint af kortum af svæðinu í kvarða 1:5000 með 2 m hæðarlínunum. Ætla má að meðalóvissa í hæðarákvörðun sé um 1 m og því er $\Delta g_H = 0,31$ mgal.

c) $g_{H\rho} = 0.04191 \cdot H \cdot \rho$ og því er óvissan í $g_{H\rho}$:

$$\Delta g_H = 0.04191 \cdot (\Delta H \cdot \rho + H \cdot \Delta \rho)$$

Sem áður er $\Delta H = 1$ m og $\rho = 2,3$ g/cm³

þannig að fyrri liður gefur: $\Delta g_H = 0,1$ mgal.

Mun erfiðara er að meta síðari liðinn. Gert hefur verið ráð fyrir við gerð Bouguer kortsins að ρ væri stöðugt yfir allt svæðið:

$$\rho = 2,3 \text{ g/cm}^3$$

Þetta er ekki nógu nákvæmt. Ef gert er ráð fyrir að $\Delta\rho = 0,1$ g/cm³ og tekinn er punktur á virkjunarsvæðinu, $H = 500$ m fæst fyrir síðari liðinn $\Delta g_{H\rho} = 2,1$ mgal.

Heildar óvissa í $g_{H\rho}$ er því:

$$\Delta g_{H\rho} = 0,1 + \text{óvissa vegna } \Delta\rho$$

Þessa óvissu mætti minnka verulega með því að miða hæð ekki við sjávarmál heldur hærri flöt t.d. yfirborð Mývatns.

d) Landslagsleiðréttingar eru unnar eftir aðferð Lukavchenko (1). Leiðrétt er út í 30 km frá mælipunkti. Ætla má óvissu þessa liðar:

$$\Delta\rho_L = 0,1 \text{ mgal.}$$

e) g_N , Normal Gravity, er reiknað eftir jöfnunni:

$$g_N = 978,0490 (1 + 0.0052884 \sin^2 \phi - 0.0000059 \sin^2 2\phi) \text{ í gal}$$

Óvissa í g_N , Δg_N , er að langmestu leyti óvissa í ϕ , þ.e. óvissa í staðsetningu mælipunkta. Ætla má að staðsetning mælipunkta á korti 1:5000 sé það góð að óvissa af þeim sökum sé, $\Delta g_N = 0,01$ mgal.

Einn óvissuliður til viðbótar kemur inn við gerð "residual" þyngdar kortsins, mynd 62. en það er stærð g_{BL} eða "regional trend". Jafnan sem notuð var fyrir g_{BL} , er mjög einfölduð, t.d. er ekkert tillit tekið til breytinga í stefnu austur-vestur. Ætla má að óvissa í þessum lið sé innan við 1 mgal innan og í námunda við öskjuna.

Heildaróvissa Bouguergilda, Δg_B , sem notuð eru í mynd 1, áætlast því:

$$\Delta g_B = 0,5 - \text{til } 0,6 \text{ mgal}$$

og er þá hvorki meðtalin óvissa vegna breytilegs eðlismassa, $\Delta \rho$, né vegna g_{BL} .

6.4 Frekari úrvinnsla

Fyrirhuguð er frekari úrvinnsla þyngdarmæligagna. Hér skal í stuttu máli getið um helstu atriði sem ætlunin er að endurbætt verði við tölvu-úrvinnslu og athugunum á þeim þyngdarkortum sem við það fást.

- a) Þyngdarkort, (residual kort) verði gert fyrir fleiri en einn eðlismassa, ρ . Hugsanlegt væri einnig að reikna með breytilegum eðlismassa þessar breytingar gætu ýmist komið inn sem stökk á vissum svæðum eða þá sem samfelld breyting $\rho = \rho(x,y)$, yfir allt svæðið.
- b) Jafnan sem gefin var fyrir þyngdarbreytingar á stóru svæði, umhverfis Kröflusvæðið (regional gravity trend), er mjög einfölduð. Þetta samband verður endurskoðað og hugsanlegt er að nokkrum nýjum mælipunktum verði bætt við, þegar þeir hafa verið hæðarmældir (barometerhæðarmæling).
- c) Frekari úrvinnsla mun gefa tilefni til túlkunar á þeim breytingum sem fram koma. Hér skulu einungis nefnd fáein dæmi um hvers konar upplýsingar hægt er að fá úr túlkun á þyngdarkortum, ef vel tekst til.

Þyngdarkortin eru dregin með 1 mgal jafnþyngdarlínunum. Að ekki skuli vera sama útreiknaða þyngdargildið um allt svæðið sýnir að eðlismassinn, undirniðri, er breytilegur. Efnið undir viðkomandi svæði er því annaðhvort þyngra eða léttara en sem samsvarar þeim eðlismassa sem þyngdarkortið er gert fyrir. Lögun jafnþyngdarlínanna getur gefið vísbendingu um útbreiðslu efnisins. Líkanreikningar ásamt sniðum gegnum þyngdarkortin geta gefið vísbendingu um ýmsa eiginleika þess efnis sem veldur þyngdarbreytingunni, t.d. hámarks- mismun á eðlismassa efnisins miðað við umhverfið, hámarksdýpi niður á efnið, heildar massa og fleira.

- d) Aðrar mælingar og athuganir geta aðstoðað mjög við að túlka niðurstöður þyngdarmælinga. Helst ber þar að nefna jarðsveiflumælingar til ákvörðunar á þykkt jarðlaga og skálftamælingar, staðsetning skjálfta og dýpi þeirra. Jarðfræðileg kortlagning og ýmsar upplýsingar sem hægt er að fá úr borholum, geta komið að miklu gagni.

HEIMILDIR

1. Sazhina Grushinsky, 1971: Gravity Prospecting. Mir Publishers, Moscow.
2. Guðmundur Pálmason, Thor H. Nilsen og Gunnar Þorbergsson, 1973: Gravity Base Station Network in Iceland 1968-1970. Jökull 23. árg., bls. 70-125.
3. D.S. Parasnis, 1962: Principles and Applied Geophysics, Chapman and Hall, London.
4. I.M. Longman, 1959: Formulas for Computing the Tidal Accelerations Due to Moon and the Sun. Journal of Geophysical Research, Vol. 64, bls. 2351-2355.

Með þessa niðurstöðu í huga var mæld ein löng lína þvert yfir jarðhitasvæðið við Kröflu (lína B-A á mynd 7.1) og gossprungurnar við Leirhnjúk. Niðurstöðurnar eru sýndar á mynd 7.2. Mesta sveifla á allri þessari línu, sem er 4,3 km löng, er aðeins um 80 mV. Gildin á ummynduðu svæðunum upp af Leirbotnum, í suðurhlíðum Kröflu og í Leirhnjúki eru hærri en gildin umhverfis. Þetta gæti verið tengt uppstreymi á þessum svæðum. Við Hveragil er um 40 mV negatív lægð sem gæti verið afleiðing sprungu á svipaðan hátt og fram kom í Bjarnarflagsmælingunum.

Sé litið á sjálfspennumælingarnar á Kröflusvæðinu í heild sést að þær gefa enn sem komið er frekar lítil svör. Að vísu kemur fram ákveðið mynstur en ekki er unnt að tengja það jarðfræði svæðisins á einhlítan hátt. Þrátt fyrir þetta benda niðurstöðurnar eindregið til þess að halda beri þessum mælingum áfram og freista þess að kortlegga allt vinnslusvæði Kröfluvirkjunnar og umhverfi þess í þeirri von að fá megi upplýsingar um uppstreymisstaði jarðhitavökvans. Þetta er einkum réttlæt看legt vegna þess hve fljótvirkar þessar mælingar eru og ódýrar. Tveir menn gætu kortlagt um 30 km² svæði með mælingum í neti með 100 metra möskvastærð á minna en 20 dögum. Við framhald mælinga verður að bæta mælitæknina frá því sem verið hefur. T.d. þarf að velja saman rafskaut sem hafa svipaða eiginspennu og fylgjast náið með hugsanlegum breytingum sem orðið geta á þeim. Eins þarf að yfirfara alla víra, spólur og mælitæki daglega því smávægileg útleiðsla getur valdið verulegri skekkju. Æskilegt væri að mæla nokkrum sinnum á hverjum stað til þess að losna við áhrif frá mismunandi jarðvegi og einnig væri æskilegt að mæla allt það svæði sem rannsaka á á sem skemmstum tíma í stöðugu veðurlagi.

8 HELSTU NIÐURSTÖÐUR

Hér verða teknar saman helstu niðurstöður þeirra jarðeðlisfræðilegu mælinga, sem fjallað er um í skýrslu þessari.

Með viðnámsmælingum á yfirborði hefur fundist vel afmarkað lágviðnáms-svæði innan Kröfluöskjunnar. Þetta svæði er ílangt, um 7 km² að stærð og teygir sig NV-SA nokkurn veginn yfir allt það svæði sem ummyndað er á yfirborði. Viðnámið í bergi innan þessa svæðis er innan við 10 Ωm. Samkvæmt því líkani, sem notað er við túlkun viðnámsmælinganna, hækkar viðnámið á 800-1000 metra dýpi. Minnst er dýpið á þessa viðnámsþækkun í Leirbotnum, nálægt Hveragili eða um 800 metrar. Viðnámið innan lágviðnáms-svæðisins er lægst við Leirhnúk (1-2 Ωm), og suður frá Leirbotnum norður af Víti (1-3 Ωm). Á þessum svæðum er gufuvirkni á yfirborði. Hækkandi viðnám neðan 800-1000 metra dýpis stafar væntanlega af auknum þéttleika bergs og þar með minni vatnsgengd bergsins. Samkvæmt greiningum borholusvarfs, eru fersk innskot á þessu dýpi. Einnig gefur herra viðnám verið afleiðing þess, að vökvinn í berginu sé blanda af gufu og vatni á þessu dýpi en í vatnsfasa nær yfirborði. Þessi ályktun er í samræmi við niðurstöður mælinga á gufu/vatns-hlutfalli, sem mælt er í holunum. Vel getur verið að báðir þessir þættir valdi hækkun viðnámsins neðan 800-1000 metra dýpis.

Niðurstöður viðnámsmælinga í þrem holum, KJ9, KG10 og KJ11 sýna að efst í holunum er fremur lágt viðnám en það hækkar verulega á 800-1100 metra dýpi. Viðnámsþækkunin er á 800 metra dýpi í KJ-9, á tæplega 1000 metra dýpi í KJ-11 og á 1100 metra dýpi í KG-10. Þessi viðnámsþækkun er í samræmi við niðurstöður viðnámsmælinga á yfirborði og á sér væntanlega sömu skýringu.

Athyglisverðastar niðurstöður segulmælinga eru þær, að miklar óreglur koma fram á svæði, sem liggur NV-SA á milli holu KG-8 og KW-1. Innan þessa óreglusvæðis koma fram nokkrir háir segultoppar og segullægðir. Erfitt er að segja til um, hvað veldur þessu en hugsanlegt er, að þarna sé misgengi með stefnuna N40°-50°V. Við umbrotin í byrjun árs 1976 komu í ljós misgengi í suðurhlíðum Kröflu með suðaustlæga stefnu. Einnig myndaðist sprunga er liggur frá holu KG-3 suðaustur í stefnu á holu KW-1. Ekki hefur verið hægt að rekja þessa óreglu til suðausturs í suðurhlíðar Kröflu né heldur til norðvesturs í átt að Leirhnúk.

Helstu niðurstöður titringsmælinga eru, að engin ríkjandi eigintíðni, sem rekja má til annarra upptaka en borhola, finnst á svæðinu. Hóla KW-2 í blæstri eykur titring á tíðnibilinu 10 Hz innan 100 metra radía frá holunni. Yfirborðslög og veðurfar skapa titringsfrávik af sömu stærðargráðu og hóla KW-2. Titringur er meiri á neðra borsvæði en því efra. Ekki þykir ráðlegt að gera frekari titringsmælingar með núverandi eða svipuðum tækjabúnaði.

Úrvinnslu þyngdarmælinga er enn ólokið, en frumniðurstöður eru birtar á tveimur Bouguerkortum. Þar má greinilega sjá þyngdarfrávik með NV-SA stefnu (mynd 6.2). Einkum er áberandi um 2 km breið lögð með þessa stefnu, sem gengur í gegnum Kröfluöskjuna og liggur á milli Leirbotna og Hvíthólaklifs. Þessa Bouguerlögð má túlka á þann veg, að undir því svæði, sem hún afmarkar, sé léttara efni en bæði norðan og sunnan við. Tilvist léttara efnis á þessu beltum mætti skýra með sigdal, sem fyllst hefur með lausum efnum og ungum jarðmyndunum. Þetta er í samræmi við athuganir á jarðlagastaflanum í borholum. Samkvæmt niðurstöðum þeirra athugana er misgengi á milli hóla KJ-6 og annarra hóla, þannig að hóla KJ-6 er um 300 metrum "neðar í staflanum".

Enn sem komið er gefa sjálfspennumælingar lítil svör, þar sem þær eru nánast á tilraunastigi hér á landi.

Athyglisvert er að óregla með sömu NV-SA stefnu kemur fram við túlkun þrenns konar mælinga, þ.e.:

Lögun lágviðnámssvæðis í viðnámsmælingum
Stefnu óreglusvæðis (misgengis?) í segulmælingum
Þyngdarfrávik (lögð) í þyngdarmælingum

9 FRAMHALD RANNSÓKNA

Eins og fram kemur í skýrslu þessari hefur verið unnið allmikið að yfirborðsrannsóknum á Kröflusvæði. Á undanförunum árum hefur stærsti þáttur rannsókna á háhitasvæðinu verið djúprannsóknir, sem miðast að því að auka þekkingu manna á jarðhitageyminum. Enn er þó mörgum spurningum ósvarað. Innri gerð svæðisins er mun flóknari en menn hafa kynnst áður. Við bætist að stöðugar jarðhræringar eru á svæðinu og jarðhita-kerfið er í tengslum við kviku í iðrum jarðar.

Í ráði er að halda áfram yfirborðsrannsóknum við Kröflu sumarið 1979. Þær jarðeðlisfræðilegu yfirborðsrannsóknir, sem um er að ræða eru þessar:

1. Rafleiðnimælingar:
 - 1.1 Fjórþól-aðferð
 - 1.2 Schlumberger-aðferð
 - 1.3 AMT-aðferð
 - 1.4 TDEM-aðferð

2. Rannsóknir á byggingu svæðisins (strúktúrrannsóknir):
 - 2.1 Segulmælingar
 - 2.2 Sjálfspennumælingar
 - 2.3 Tognunarmælingar

Tillögur um þessar rannsóknir ásamt tillögum um efnafræðirannsóknir eru settar fram í skýrslu (1).

Hér á eftir verður dregið á helstu atriði varðandi þessar rannsóknir og tilgang þeirra.

1. Rafleiðnimælingar:

1.2 Fjórþól-aðferð

Aðferðin er tiltölulega ný á nálinni og yrði í fyrsta sinn beitt hér á landi á Kröflusvæði. Aðferðin byggir á því að nota tvo straumenda og tvo spennuóttakara, sem eru hornréttir hvor á annan. Með þessu móti

er hægt að fá fram bæði útbreiðslu heildarrafsviðs og stefnu þess. Við túlkun viðnámsmælinga með fjórpól-aðferð verður haft samráð við George Keller við Colorado School of Mines í Colorado í Bandaríkjunum.

Tilgangur mælinganna er að bæta við þá viðnámsmynd, sem Schlumberger-mælingarnar gefa og fá svar við þeirri spurningu, hvort viðnámslægð fylgi neðra jarðhitakerfinu í Kröflu.

1.2 Schlumberger-aðferð

Lagt er til að bæta við fáeinum mælingum til að fá fínni drætti í það viðnámskort sem til er, og ef það þykir nauðsynlegt vegna túlkunar fjórpólmælinganna.

1.3 AMT-aðferð

AMT-aðferð er hentug til að kortleggja lágviðnámsvæði á dýptarbilinu 0,1-5 km. Lítil reynsla hefur fengist af AMT-aðferðinni en sökum þess hve handhæg hún er, er lagt til að reyna hana á Kröflusvæði og bera niðurstöður saman við niðurstöður Schlumberger- og fjórpólmælinganna.

1.4 TDEM-aðferð

George Keller við Colorado School of Mines hefur þróað TDEM mælingar og notað þessa aðferð á jarðhitasvæðum erlendis. Í ráði er að hafa samvinnu við hann og íslenskan nemanda hans um að reyna þessa tækni á Kröflusvæðinu.

2. "Strúktúrrannsóknir"

"Strúktúrrannsóknir" beinast að því að afla vitneskju um sprungur, brot, misgengi og önnur fyrirbæri, sem leitt gætu vatn.

2.1 Segulmælingar

Á segulkortinu sem liggur fyrir af núverandi borsvæði kemur fram at-
hyglisvert segulfrávik með NV-SA stefnu. Ætlunin er að mæla fyrirhugað borsvæði í suðurhlíðum Kröflu svo og stækka kortið til norðurs og norð-norðausturs. Tilgangur mælinganna er að kortleggja misgengi og sprungur sem koma fram við segulmælingar.

2.2 Sjálfspennumælingar

Með sjálfspennumælingum á að vera hægt að kortleggja sprungur með vatnsstreymi. Lagt er til að athuga hvort mælingarnar gefi svörun við virkar sprungur þar sem búast má við betri vatnsleiðni en annars staðar.

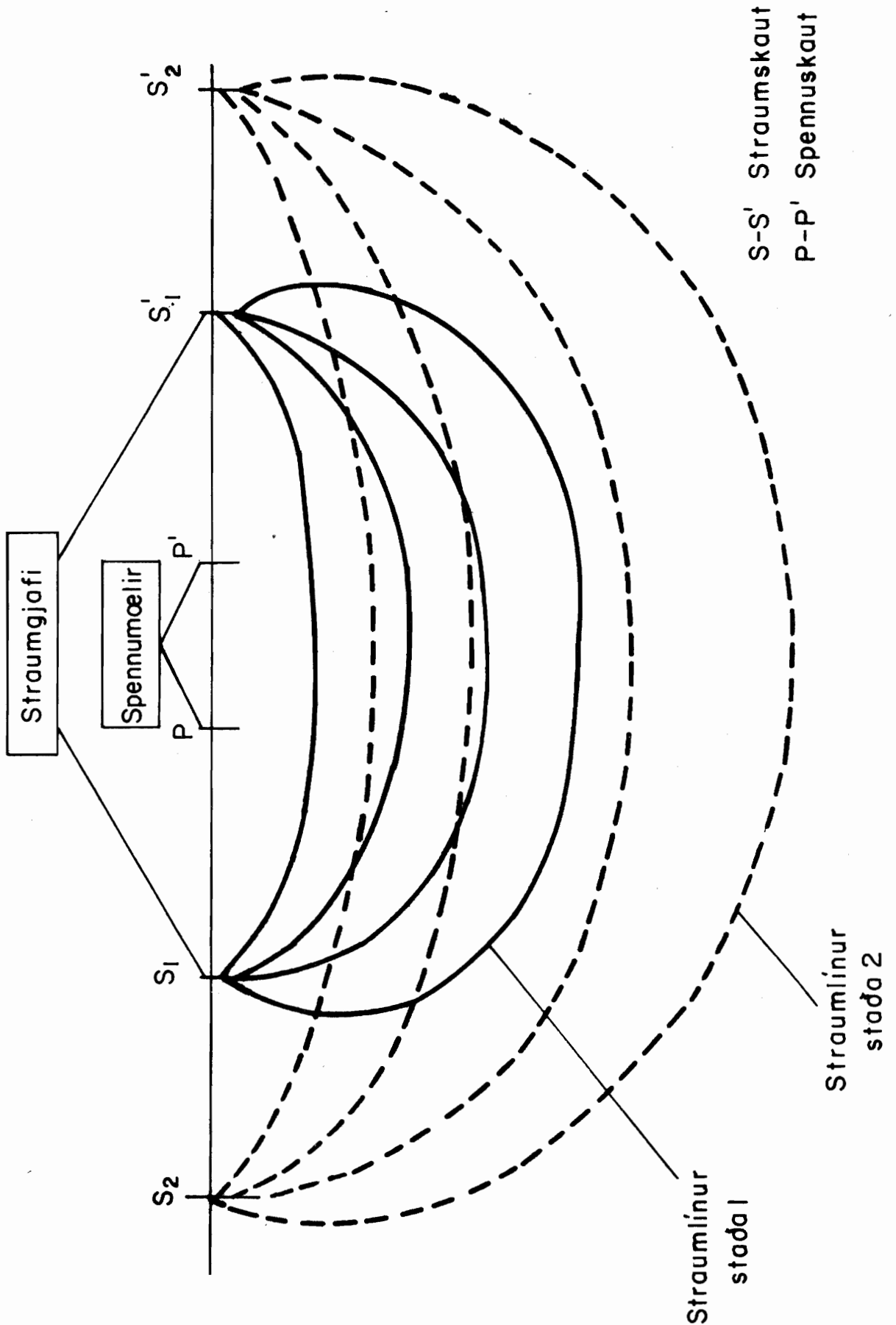
2.3 Tognunarmælingar

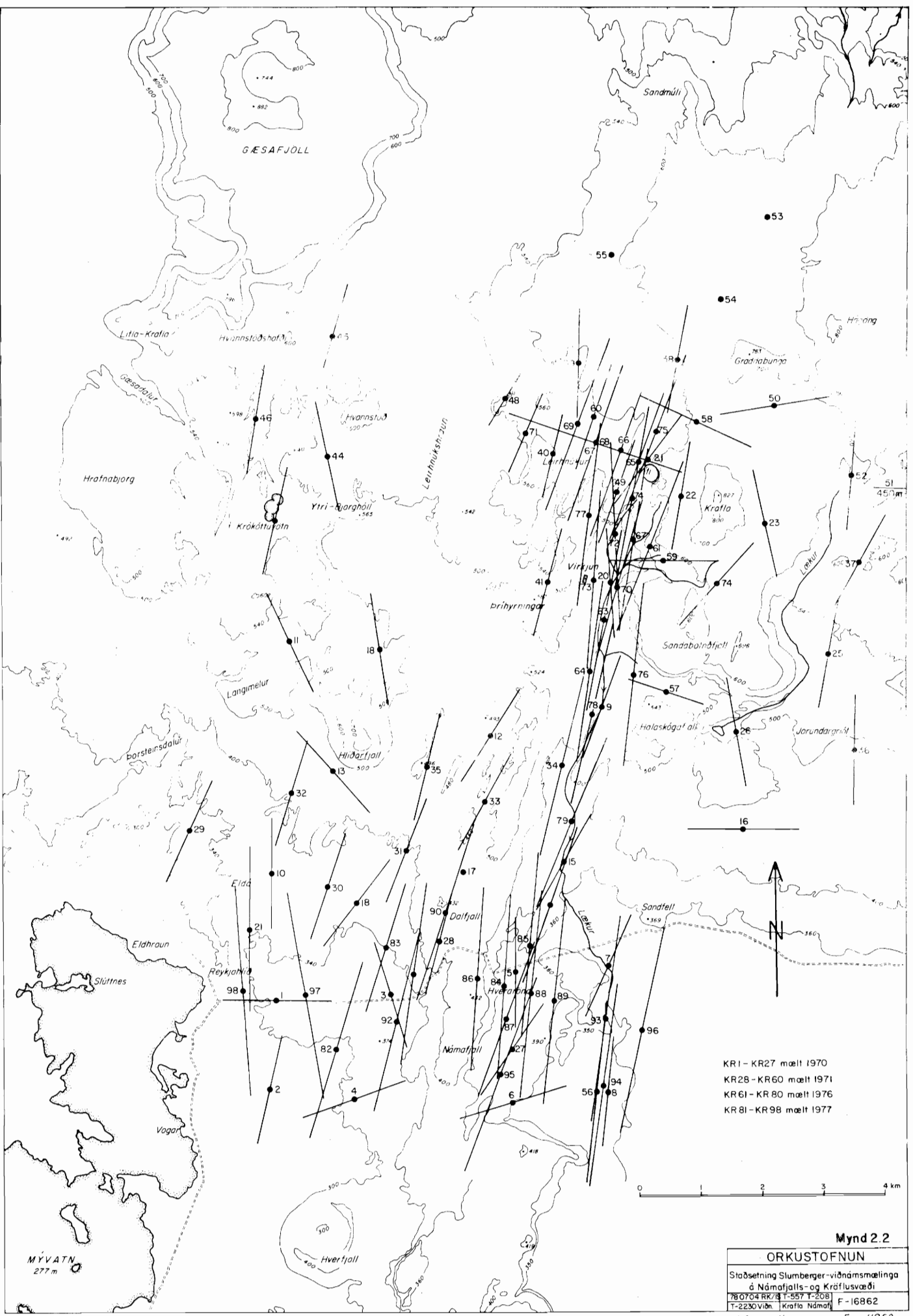
Þessar mælingar eru nýlunda og yrði Kröflusvæðið fyrsta jarðhitasvæðið, sem rannsakað yrði með þessari aðferð. Tilgangur mælinganna er að kanna sprungumyndun og vökvahreyfingar á jarðhitasvæðinu. Samráð verður haft við Gunnar Böðvarsson og íslenskan nemanda hans um mælingarnar og mun túlkum fara fram hjá þeim.

MYNDIR



Mynd 2.1





KR1 - KR27 mælt 1970
 KR28 - KR60 mælt 1971
 KR61 - KR80 mælt 1976
 KR81 - KR98 mælt 1977

Mynd 2.2

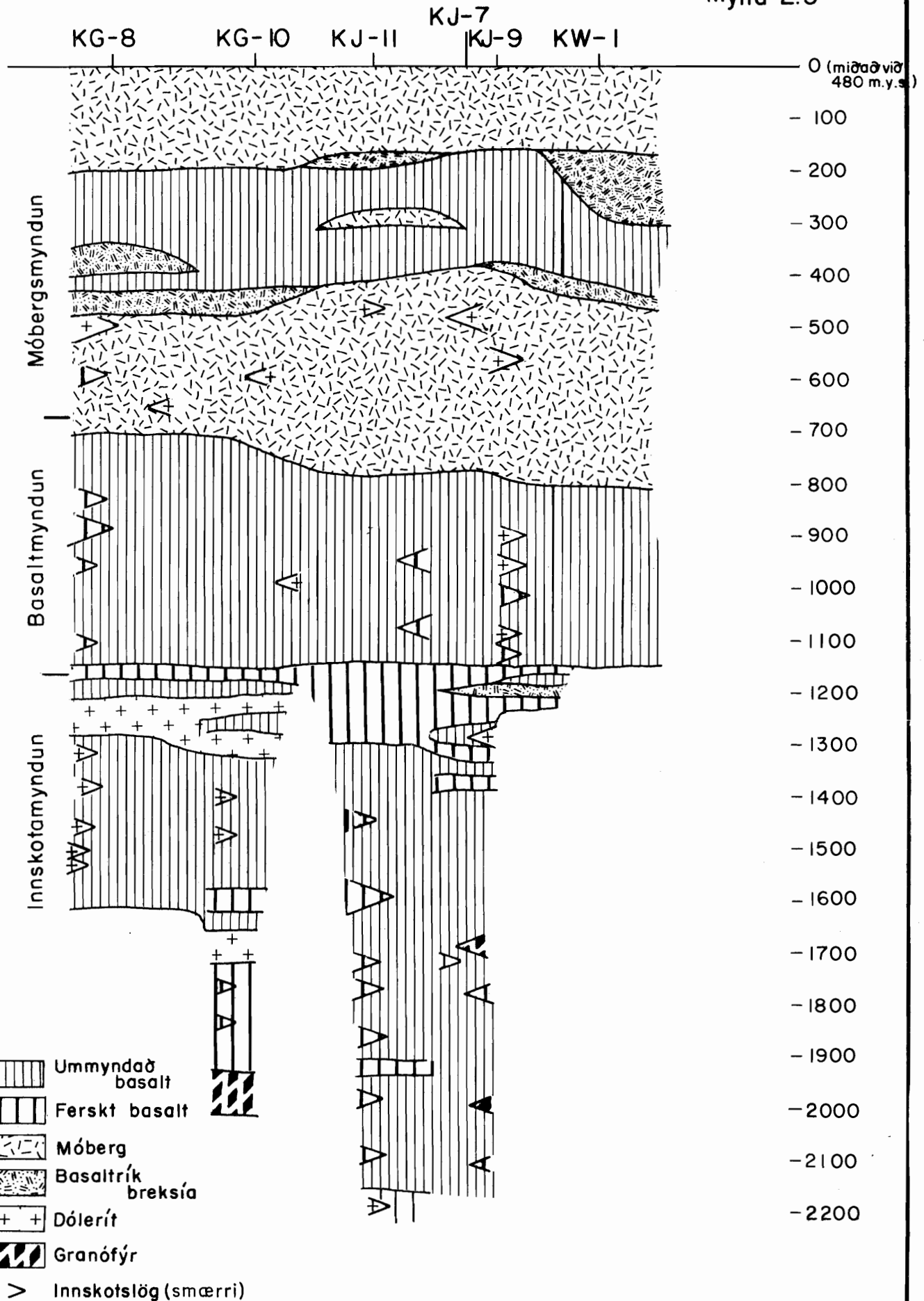
ORKUSTOFNUN	
Staðsetning Slumberger-viðnámsmælinga á Námafjalls- og Kröflusvæði	
780704 RK/1 T-557 T-208	F-16862
T-2230 Viðnám Kröfla Námafj.	F-16862

MYVATN
277 m



Gróf tenging milli helstu berg-
myndana, sem borholur KG-8-KW-1 skera

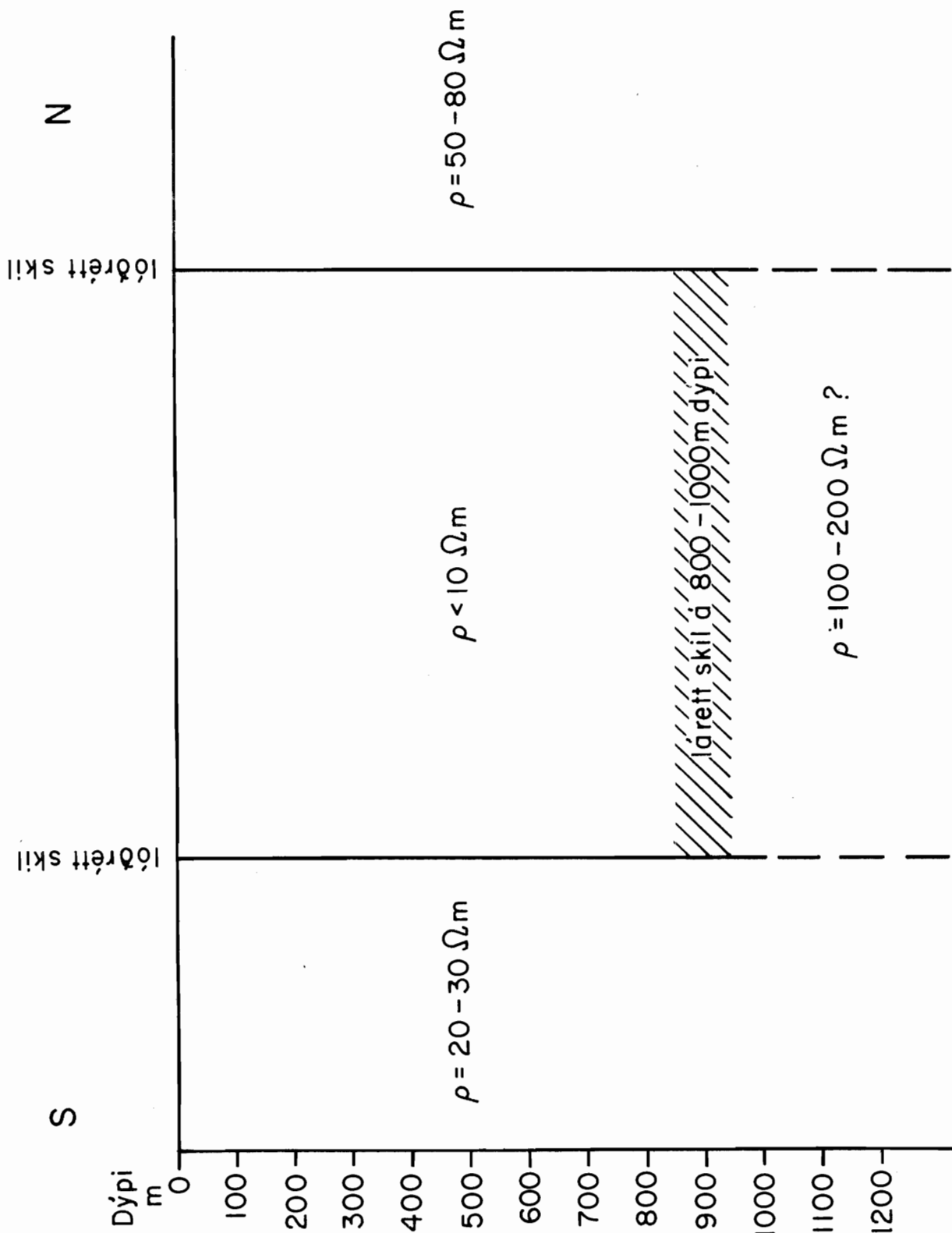
Mynd 2.3

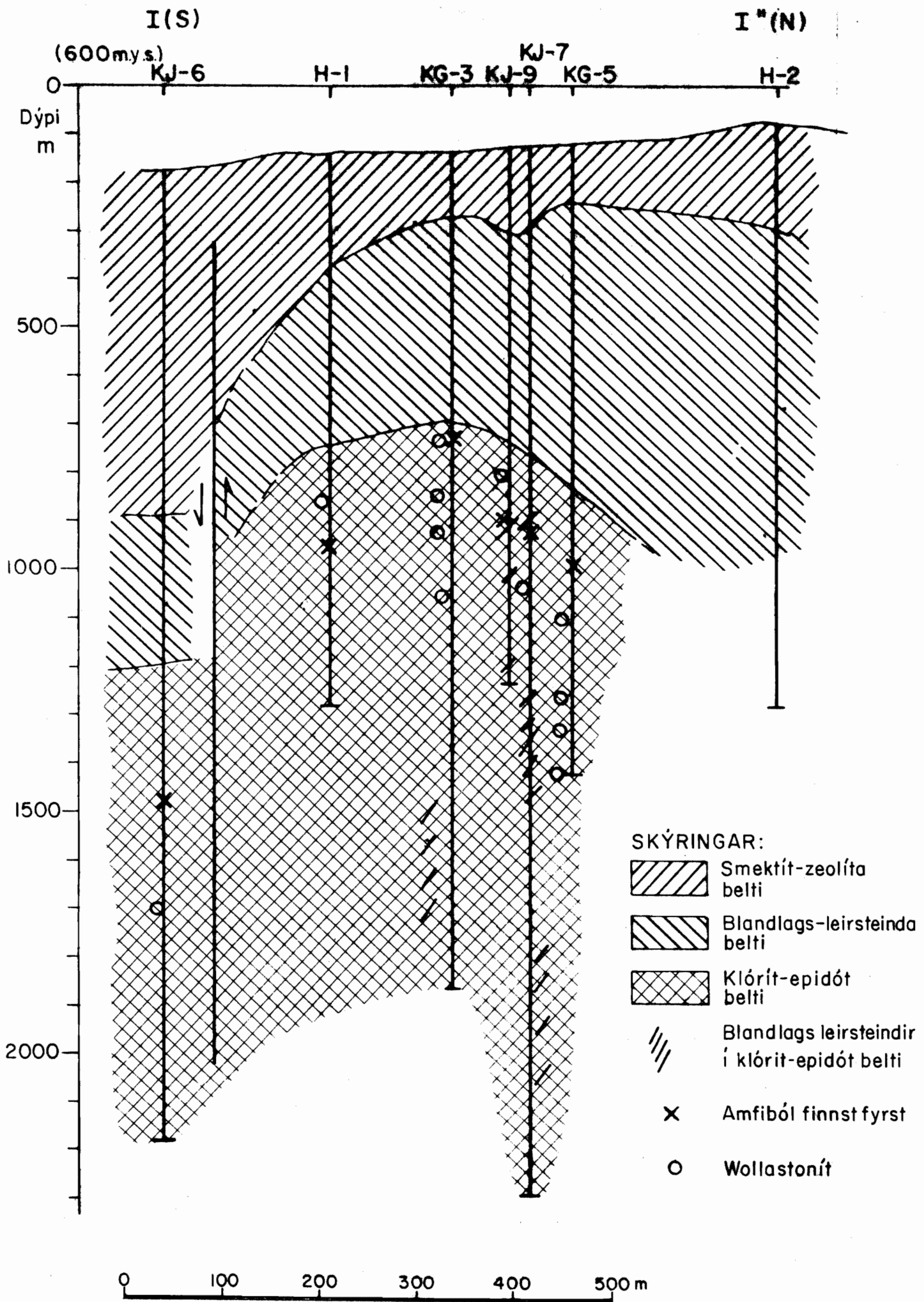




Viðnámslíkan af Kröflusvæði

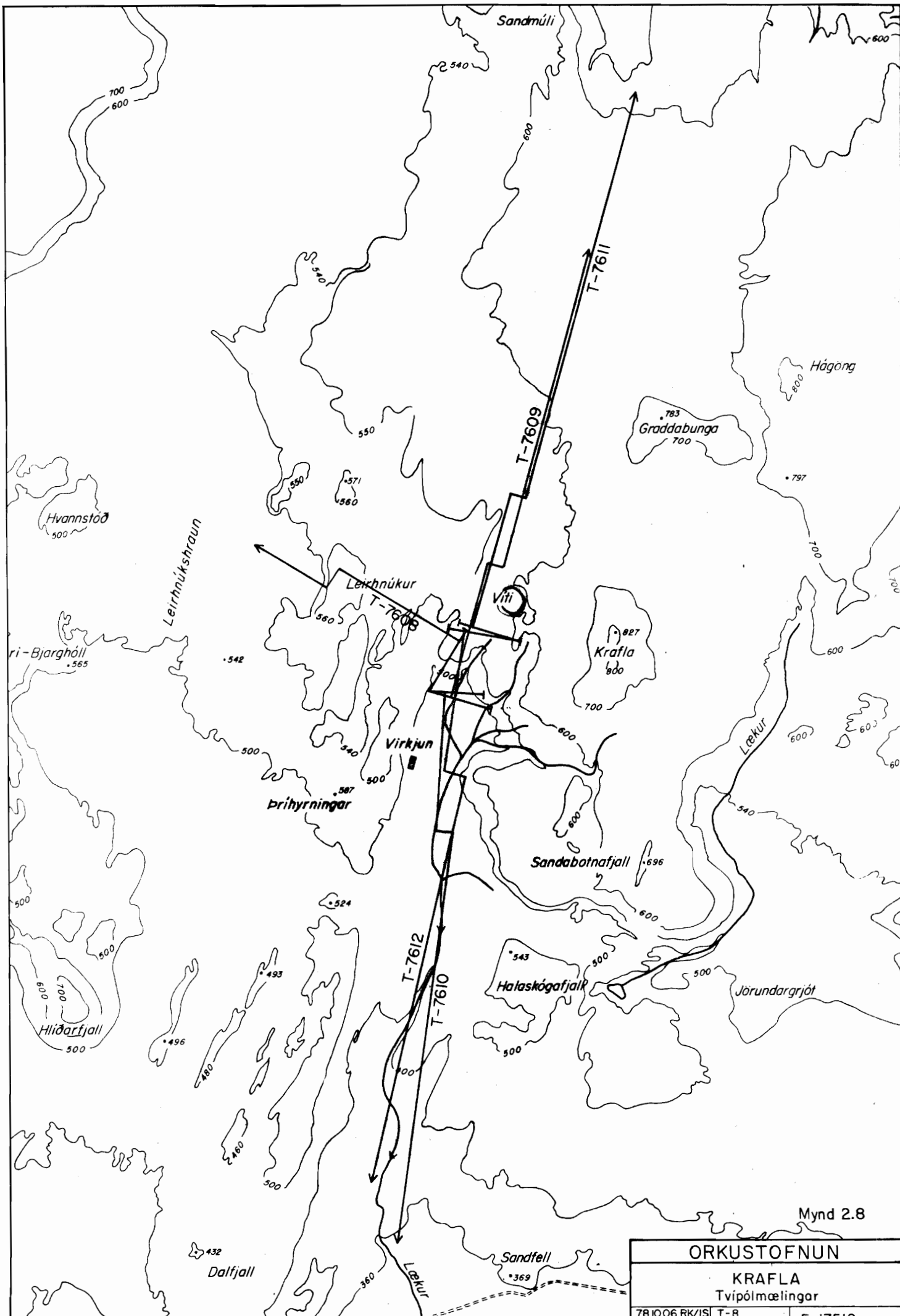
Mynd 2.4





Mynd 2.5

T424 Krafla F16017



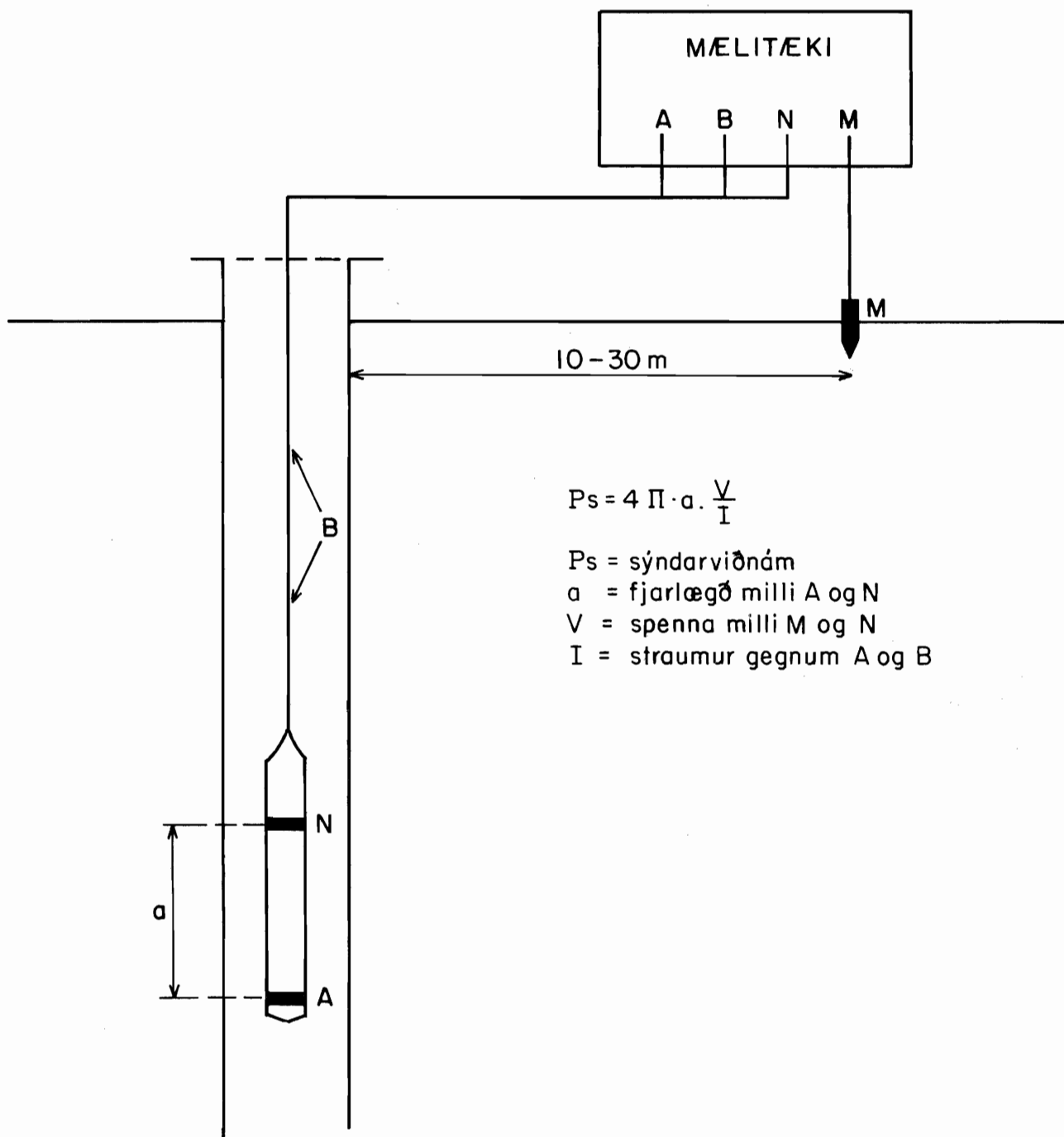
Mynd 2.8

ORKUSTOFNUN		
KRAFLA		
Tvipólmælingar		
781006 RK/IS	T-8	F-17512
	J-Krafla	



Uppsetning til viðnámsmælinga í borholum

Mynd 3.1



$$P_s = 4 \pi \cdot a \cdot \frac{V}{I}$$

P_s = sýndarviðnám

a = fjarlægð milli A og N

V = spenna milli M og N

I = straumur gegnum A og B



ORKUSTOFNUN

Jarðhitadeild

Krafla hola KJ-9
Einfaldað viðnámsnið

78-06-12 Ó.S./Sy.J.

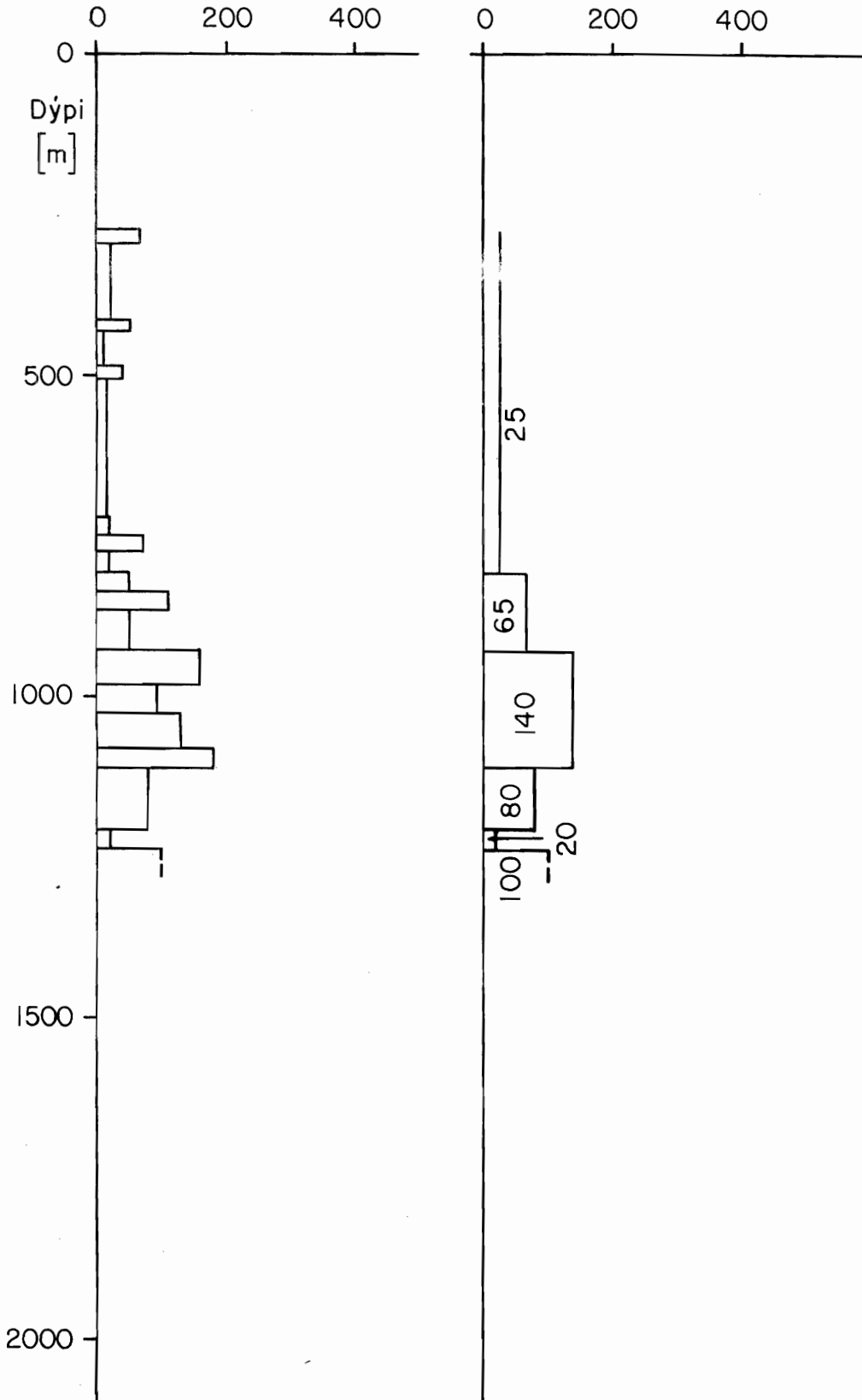
T623 T2376

Krafla Viðnám

F17147

Mynd 3.2

Eðlisviðnám [Ωm]

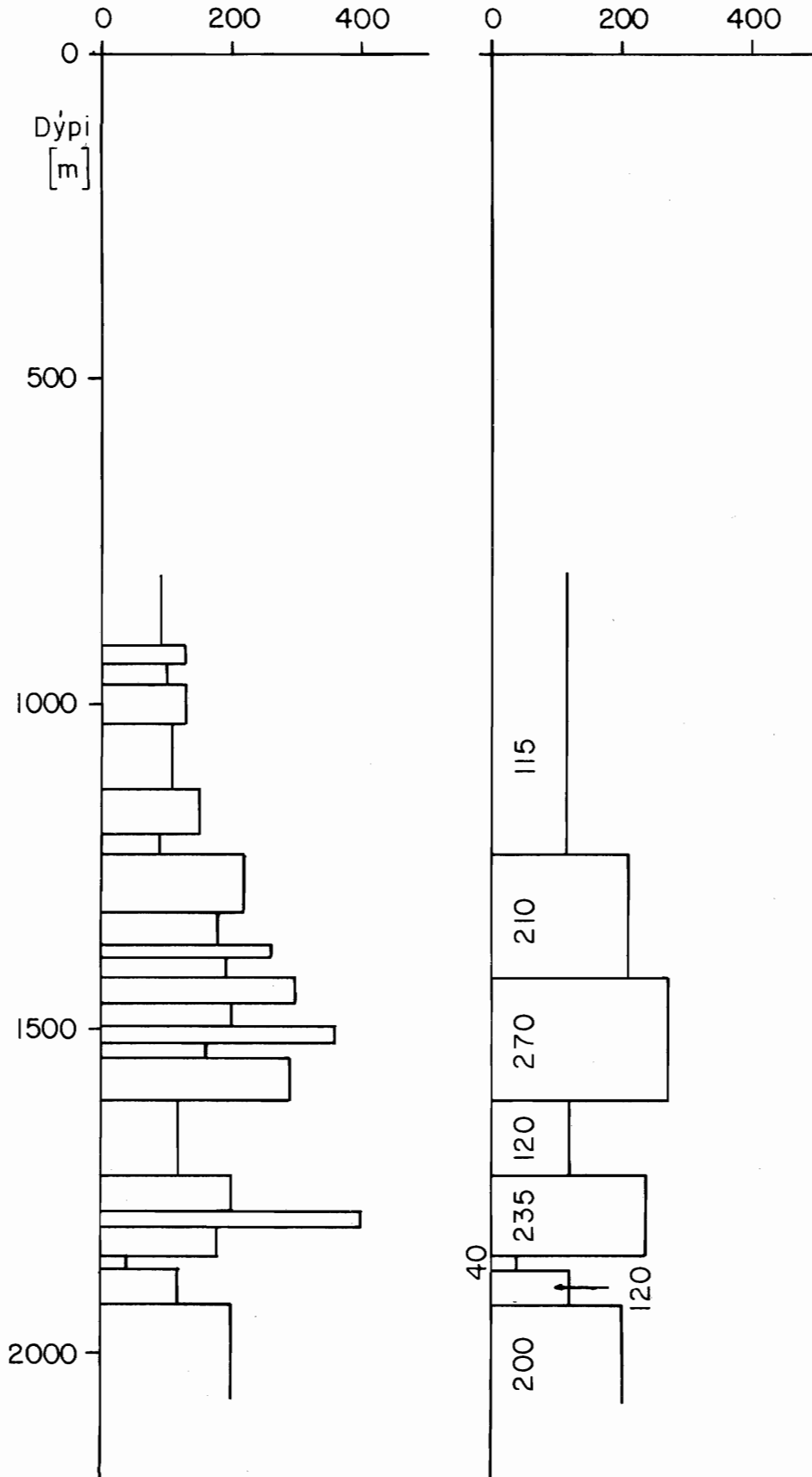




Krafla hola KG-10
Einfaldað viðnámssnið

Mynd 3.3

Eðlisviðnám [Ωm]





ORKUSTOFNUN

Jarðhitadeild

Krafla hola KJ-II
Einfaldað viðnámsnið

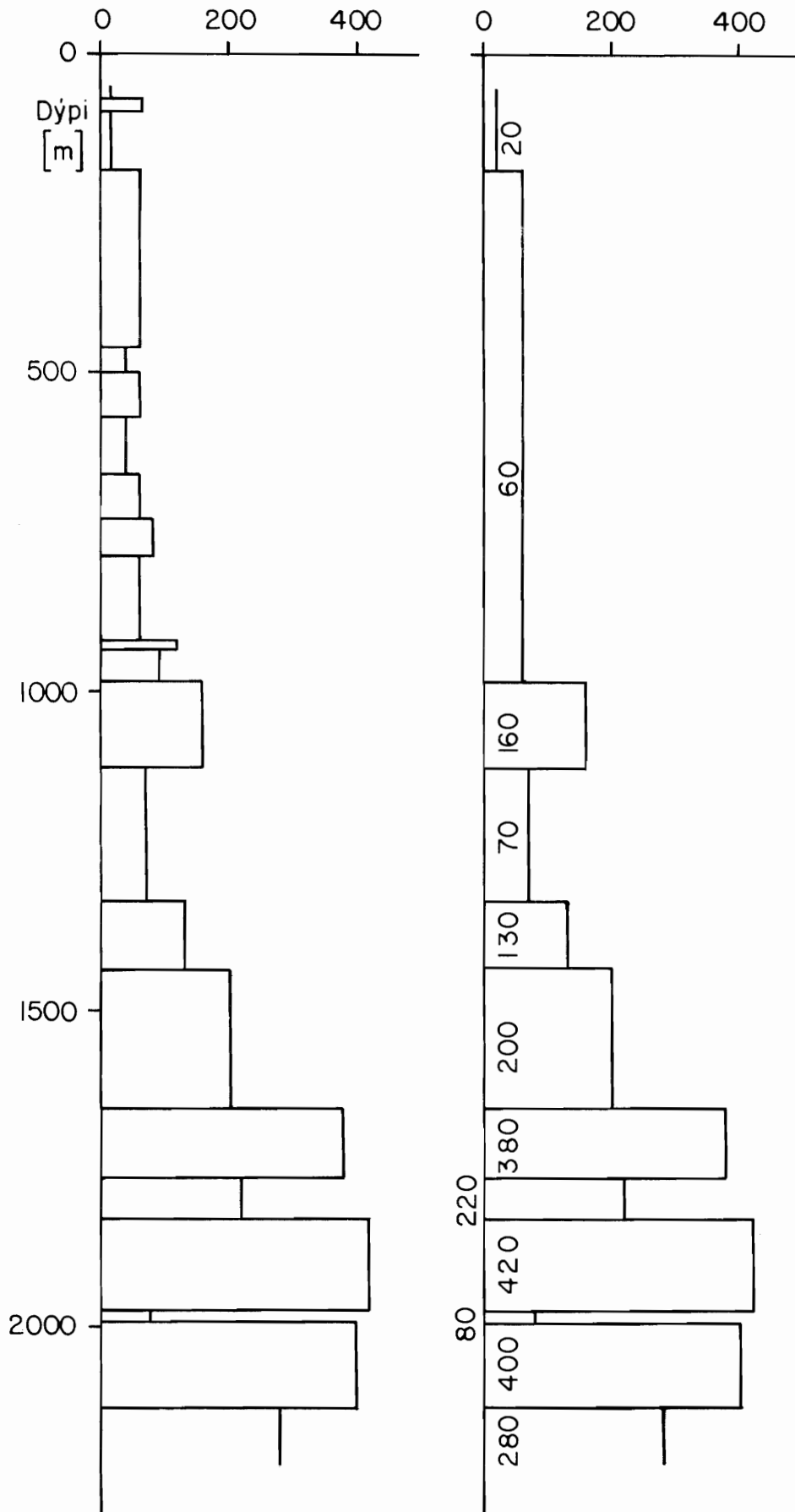
78-06-13 O.S./Sy.J.

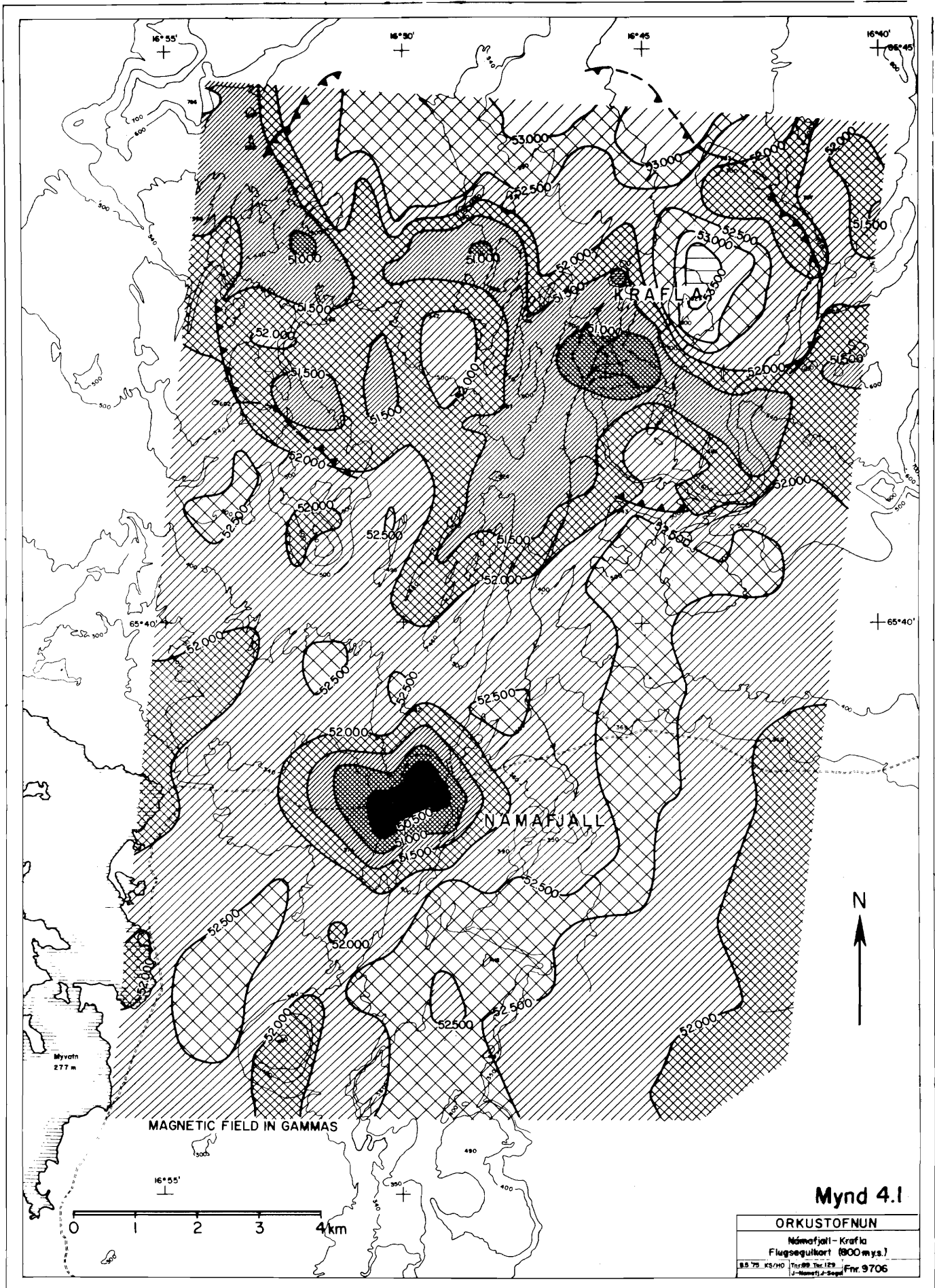
T 621 T 2374

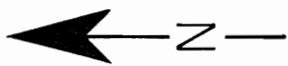
Krafla Viðnám

F 17145

Mynd 3.4
Edlisviðnám [Ωm]







Segulmælt svæði

Mynd 4.2

ORKUSTOFNUN

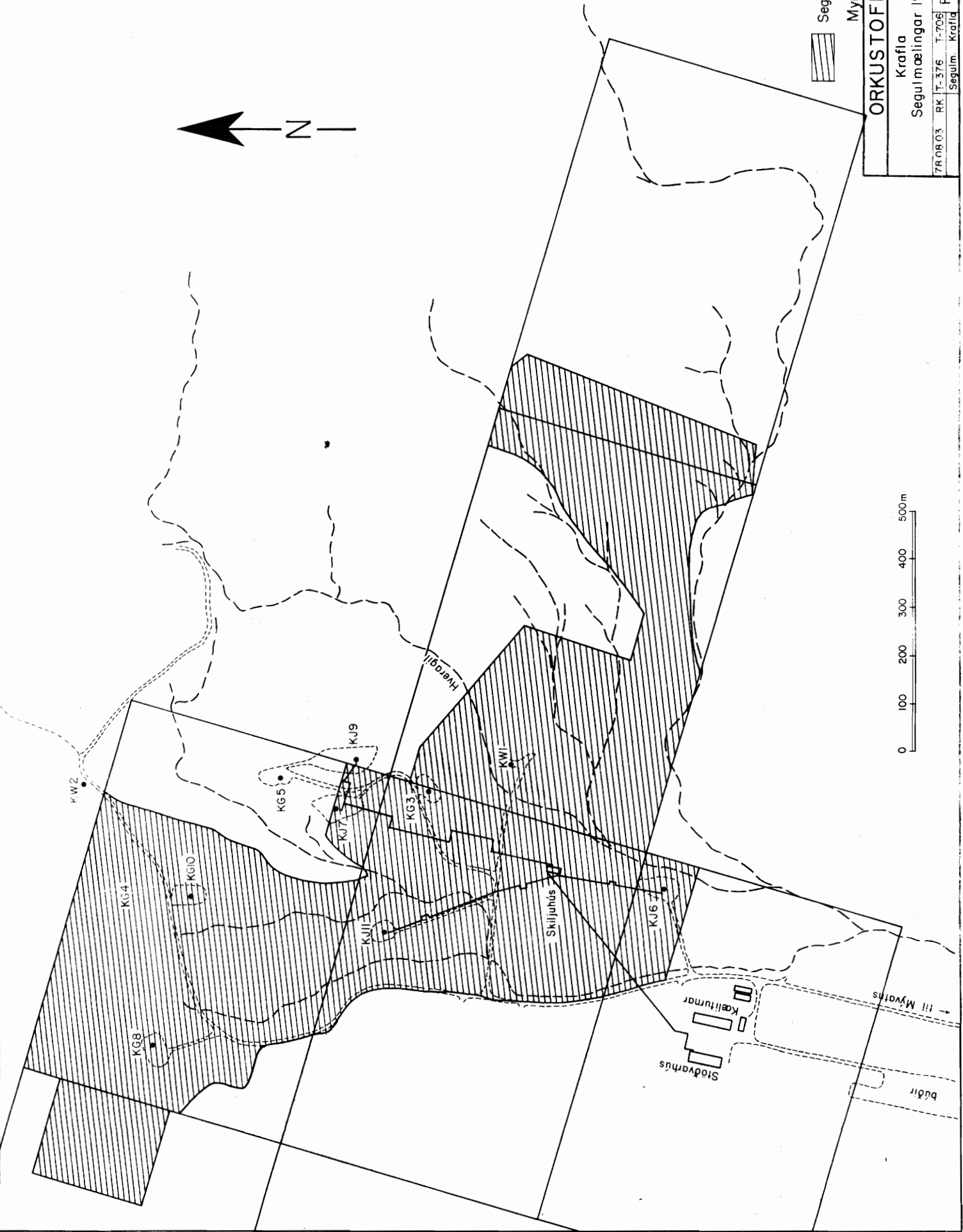
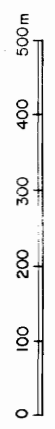
Krafla

Segulmælingar 1977

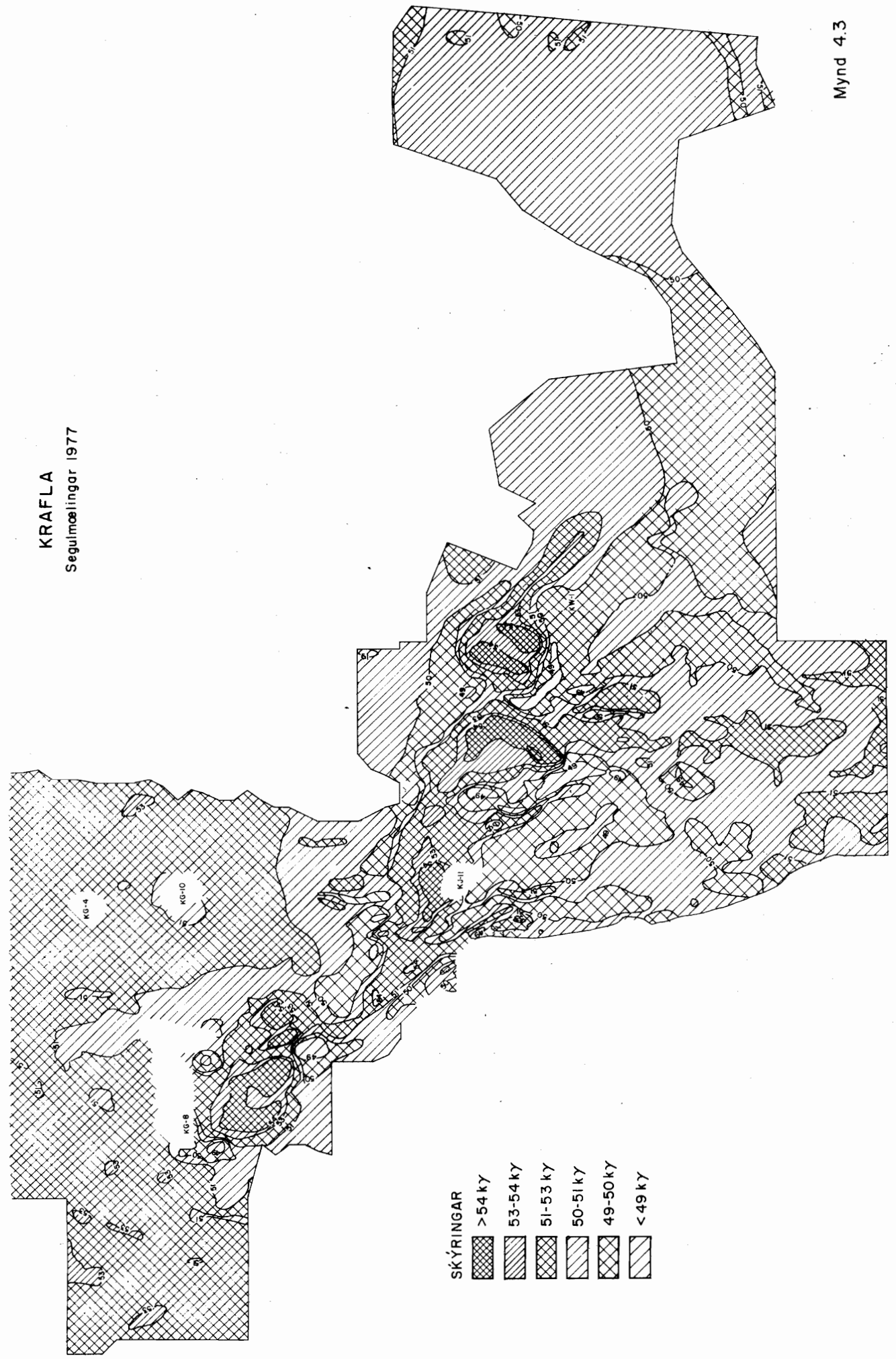
FR0803 RK T-376 T-706

Segum Krafla

F-17436



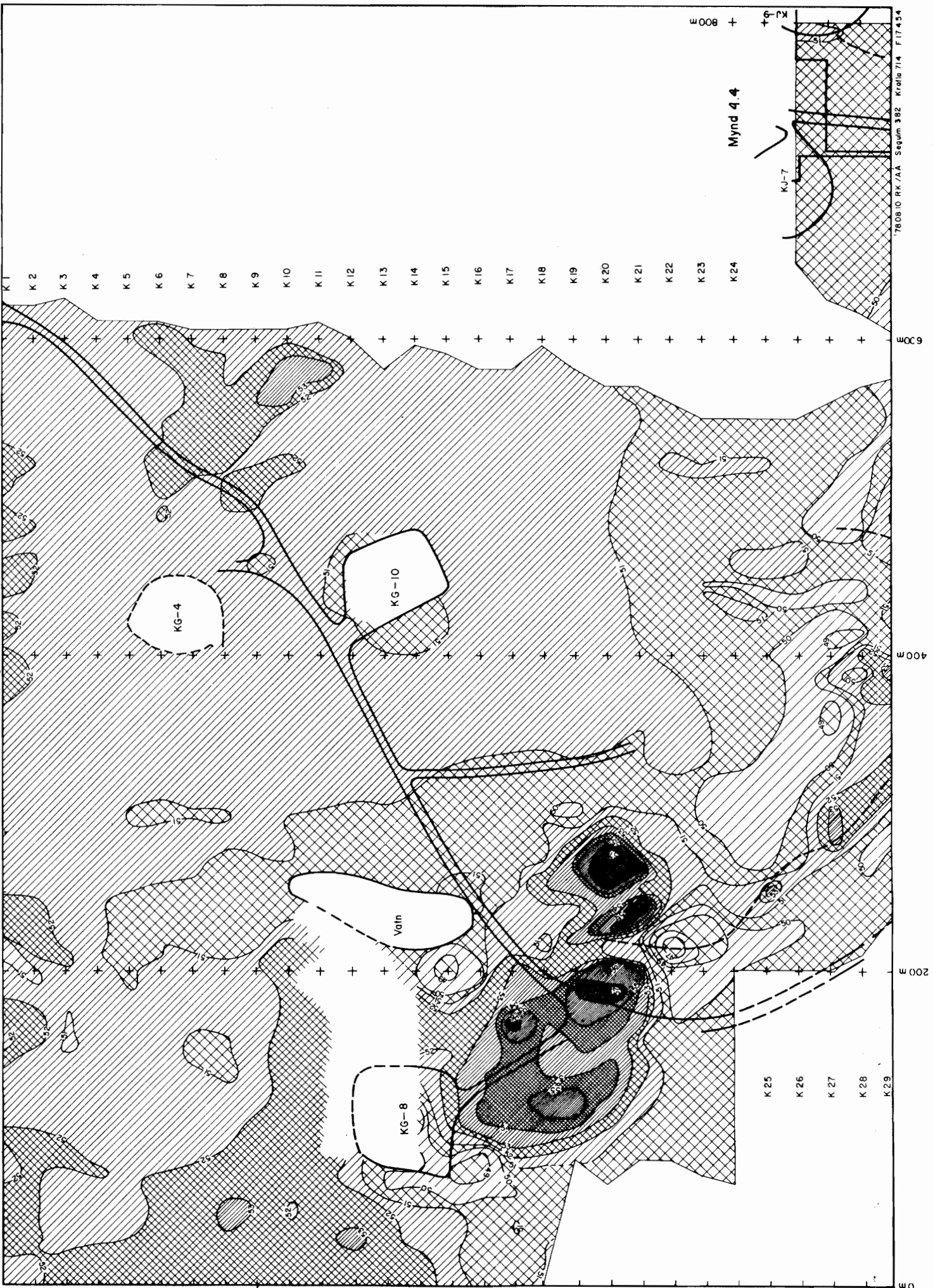
KRAFLA
 Segulmælingar 1977



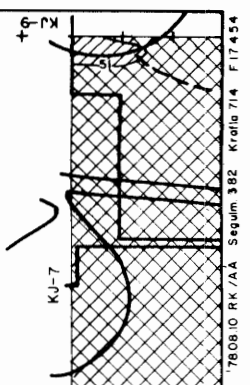
SKÝRINGAR

	> 54 kγ
	53-54 kγ
	51-53 kγ
	50-51 kγ
	49-50 kγ
	< 49 kγ

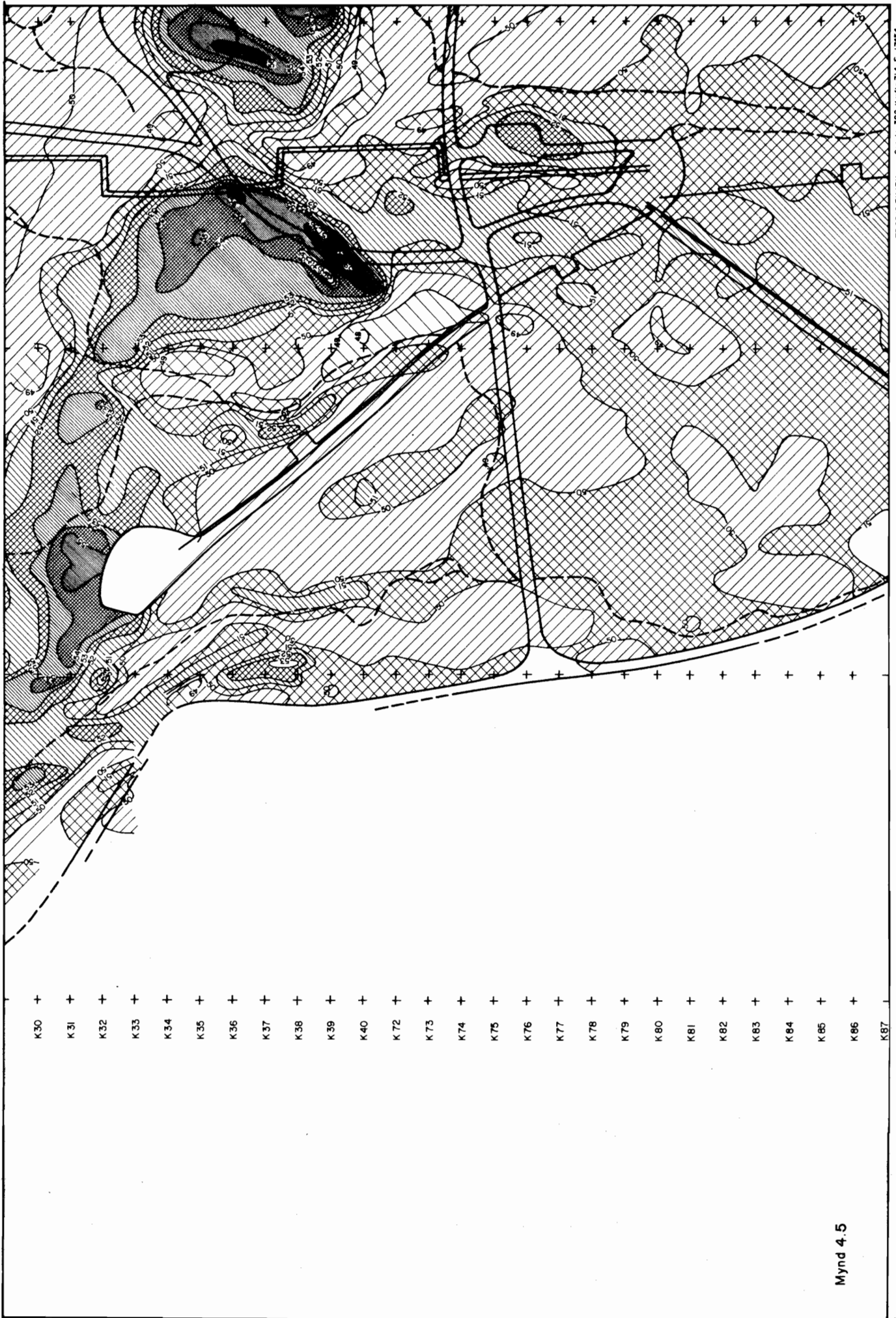
Mynd 4.3



0008 +
 900 +
 Mynd 4.4



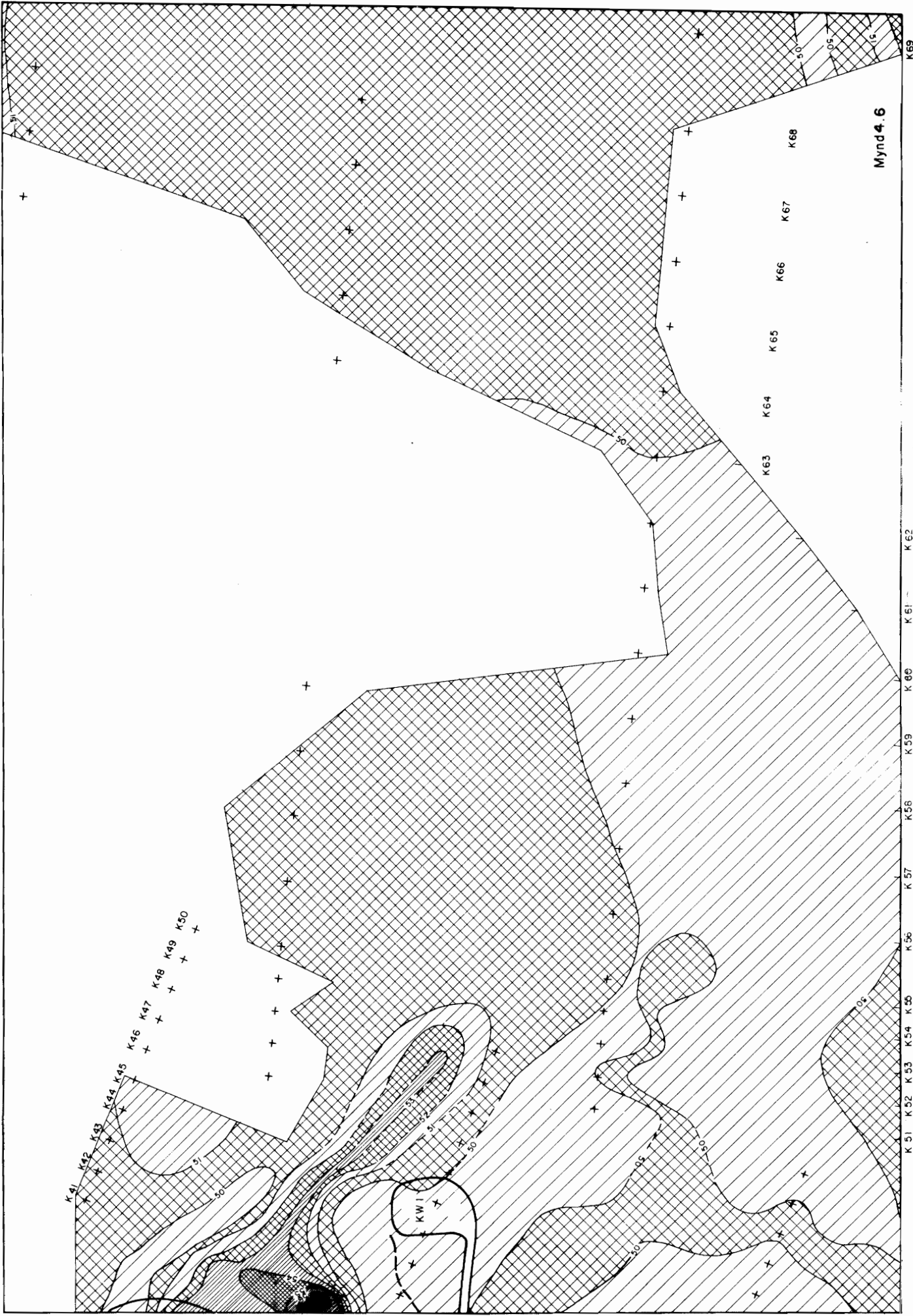
K 25
 K 26
 K 27
 K 28
 K 29



- K30 +
- K31 +
- K32 +
- K33 +
- K34 +
- K35 +
- K36 +
- K37 +
- K38 +
- K39 +
- K40 +
- K72 +
- K73 +
- K74 +
- K75 +
- K76 +
- K77 +
- K78 +
- K79 +
- K80 +
- K81 +
- K82 +
- K83 +
- K84 +
- K85 +
- K86 +
- K87 +

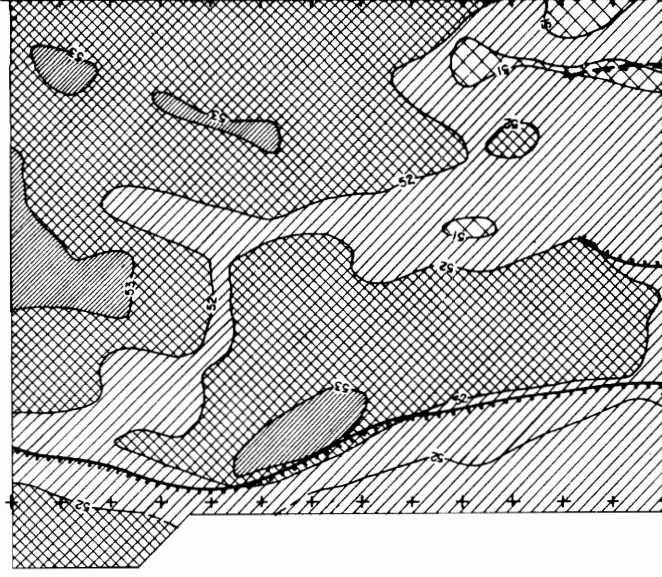
Mynd 4.5

0008
 78.08.10 RK/ EK. Sappim. 382. Kartio 714. F. 17M54
 800m
 600m
 400m
 200m
 0

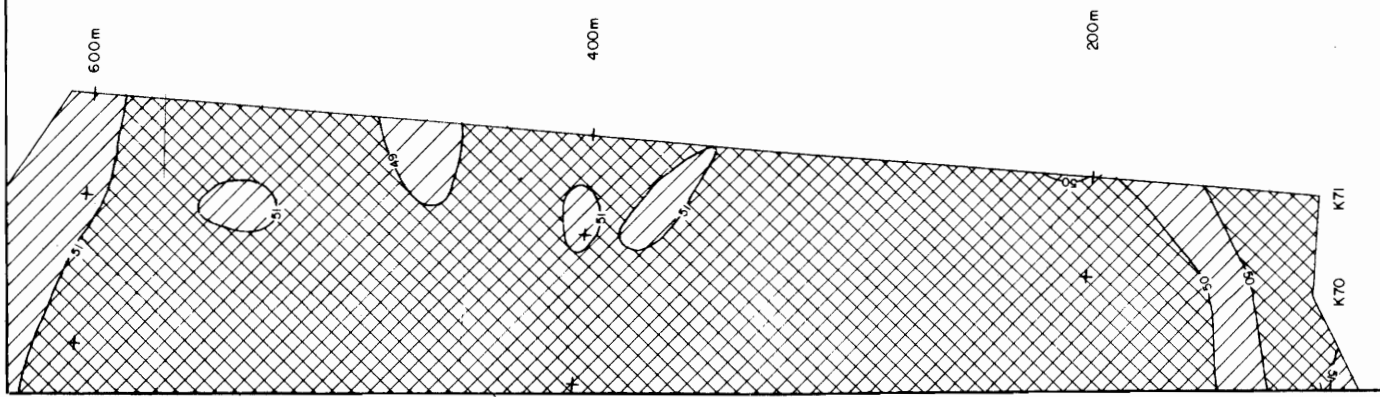


Mynd 4.6

K 5
K 6
K 7
K 8
K 9
K 10
K 11
K 12
K 13
K 14
K 15
K 16
K 17
K 18

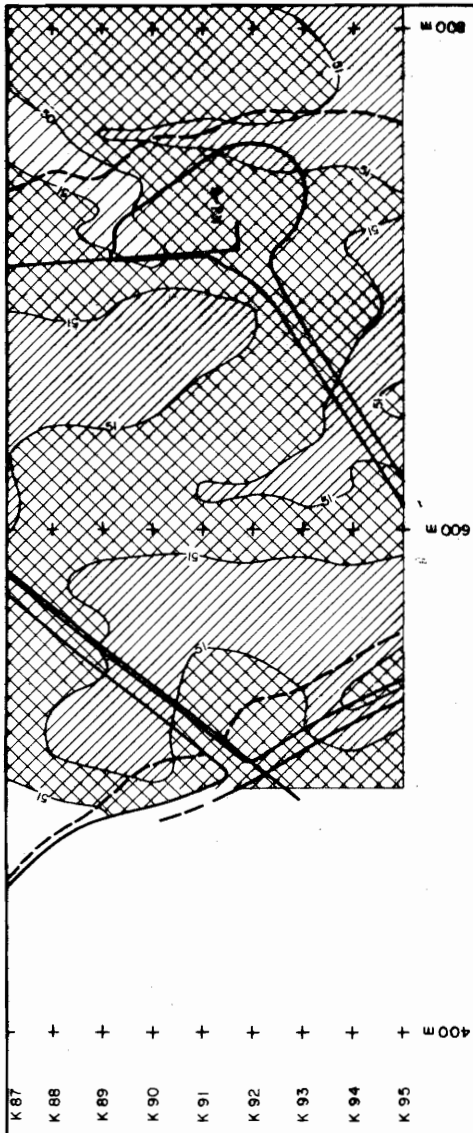


200



Mynd 4.8

780810 RK /AA Sægum 382 Krafli 714 F17454



K 87 +
 K 88 +
 K 89 +
 K 90 +
 K 91 +
 K 92 +
 K 93 +
 K 94 +
 K 95 +

400 E

500 B

500 M



↑
 $\frac{A}{A_0}$

0,1

0,01

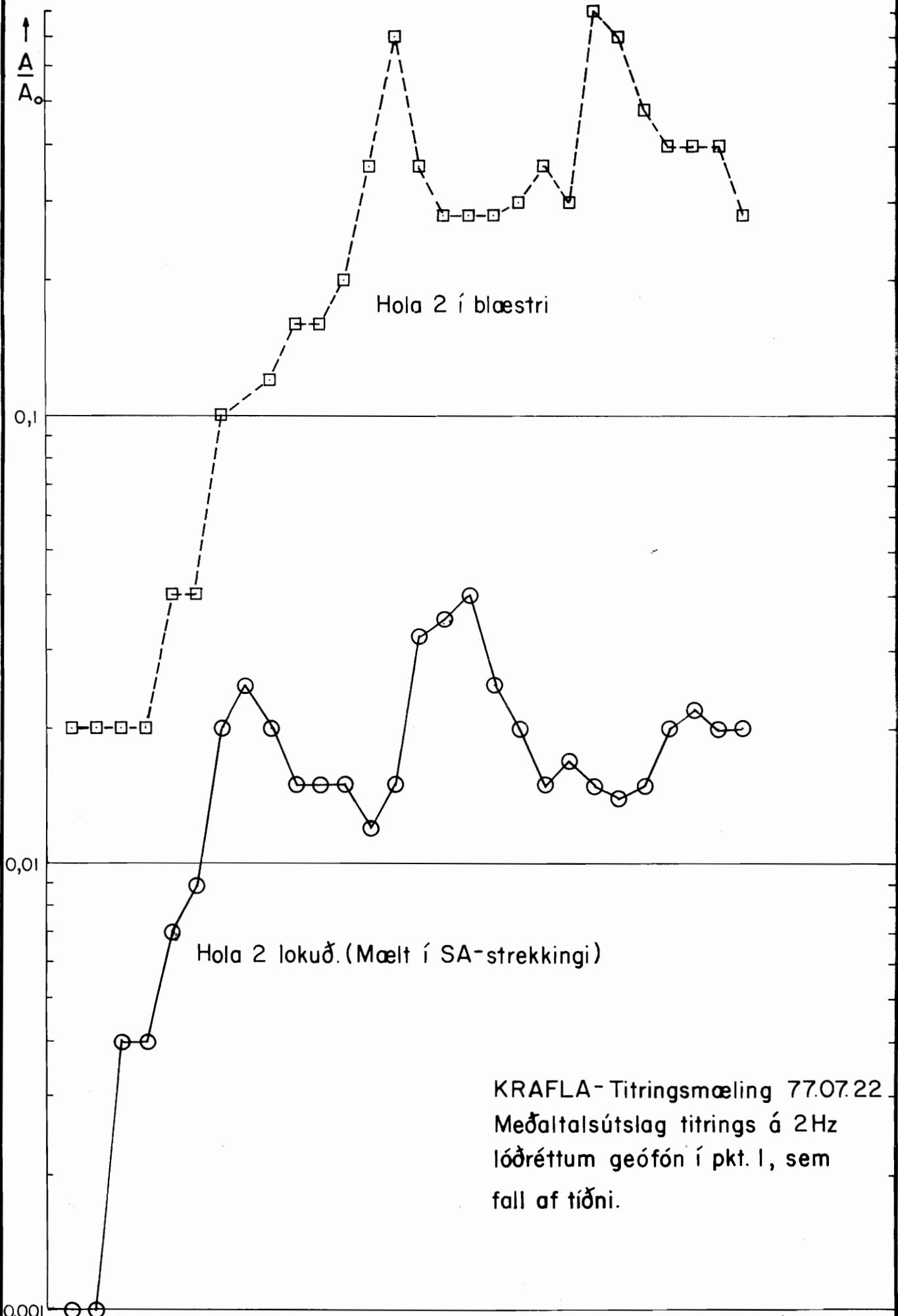
0,001

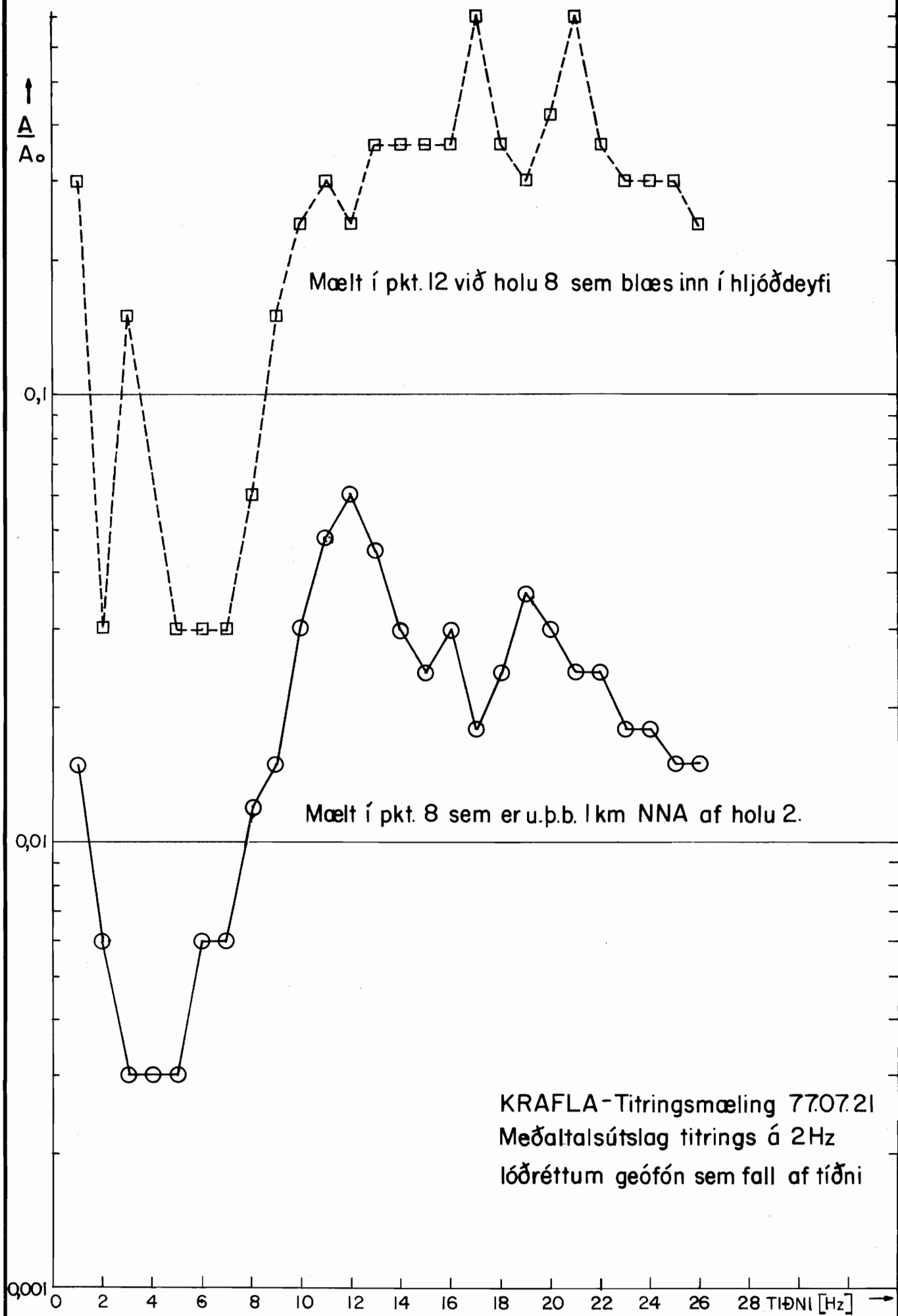
Hola 2 í blæstri

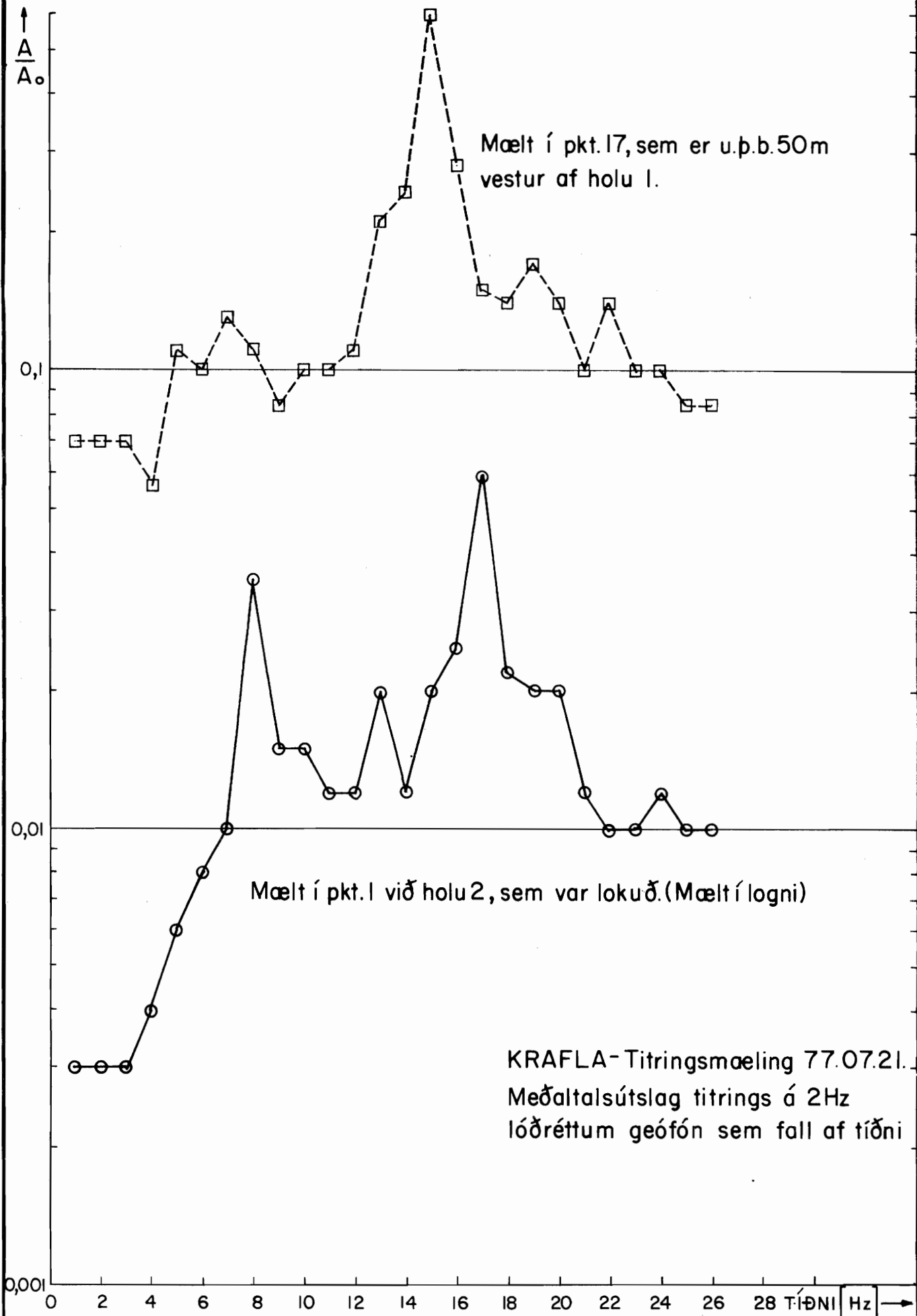
Hola 2 lokuð. (Mælt í SA-strekkingi)

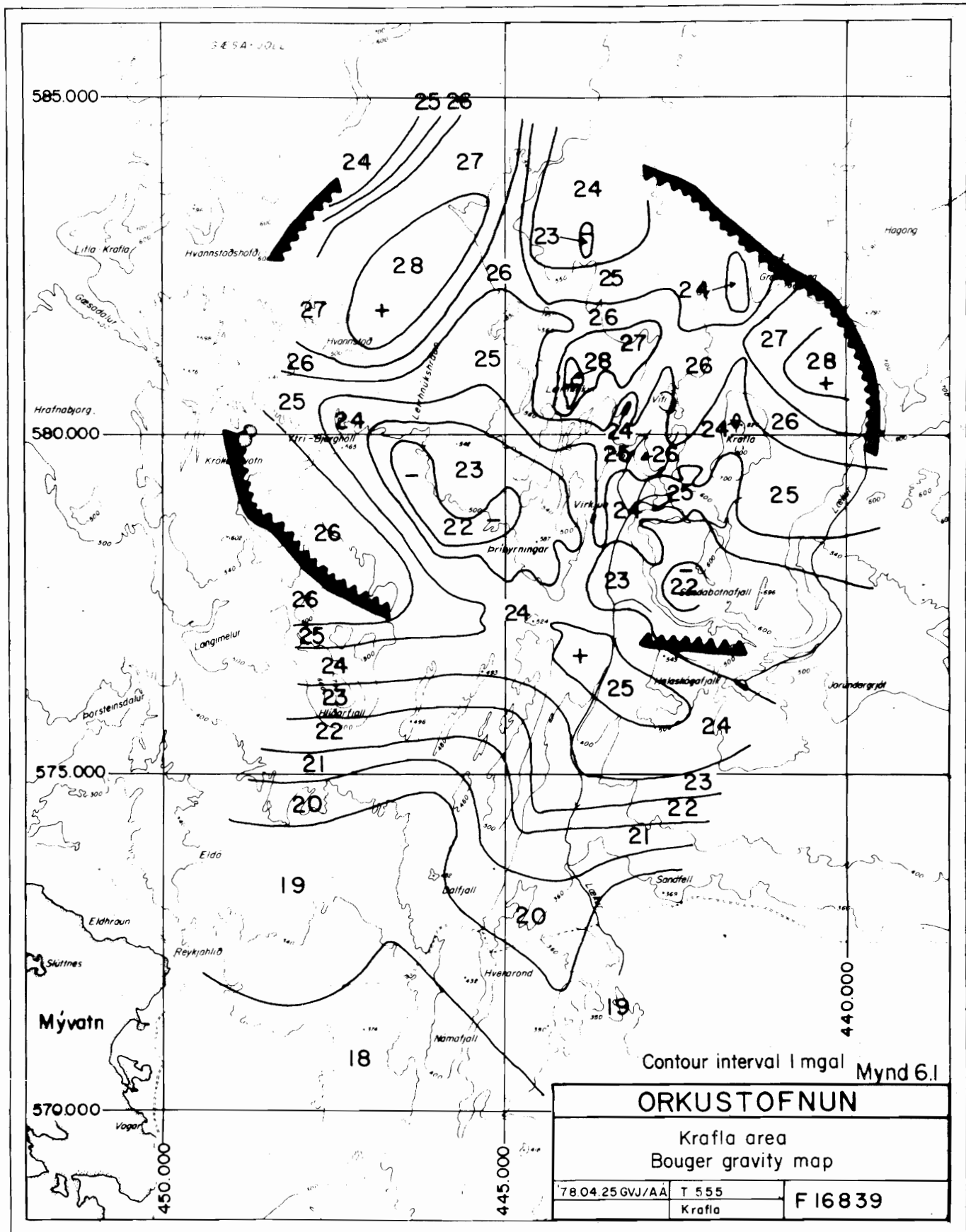
KRAFLA-Titringsmæling 77.07.22
Meðaltalsútslag titrings á 2Hz
lóðréttum geófón í pkt. 1, sem
fall af tíðni.

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 TÍÐNI [Hz]









Contour interval 1 mgal Mynd 6.1

ORKUSTOFNUN

Krafla area
Bouguer gravity map

78.04.25GVJ/AA	T 555	F 16839
	Krafla	

GÆSAF...

585.000

580.000

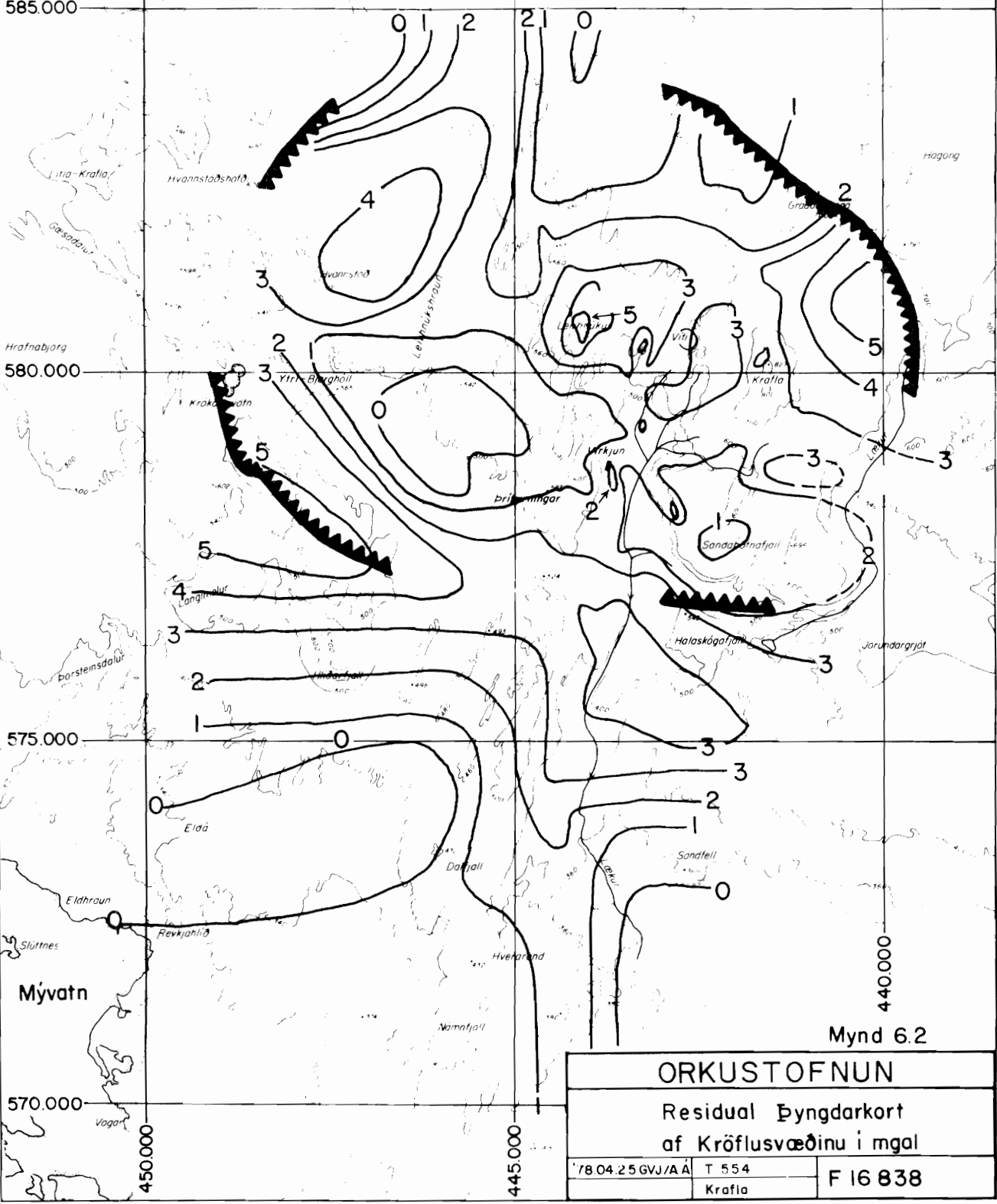
575.000

570.000

450.000

445.000

440.000



Mynd 6.2

ORKUSTOFNUN

Residual Þyngdarkort af Kröflusvæðinu í mgal

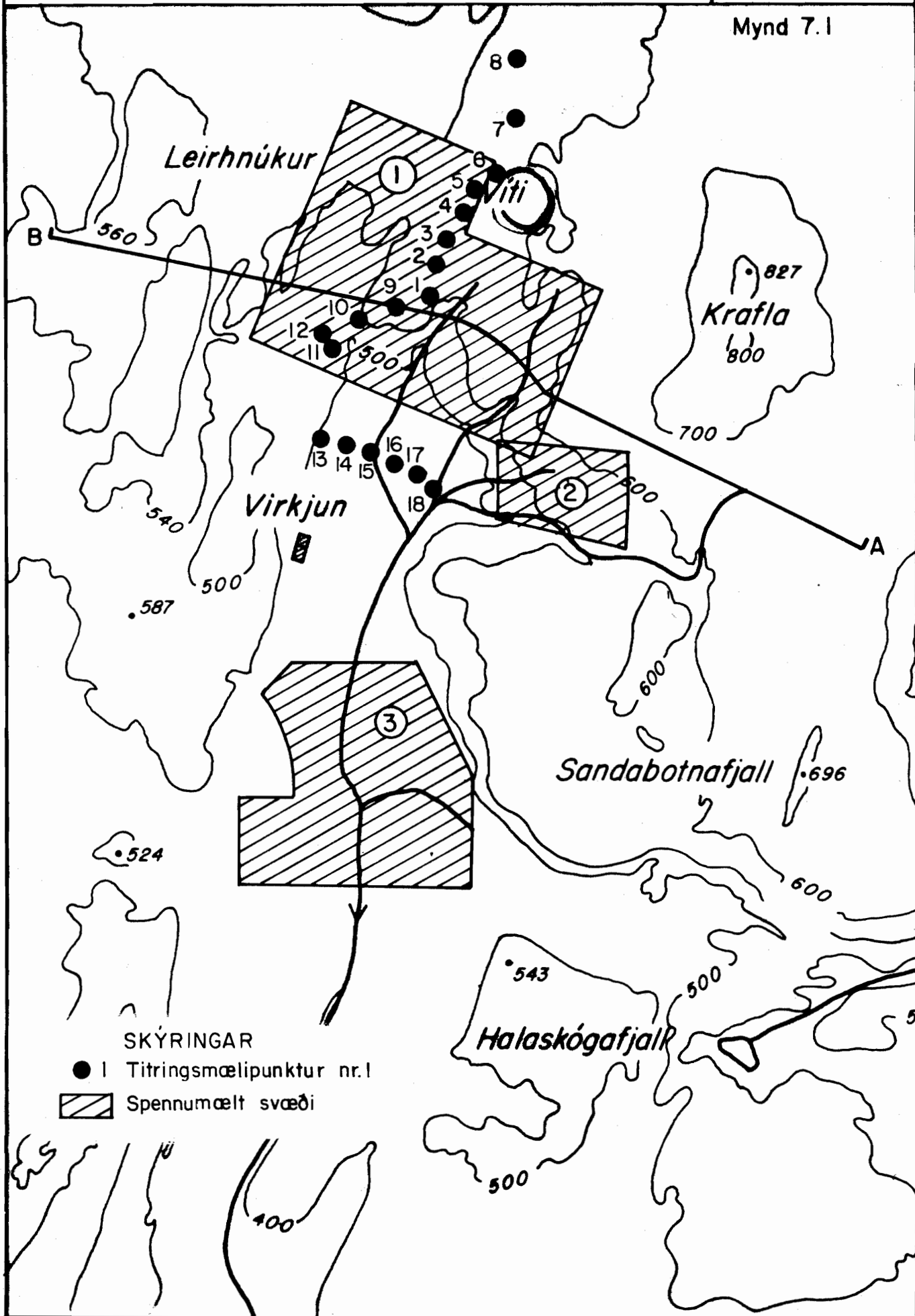
7804.25 GVJ/AA	T 554	F 16 838
	Krafla	

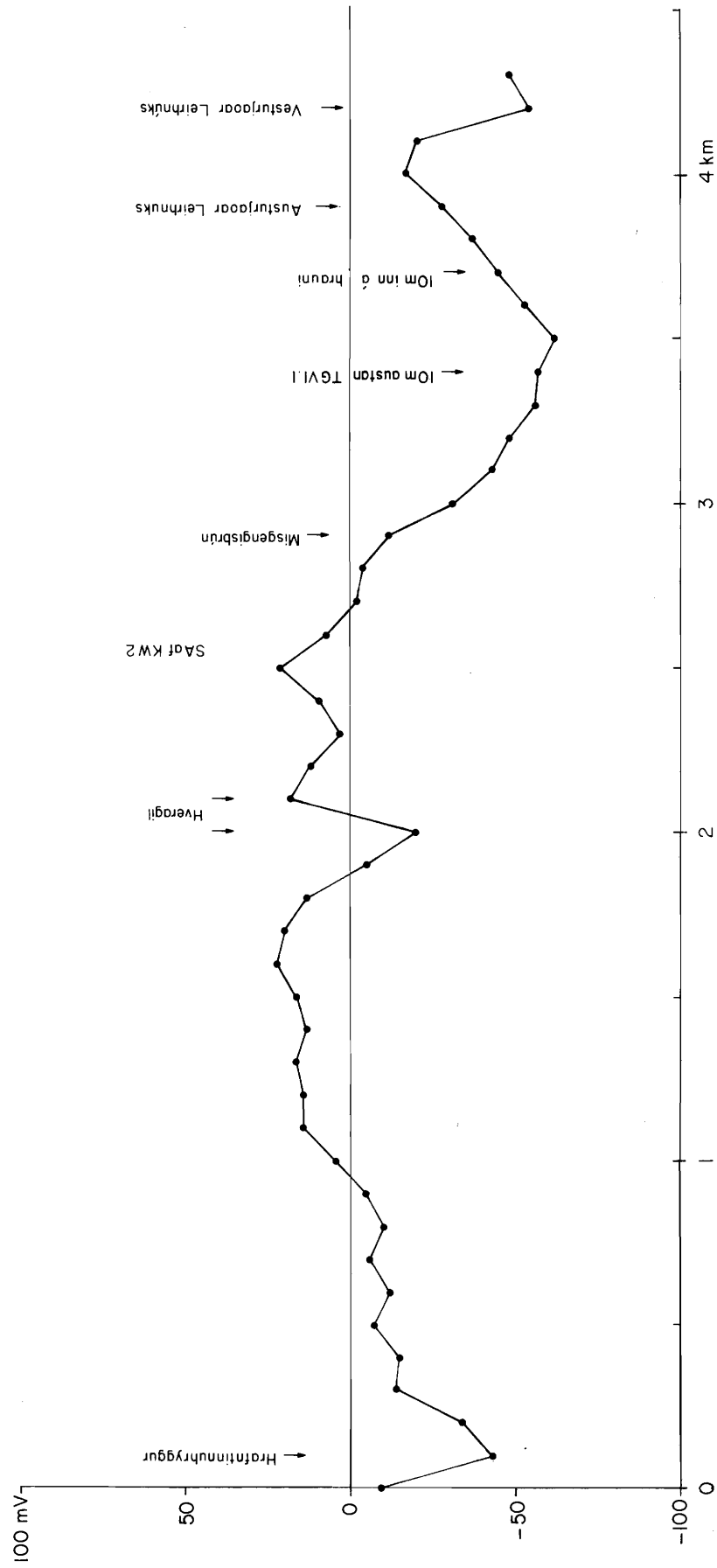


KRAFLA

Titrings- og spennumælingar

Mynd 7.1



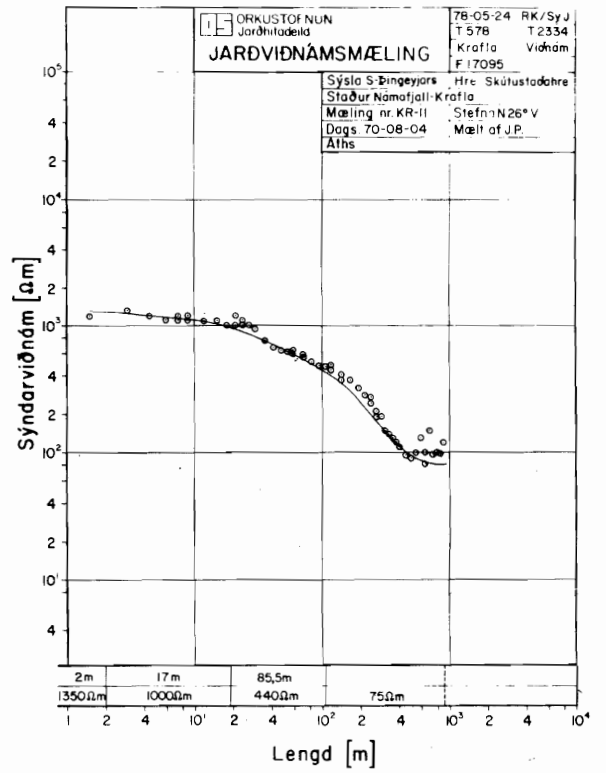
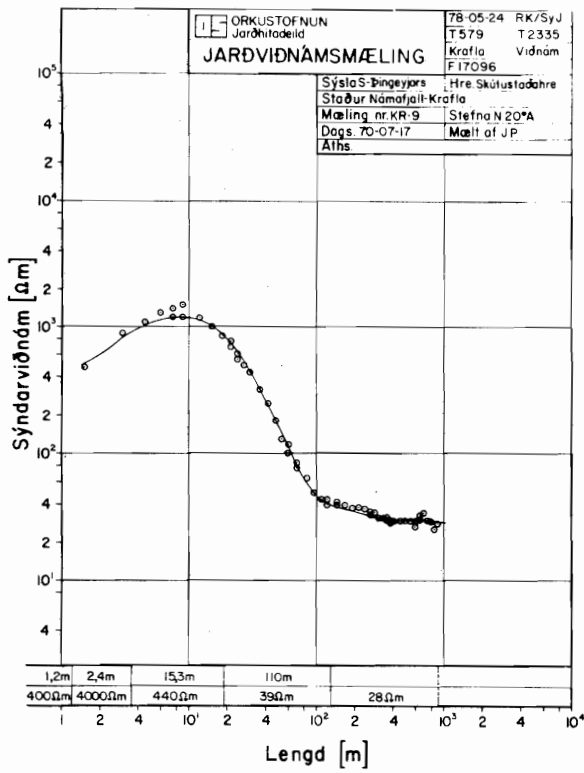


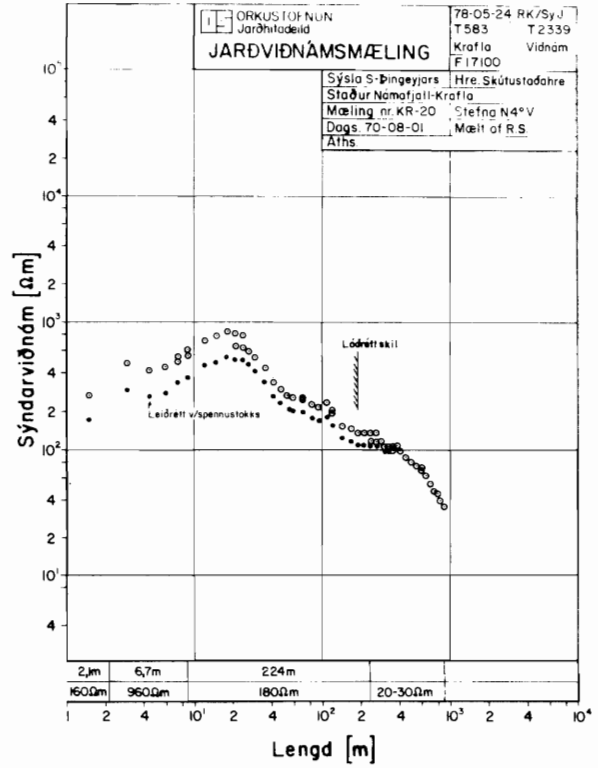
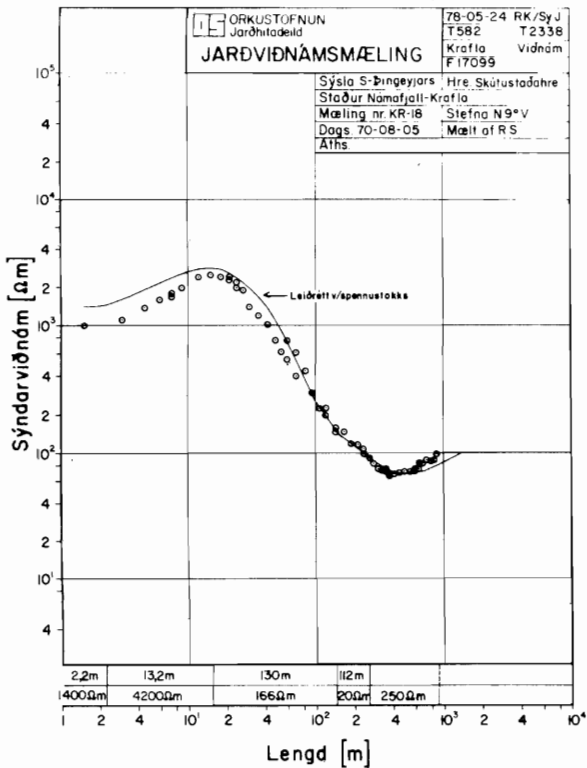
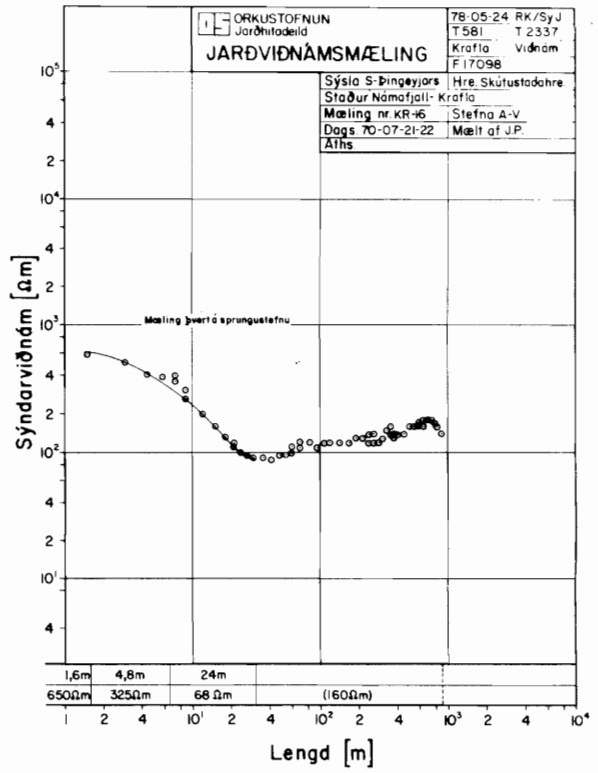
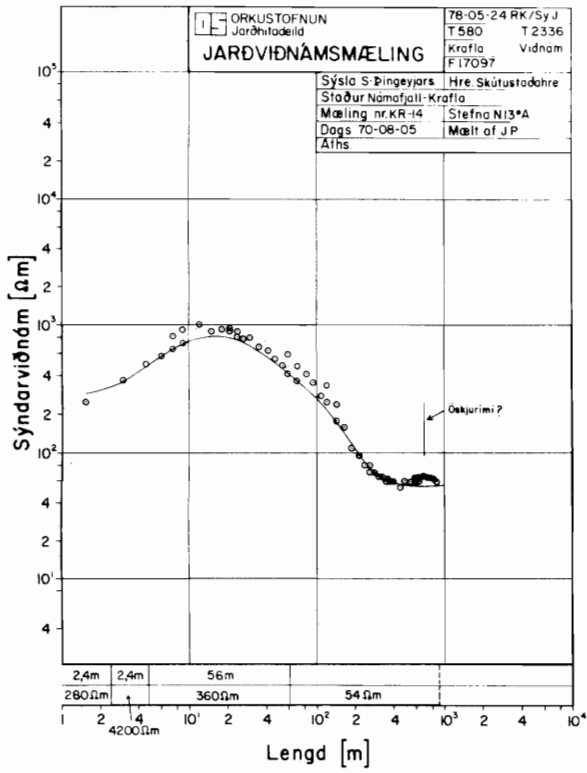
Mynd 7.2

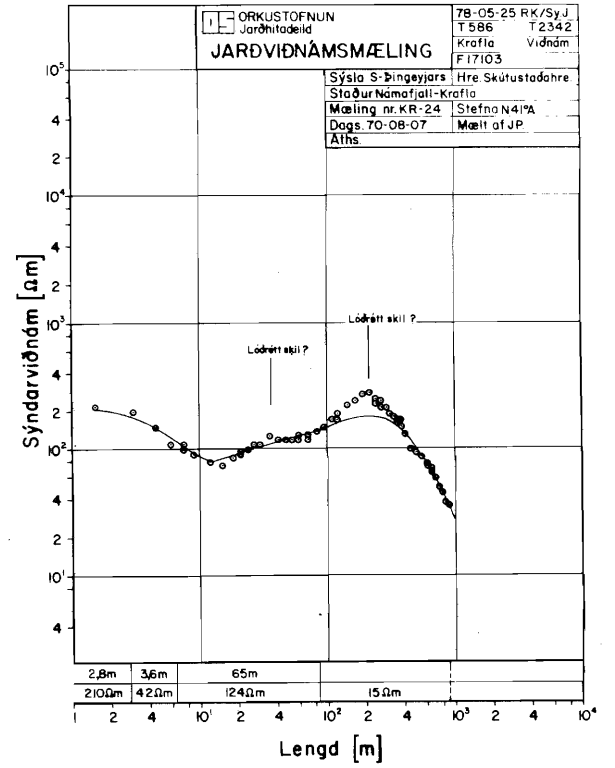
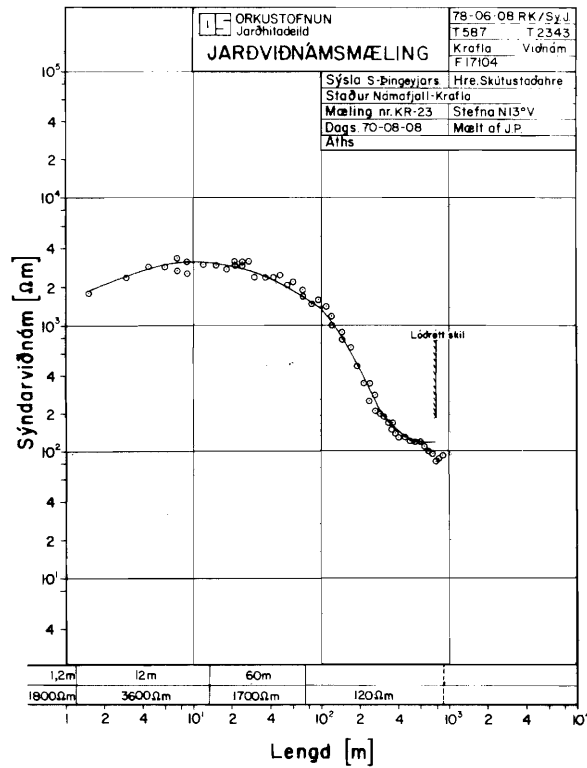
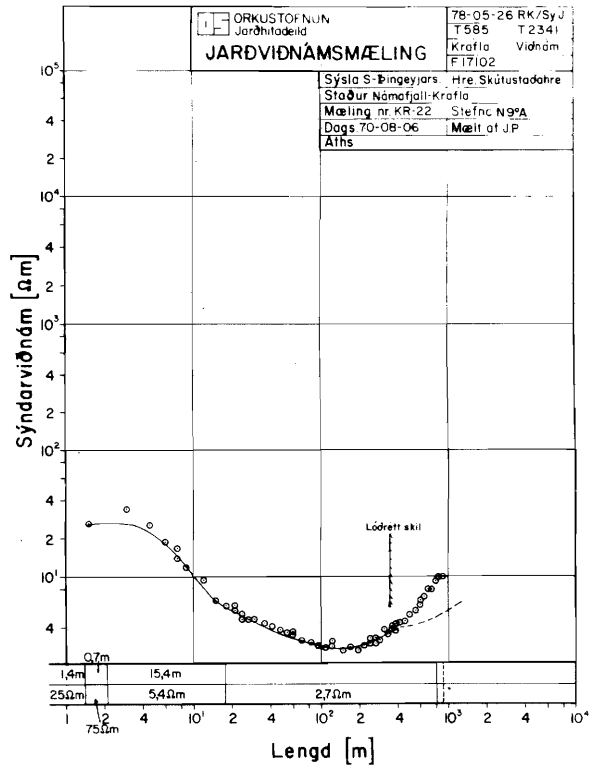
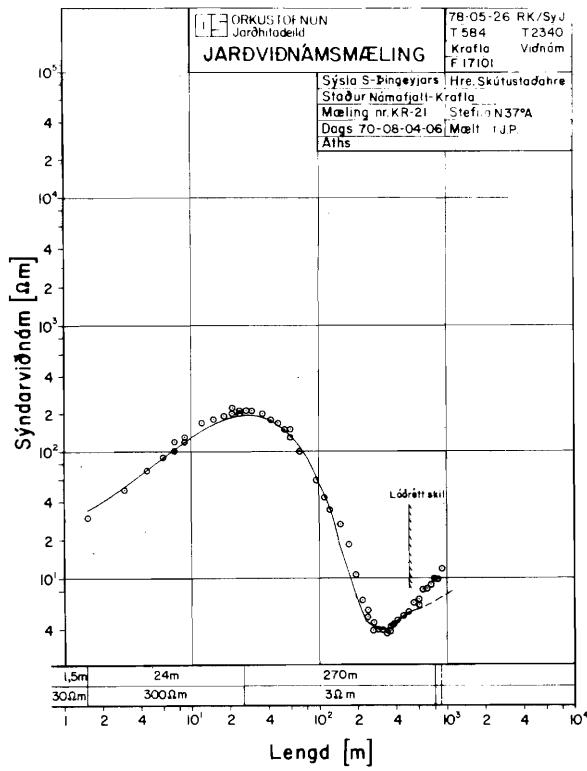
ORKUSTOFNUN	
Spennumæling frá Hrafninnuhrygg vestur fyrir Leirhnúk	
RK/H	F-17977
79.01.11	Krafía

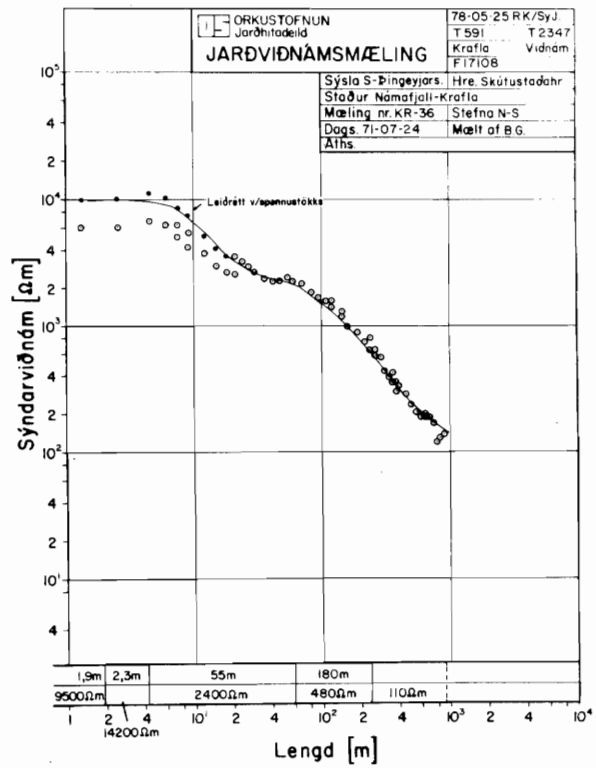
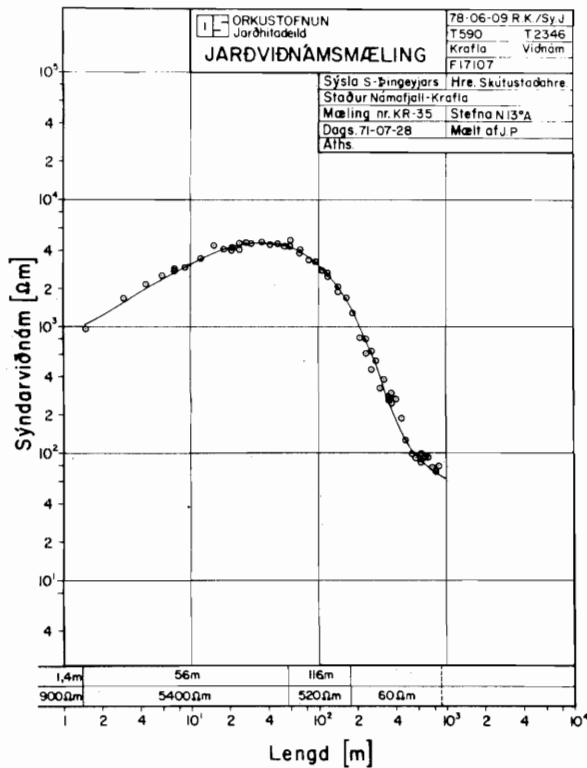
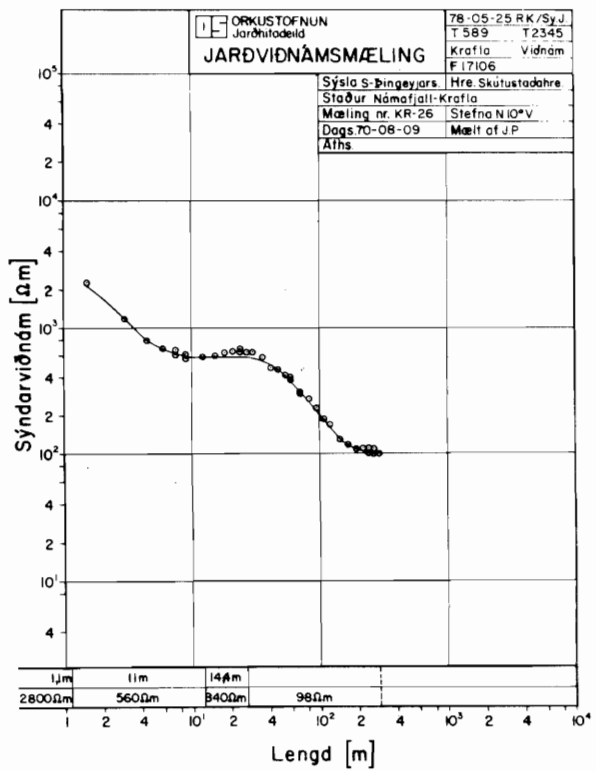
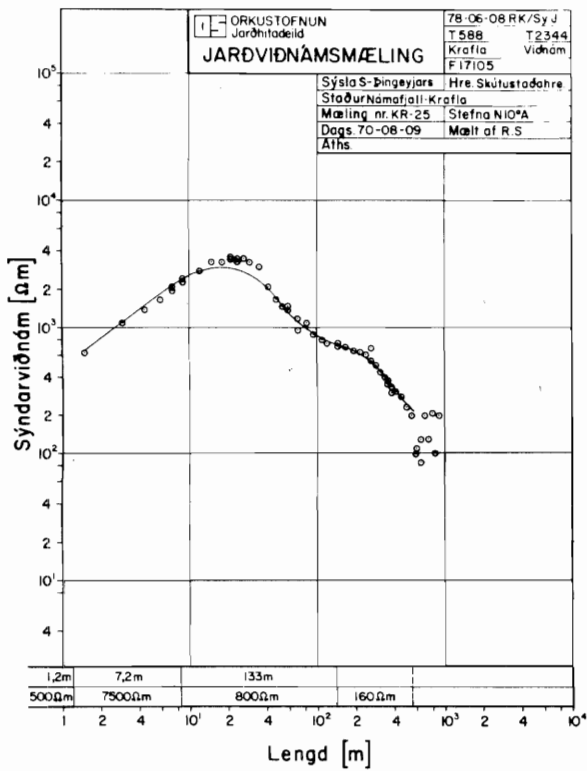
VIÐAUKI 1

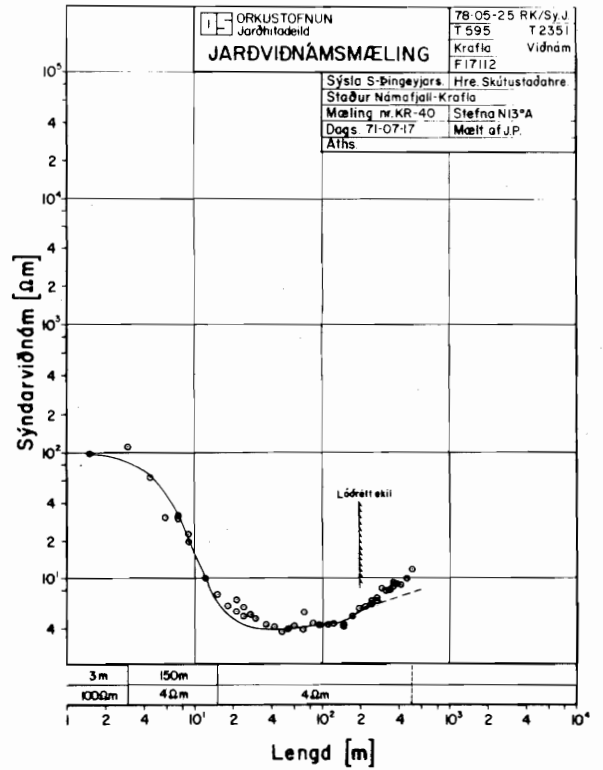
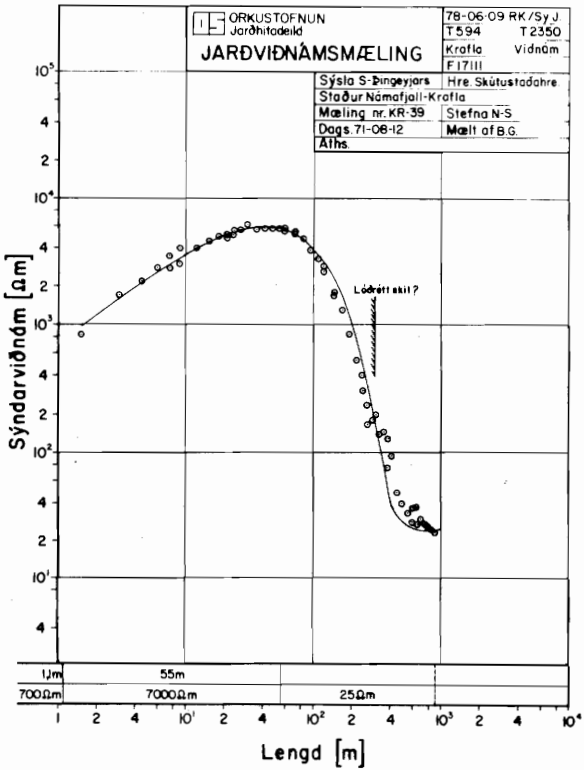
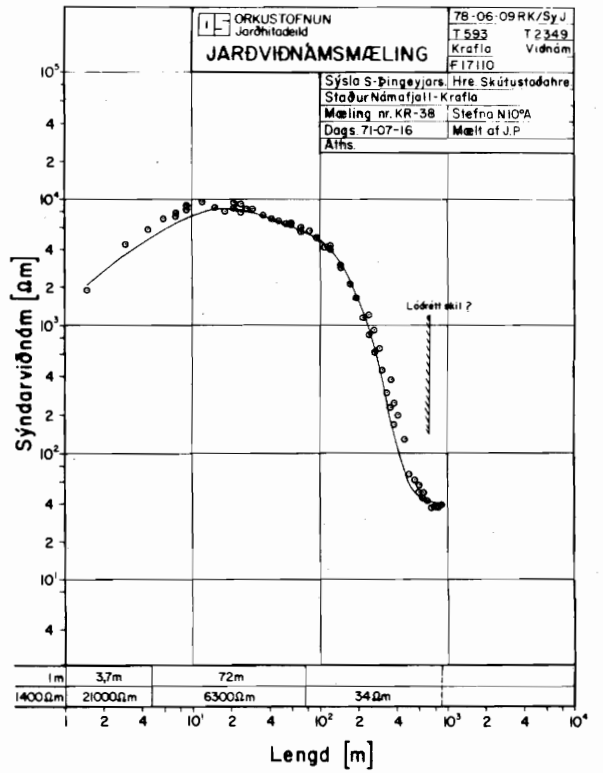
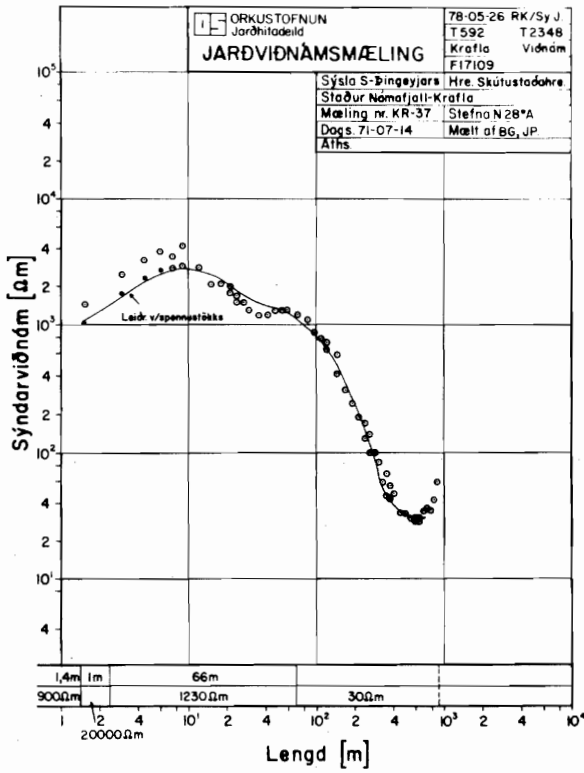
Viðnámsferlar og
túlkun þeirra

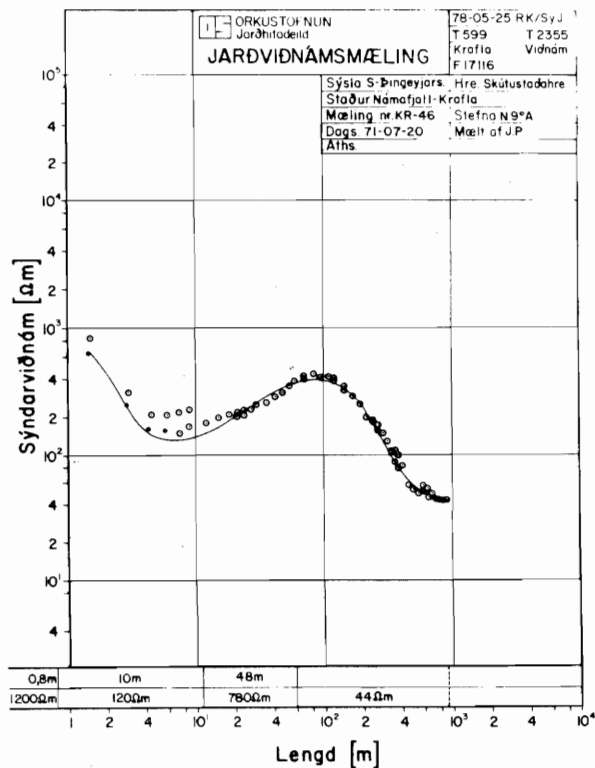
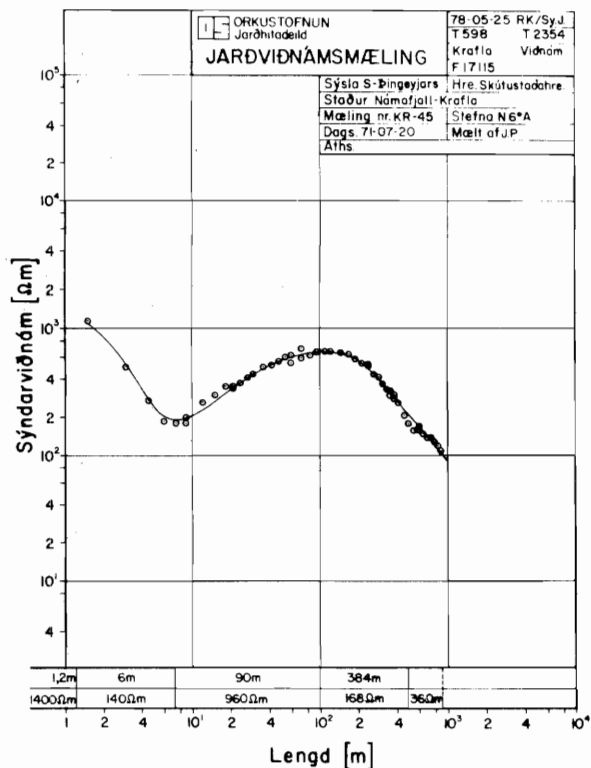
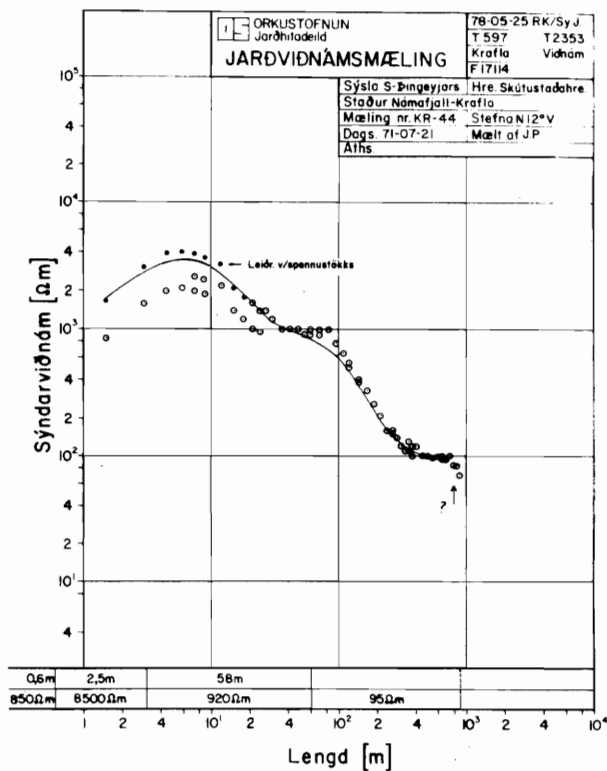
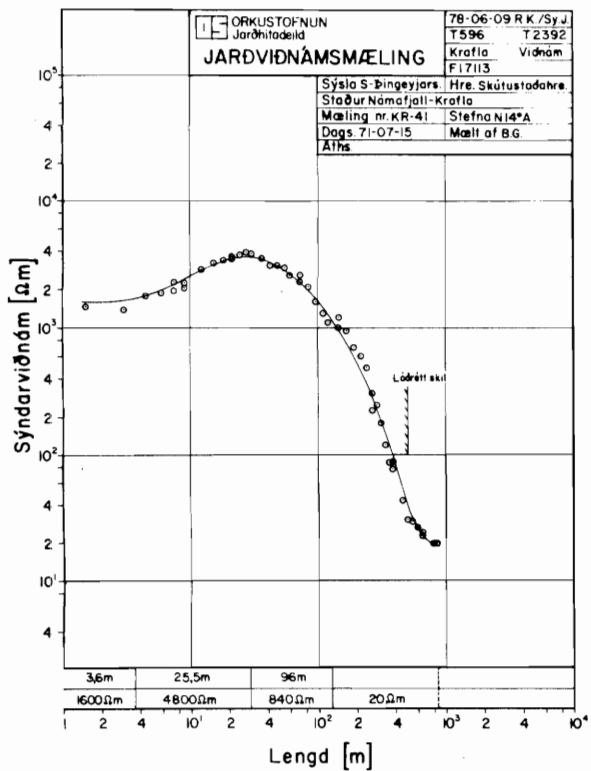


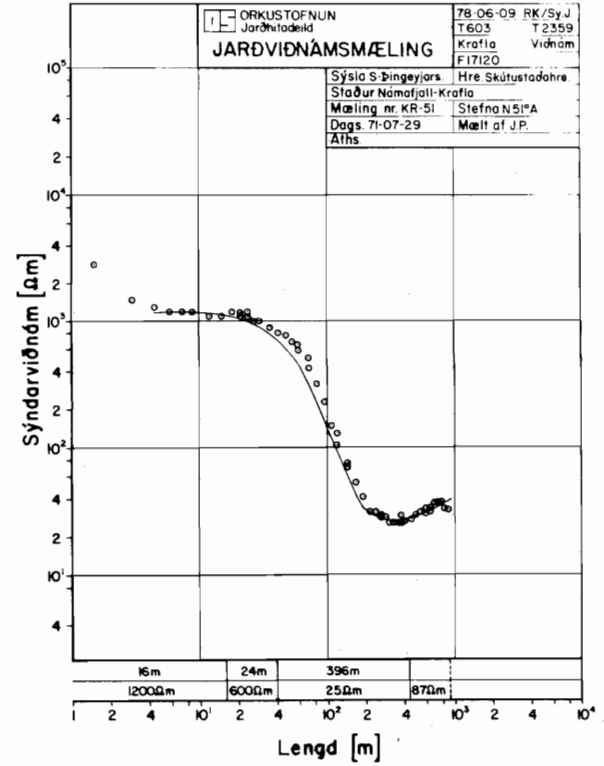
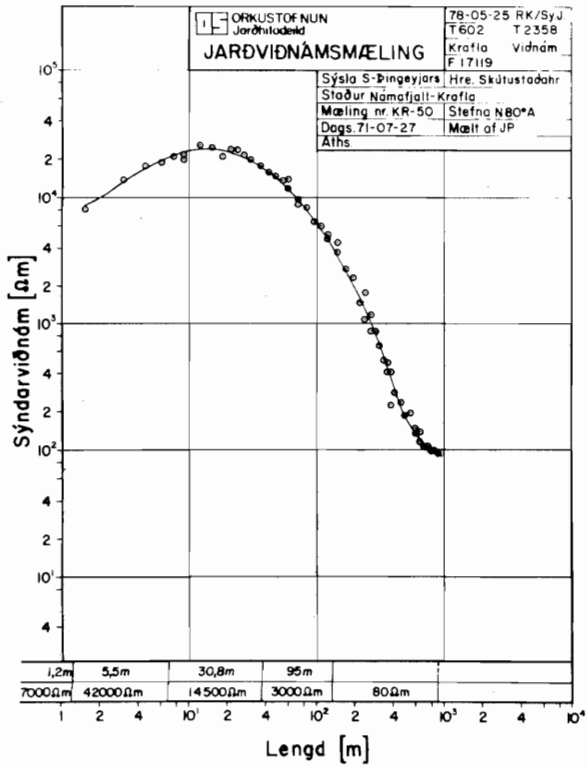
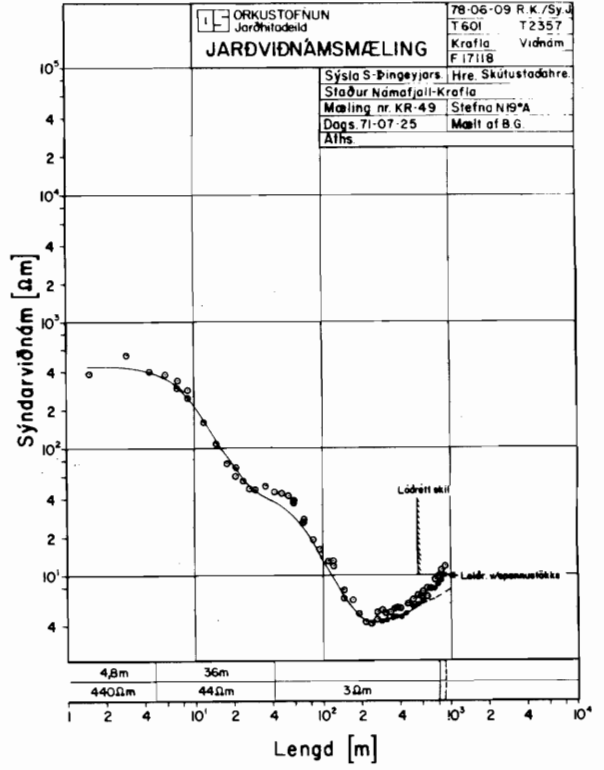
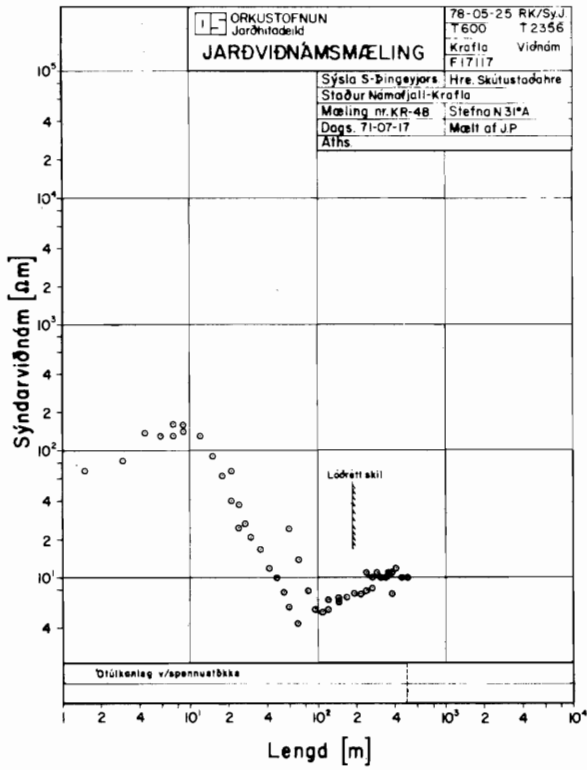


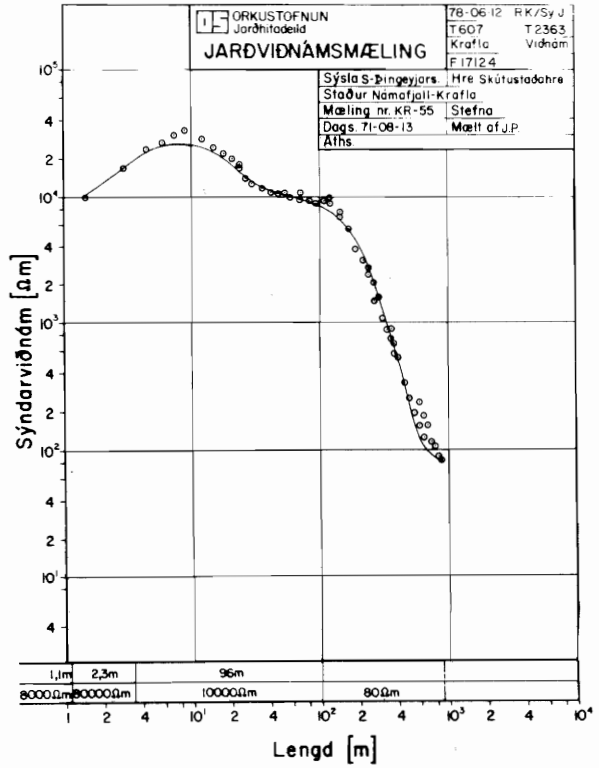
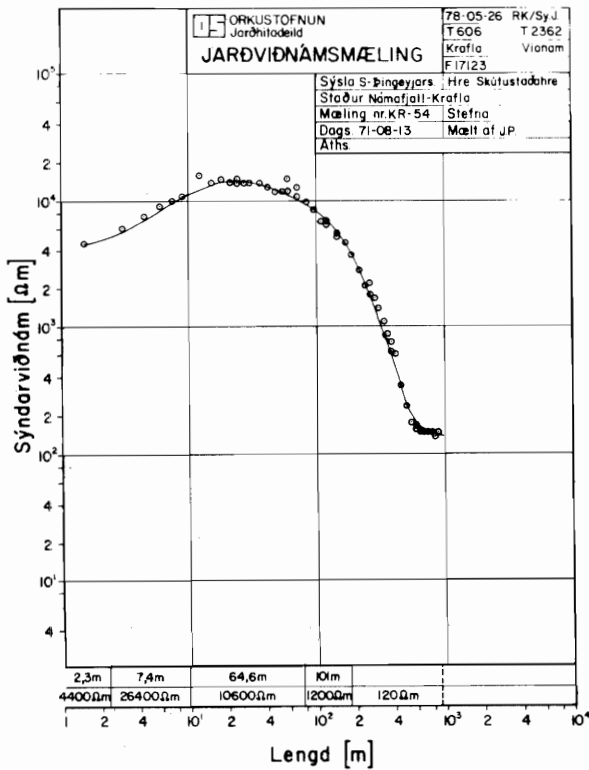
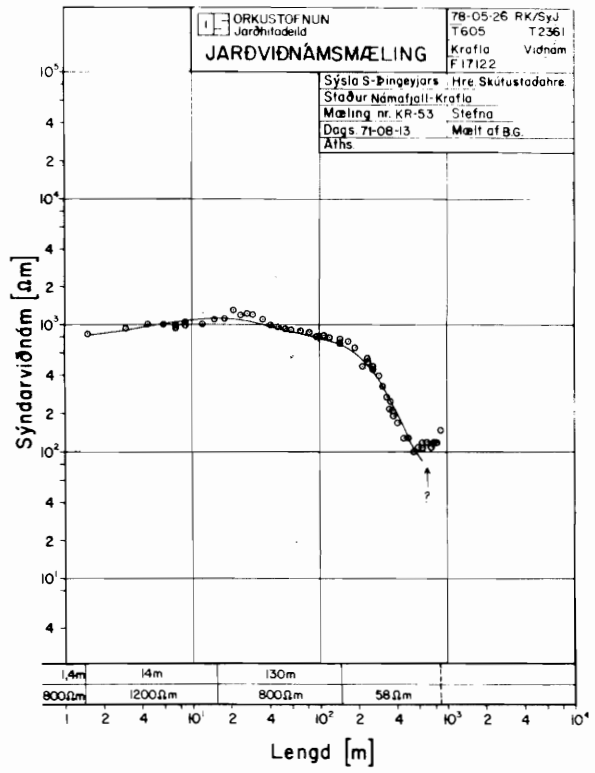
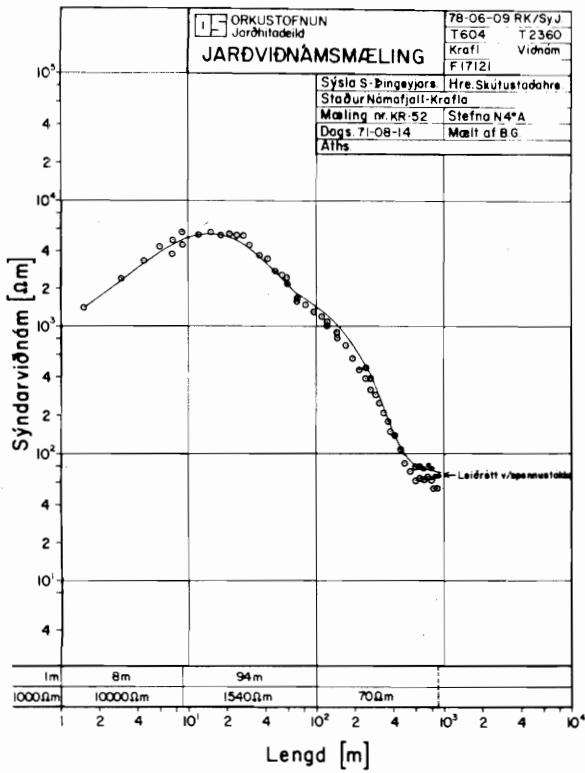


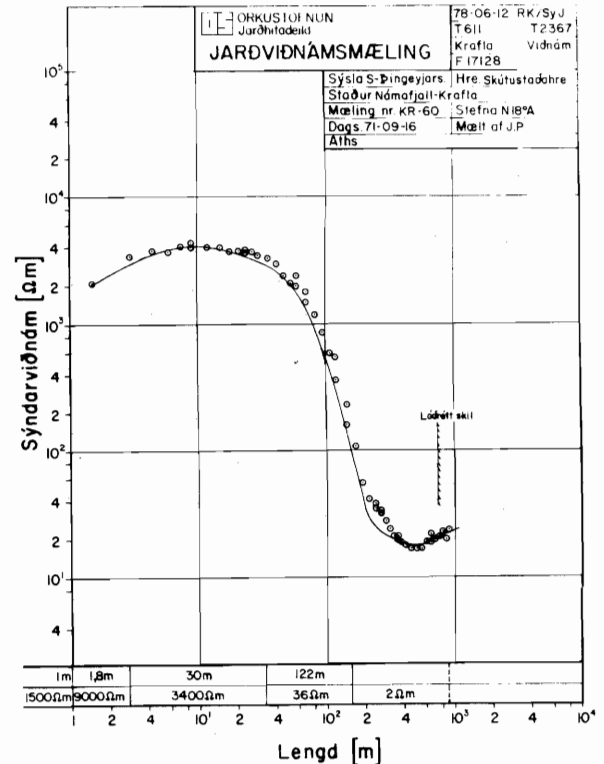
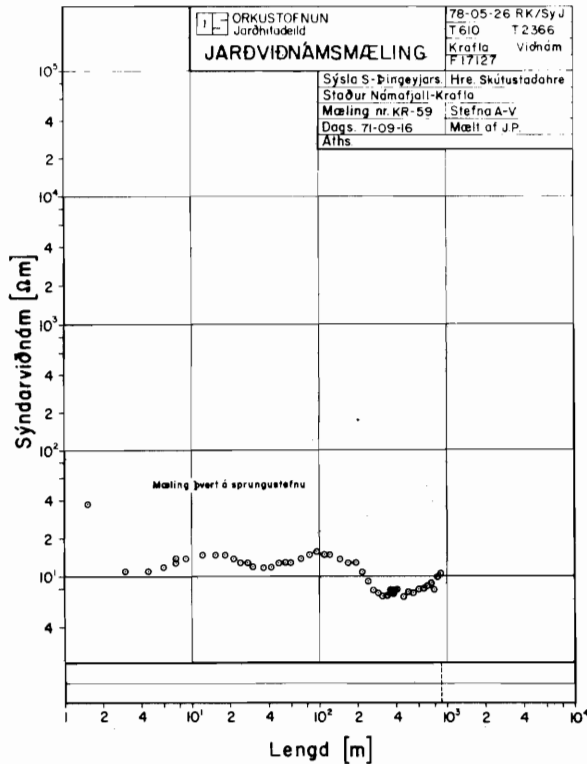
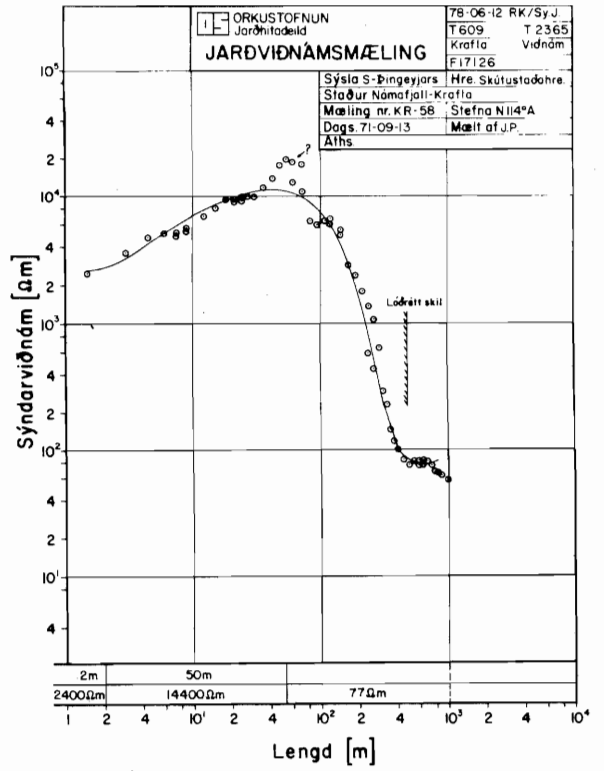
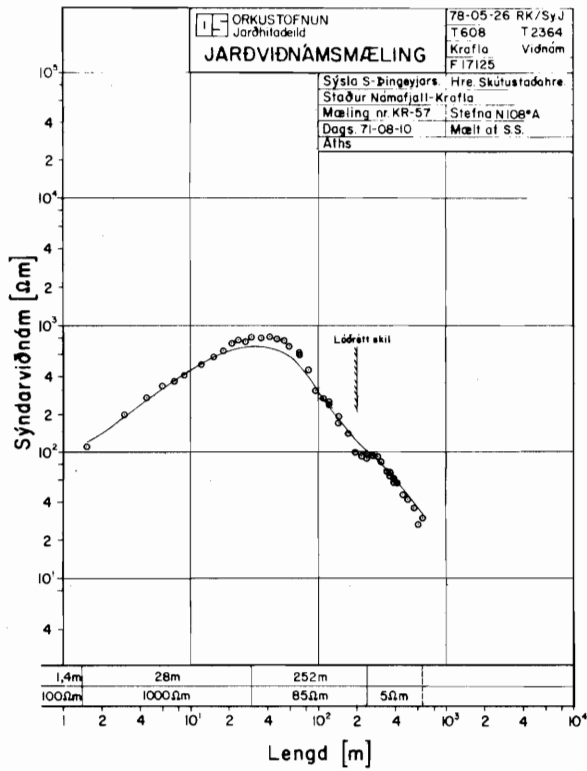


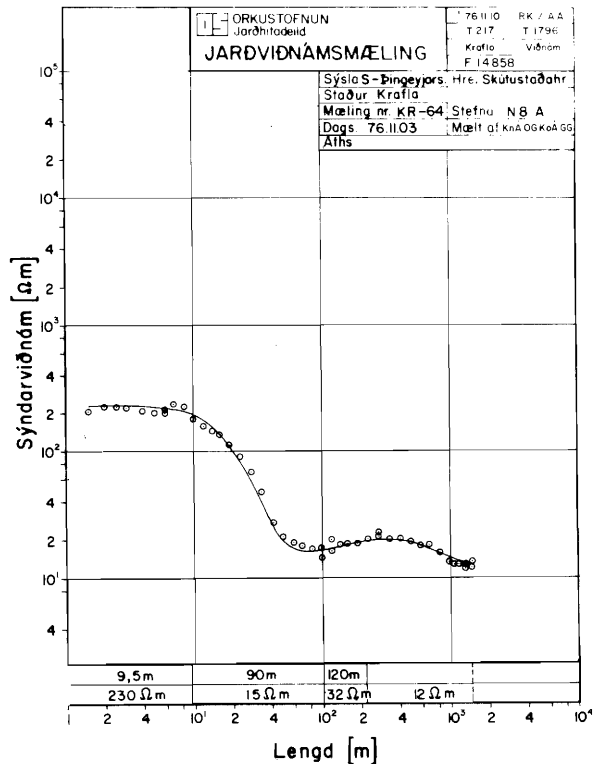
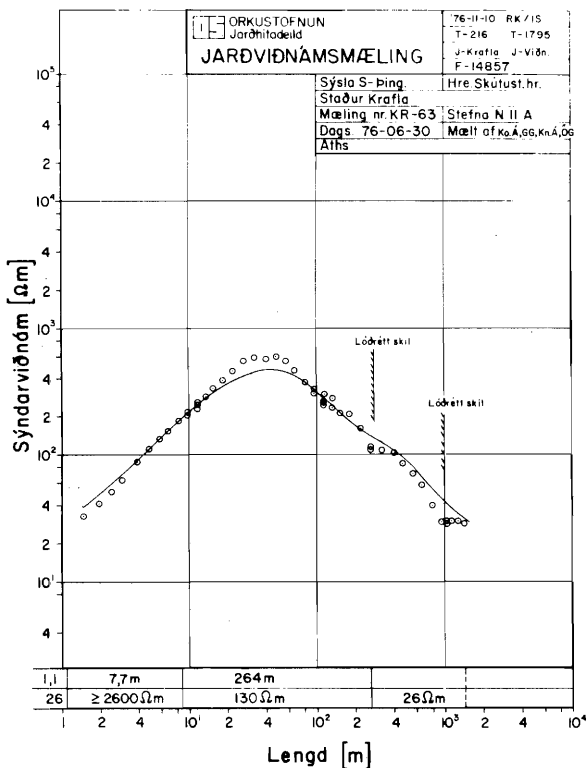
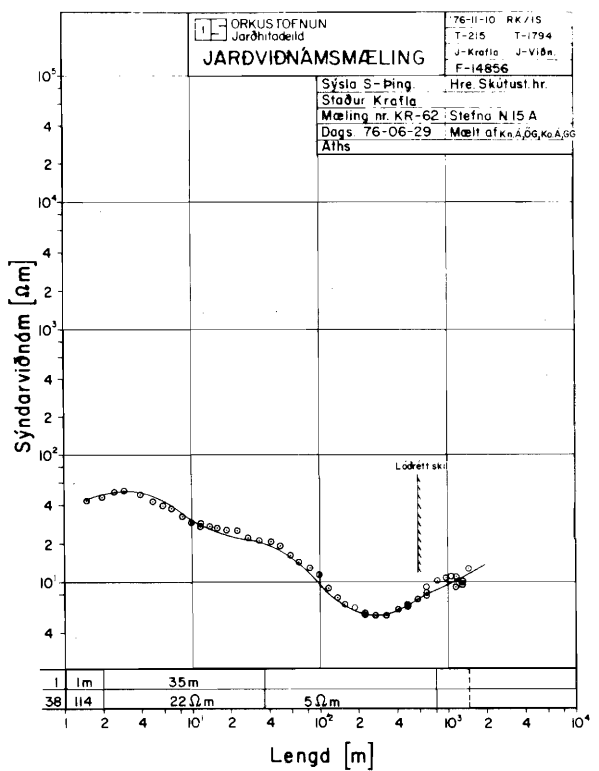
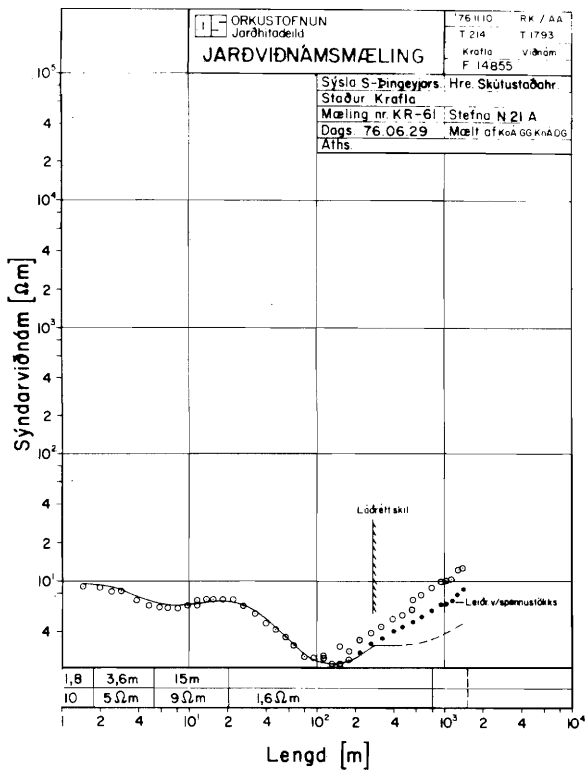


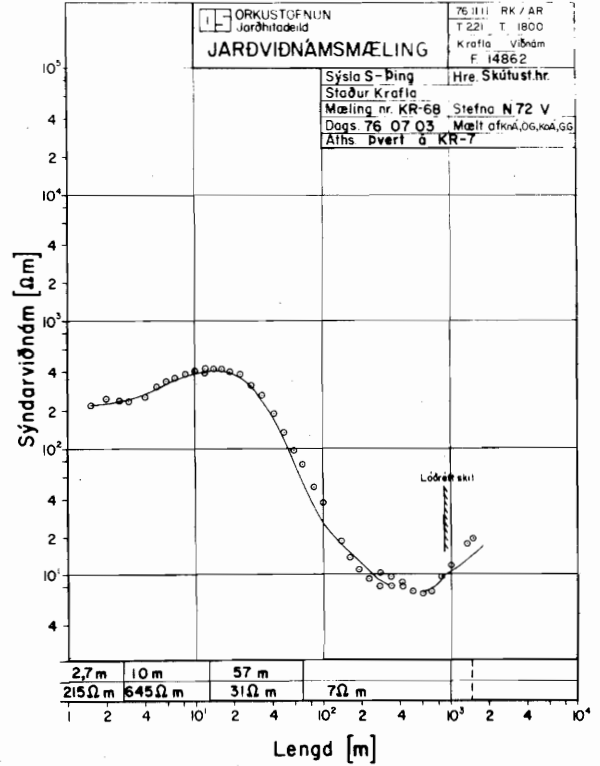
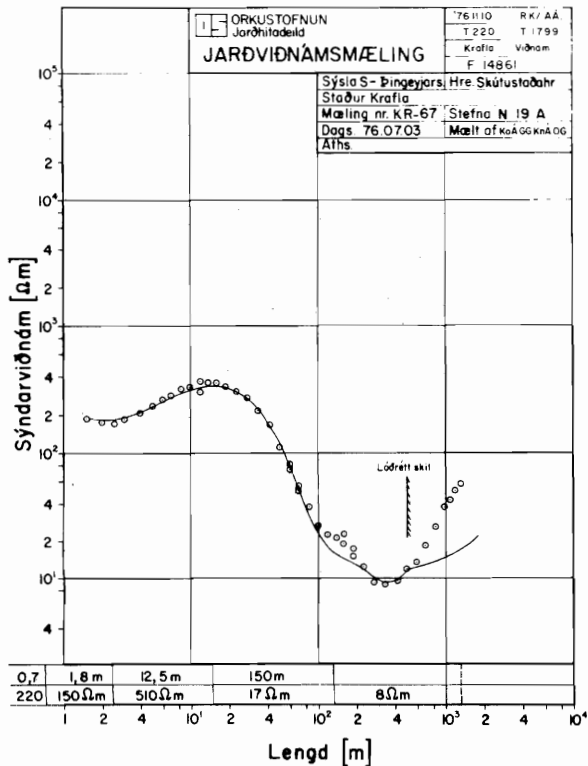
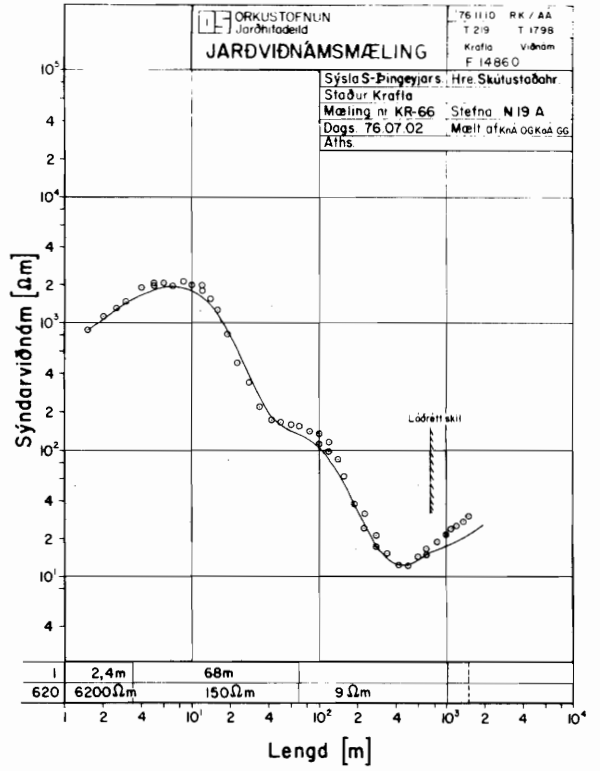
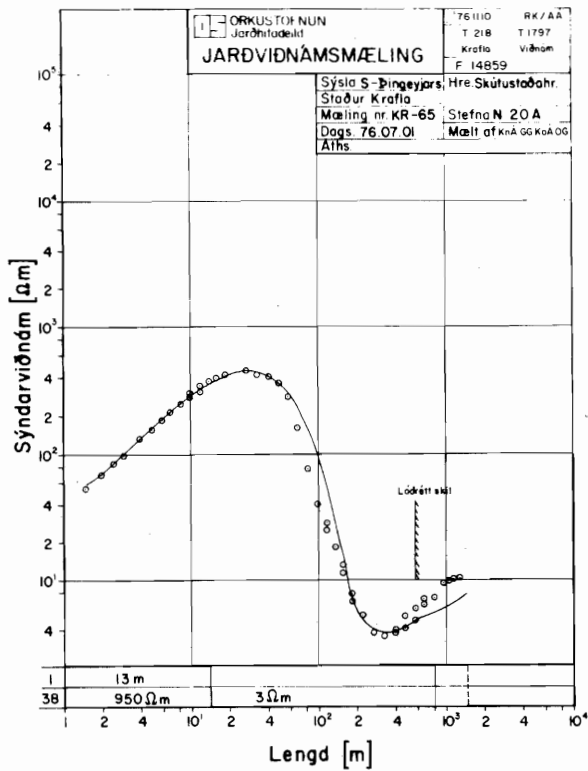


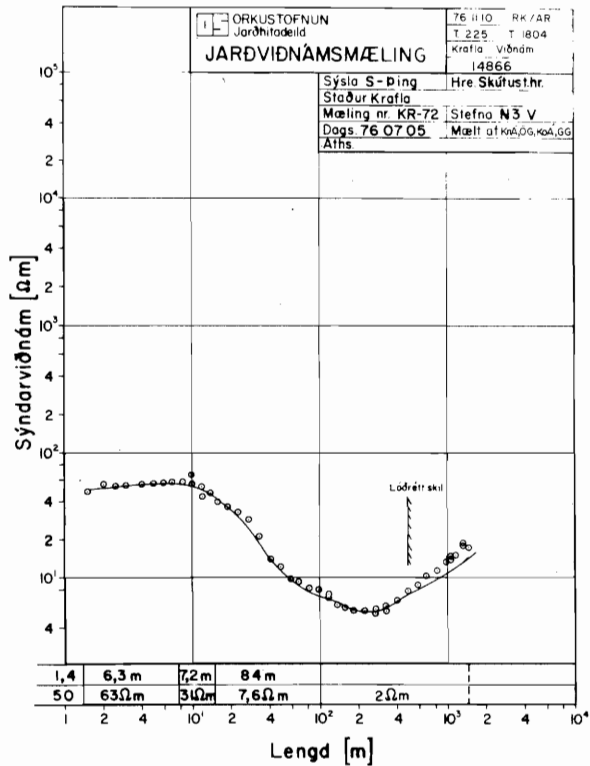
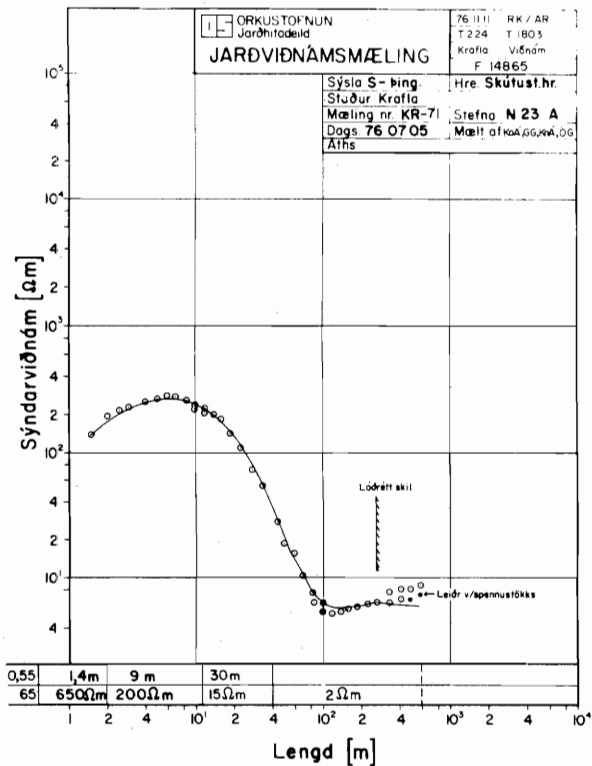
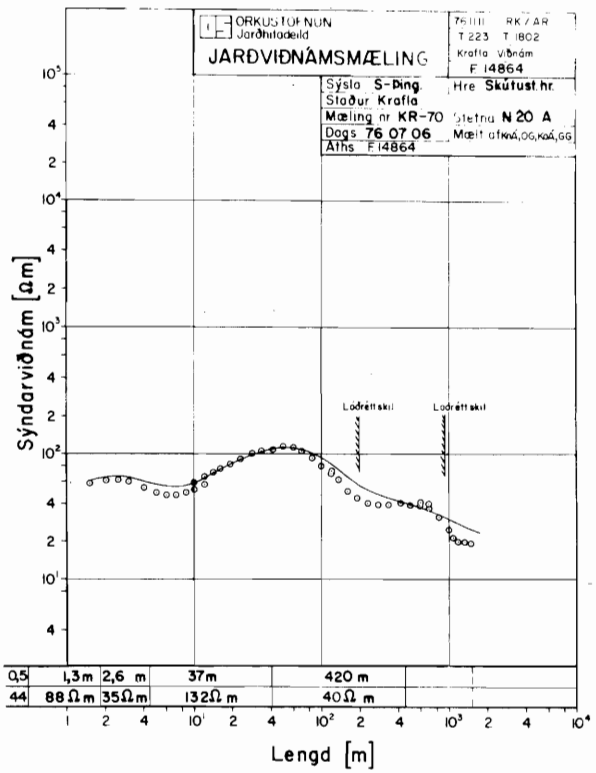
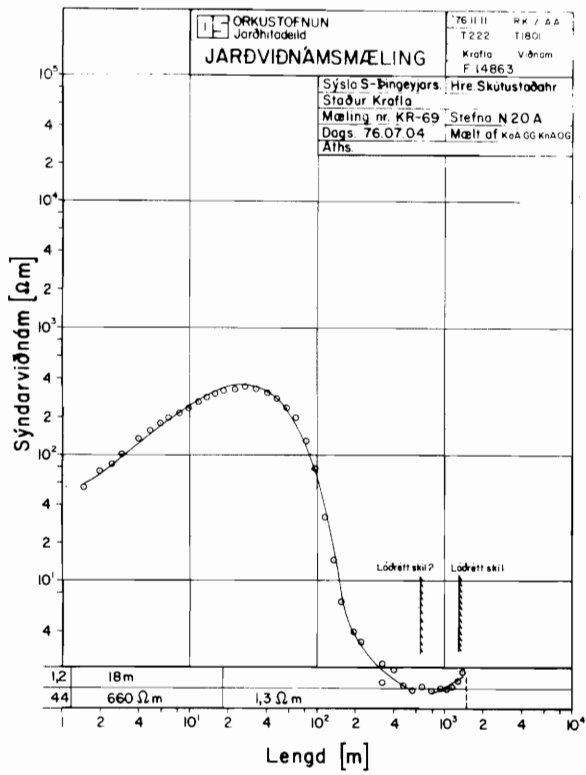


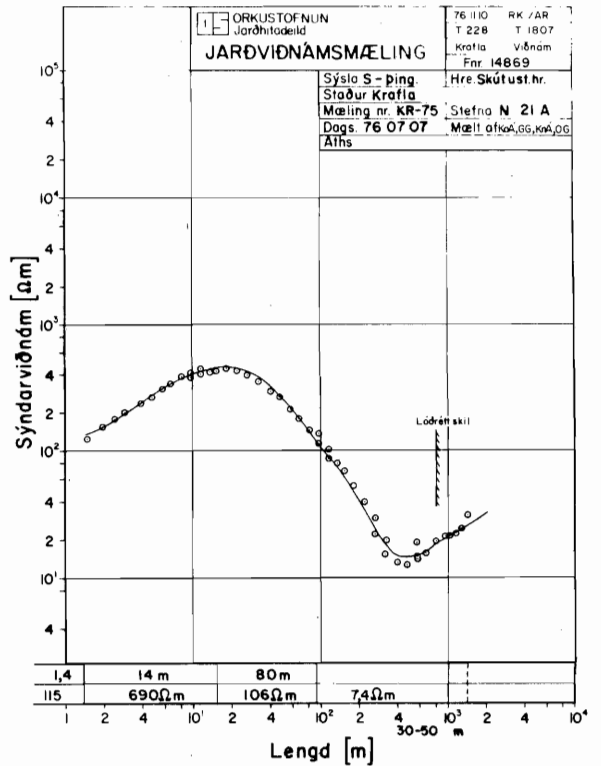
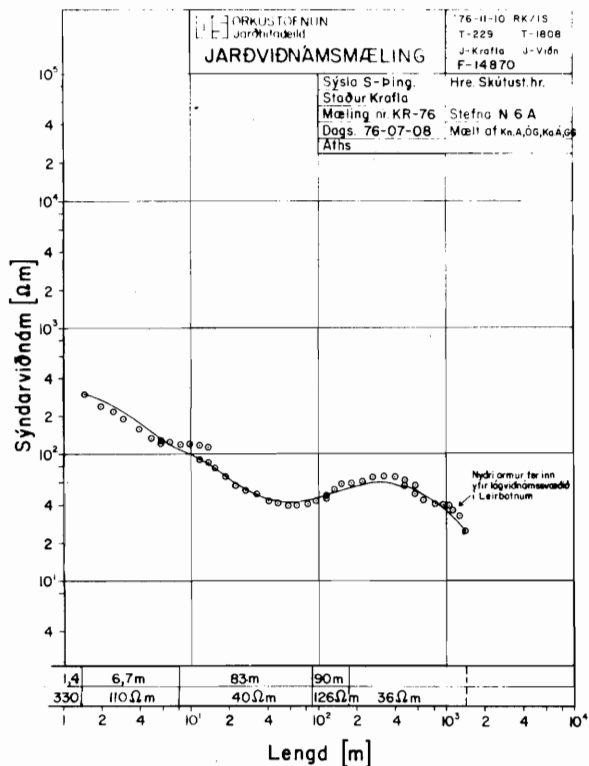
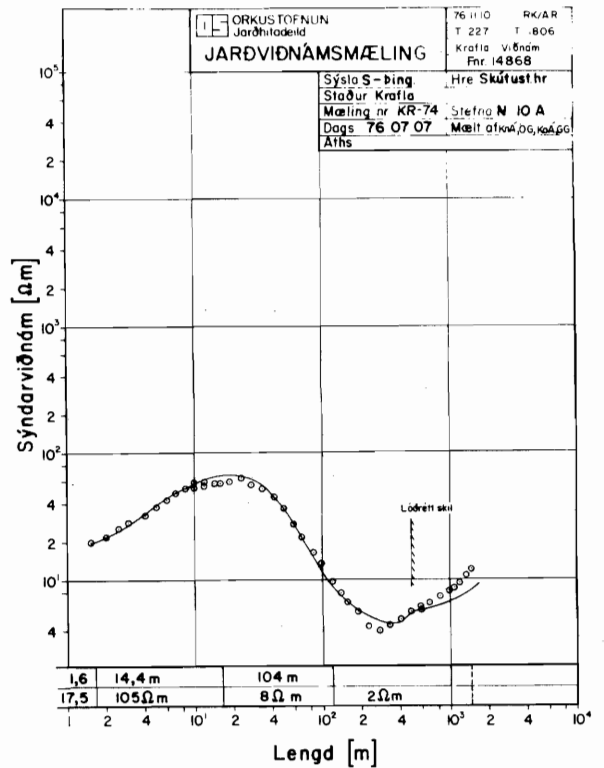
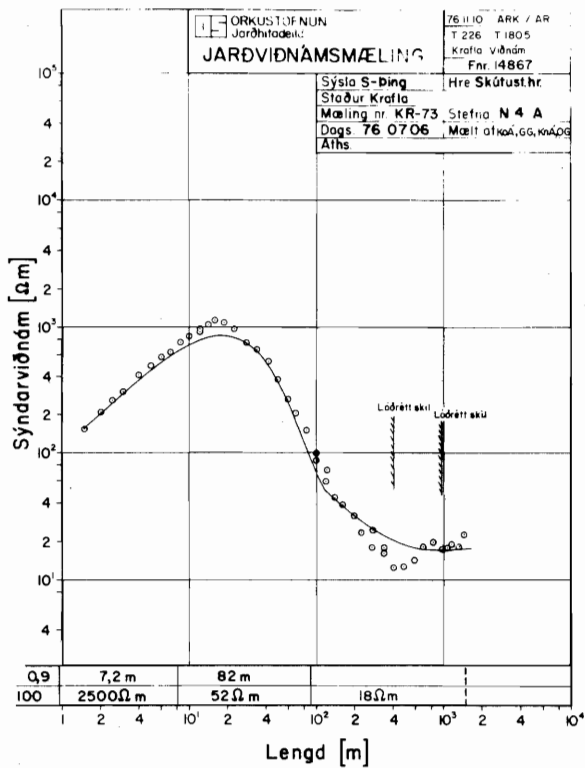


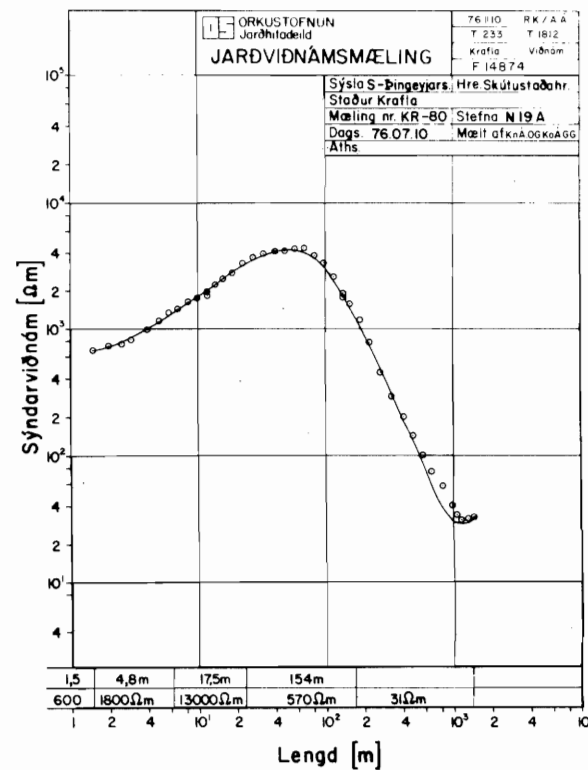
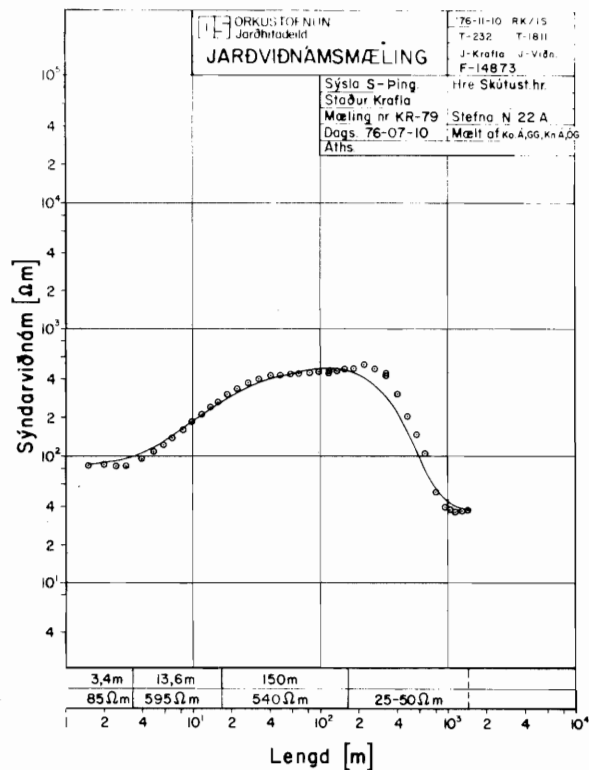
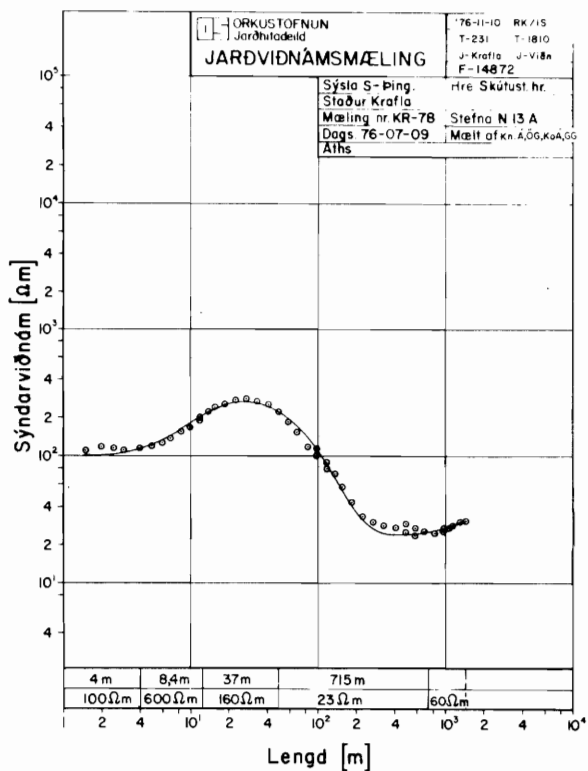
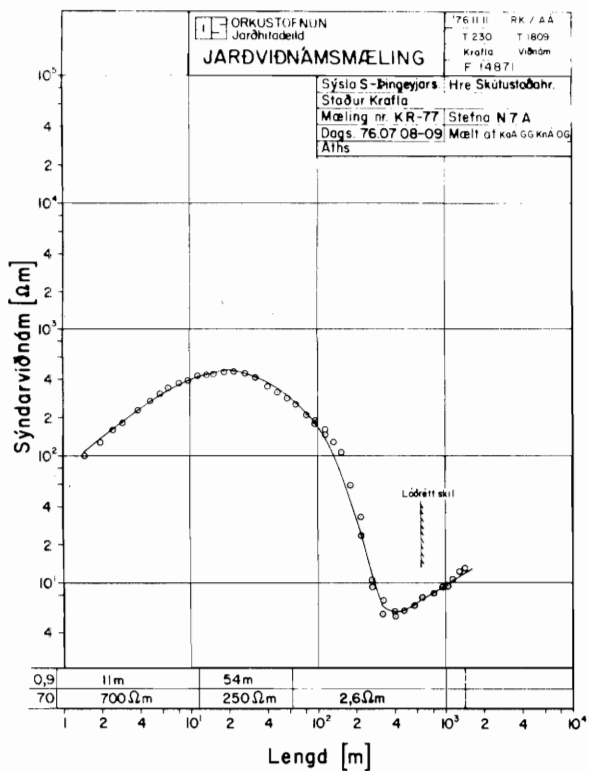


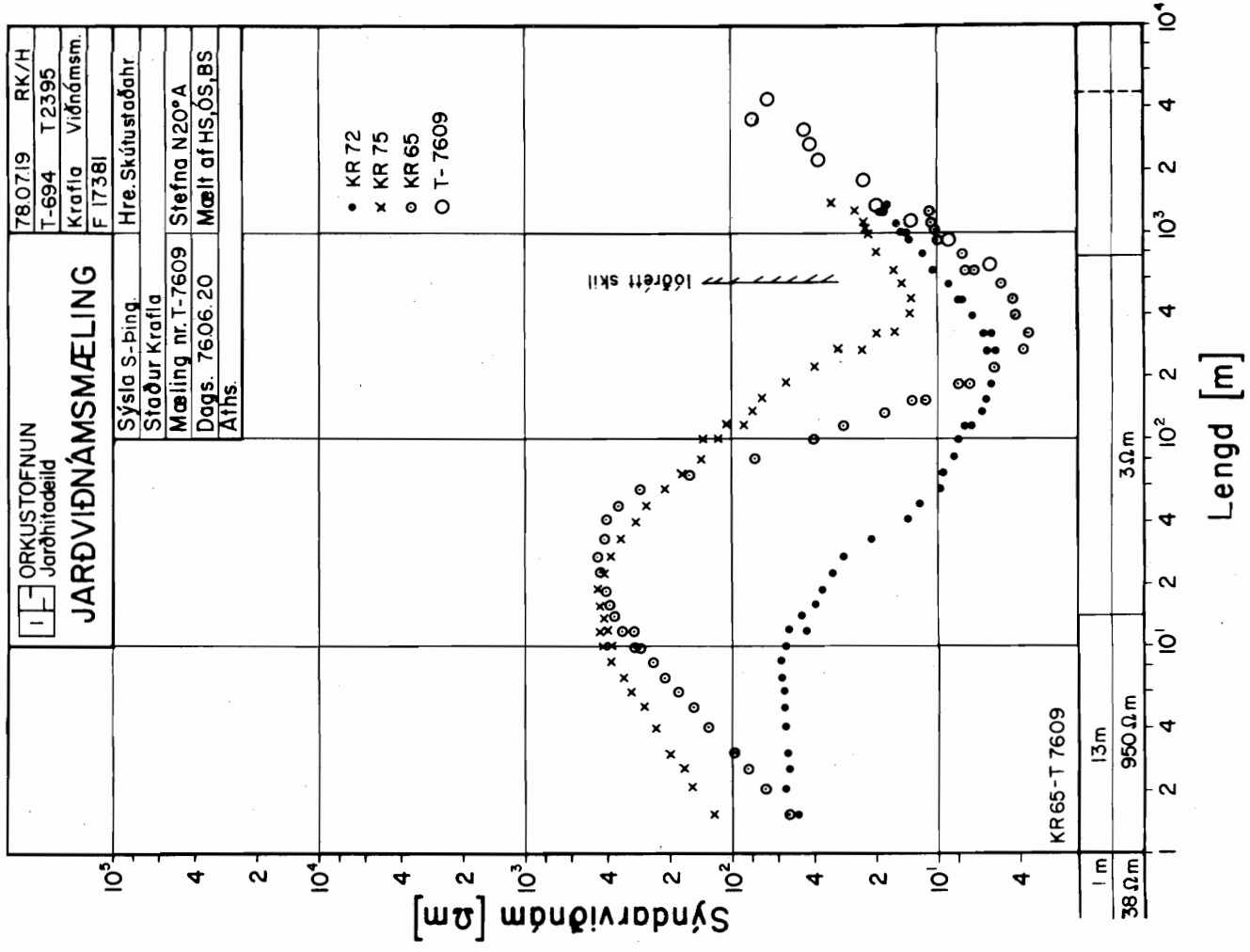
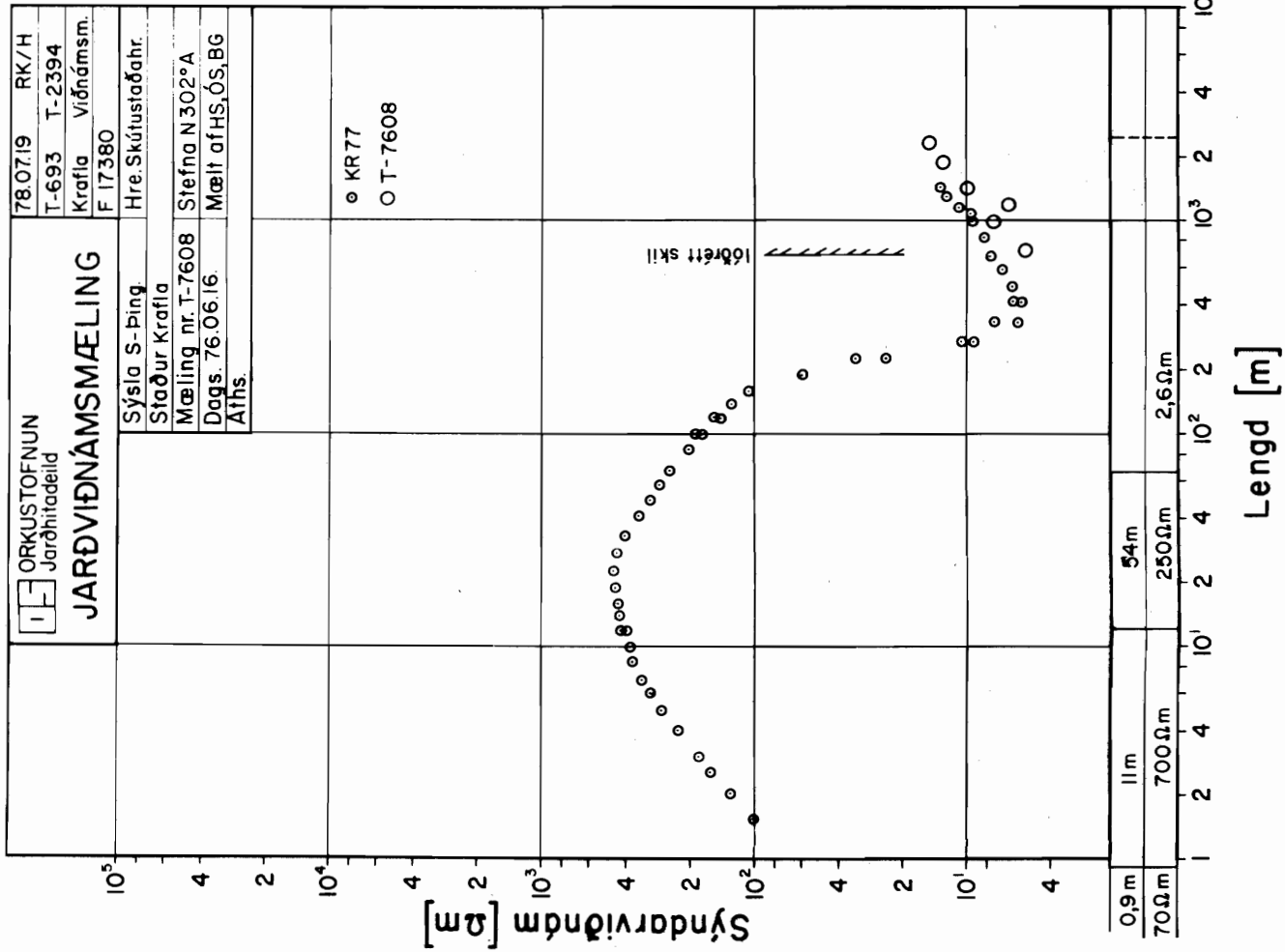


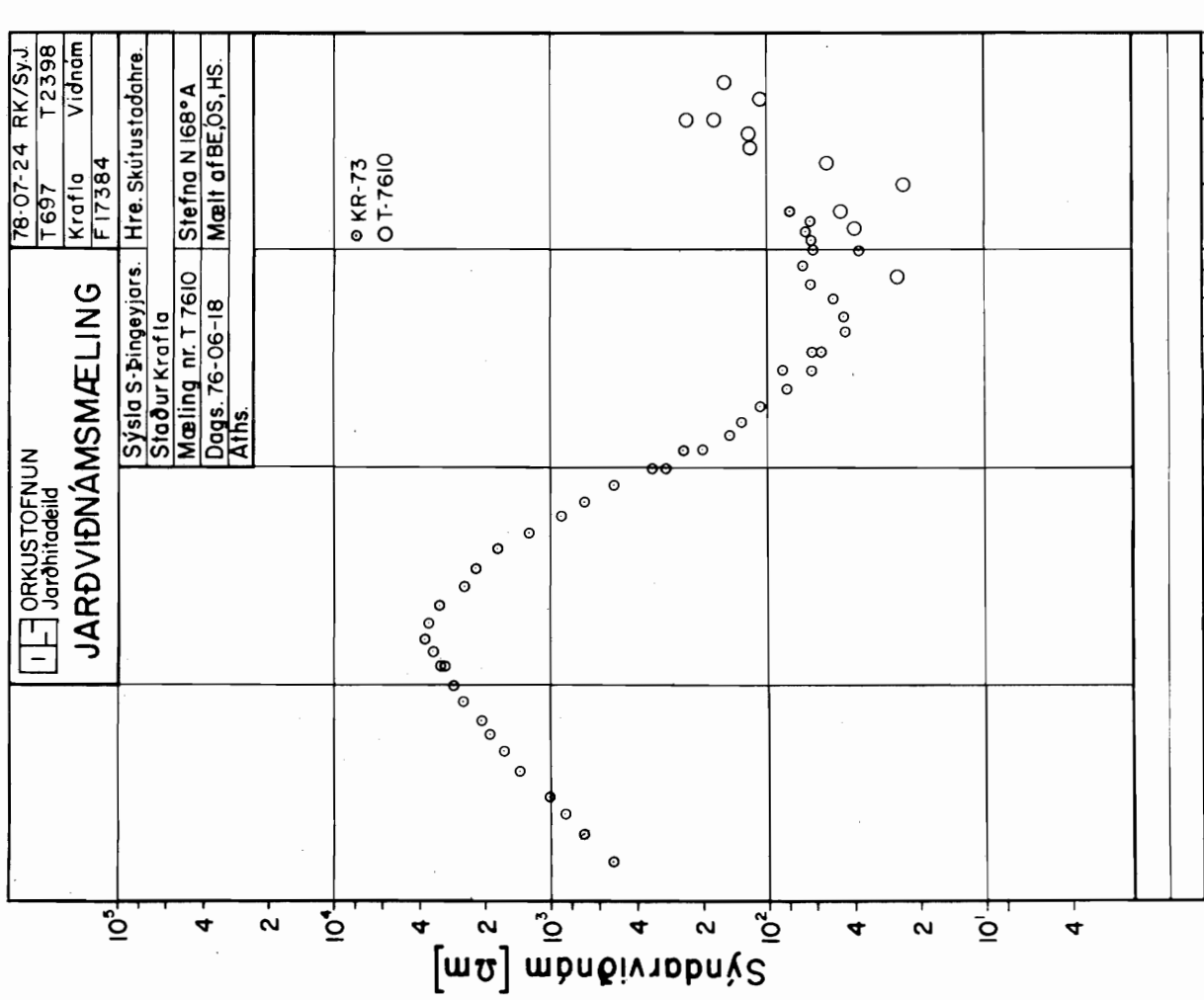
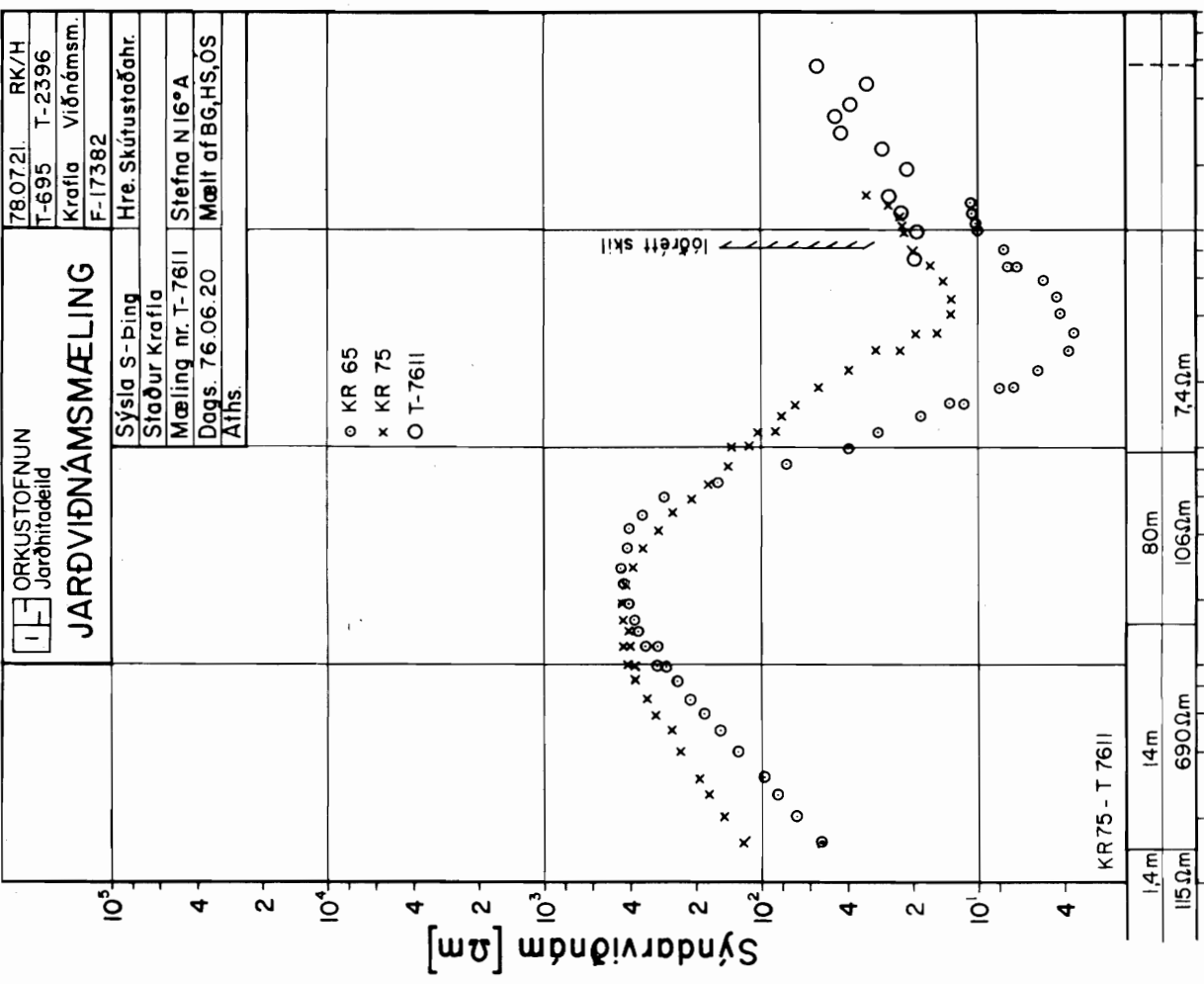


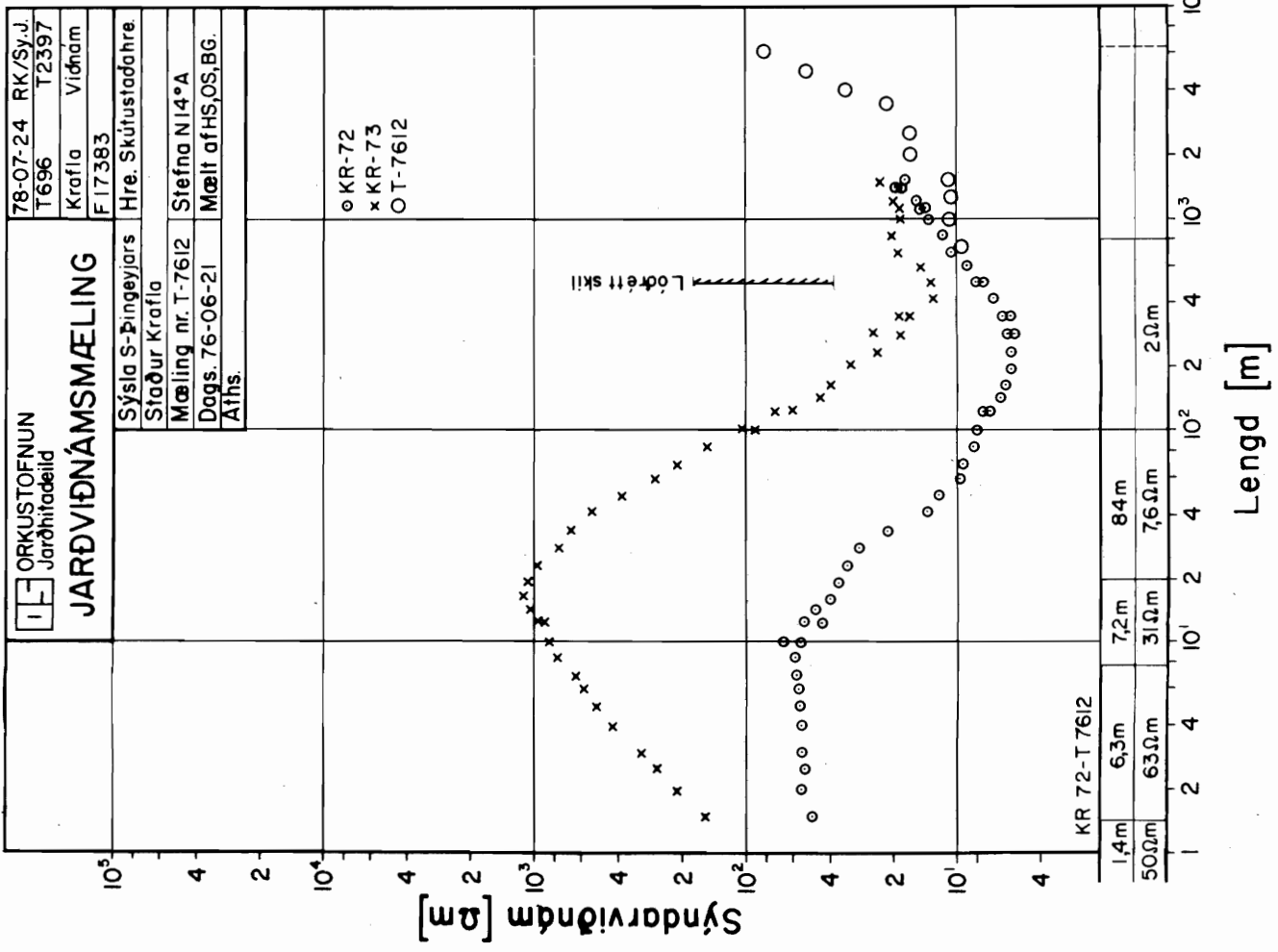












VIÐAUKI 2

Viðnámsmælingar í borholum

Viðnámsmælingar í borholum

Hola KJ-9

Á mynd F-17276 í viðauka 2 eru sýndir mæliferlar fyrir viðnáms- og sjálfspennumælingu (SP) ásamt jarðlagasniði í holu KJ-9. Einhver truflun er í sjálfspennumælingunni sem kemur fram í fjölda smárra toppa og lægða. Einfölduð túlkun á viðnámsferlinum er sýnd til vinstri á mynd 3.2. Enn frekari einföldun er sýnd til hægri á sömu mynd ásamt meðaltalsviðnámsgildum fyrir hvert dýptarbil.

Ef litið er nánar á mæliferlana sést að viðnámið er mjög lágt niður á um 800 m dýpi eða um 25 Ω m. Þó má sjá hækkun í viðnámi á nokkrum stöðum, sem kemur aðallega fram við lagamót. Nokkrar vatnsæðar koma í holuna á þessu dýptarbili og virðast þær aðallega fylgja lagamótum. Þessar æðar koma ekki greinilega fram í SP-mælingunni.

Neðan 800 m hækkar viðnámið, en er enn fremur lágt. Á 800-925 m dýpi er viðnámið um 50 Ω m með nokkrum toppum sem fara yfir 100 Ω m. Topparnir falla saman við ummynduð basaltlög. Vatnsæð í rúmlega 920 m kemur mjög vel fram á SP-mæliferlinum.

Milli 925 og 1100 m er viðnámið nokkru herra og er að jafnaði 90-180 Ω m. Nokkrar vatnsæðar opnast í holuna á þessu dýptarbili en eru ekki grein- anlegar á SP-mæliferlinum.

Neðan 1110 m dýpis lækkar viðnámið og er að meðaltali um 80 Ω m niður á 1205 m dýpi.

Neðan 1205 m dýpis fellur viðnámið á um 30 m kafla niður í um 20 Ω m. Á þessu dýptarbili kemur inn helsta vatnsæð holunnar eða á 1226 m og kemur hún fram á SP-mæliferlinum.

Neðan 1235 m dýpis hækkar viðnámið aftur um eða yfir 100 Ω m en mælingar ná ekki dýpra en um 1250 m.

Hola KG-10

Mynd F-16072 í viðauka 2 sýnir mæliferla fyrir viðnáms- og sjálfspennu-mælingu (SP) ásamt jarðlagasniði í holu KG-10. Einfölduð túlkun á viðnámsferlinum er sýnd til vinstri á mynd 3.3 og enn frekari einföldun er til hægri á sömu mynd ásamt meðaltalsviðnámsgildum fyrir hvert dýptarbil.

Neðan fóðringar á 805 m dýpi og niður á 1230 m mælist viðnámið að jafnaði 90-150 Ω m. Á þessu dýptarbili er aðallega ummyndað basalt og basalt-breksía. Vatnsæð í 996 m kemur ekki fram á SP-mæliferlinum.

Á 1230-1320 m dýpi hækkar viðnámið í um 220 Ω m. Viðnámið á 1320-1370 m dýpi lækkar svo í um 180 Ω m. Fellur þetta saman við dólerítjarðlag. Í tæplega 1340 m kemur fram lægð í SP mæliferlinum, sem fellur saman við viðnámslagið. Ekki er vitað hvað þetta merkir en vatnsæð mun hafa opnast í holuna tæpum 15 m ofar eða við lagamótin.

Á 1370-1390 m dýpi hækkar viðnámið aftur í 260 Ω m. Viðnámið fellur síðan á 1390-1420 m í 190 Ω m. Neðan 1420 m hækkar viðnámið nokkuð og við tekur um 190 m kafli þar sem viðnámið hækkar og lækkar nokkuð ört á víxl. Fellur þetta saman við ummynduð basaltlög og er nokkuð um lagskiptingu. Á 1420-1460 m dýpi er viðnám um 300 Ω m að jafnaði með nokkrum toppum sem fara í 400 Ω m. Nokkur lagskipting er, m.a. kemur fram merki um dólerít í 1450 m.

Á 1460-1495 m dýpi lækkar viðnámið aftur niður í 200 Ω m. Neðst í þessu dýptarbili opnast vatnsæð í holuna og fellur hún saman við viðnámslægð í rúmlega 1490 m. Ekki eru örugg merki um æðina í SP-mæliferlinum.

Á 1495-1520 m dýpi hækkar viðnámið í um 360 Ω m með toppum yfir 400 Ω m. Á þessu dýptarbili er basalt mjög ummyndað.

Frá 1520-1545 m dýpi lækkar viðnámið í 160 Ω m. Á þessu dýptarbili eða í tæplega 1540 m varð vart við skoltap í borun. Á 1545-1610 m dýpi hækkar viðnámið í 290 Ω m. Á þessu dýptarbili koma inn fersk basaltlög í ummyndaðan staflann. Á 1610-1725 m dýpi lækkar viðnámið í um 120 Ω m og eru litlar sveiflur í mælingunni. Á þessu dýptarbili skiptir yfir í ferkst basalt og dólerítlög.

Neðan 1725 m hækkar viðnámið á ný og niður á 1780 m dýpi er það um 200 Ωm. Jarðlög eru þarna svipuð og rétt á undan.

Á 1780-1805 m dýpi hækkar viðnámið í 400 Ωm. Þetta fellur saman við þétt ferskt basalt og dólerítlag.

Neðan 1805 m lækkar viðnámið aftur og niður á 1850 m dýpi er það um 180 Ωm en á neðstu 15 m þessa dýptarbils eru viðnámsstoppar upp í 250 Ωm.

Á 1850-1870 m dýpi fellur viðnámið í 40 Ωm. Neðan 1850 m dýpis koma einnig fram óreglur í SP-mæliferlinum. Óvíst er hvað þetta merkir, því ekki eru til upplýsingar um vatnsæðar á þessu dýptarbili.

Á 1870-1925 m dýpi hækkar viðnámið aftur í 120 Ωm. Á þessu dýptarbili opnast nokkrar smáar vatnsæðar í holuna. Bendir viðnámsmælingin til nokkurrar lagskiptingar og munu vatnsæðarnar því líklega fylgja laga-mótum.

Neðan 1925 m dýpis hækkar viðnámið í eða yfir 200 Ωm og helst þannig til loka mælingar niður á um 2075 m dýpi. Á 2005 m dýpi opnast í holuna vatnsæð en engin greinileg merki sjást um það, hvorki á viðnáms- né SP-mæliferlinum. Sama er að segja um nokkrar smærri vatnsæðar sem opnast í holuna neðan 2040 m dýpis.

Hola KJ-11

Mynd F-16003 í viðauka 2 sýnir mæliferla fyrir viðnáms- og sjálfspennu-mælingu (SP) ásamt jarðlagasniði í holu KJ-11. Mynd 3.4 til vinstri sýnir svo einfaldaða túlkun á viðnámsmæliferlum og til hægri á sömu mynd er sýnd enn frekari einföldun ásamt meðaltalsviðnámsgildum fyrir hvert dýptarbil.

Viðnámsmælingin nær slitrótt frá tæplega 60 m dýpi niður á rúmlega 2200 m. Fyrir ofan tæplega 800 m er viðnámsákvörðunin óáreiðanleg. Niður á um 290 m dýpi er eingöngu til viðnámsmæling þar sem fjarlægðin milli spennuskauta er 64" og frá 200 m niður á 795 m dýpi er til viðnámsmæling þar sem fjarlægðin er 16". Vegna þessa verður túlkun mun

ónákvæmari þegar ekki fæst samanburður milli viðnámsferla með mismunandi dýptarskyn. Neðan 795 m er svo samfelld viðnáms- og sjálfspennumæling.

Af viðnámsmæliferlunum sést að viðnám er fremur lágt allt niður á 1435 m dýpi, en neðar hækkar það nokkuð. Í byrjun er viðnám mjög lágt eða um 15 Ω m niður á um 180 m dýpi. Milli 70 og 90 m dýpis kemur um 70 Ω m viðnámstoppur, en á því dýptarbili ber dálítið á seti í jarðlagasniðinu. Á 180-460 m dýpi er viðnámið að meðaltali um 60 Ω m, en nokkrir viðnáms-
toppar fara yfir 150 Ω m. Á um 189 m og milli 300-350 m eru nokkrar smáar vatnsæðar. Ekki verða þær greindar af viðnámsferlinum og SP mæling er ekki til fyrir þetta dýptarbil. Á 460-500 m dýpi lækkar viðnámið í 400 Ω m. Fellur þetta saman við frekar fersklega og lítið ummyndaða móbergsbreksíu. Á 500-570 m dýpi hækkar viðnámið aftur í 60 Ω m. Fellur þetta aðallega saman við mikið ummyndað móbergstúff.

Á 570-660 m dýpi lækkar viðnámið aftur í 40 Ω m. Á þessu dýptarbili er aðallega um að ræða breksíu, en viðnámstoppur upp í eina 300 Ω m fellur saman við ummyndað basaltlag.

Á 660-730 m dýpi hækkar viðnámið í 60 Ω m og fellur þetta nokkuð saman við lagskipta ummyndaða móbergsbreksíu. Á um það bil 700 m dýpi opnast vatnsæð í holuna en ekki er hægt að greina hana á viðnámsmælingunni.

Á 730-790 m dýpi hækkar viðnámið í 80 Ω m. Viðnámstoppur á þessu dýptarbilum fara upp í 300 Ω m en ekki er nein sérstök fylgni greinanleg með þeim og jarðlagasniðinu. Jarðlagasniðið er aðallega móbergstúff og móbergsbreksía.

Á 790-920 m dýpi hefur viðnámið lækkað aftur í 60 Ω m. Nokkrar smáar vatnsæðar opnast í holuna á þessu dýptarbili, en þær verða ekki greindar á SP-mæliferlinum. Á 920-935 m dýpi hækkar viðnám í 120 Ω m. Þetta fellur aðallega saman við ferkst basalt en lítil vatnsæð sem opnast í holuna á þessu bili kemur ekki fram á SP-mæliferlinum.

Á 935-985 m dýpi er viðnámið að meðaltali 90 Ω m en nokkrir viðnámstoppur fara yfir 200 Ω m. Falla þessir toppar saman við breytingu í jarðlagagerð þ.e. breytingu í gerð ummyndaðs basalts. Á 985-1120 m dýpi hækkar viðnám í 160 Ω m. Á þessu dýptarbili er nokkuð mikið um lagskiptingu og

falla viðnámsstoppur að henni. Vatnsæð á um 1500 m dýpi kemur ekki fram á SP-mæliferlinum og verður ekki greind með vissu á viðnámsferlinum.

Á 1120-1330 m dýpi er viðnám að jafnaði 70 Ω m. Þessi kafli fellur að miklu leyti saman við ferskleg og allsprungin basalt lög. Neðan 1330 m dýpis fer viðnámið hækkandi og í 1435 m er það að jafnaði 130 Ω m.

Á 1435-1655 m dýpi er viðnámið að meðaltali 200 Ω m. Vatnsæð á um 1550 m dýpi kemur ekki fram á SP-mæliferlinum. Óvíst er hvaða lögð í SP-mæliferlinum sem fellur við viðnámslagið á um 1475 m dýpi merkir, því ekki er vitað um vatnsæðar á því dýpi.

Á 1655-1765 m dýpi hækkar viðnám í 380 Ω m. Á þessu dýptarbili skiptast á ummyndað og ferkleg basalt lög, en talsvert ber á dólerítkenndu bergi. Á 1765-1830 m dýpi lækkar viðnámið í 220 Ω m. Á þessum kafla er aðallega um að ræða ummyndað basalt og basaltbreksíu.

á 1830-1975 m dýpi hækkar viðnám í 420 Ω m.

Á næstu 20 m lækkar viðnámið niður í 80 Ω m eða á bilinu 1975-1995 m. Á þessu dýptarbili fellur mikil lögð á SP-mæliferlinum saman við viðnámslögð. Þetta fellur svo að móbergstúffjarðlagi. Á þessu bili eða nálægt 1980 m opnast í holuna ein af vatnsæðum hennar.

Á 1995-2130 m dýpi hækkar viðnám aftur í um 400 Ω m. Nokkrir áberandi viðnámsstoppur eru á þessu dýptarbili og nema þeir 600-800 Ω m. Nokkur óregla er á SP-mæliferlinum og er vitað að nokkrar vatnsæðar opnast í holuna á 2070-2200 m dýpi, en ekki er hægt að staðsetja þær með vissu út frá SP-mælingunni.

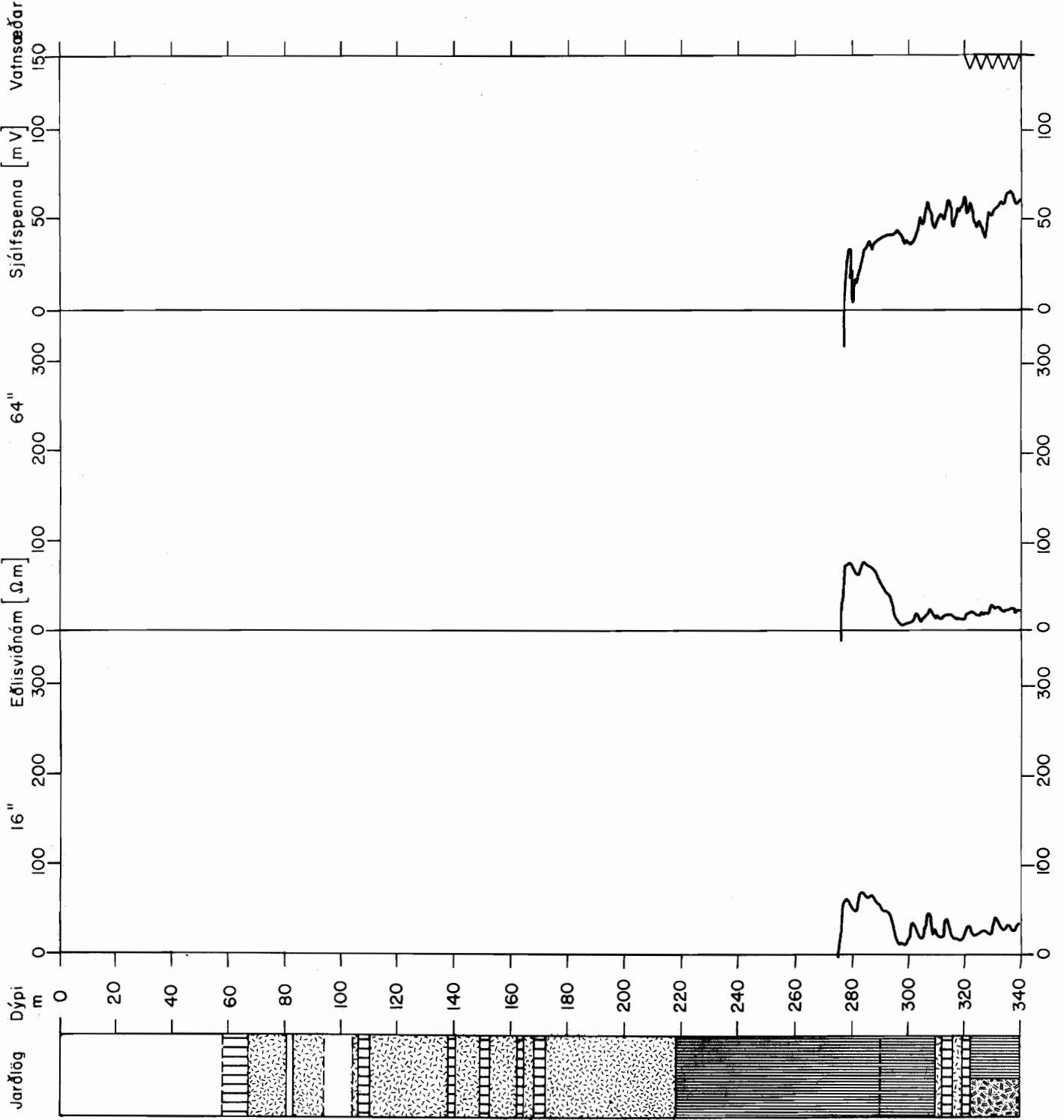
Neðan 2130 m dýpis og til loka mælingarinnar á um 2210 m dýpi lækkar viðnámið eitthvað eða niður í að jafnaði 280 Ω m. Á þessu dýpi ber nokkuð á málmkristöllum í bergmassanum, en þeir geta að einhverju leyti verið orsök lækkunarinnar.

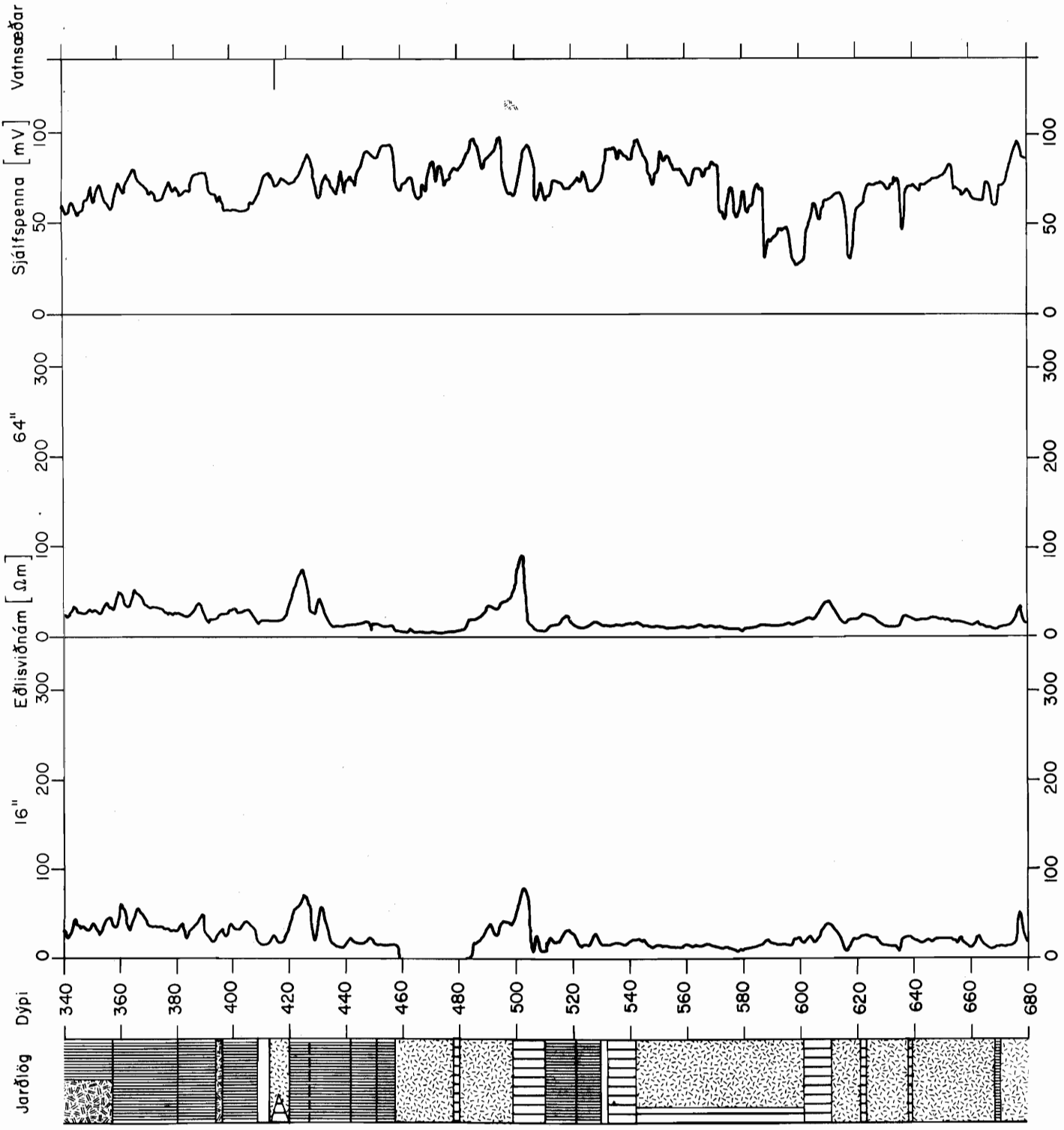
ORKUSTOFNUN

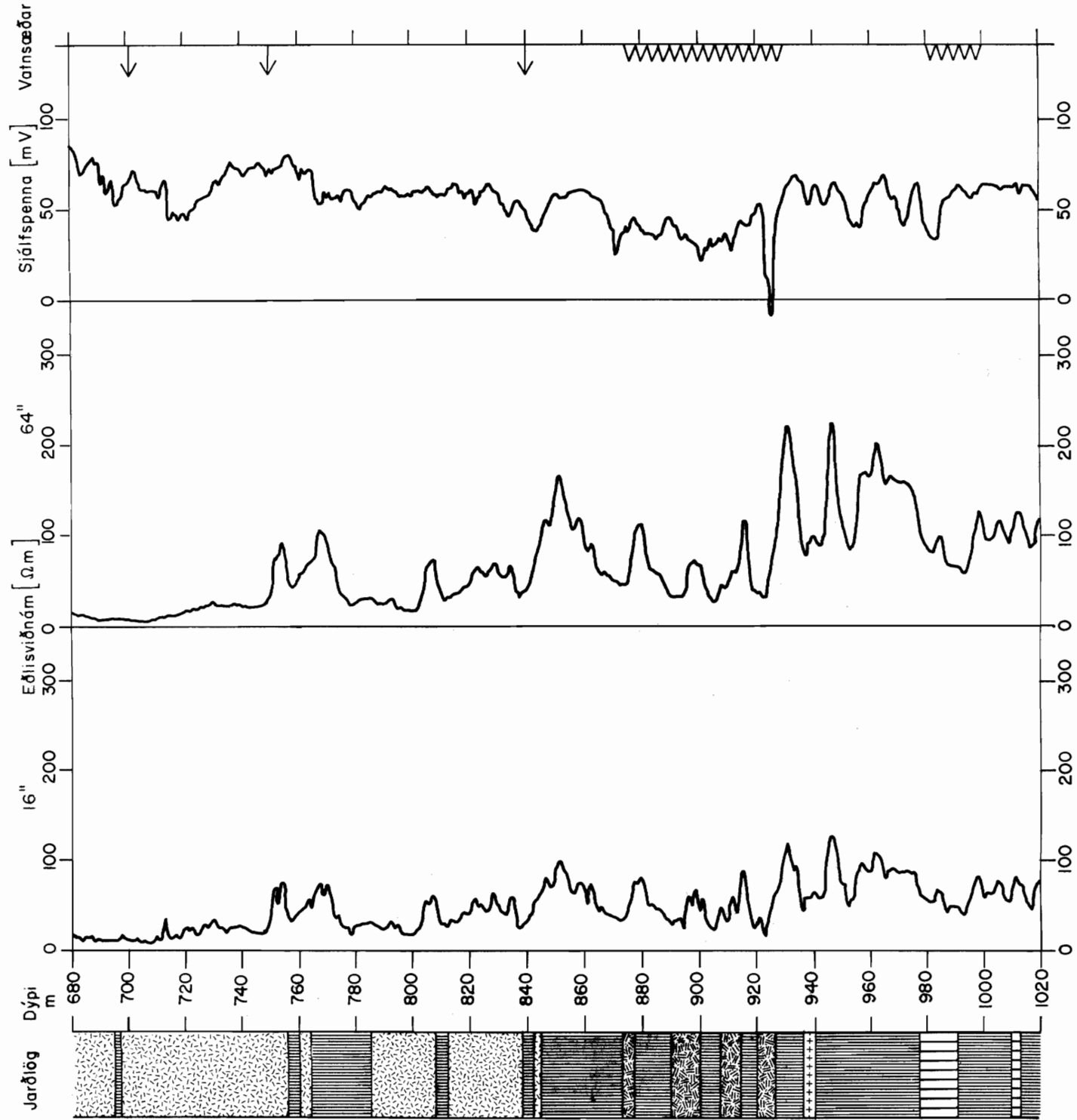
Viðnámsmæling í borholum . Kräfte
Hala KJ-9







78.07.27 ÓS/HT2374 7690
Bláfl af 4

Viðnám Kräfte F-17276

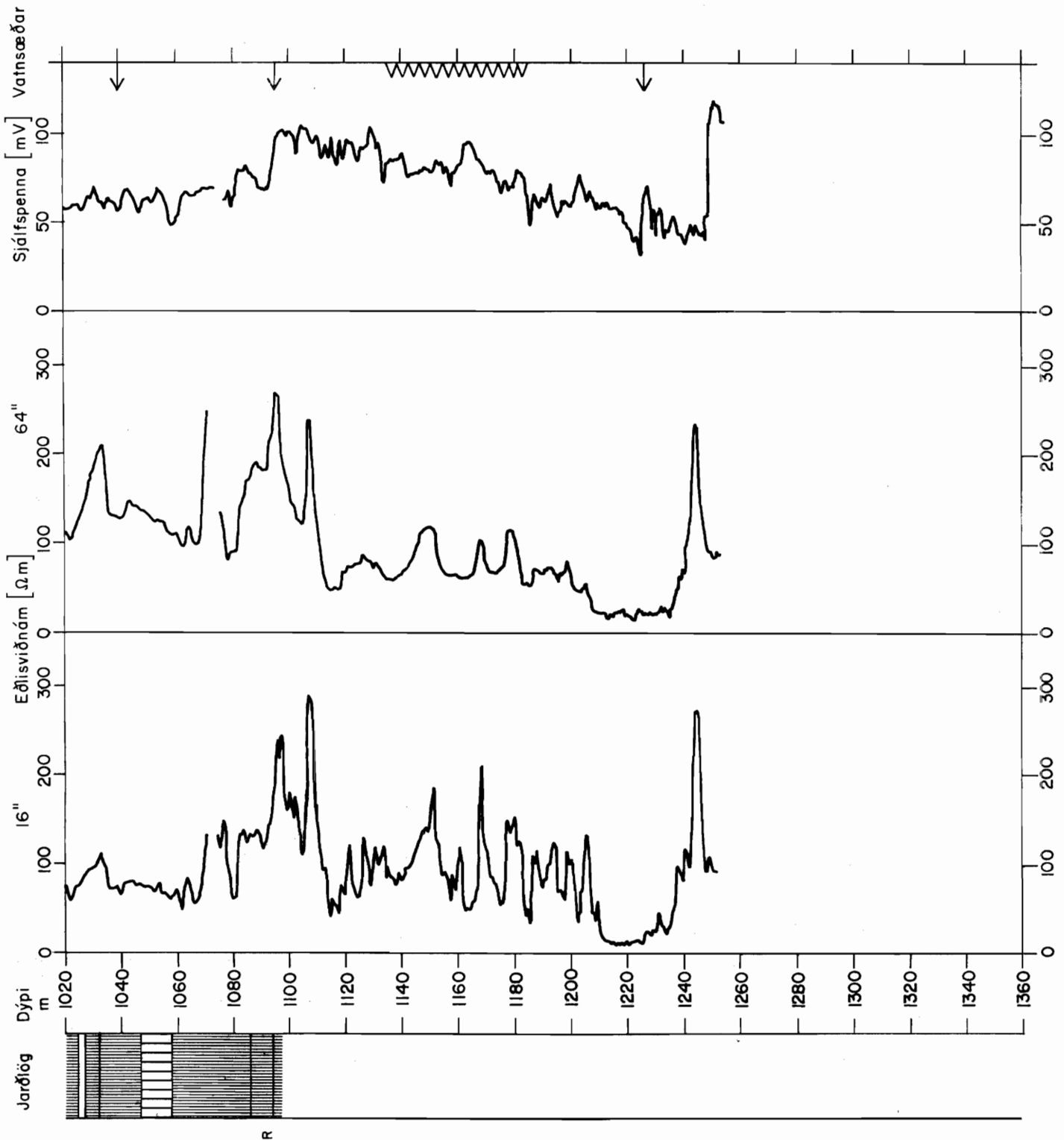






- SKÝRINGAR:
-  Ummyndað basalt
 -  Ferskt basalt
 -  Móbergubreksía
 -  Basaltbreksía
 -  Dólerít
 -  Vantar svarf
 - R Raudleitt

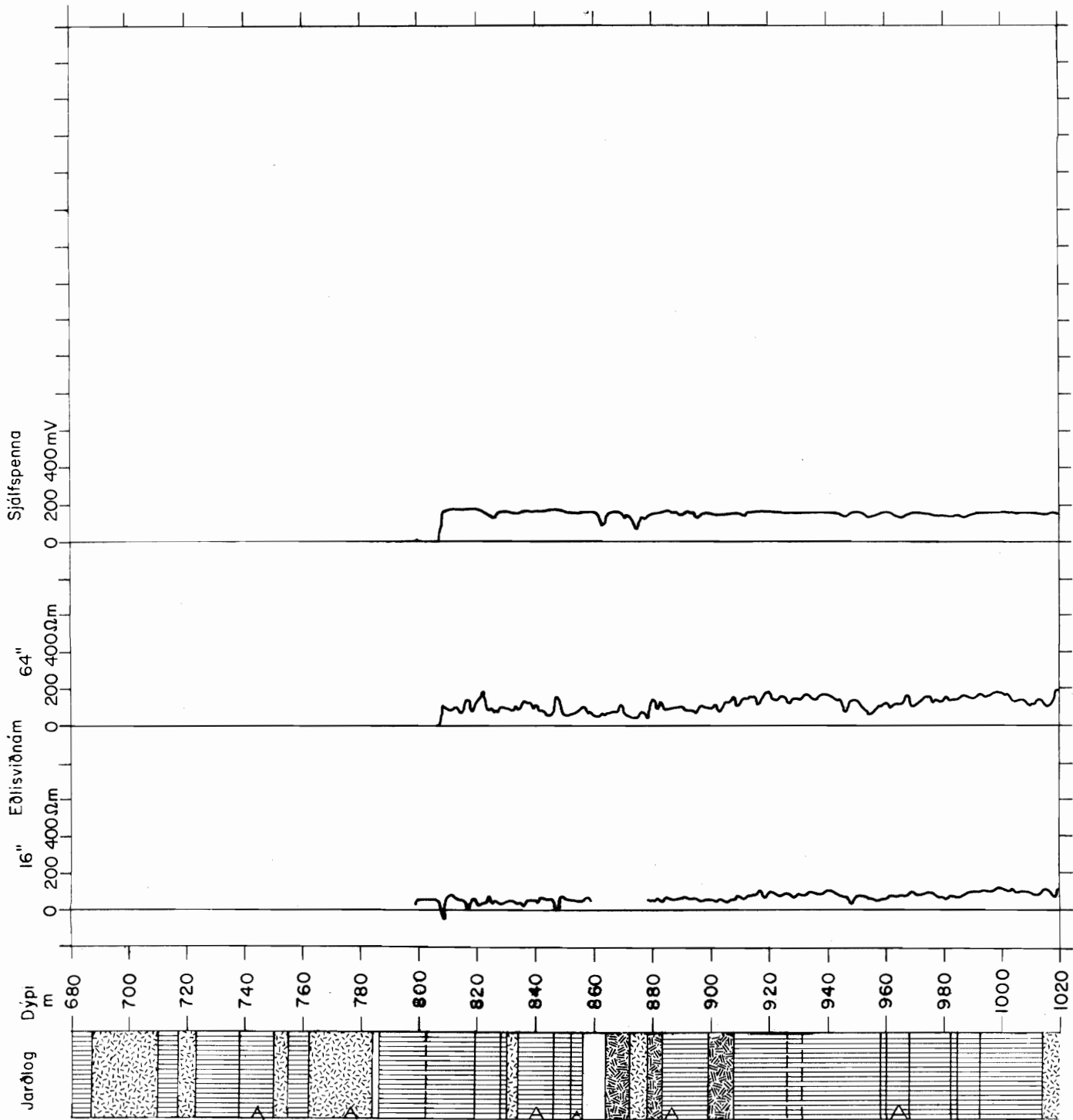
275-1070 m mælt 1977-08-02
 1074-1250 m mælt 1977-08-23



ORKUSTOFNUN

Viðnámsmælingar í borholum
Krafla, hola KG-10

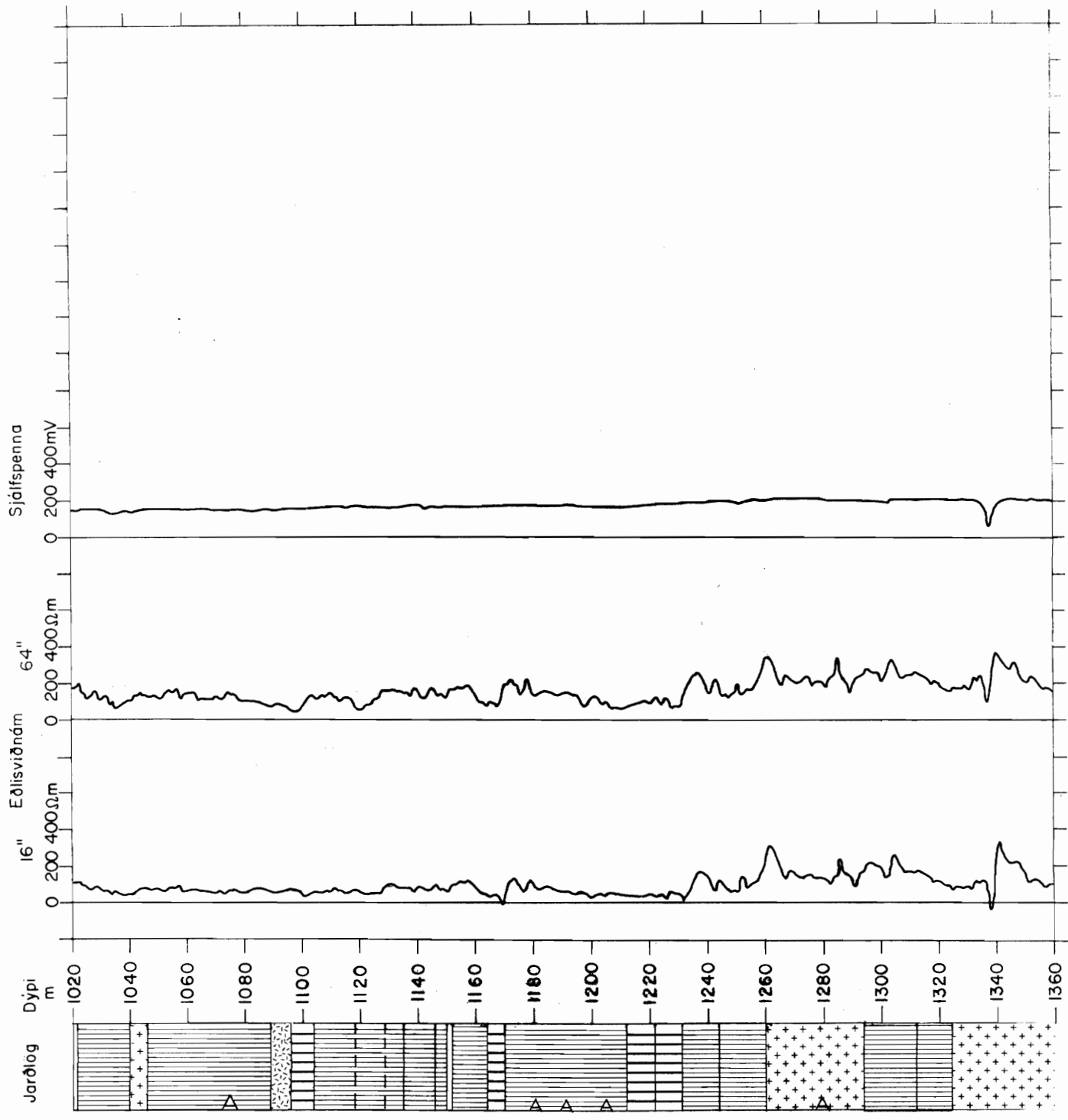
77-9-TVA/IS T-429 T-2096 F-16072
Bl. 1 af 4 Krafla Vindám.



ORKUSTOFNUN

Viðdrámsmælingar í borholum
Kraflla, hola KG-10

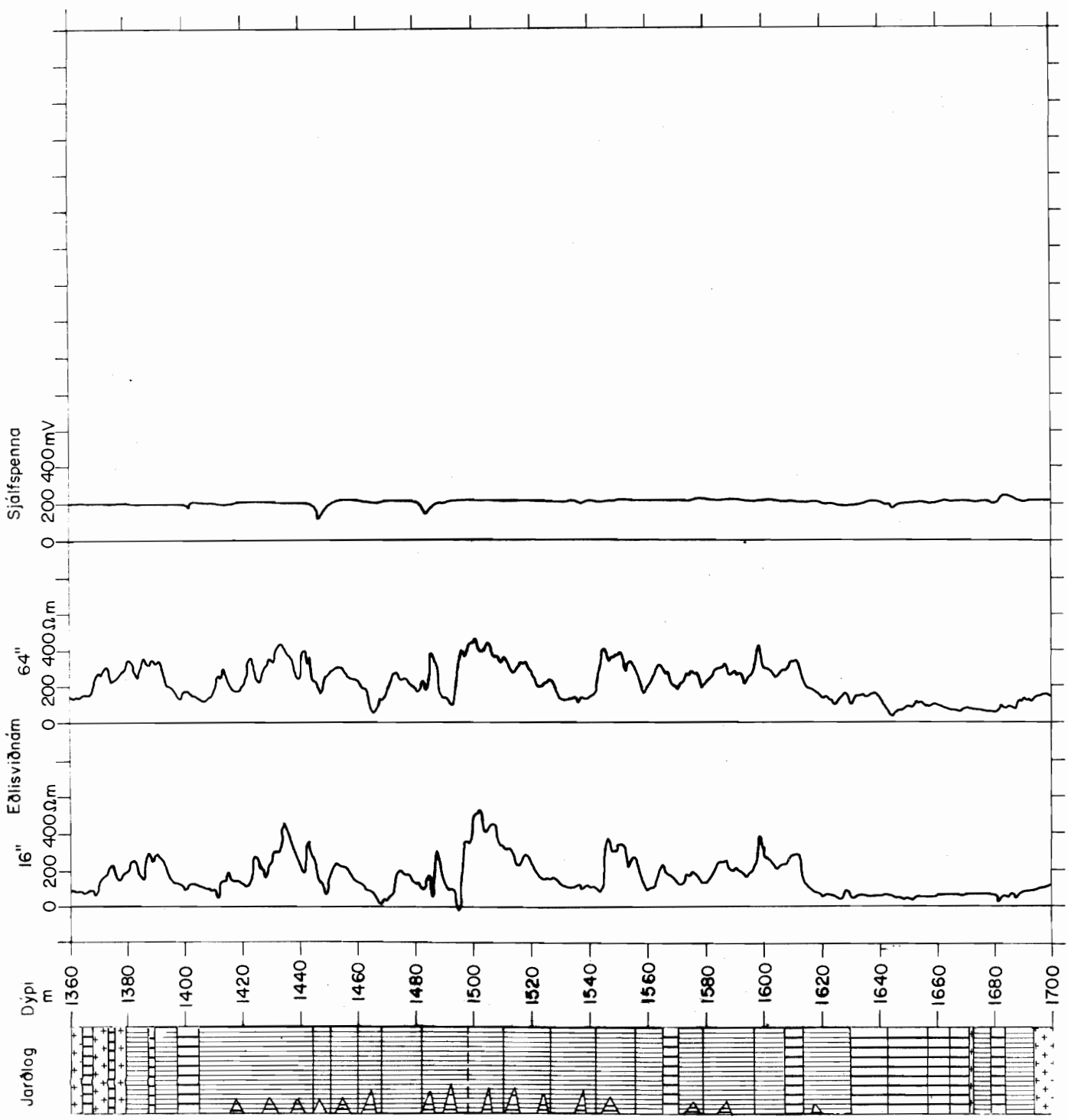
77-9-7 VÁ/IS T-429 T-2096 F-16072
Bl. 2 af 4 Kraflla Viðnám










ORKUSTOFNUN

Viðnámsmælingar í borholum
Krafía hola - KG-10

97-9-7.VÁ/IS T-429 T-2096 F-16072
Bl.3 af 4 Krafía Viðnáms.



SKYRINGAR:

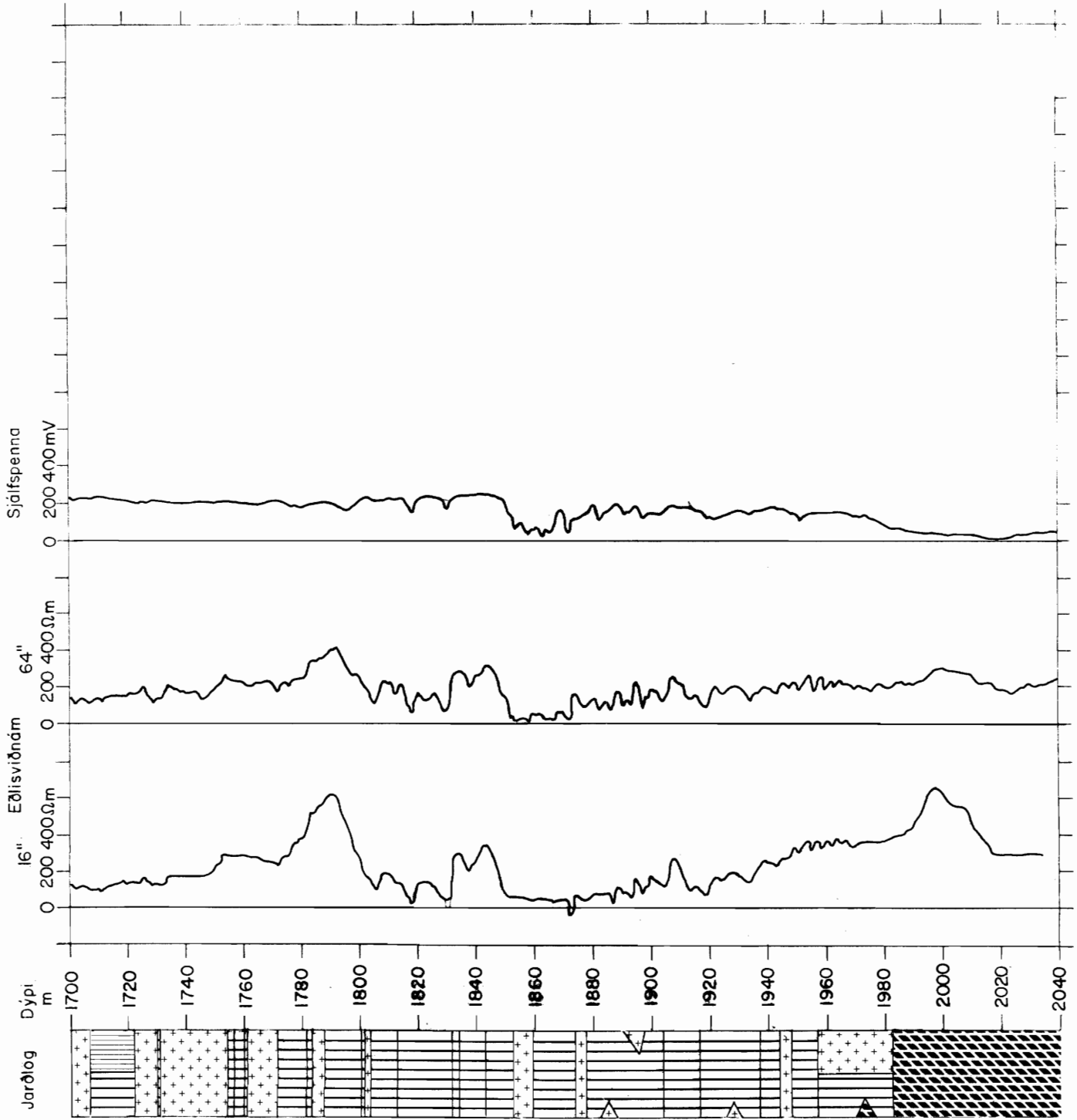
-  Basalt, fersklegt
-  Ummyndað basalt
-  Móbergsbreksía
-  Basaltbreksía
-  Innskot, dolerít
-  Granófyr
-  Vantar svarf

Mælt 76-II-10
 Boln í 2075 m en mælingar
 öndkvæmar sjöstu 35 m
 Fóðurrör í 800 m

ORKUSTOFNUN

Víðnámsmælingar í borholum
 Krúfla, hola KG-10

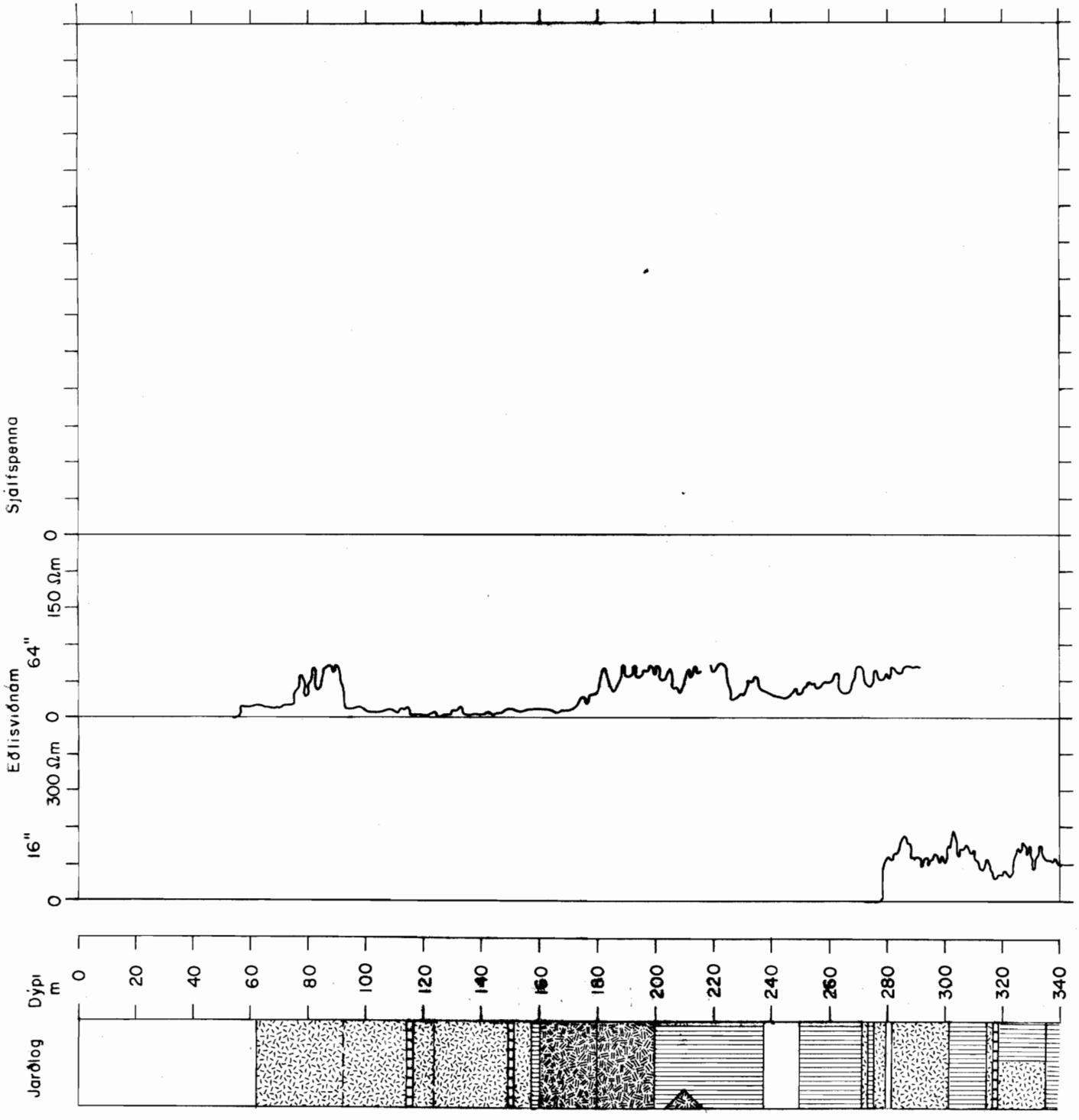
77-9-7.VA/IS T-429 T-2056 -16072
 Bl. 4 af 4 Krúfla Víðnám



ORKUSTOFNUN

Viðnámsmælingar í borholum
Krafla, Hóla KJ-II

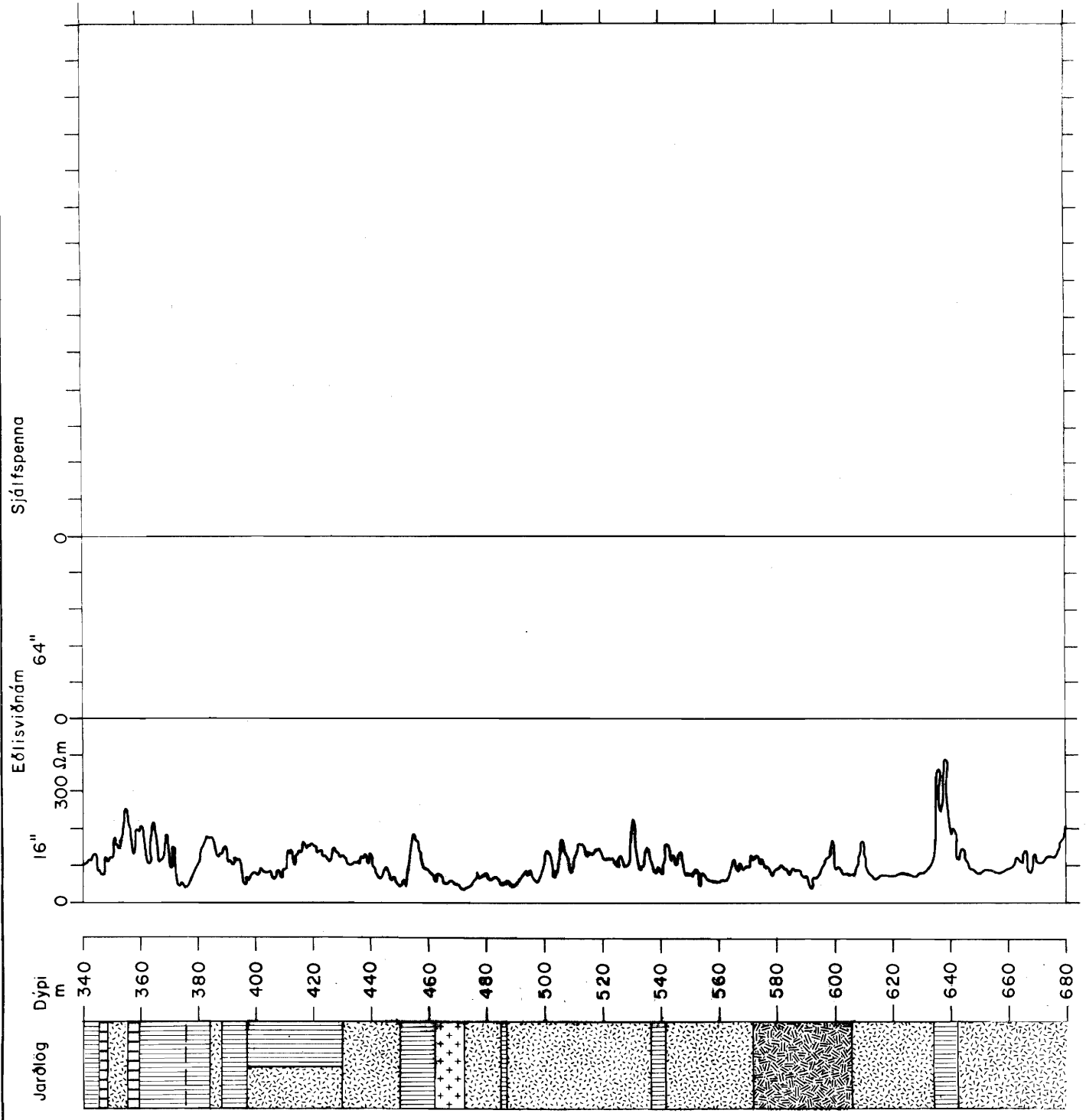
77.06.02.VS/RE/T-2090 T-414 F- 16003
Bl. 1 af 7 Viðnám, Krafla

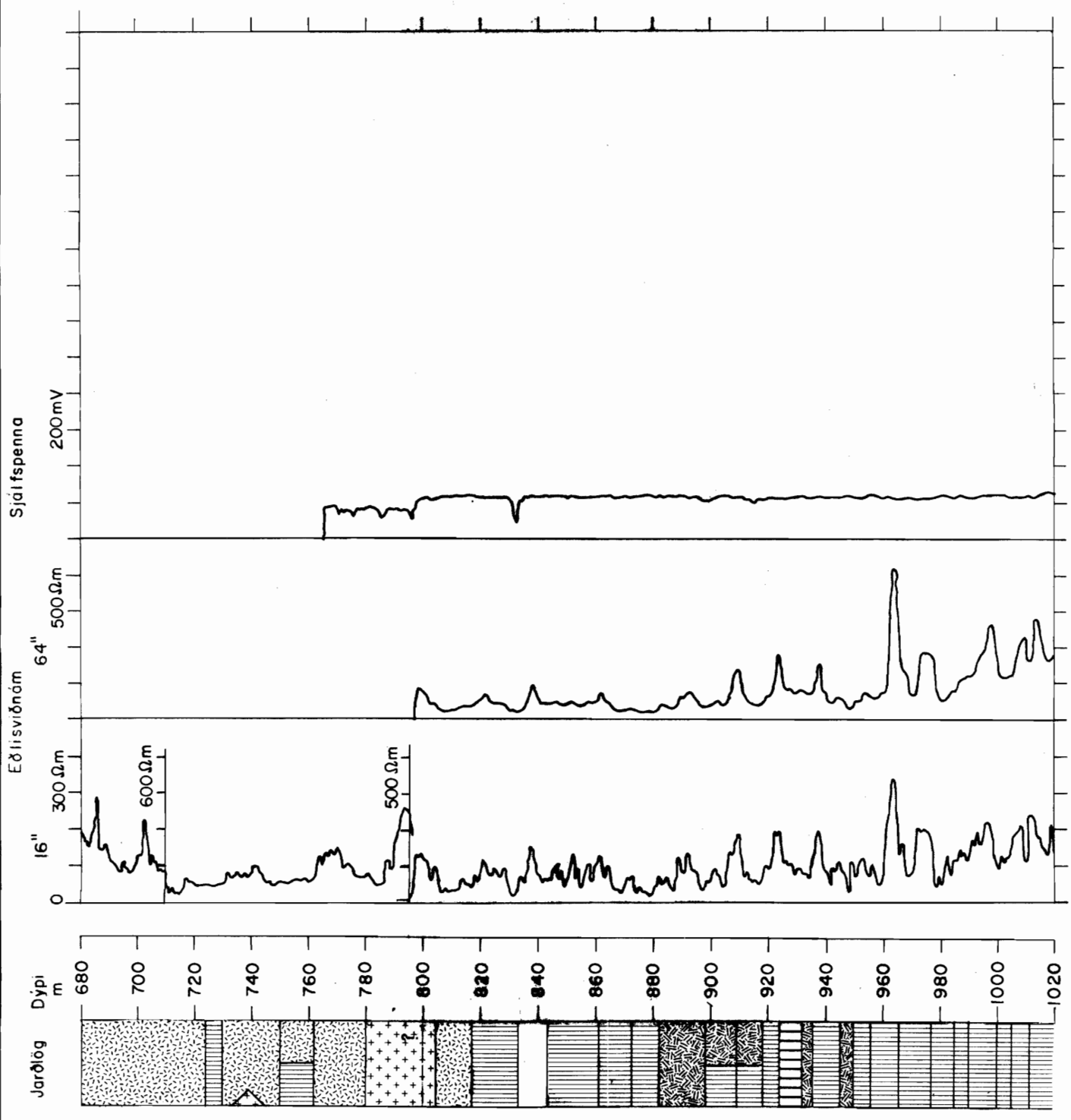


ORKUSTOFNUN

Viðnámsmælingar í borholum
Krafla, Hóla KJ-II

7708.02.VS/ER T-2090 T-414 F-16003
Bl. 2 af 7 Viðn.m. Krafla

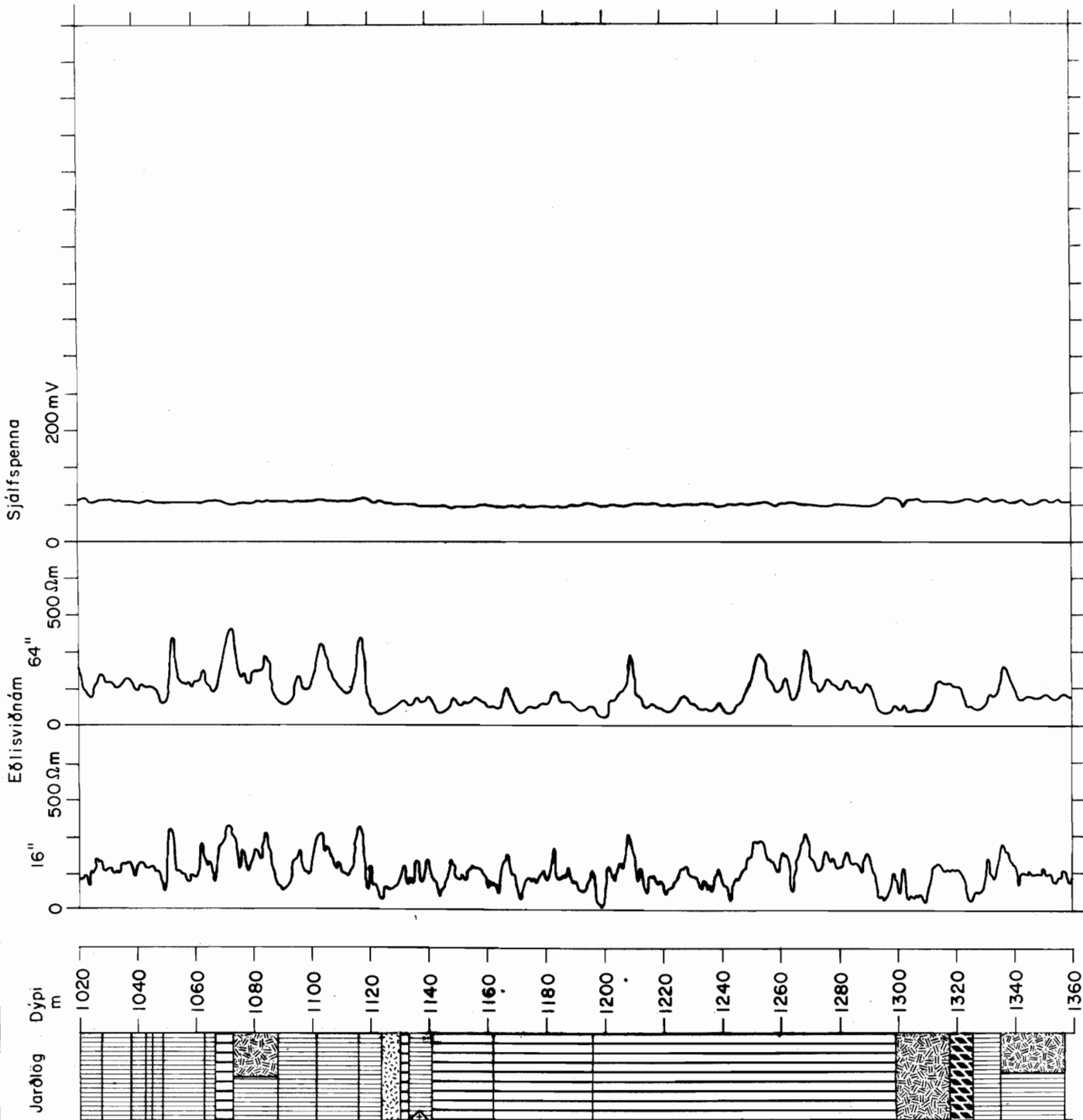




ORKUSTOFNUN

Viðnámsmælingar í borholum
Krafla, Hala KJ-II

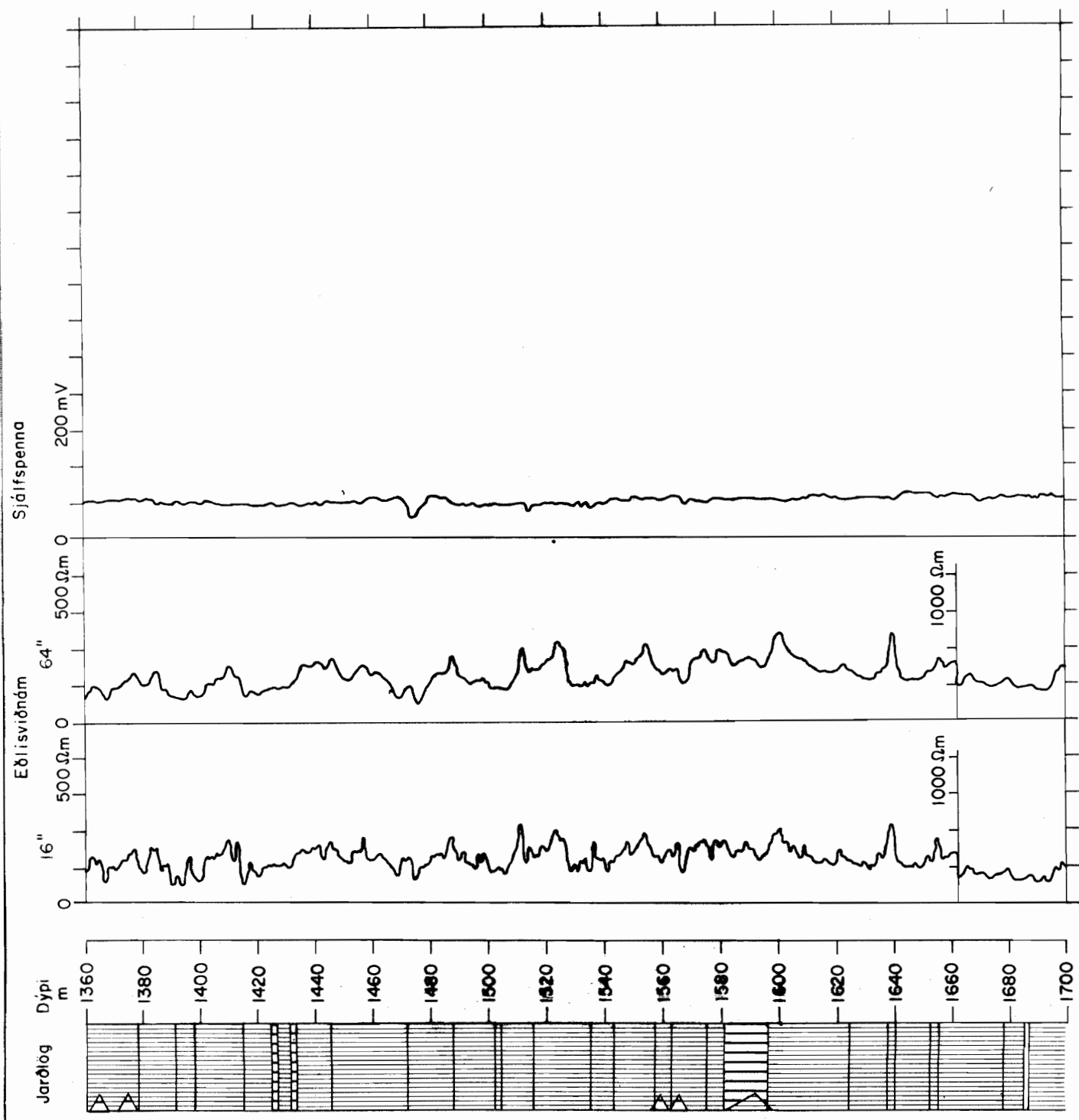
770809 VS/EK T-2090 T-414 F-16003
Bl. 4 af 7 Viðm. Krafla



ORKUSTOFNUN

Viðnámsmælingar í borholum
Krafla, Hóla KJ-II

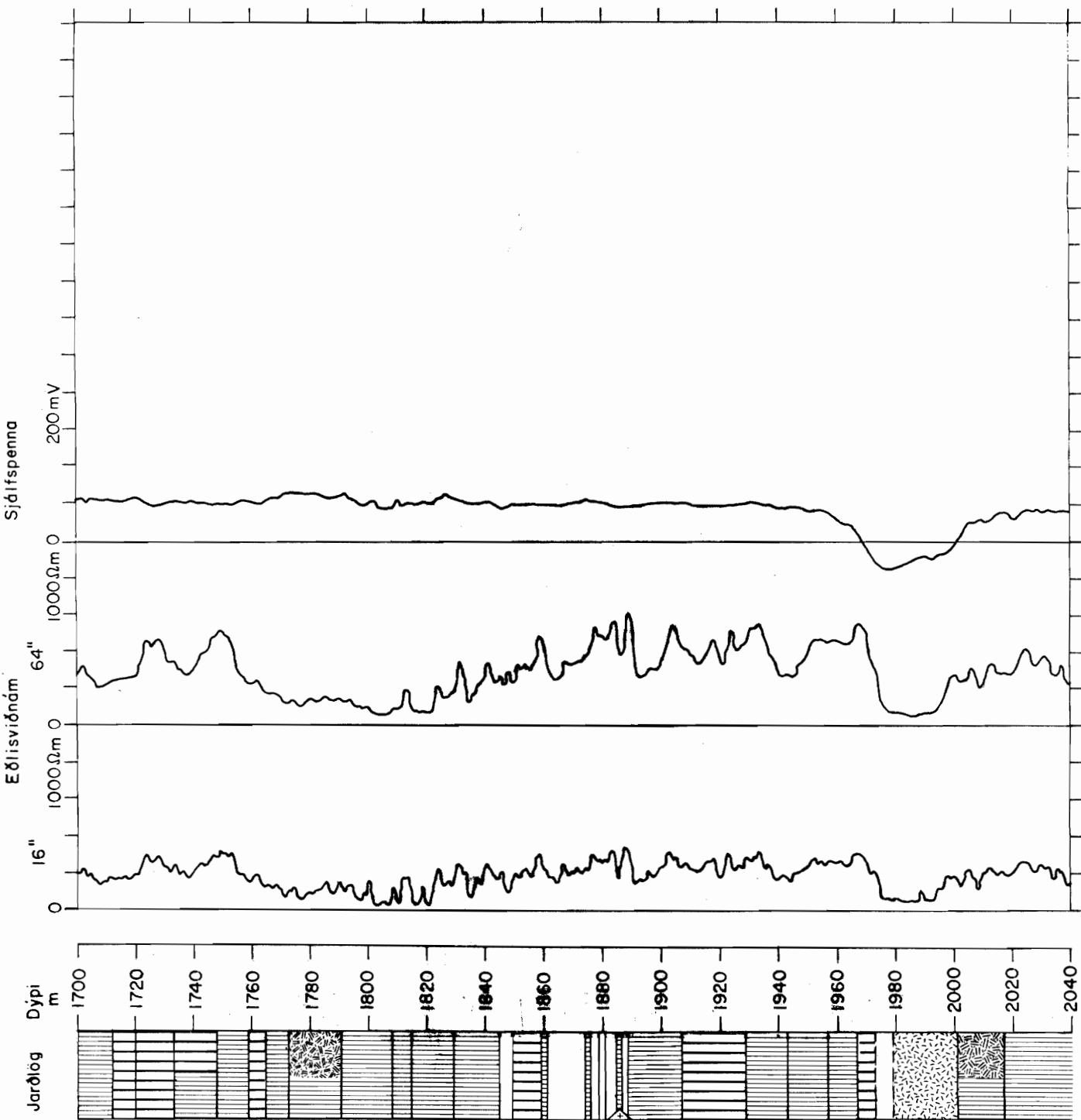
7208.10 VS/EK T-2090T-414 F- 16003
Bl. 5 af 7 Vðn.m. Krafla



ORKUSTOFNUN

Viðnámsmælingar í borholum
Krafla, Hóla KJ-II

7708.IOVSEK/T-2090 T-414 F- 16003
Bl. 6 af 7 | Viðm. Krafla



ORKUSTOFNUN

Viðnámsmælingar í borholum
Krafla, Hóla KJ-II

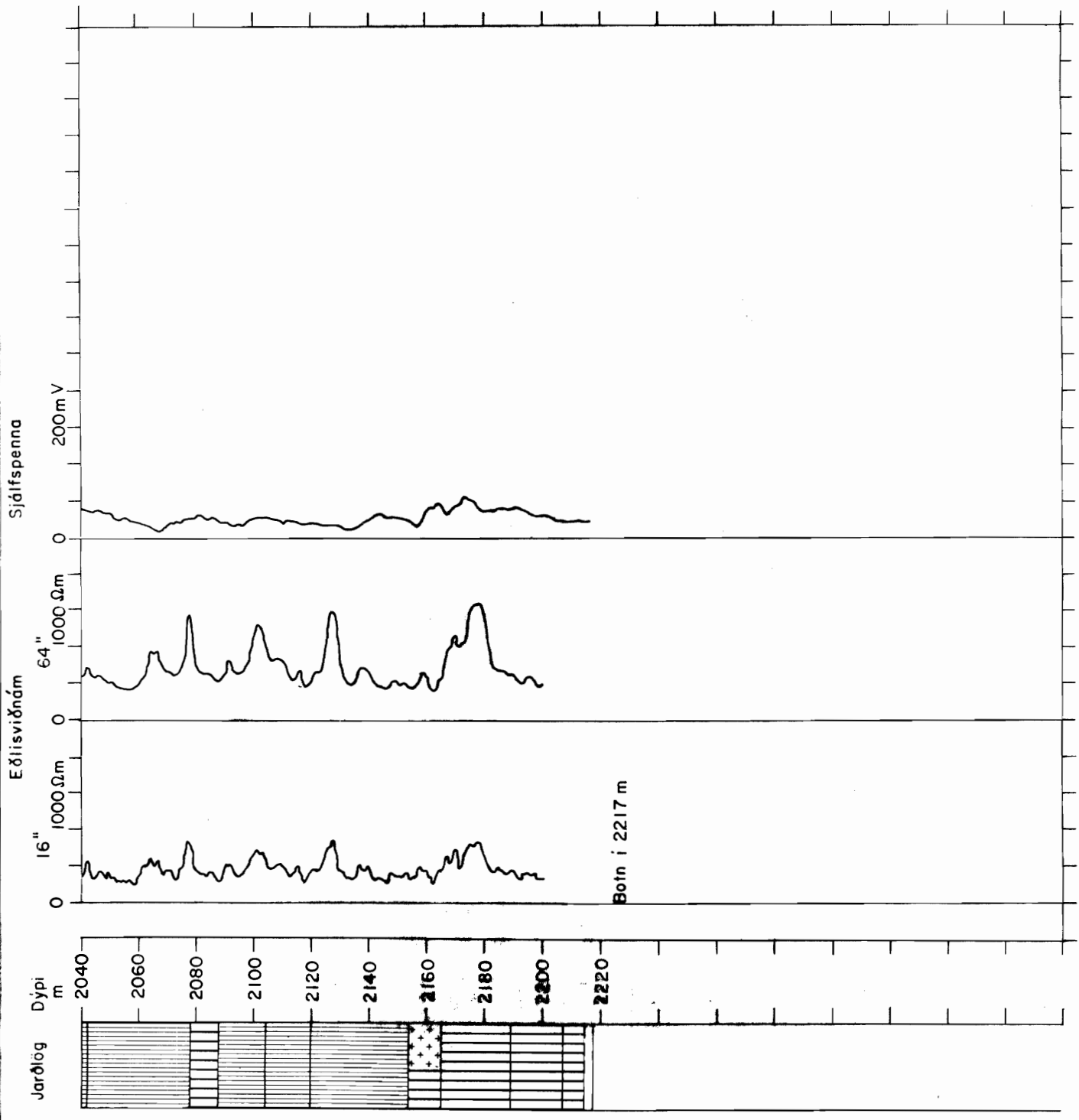
770812 VS/EK T-2090 T-414
Bl. 7 af 7 Vöðm. Krafla F-16003

SKÝRINGAR:

-  Basalt, fersklegt
-  Ummyndað basalt
-  Móbergubreksía
-  Basaltbreksía
-  Innskot, dólérít
-  Granófyr
-  Vantar svarf

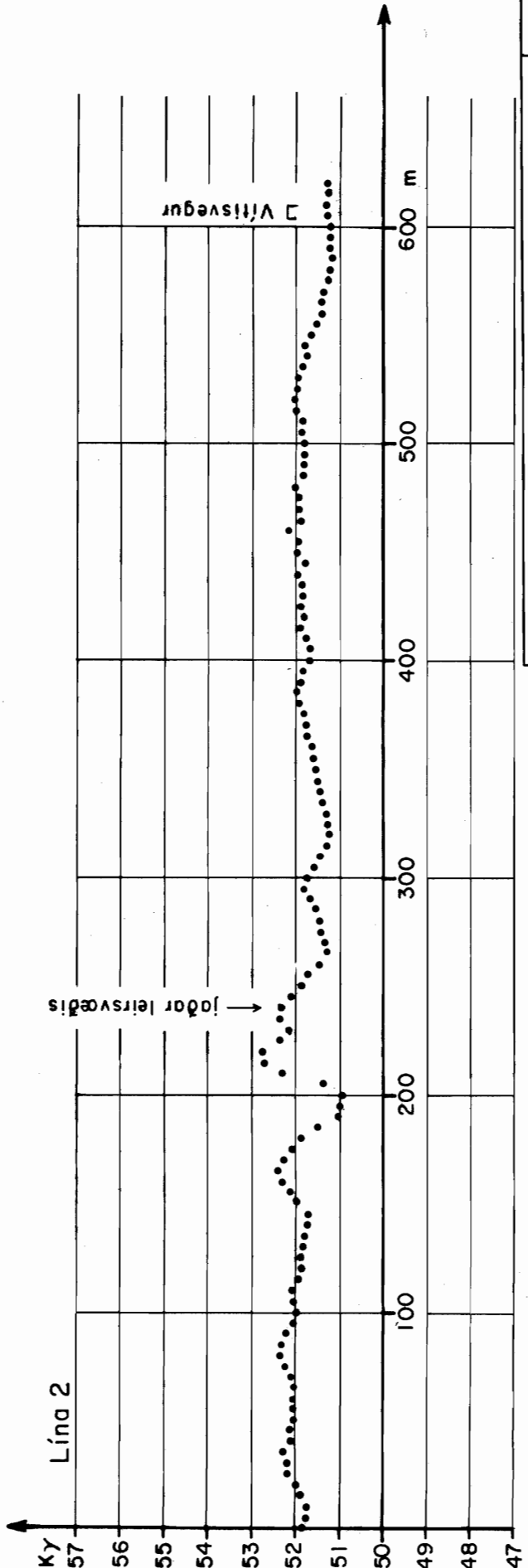
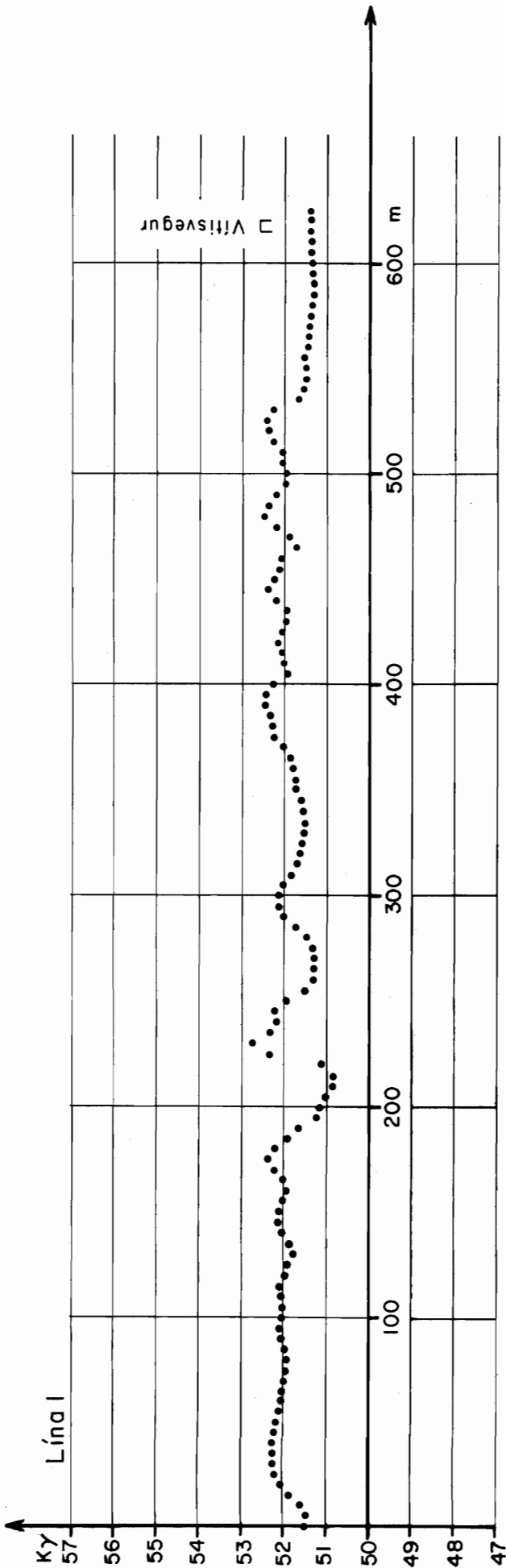
Viðnámsskvarðun fyrir ofan
800 m ódreiddanleg

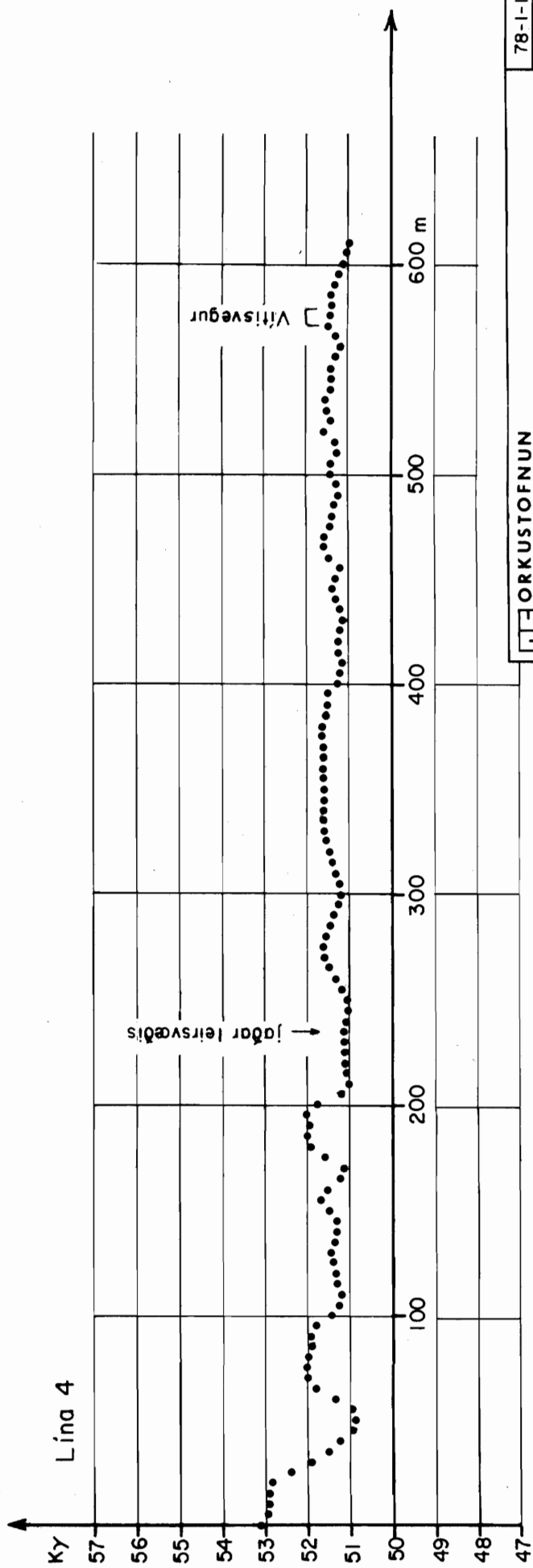
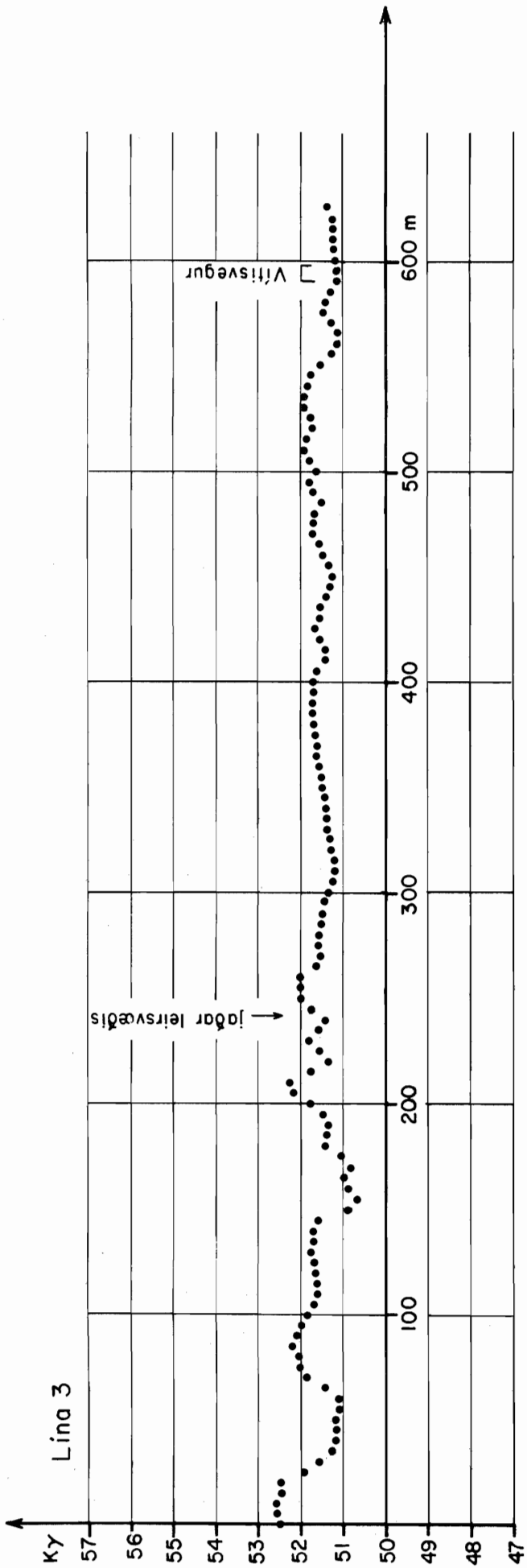
- 0 - 290 m mælt 76.10.24.
- 290 - 800 m mælt 76.10.31.
- 800 - 2210 m mælt 76.11.17.



VIÐAUKI 3

Segullínur





IF ORKUSTOFNUN
Járhitadeild

Segulmælingar í Kröflu
mælt í sept. 1977

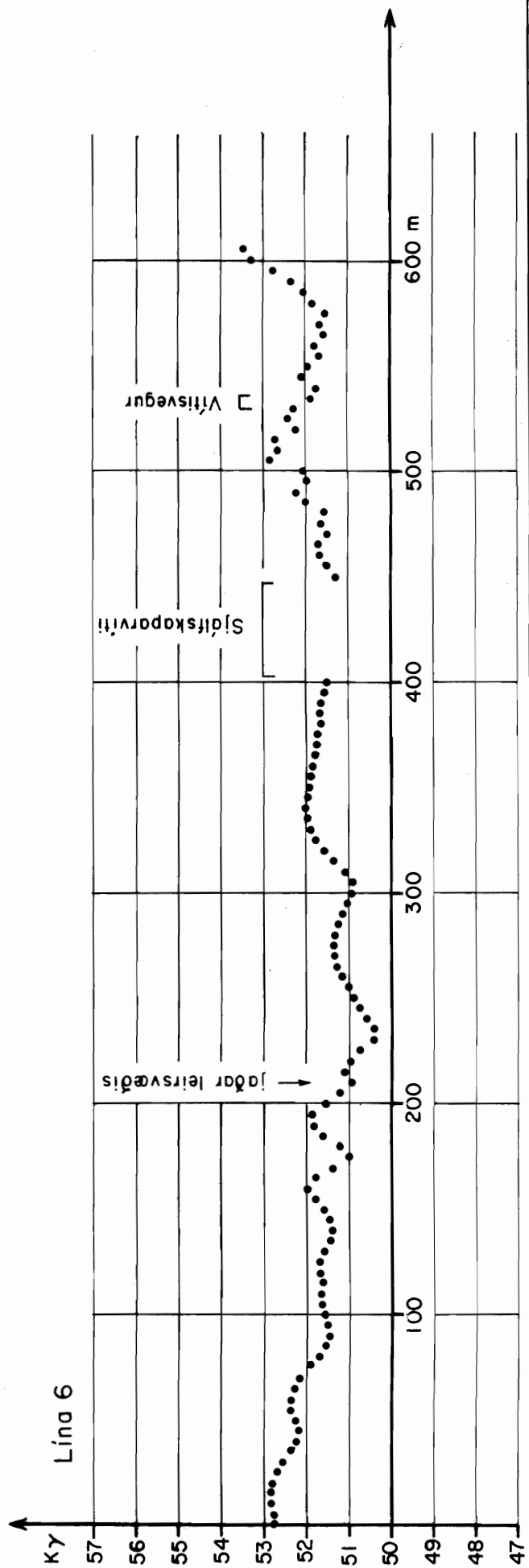
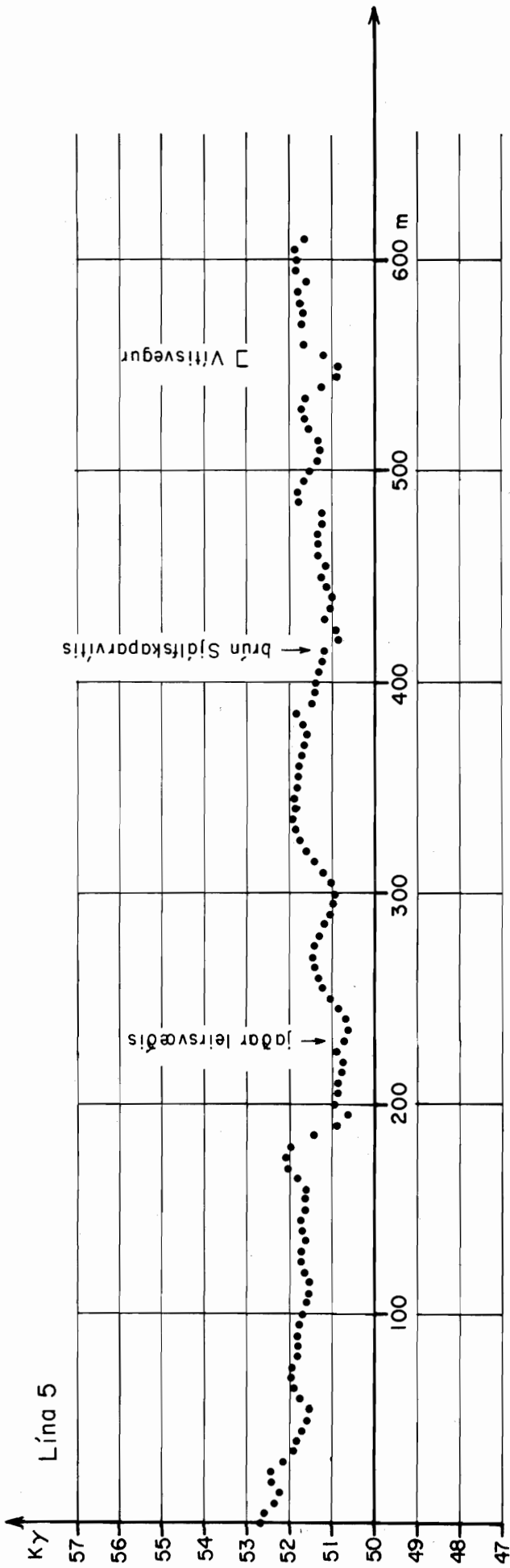
Blað 2

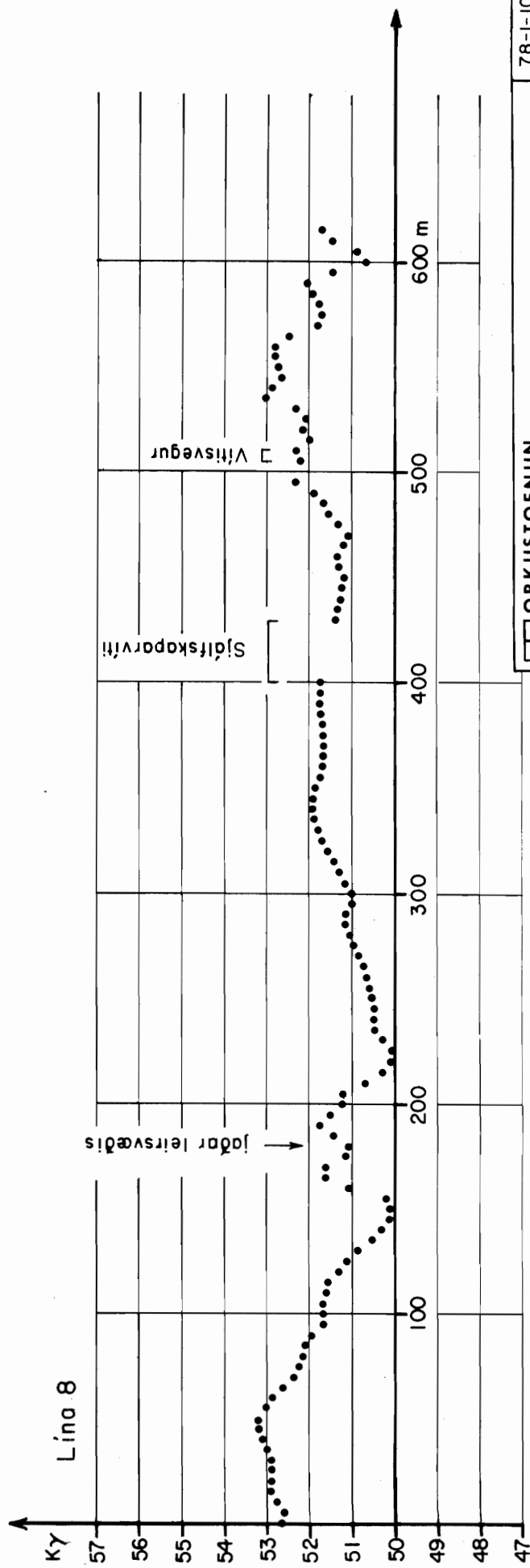
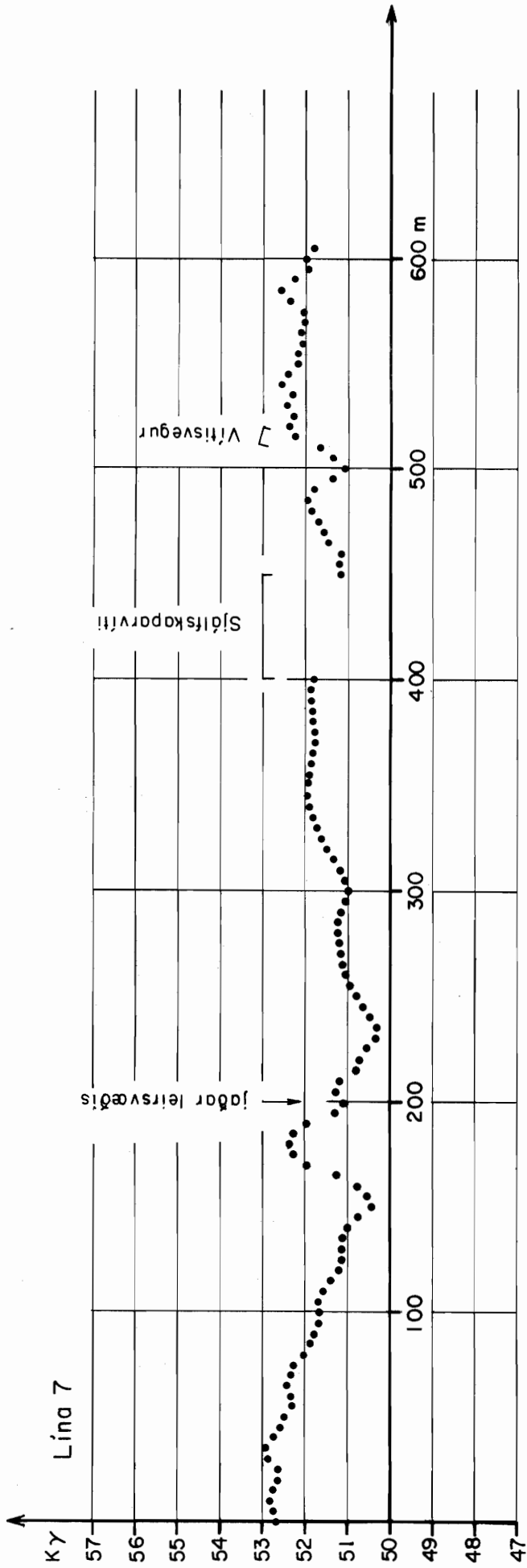
78-I-10 RK/IS

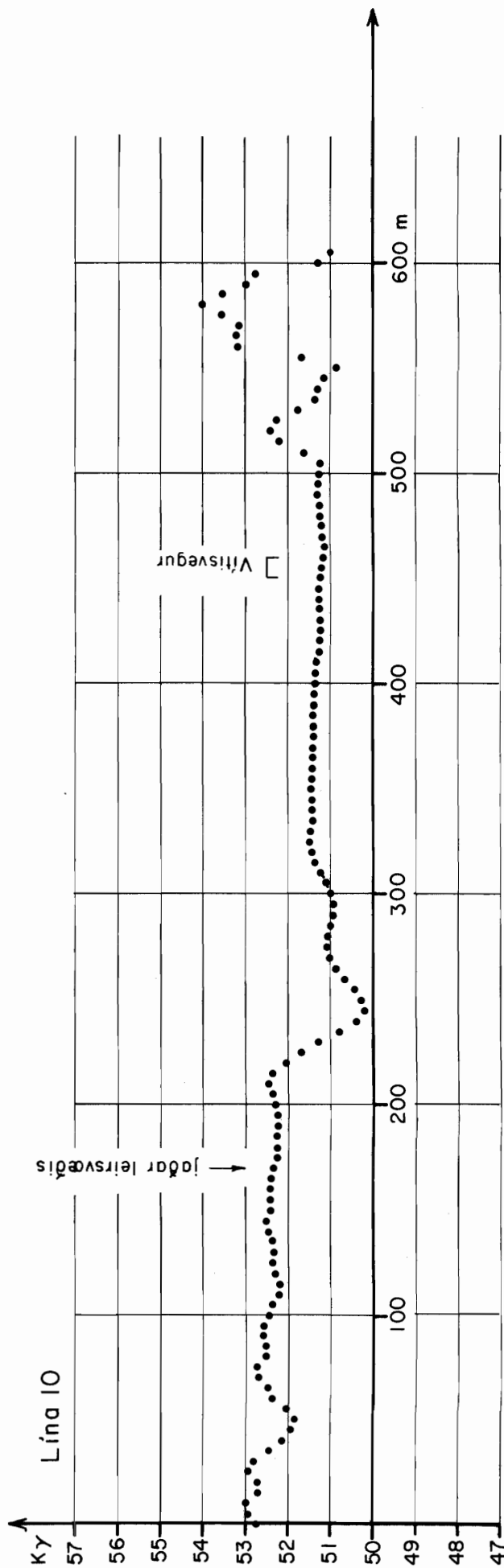
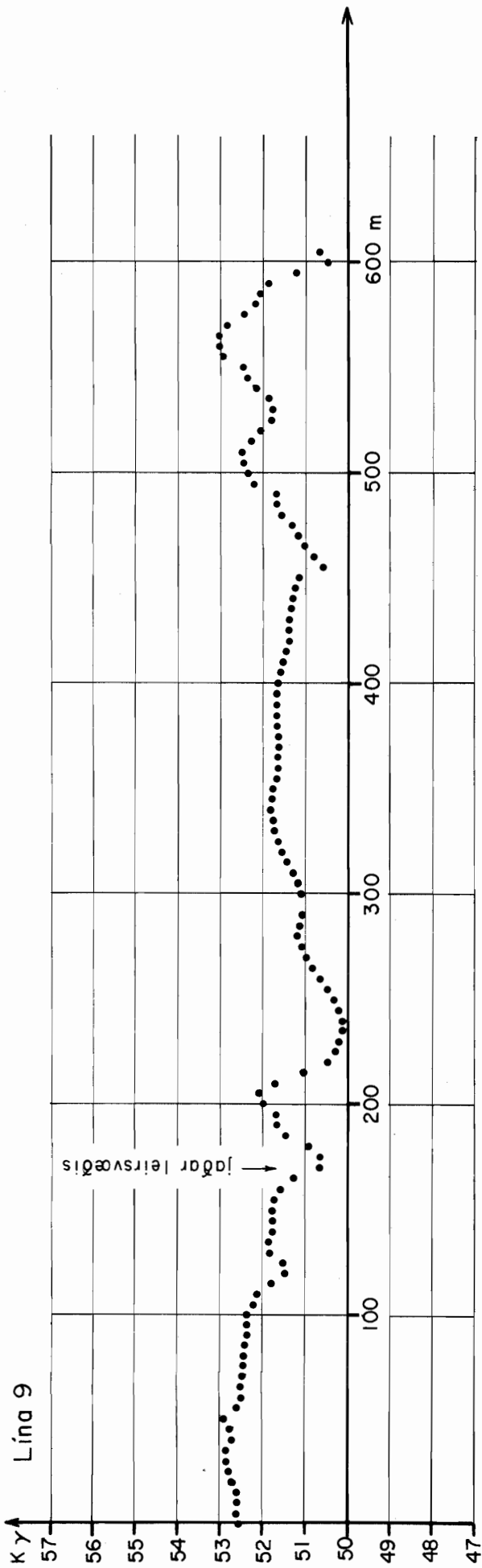
T-510

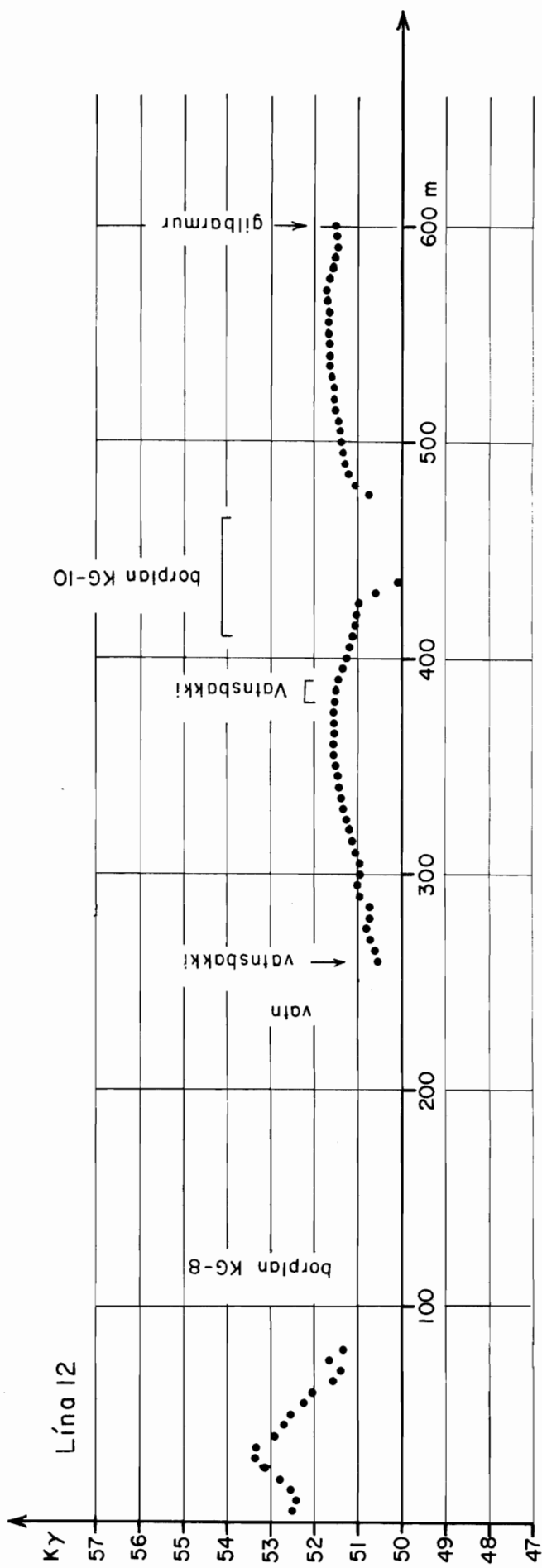
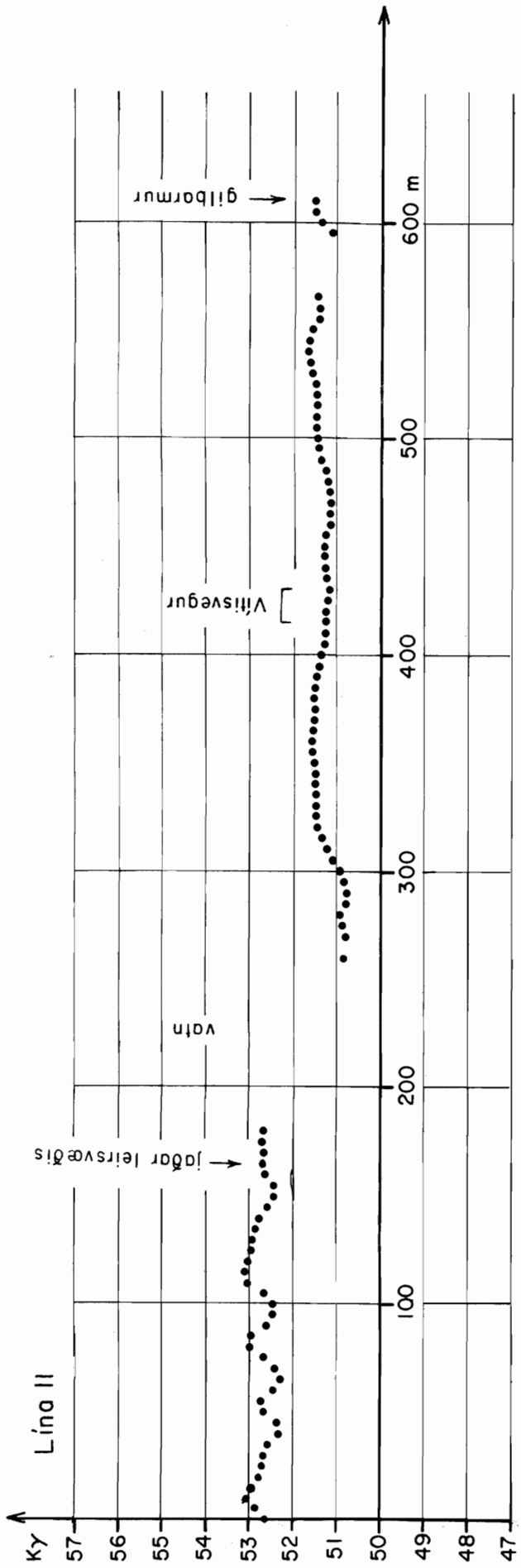
Krafla

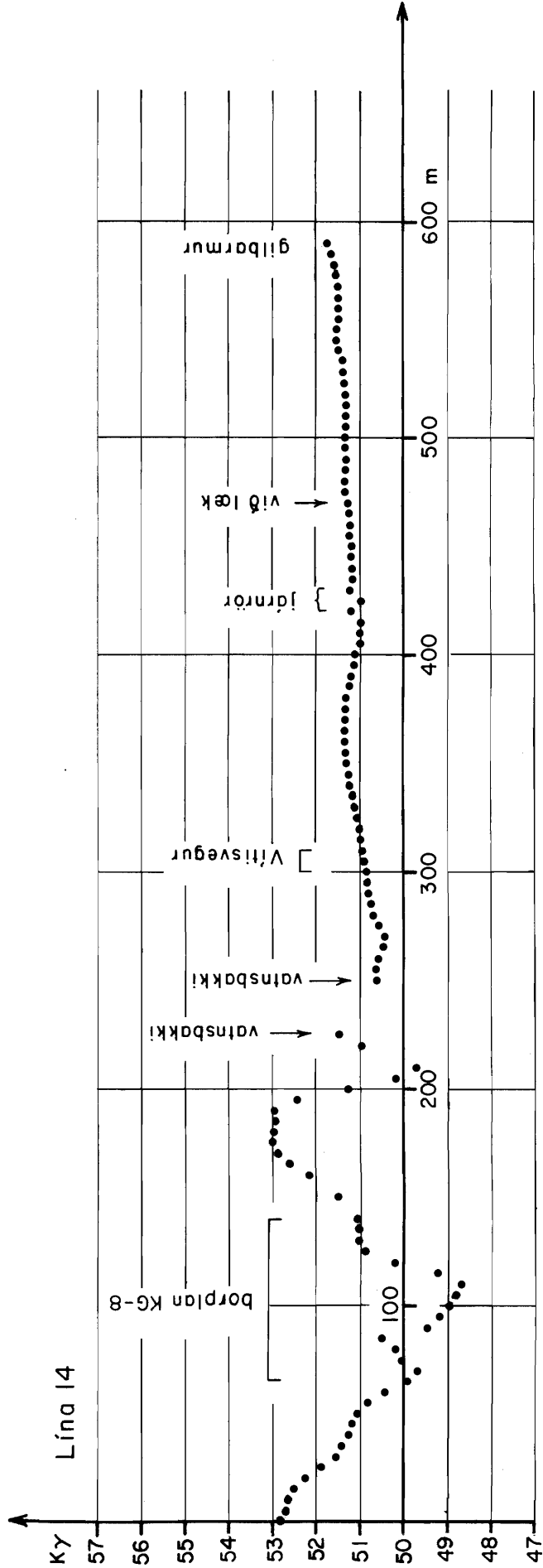
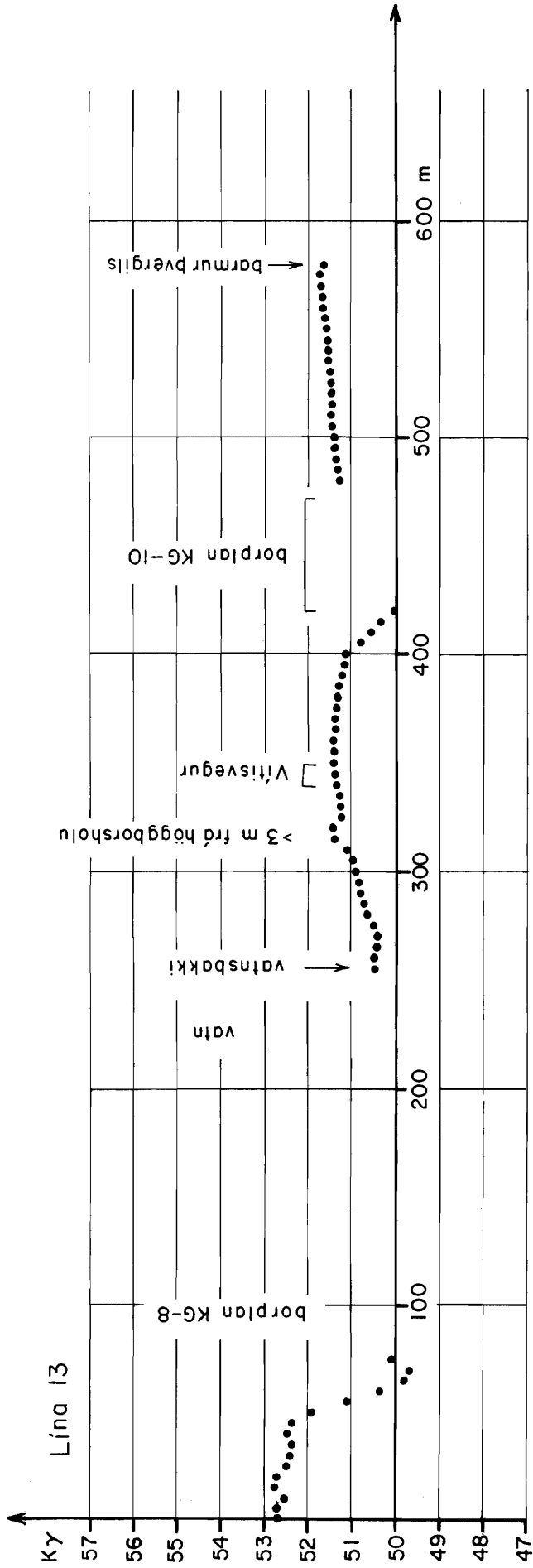
F-16436

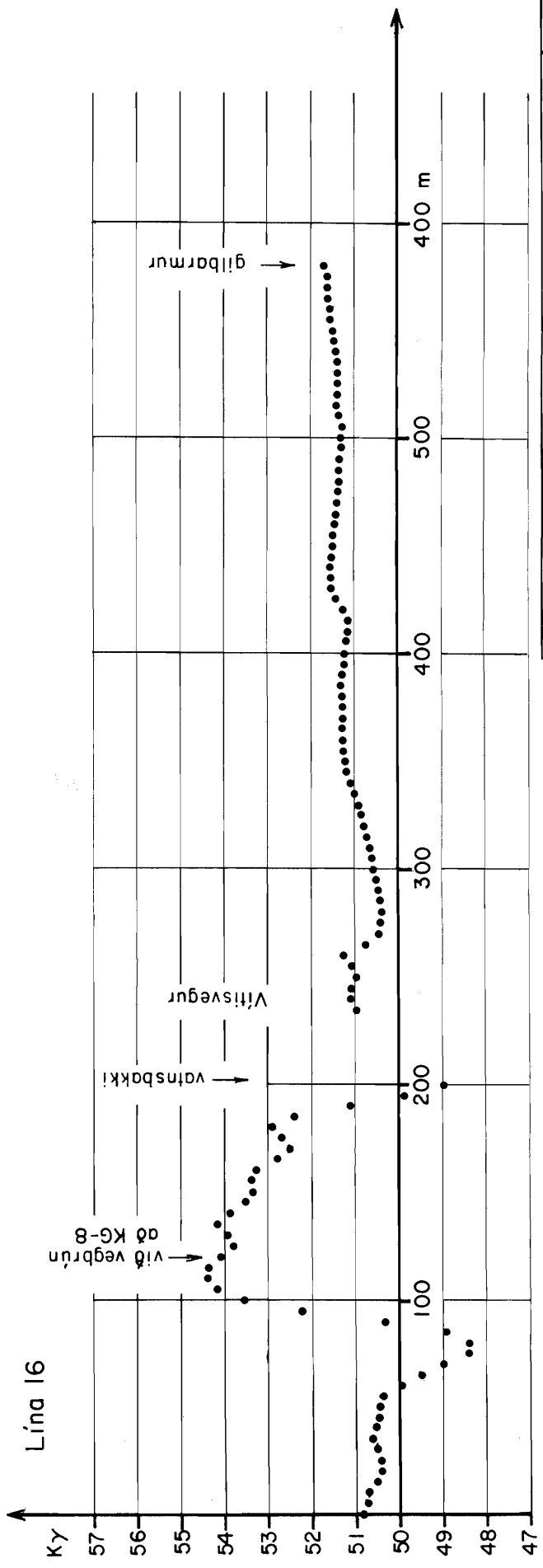
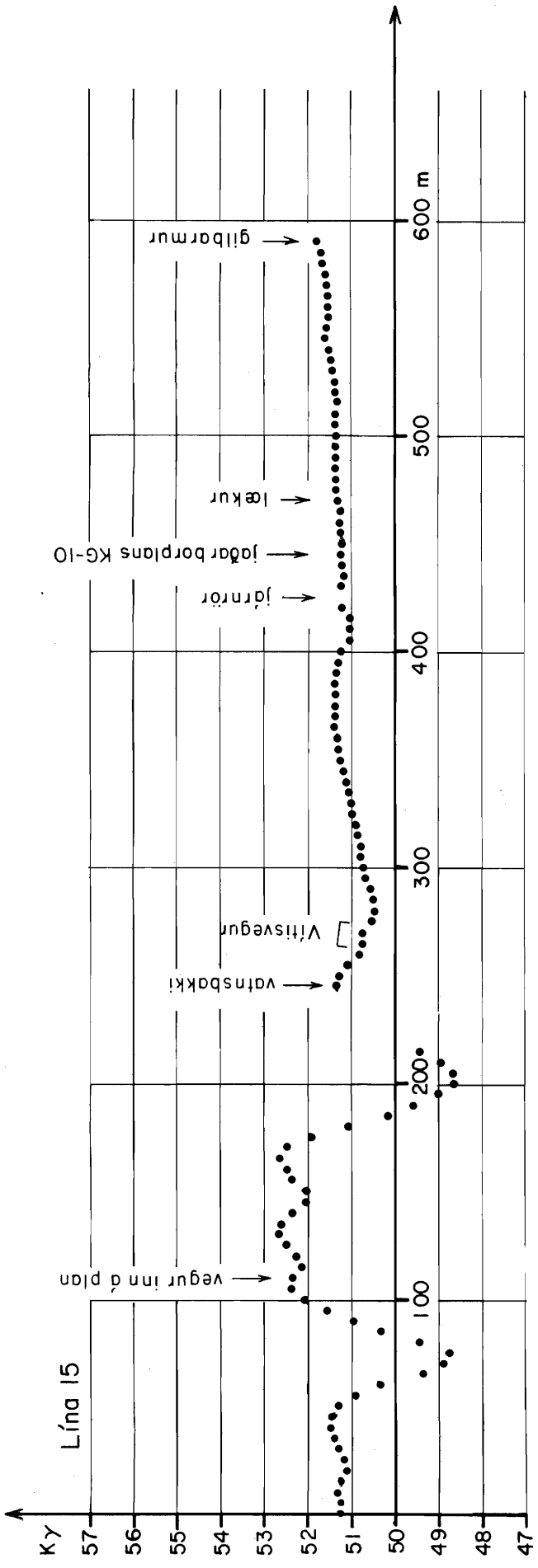


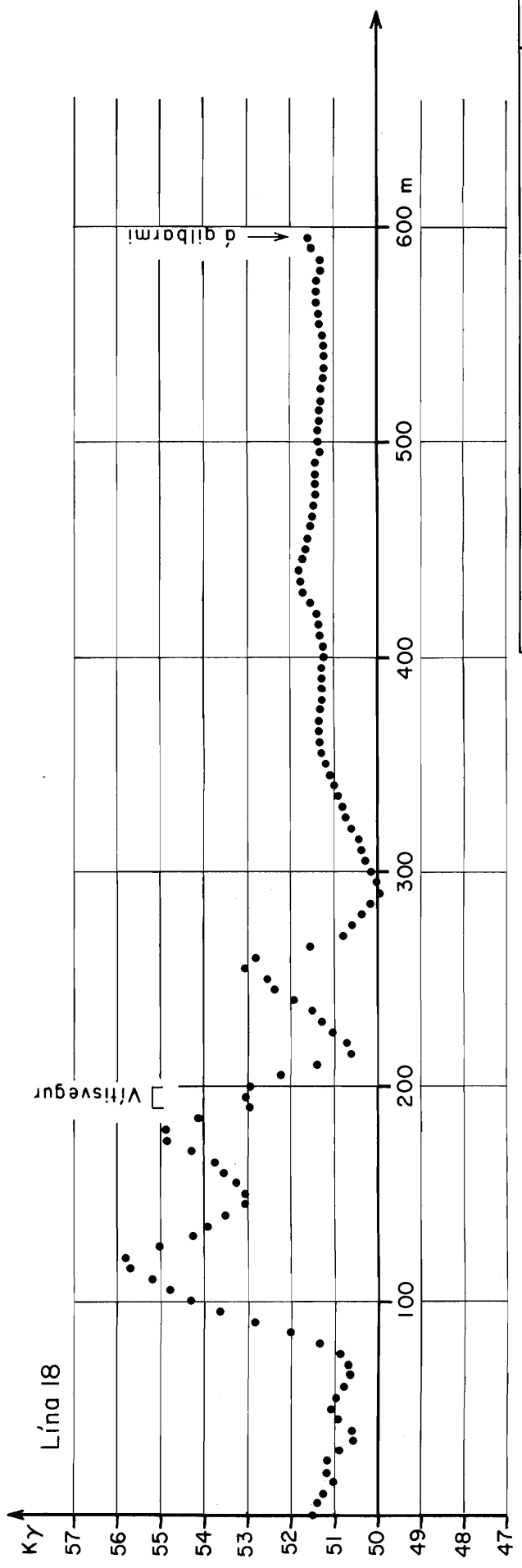
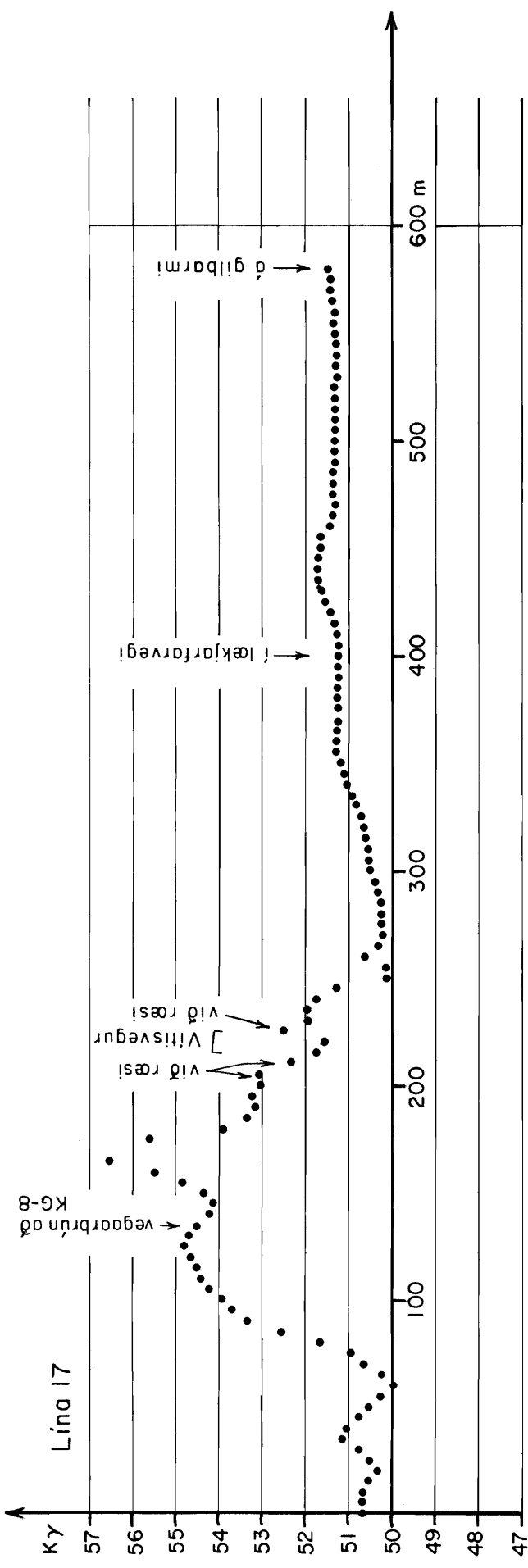


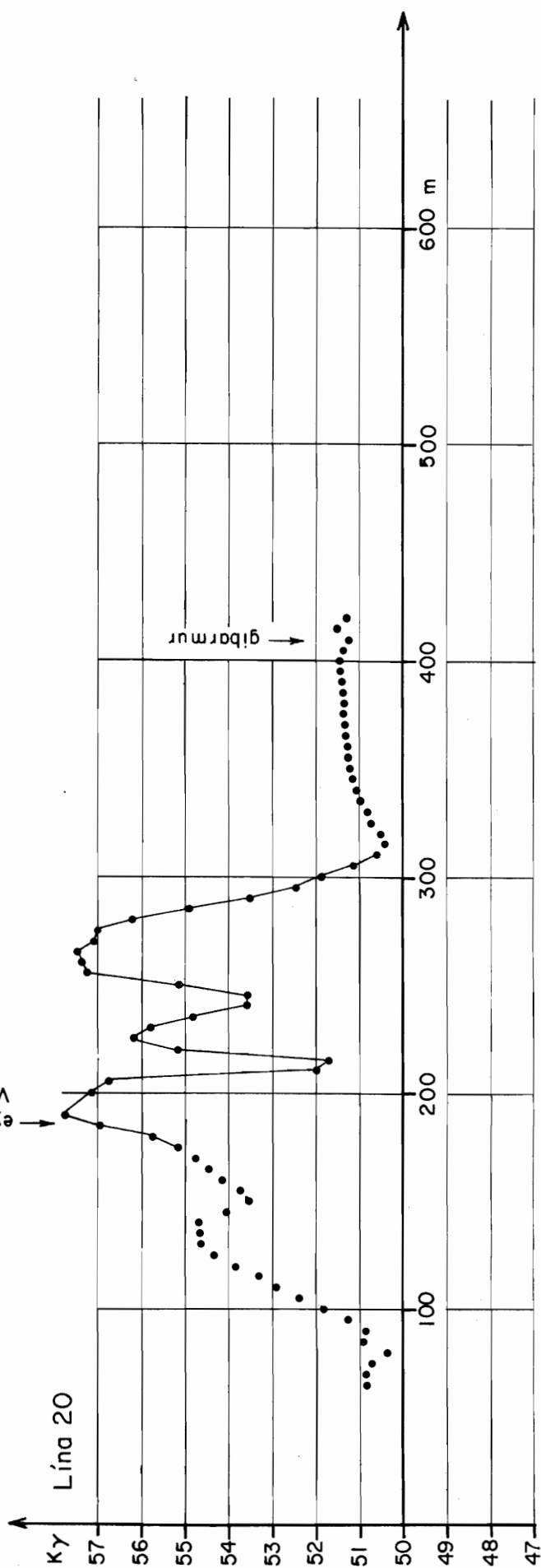
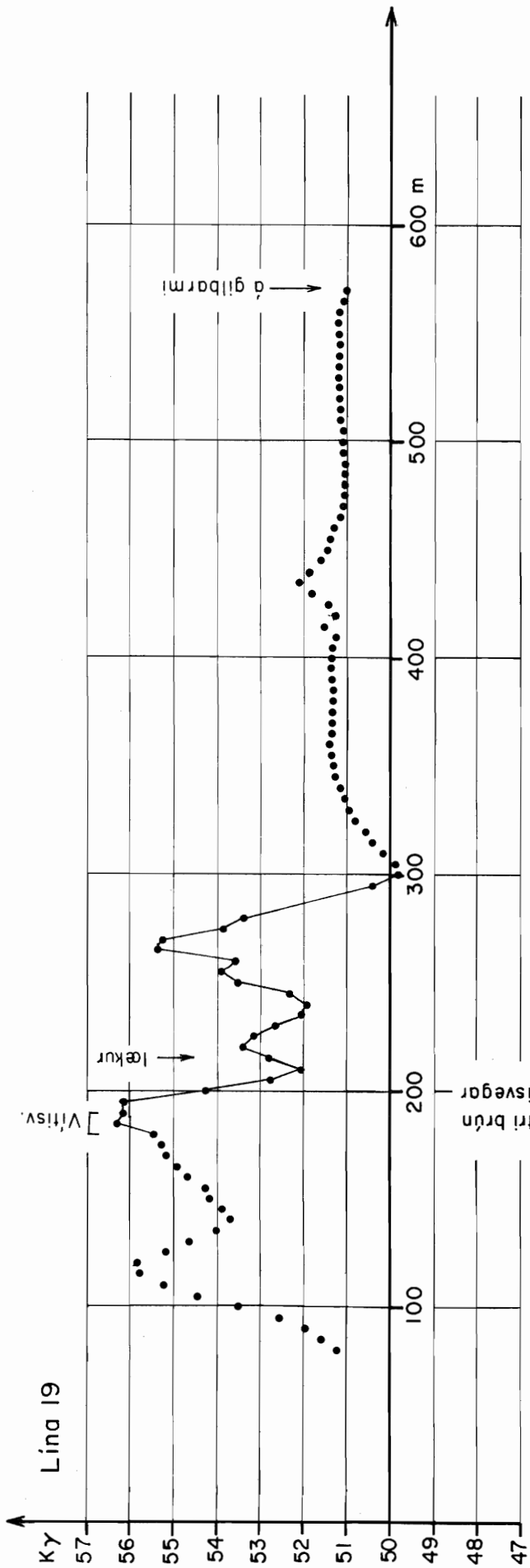


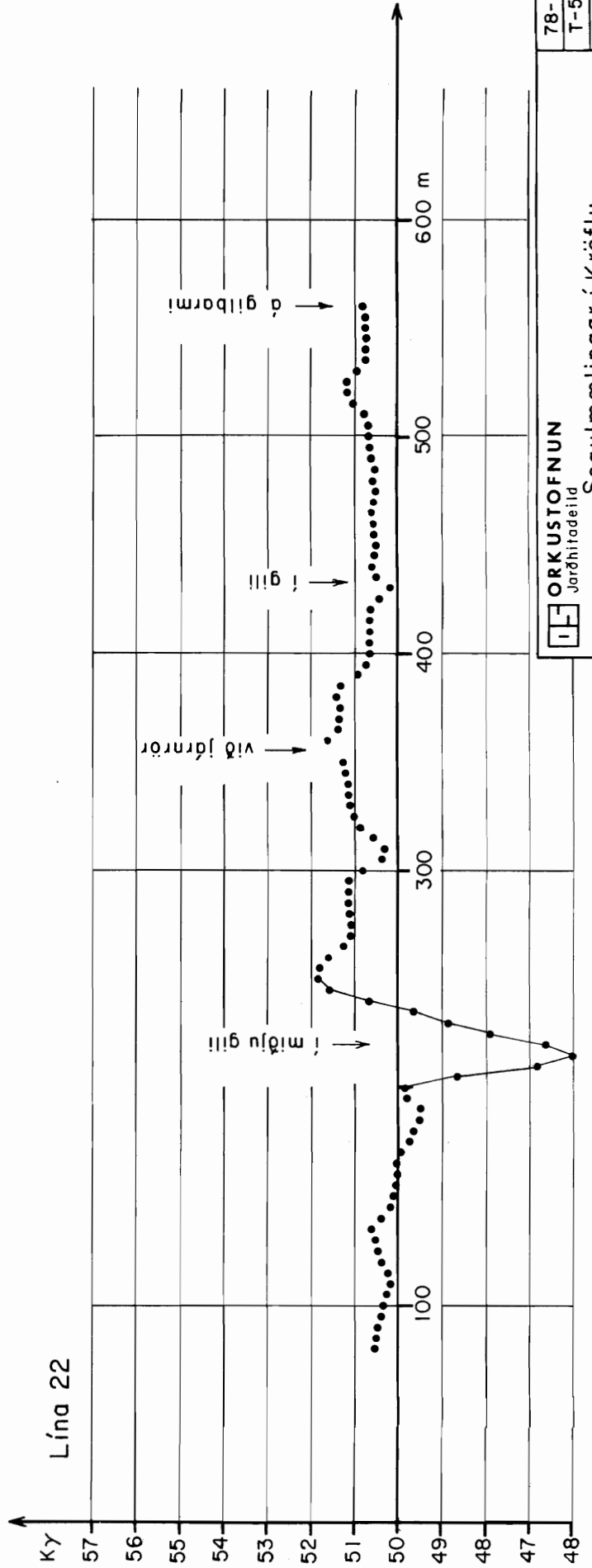
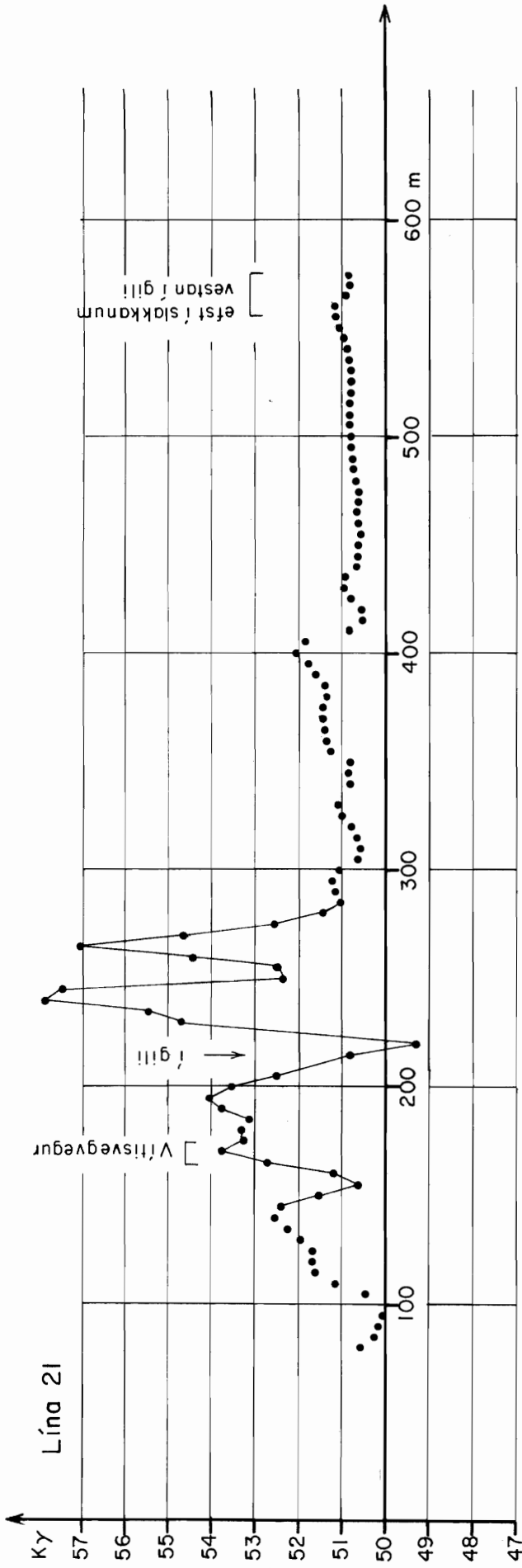


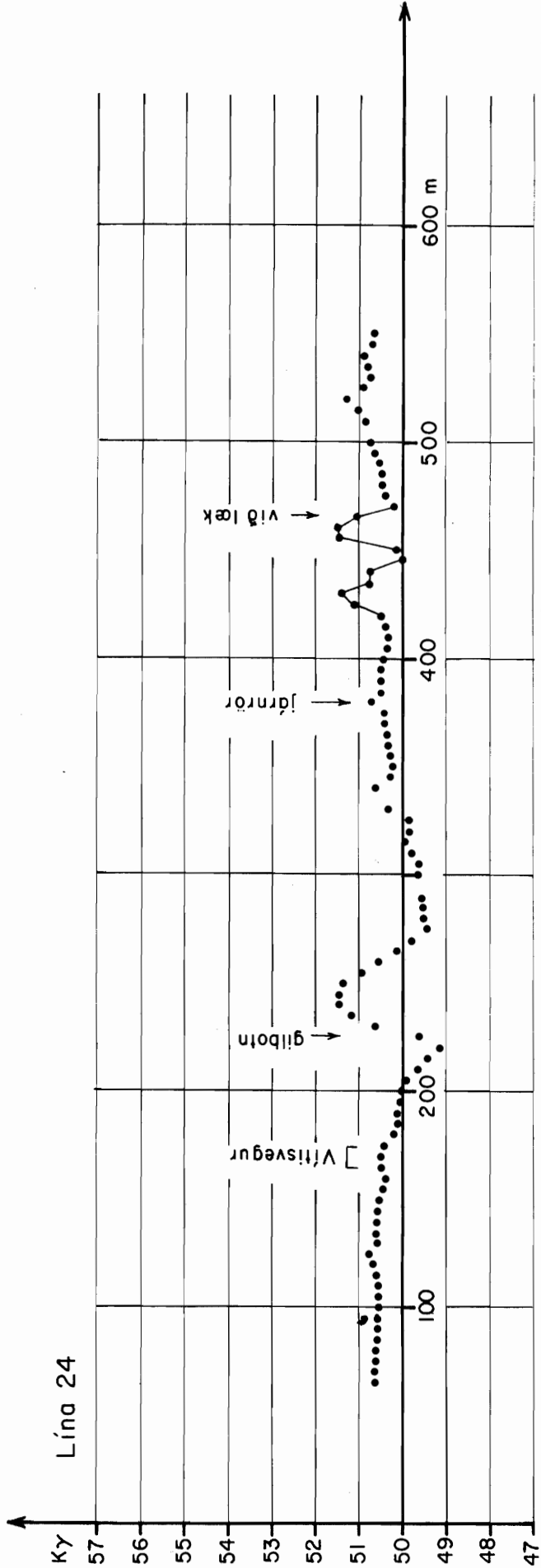
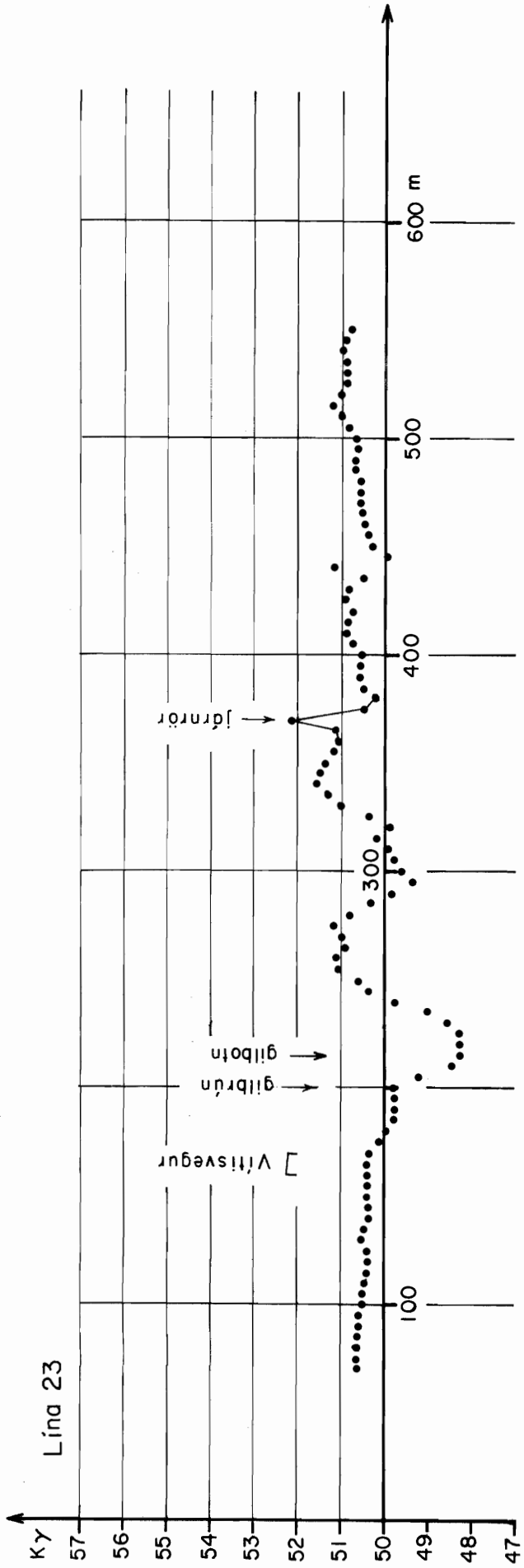










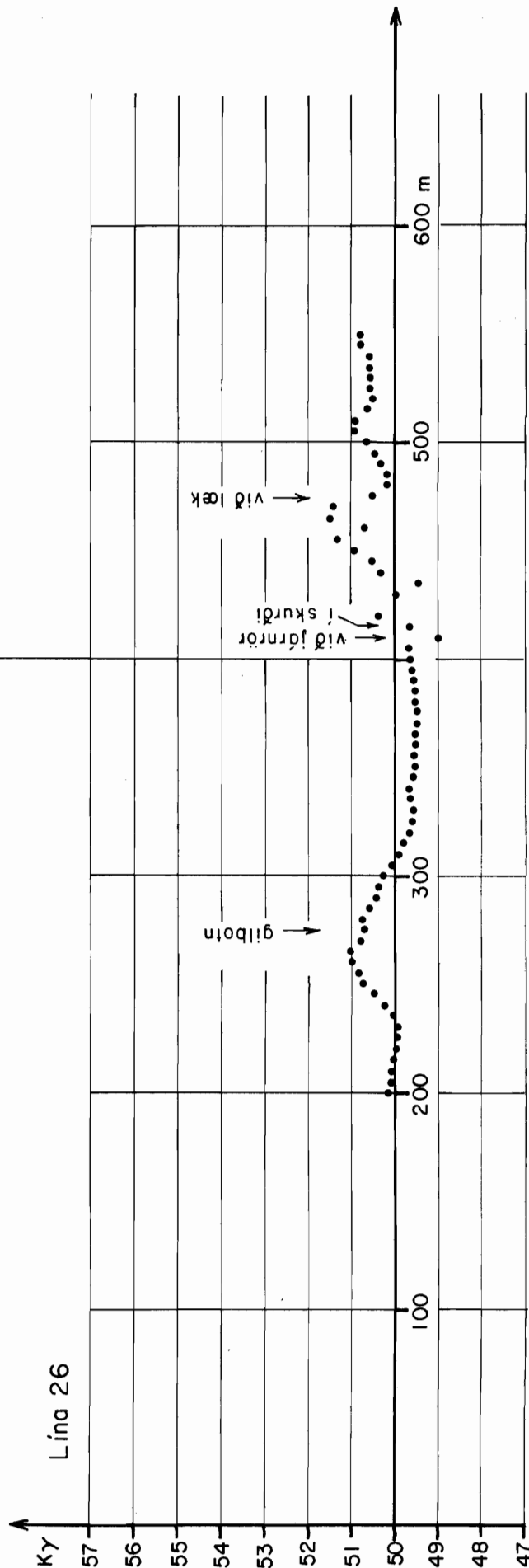
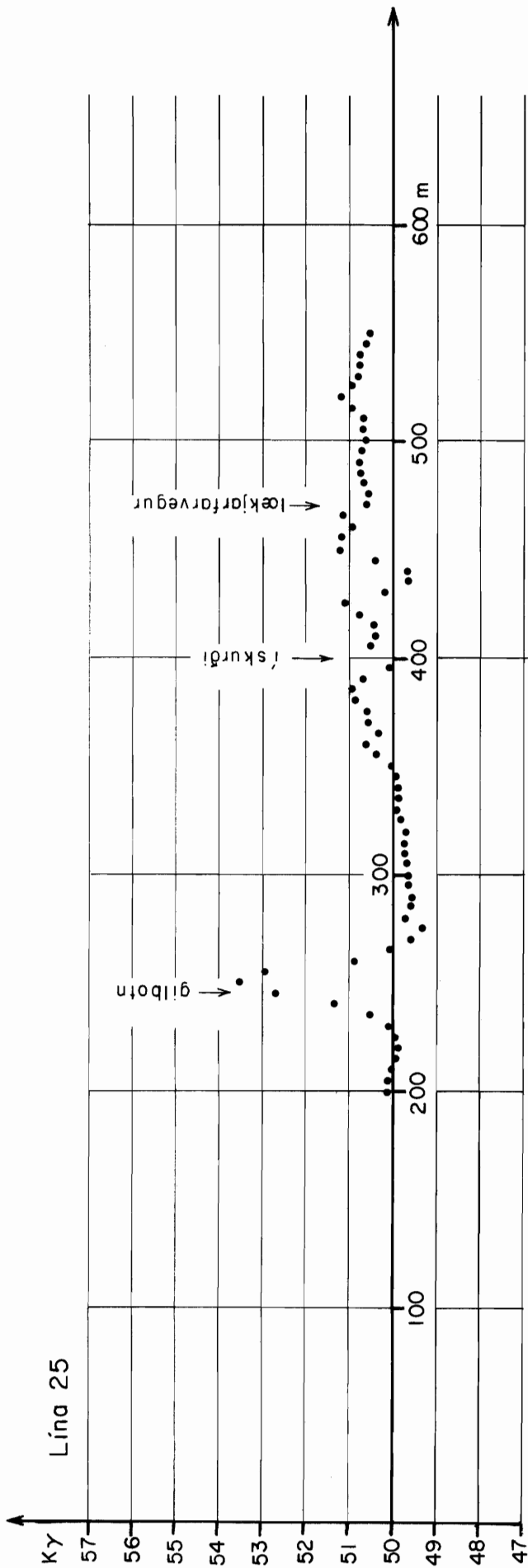


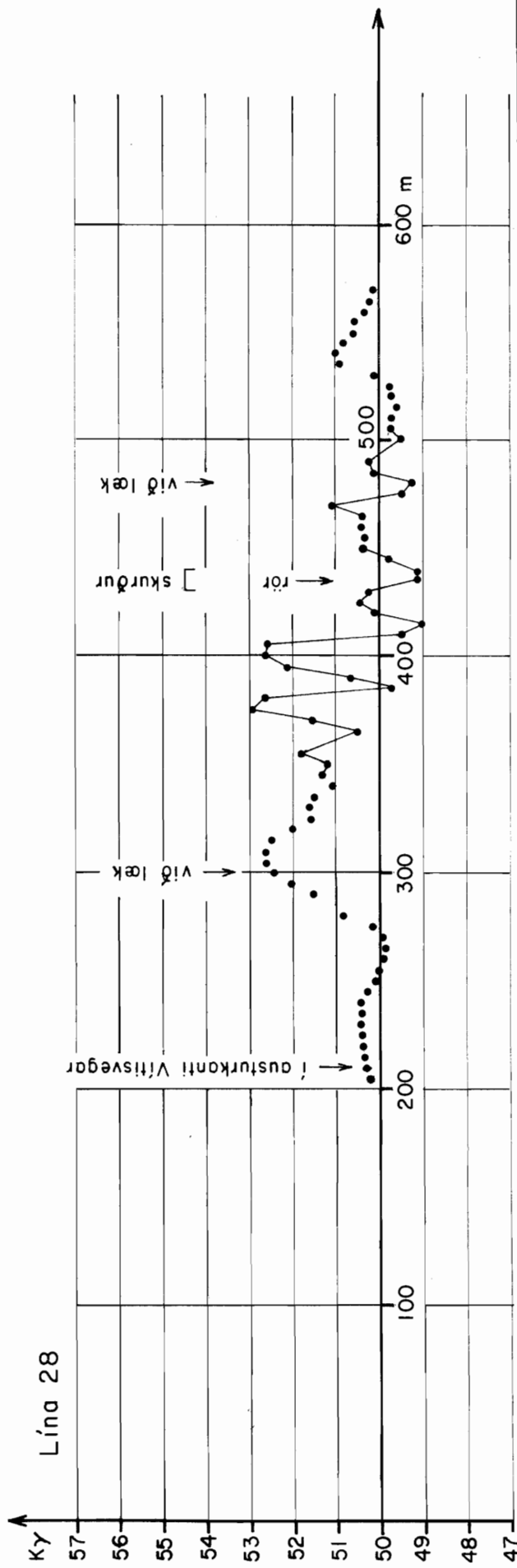
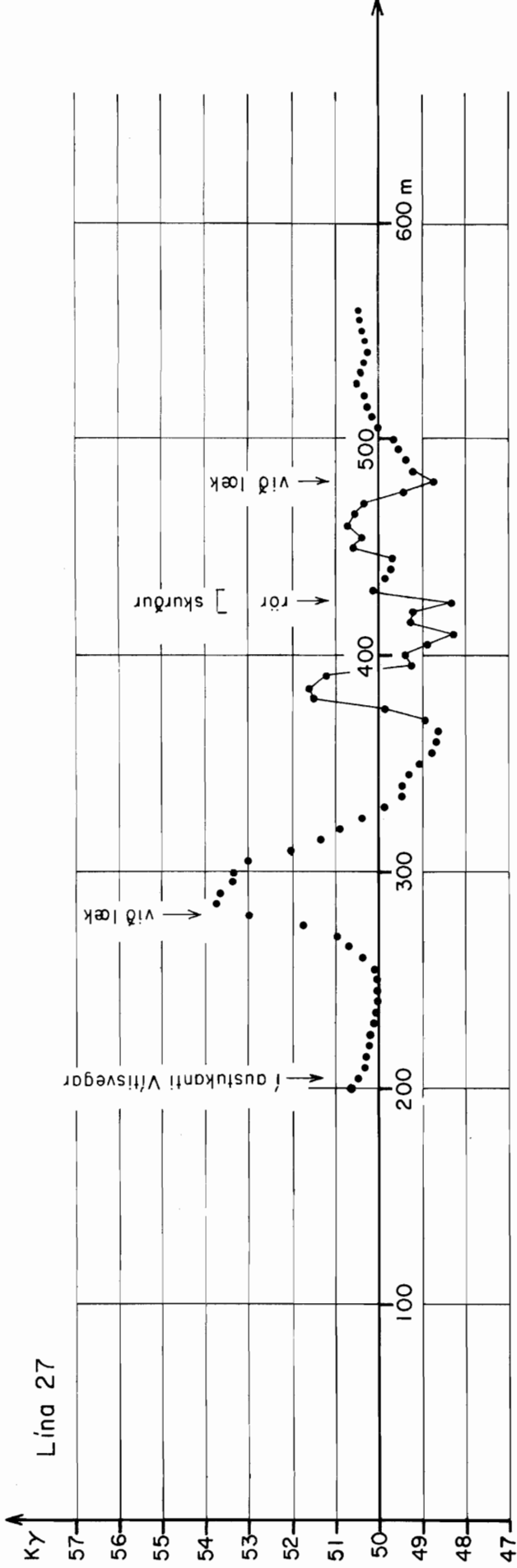
ORKUSTOFNUN
Jardhitadeild

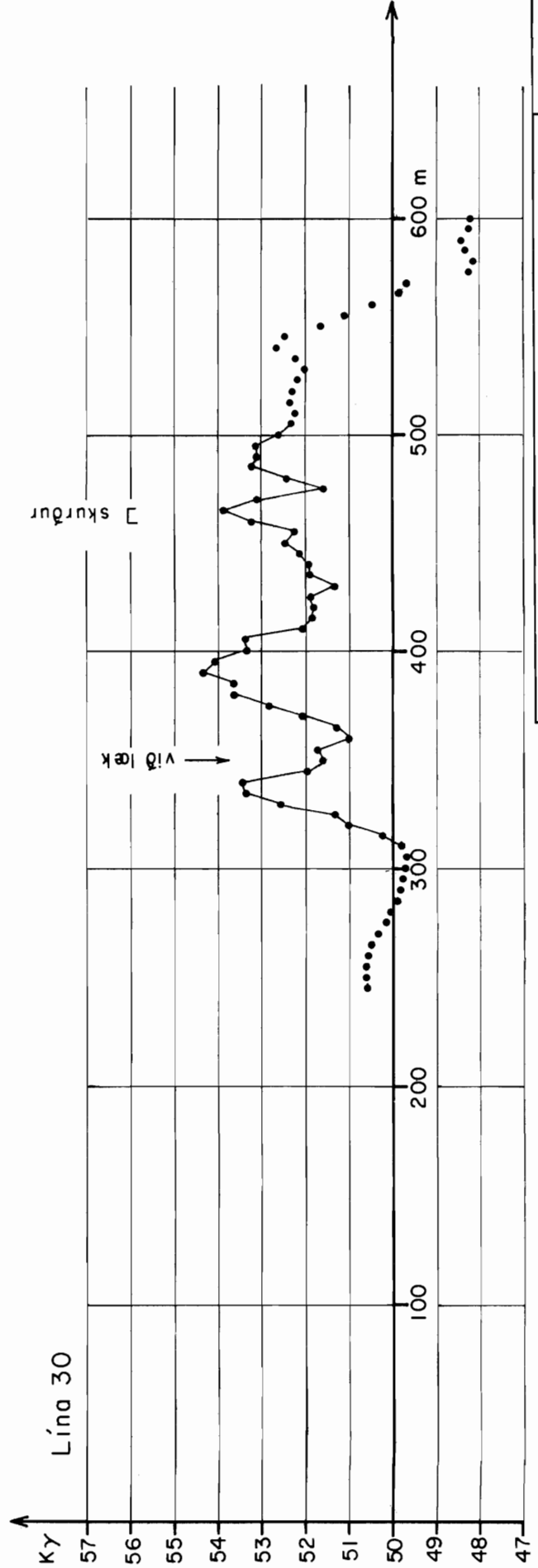
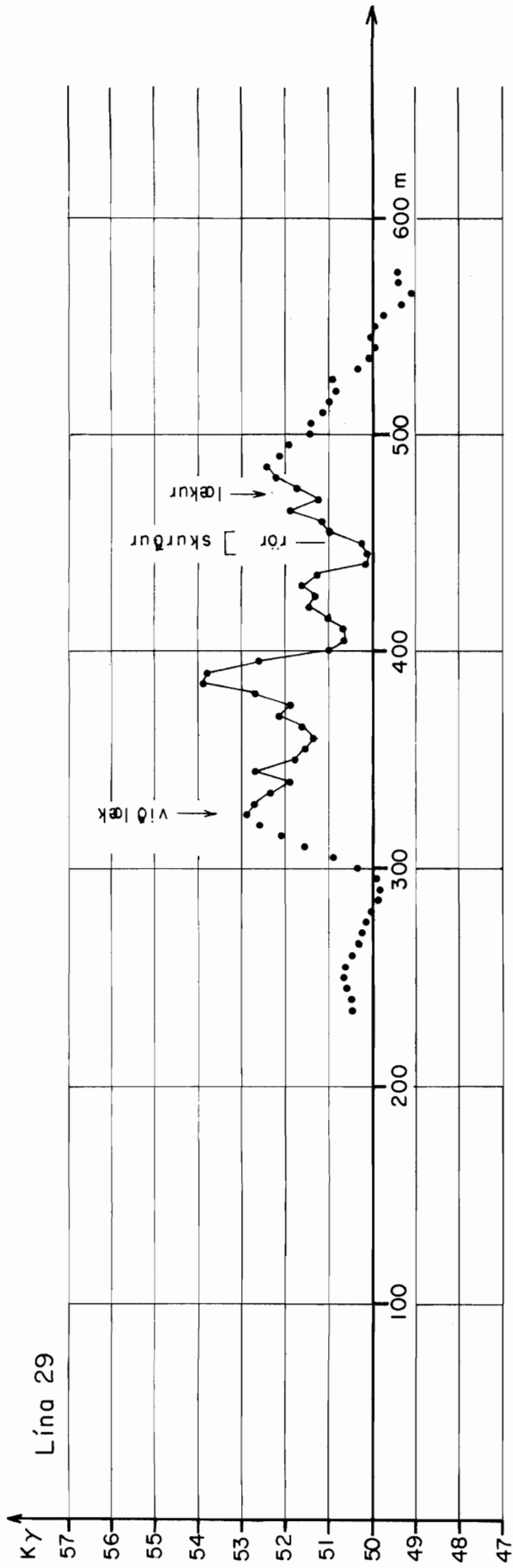
Segulmælingar í Kröflu
mælt sept. 1977

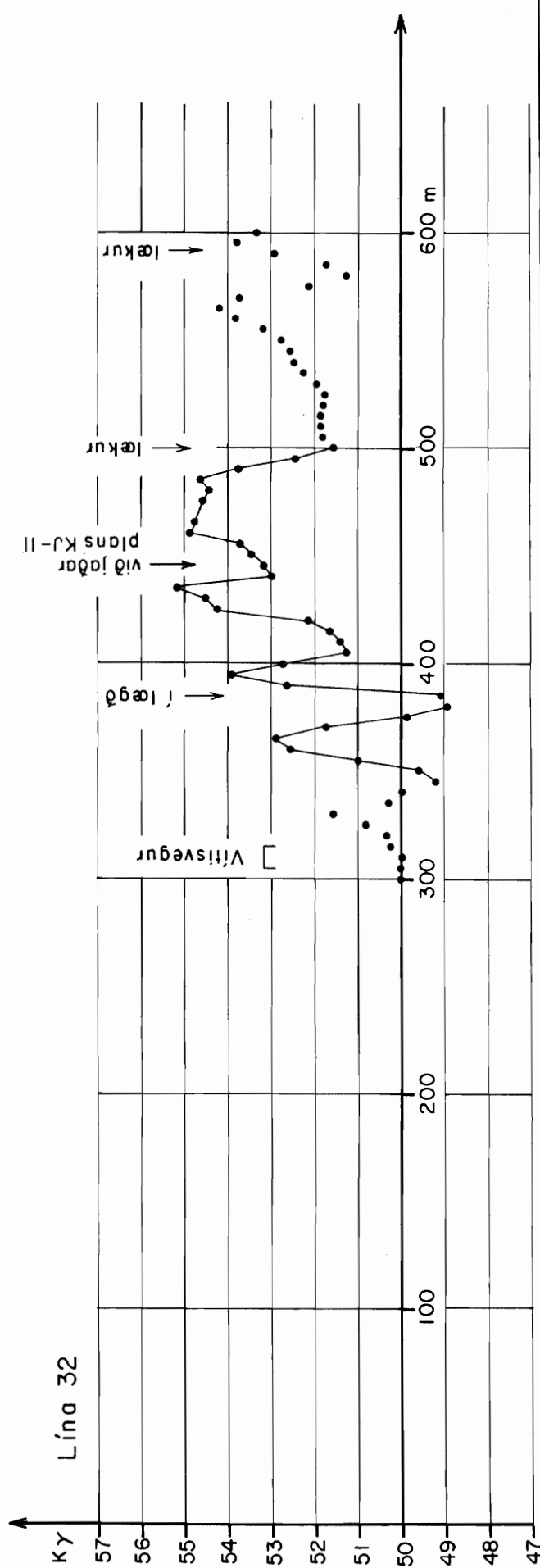
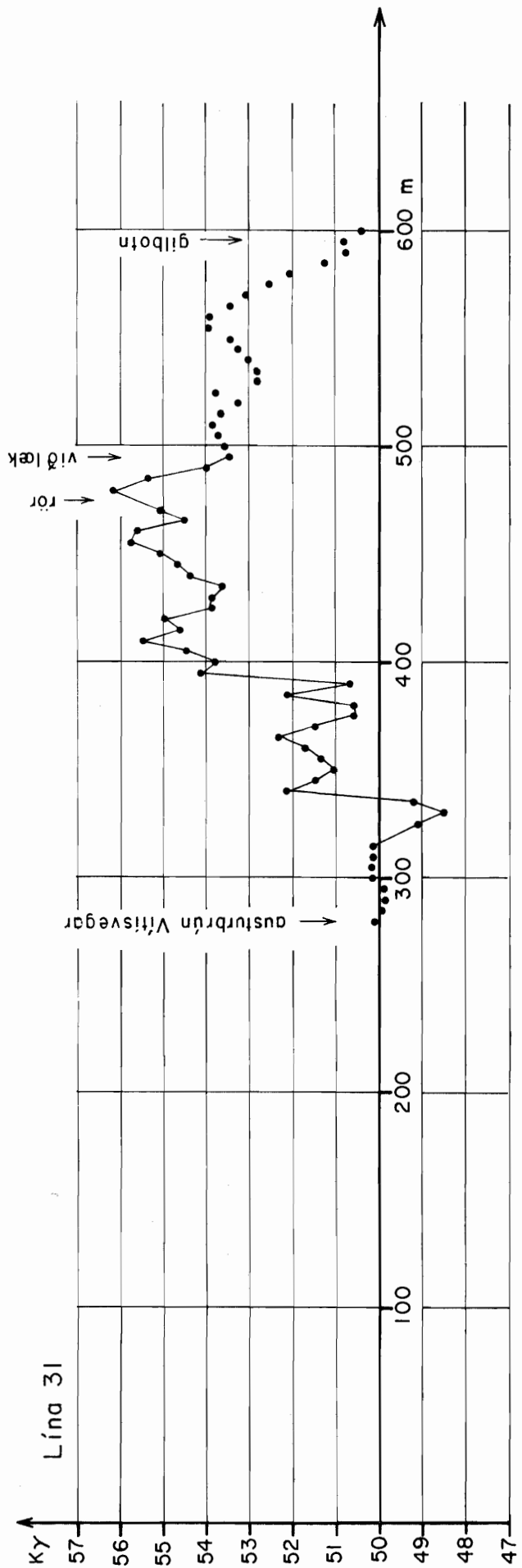
Blað 12

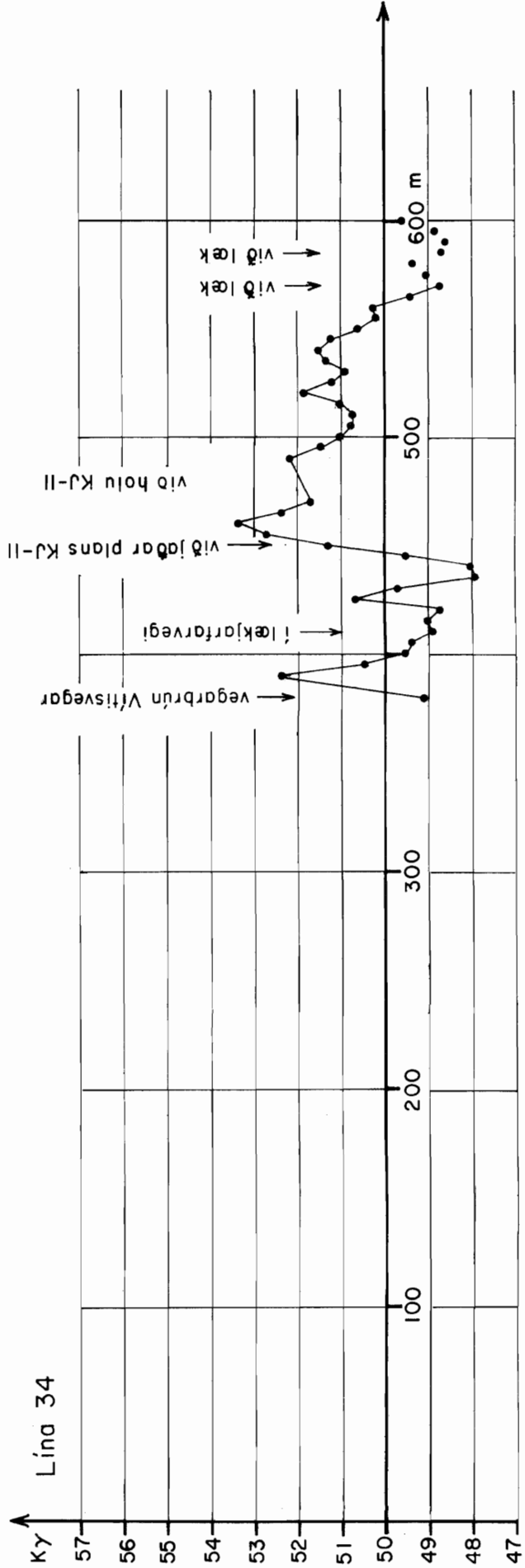
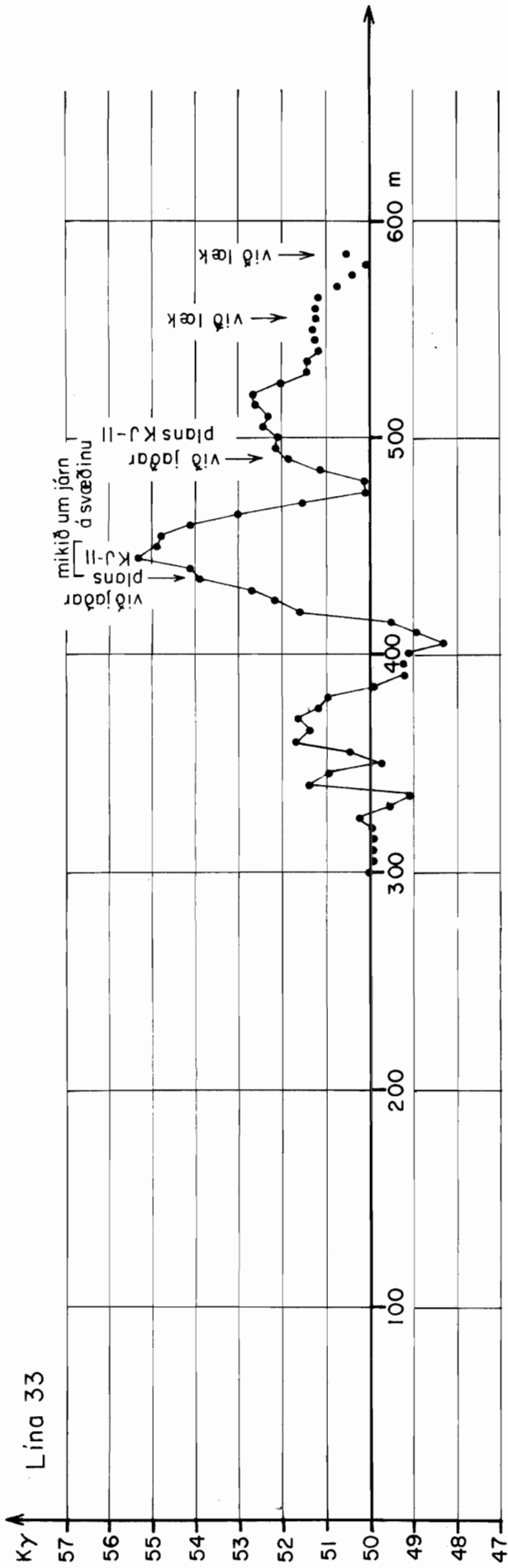
78-1-10 RK/IS
T-510
Krafla
F-16436

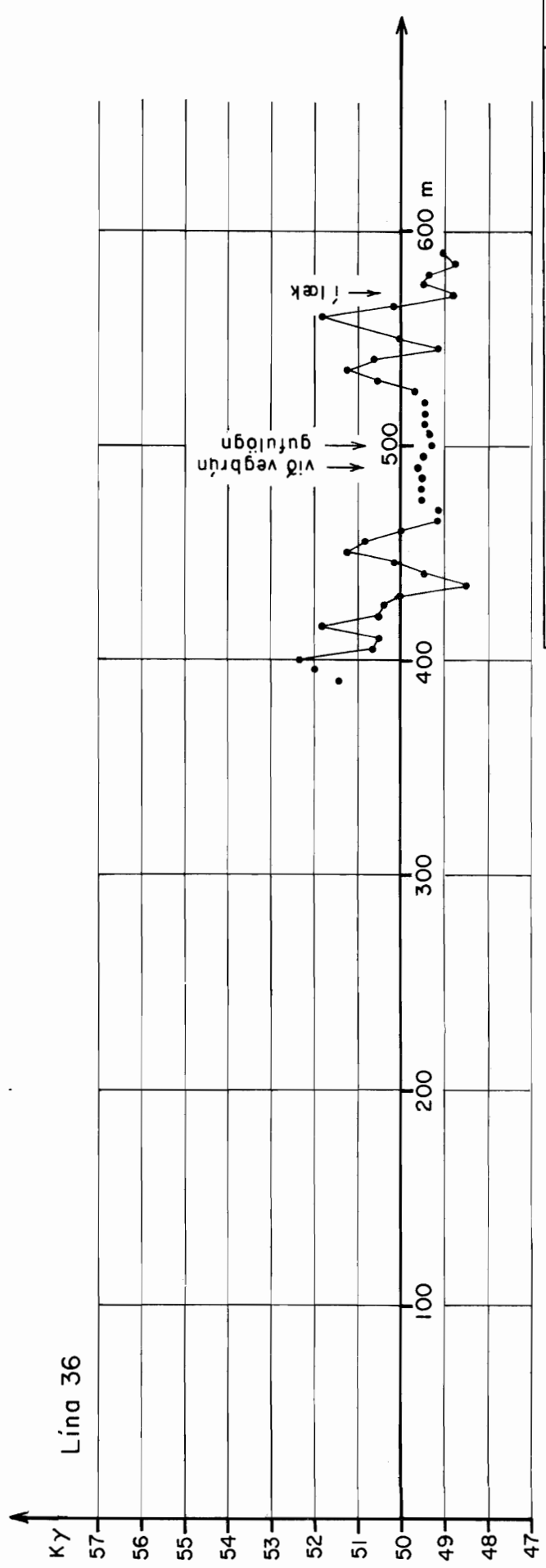
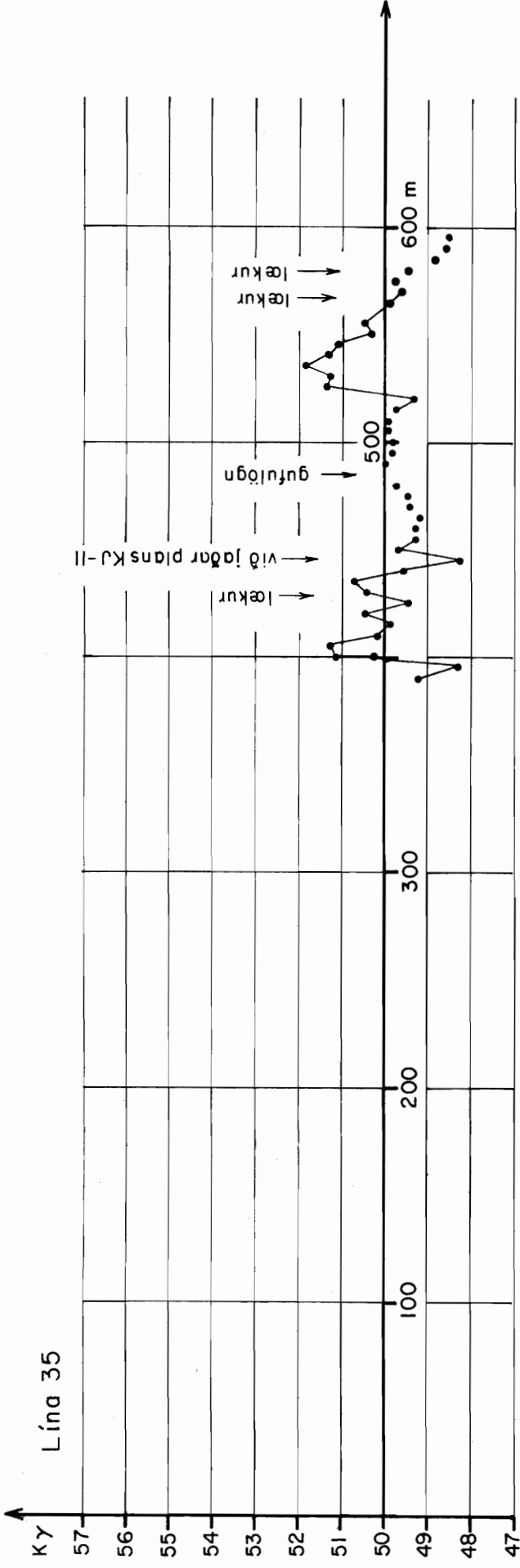


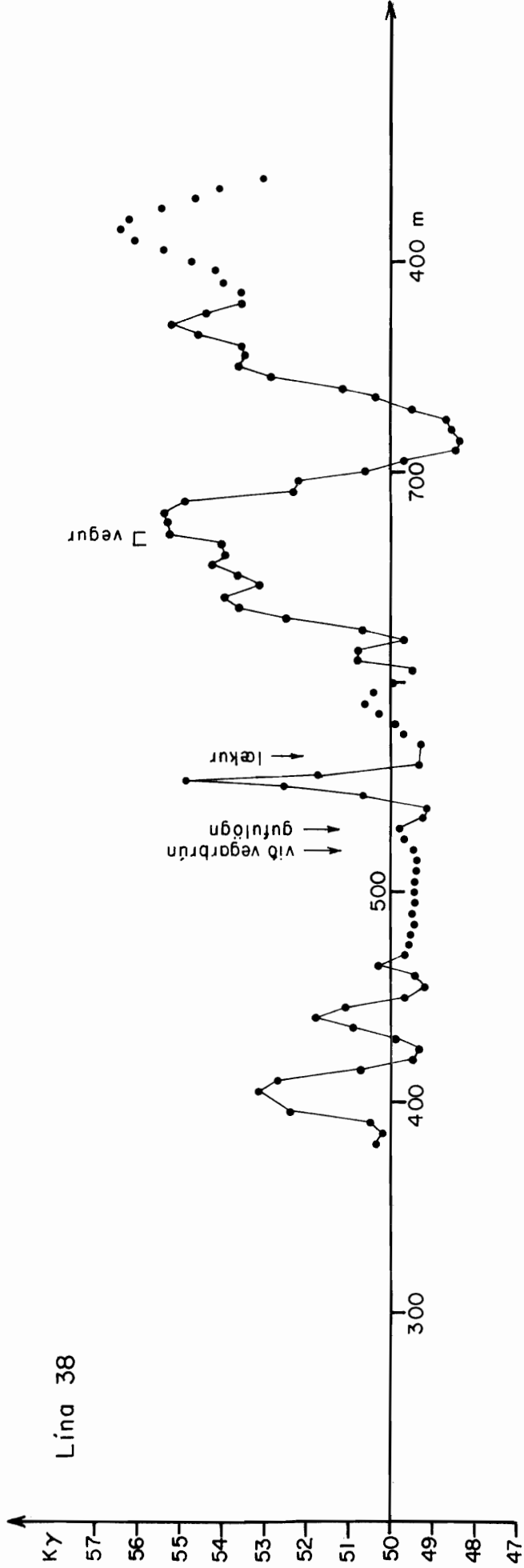
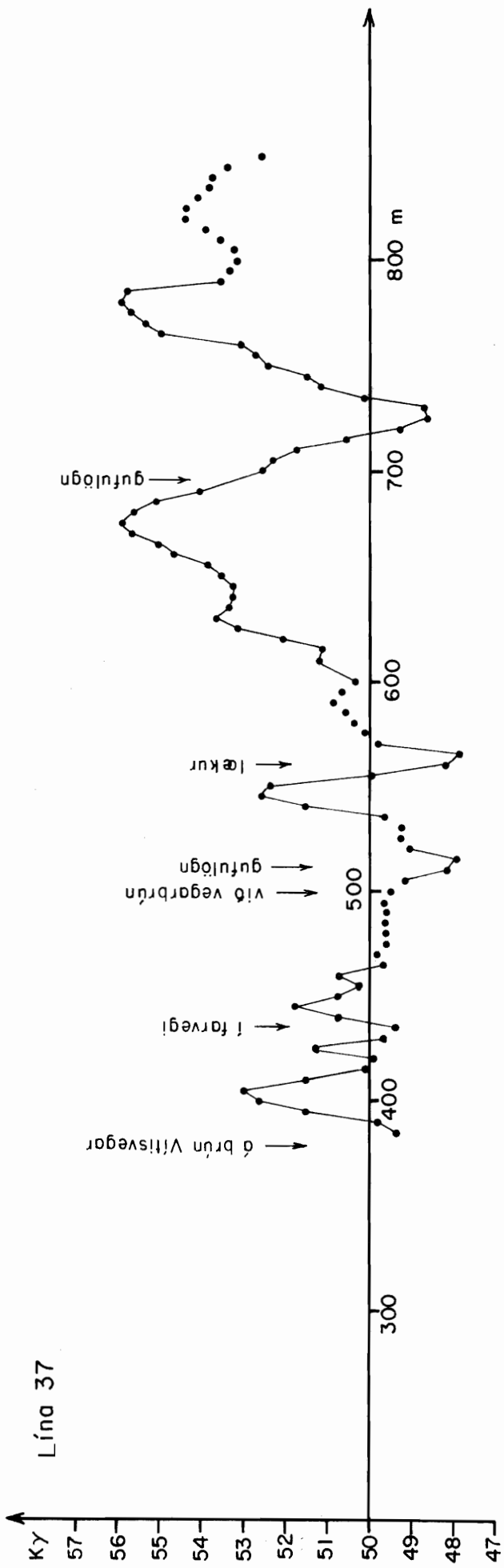




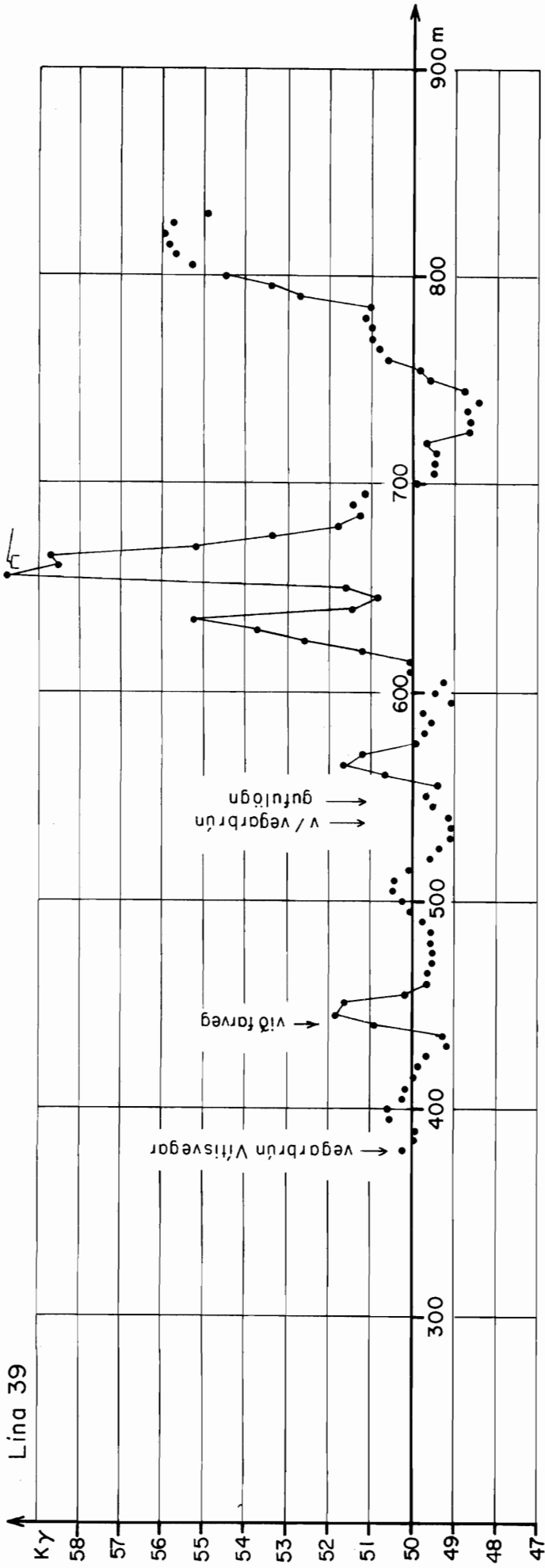




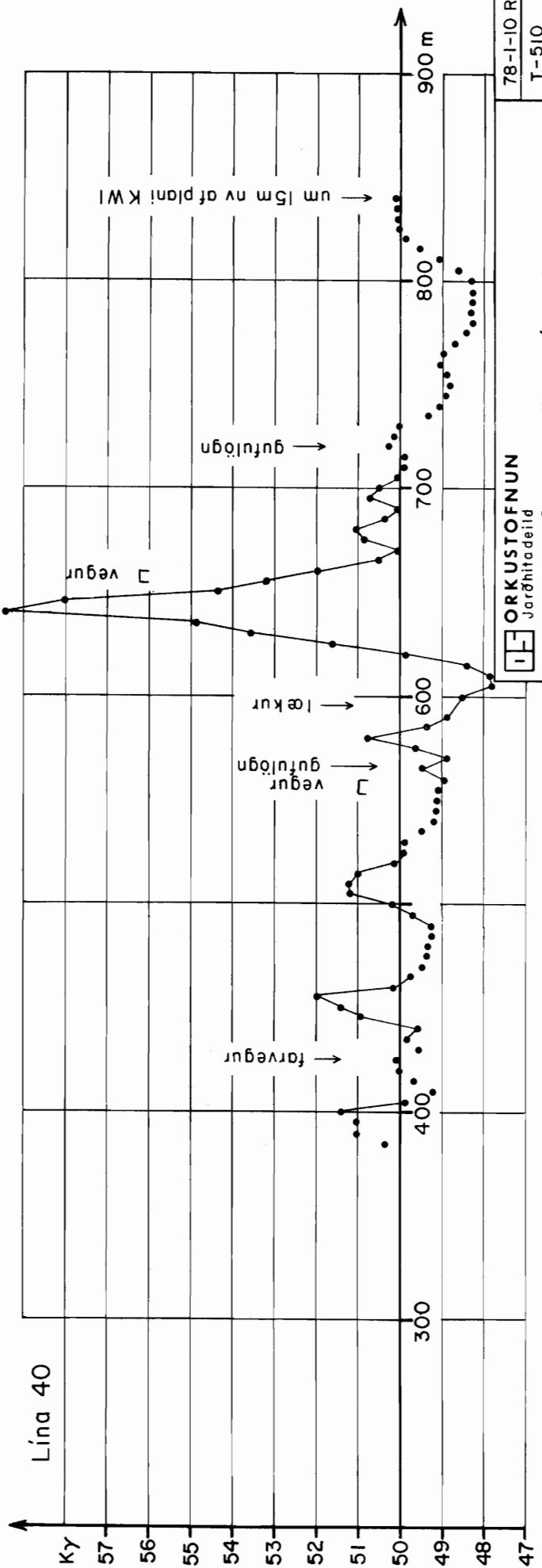




Lína 39

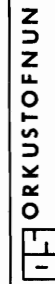
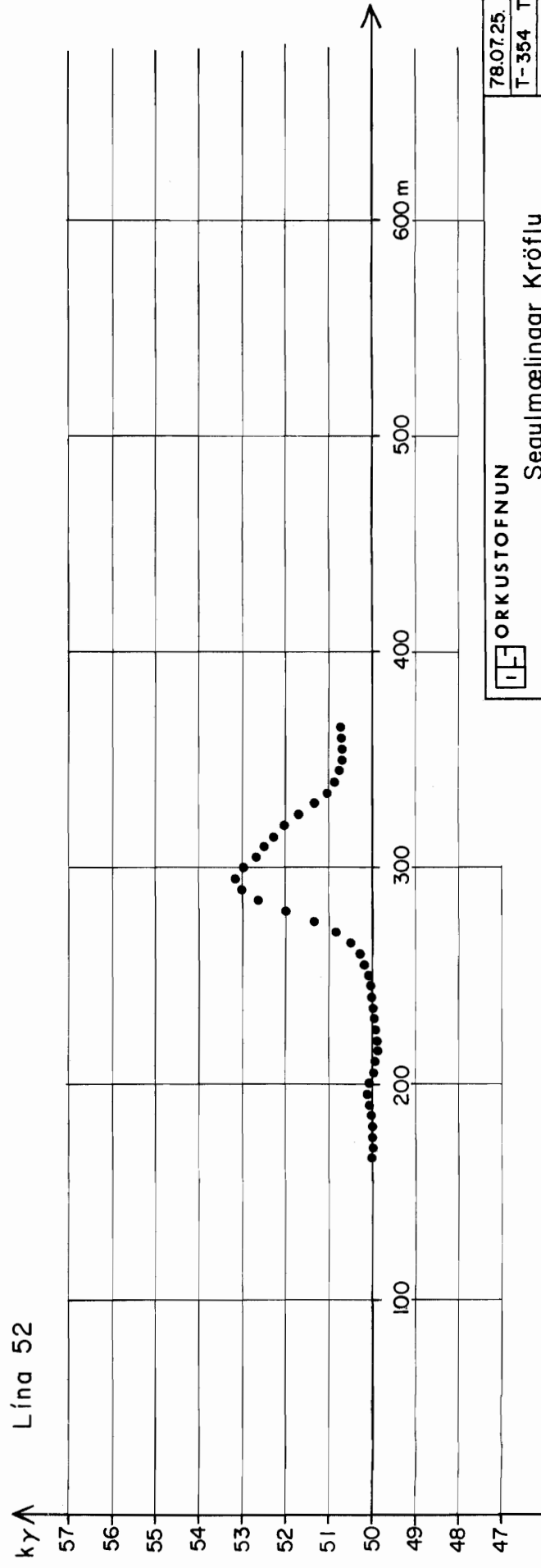
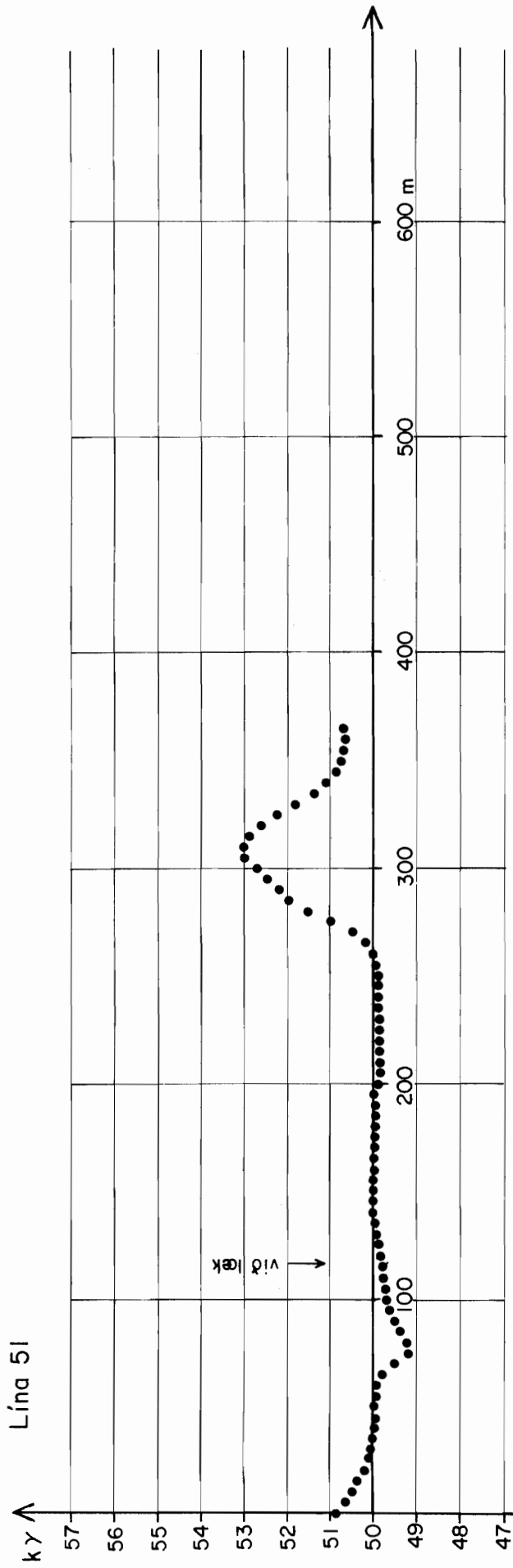


Lína 40



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Segulmælingar í Kröflu
mælt sept. 1977

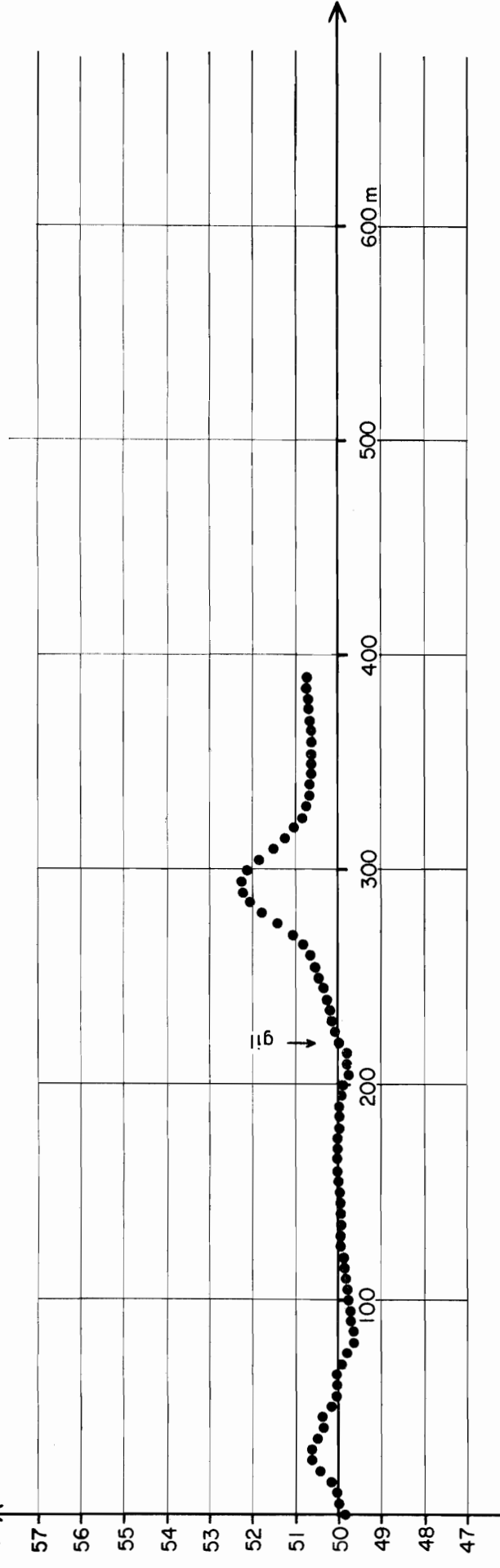


ORKUSTOFNUN
 Segulmælingar Kröflu
 mælt í júní 1977

780725 R.K/EK
 T-354 T-612
 Segulm. Kröflu
 F-17136

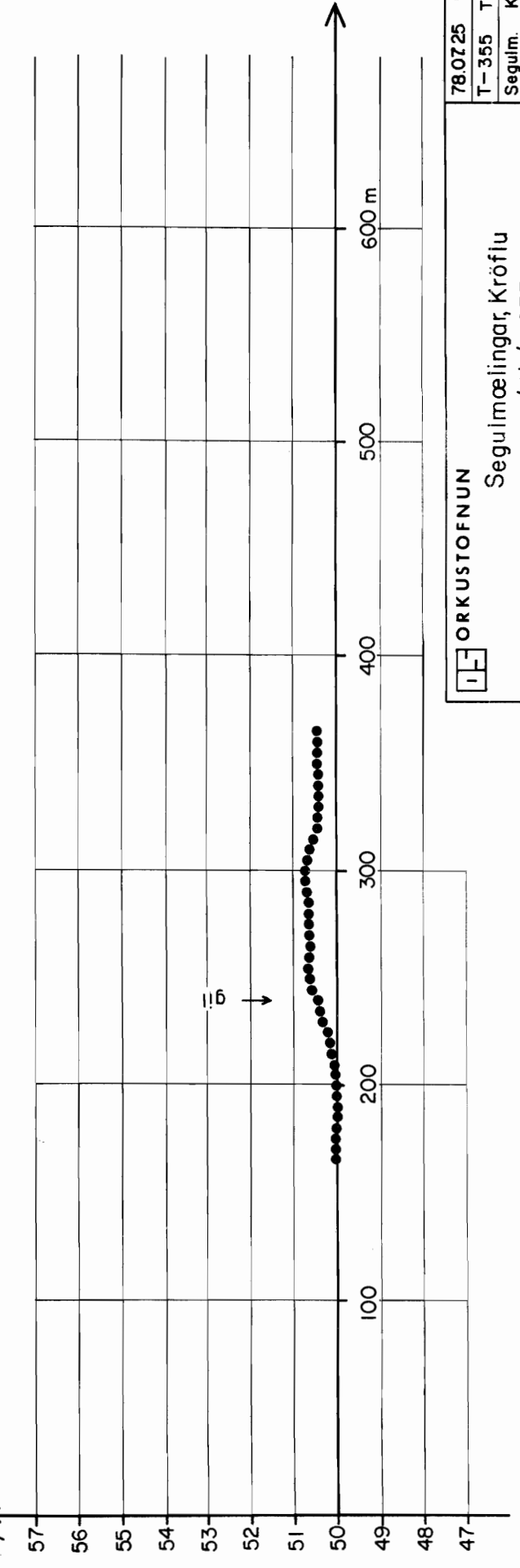
ky ^

Lína 53



ky ^

Lína 54



IF ORKUSTOFNUN

Segulmælingar, Kröflu

mælt í júní 1977

78.0725 RK/EK

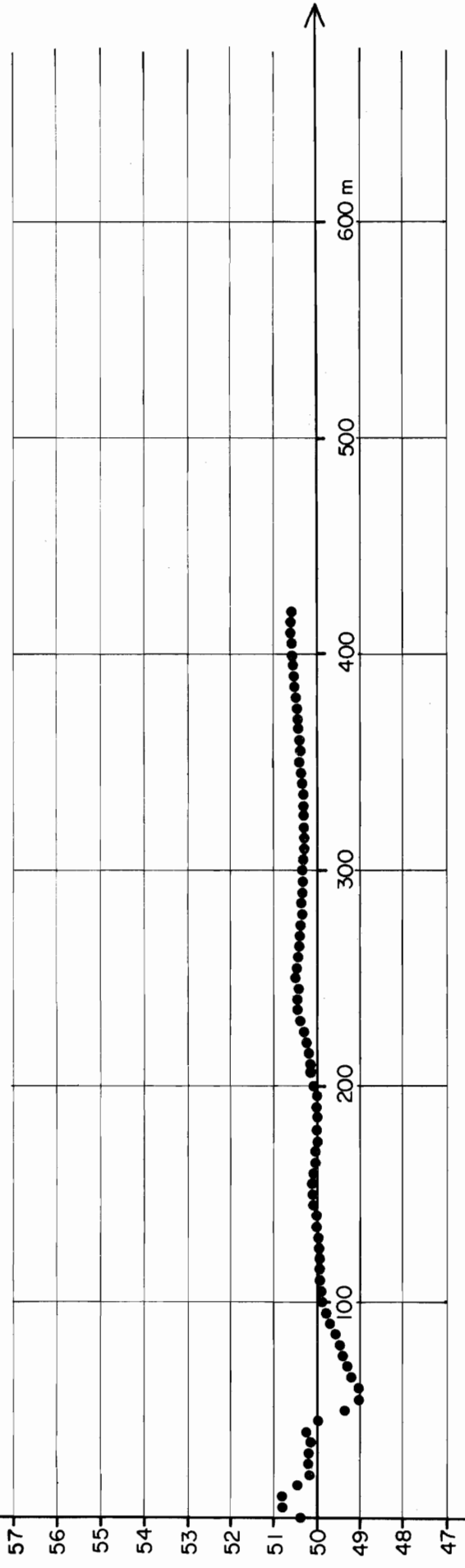
T-355 T-613

Segulm. Krafla

F-17137

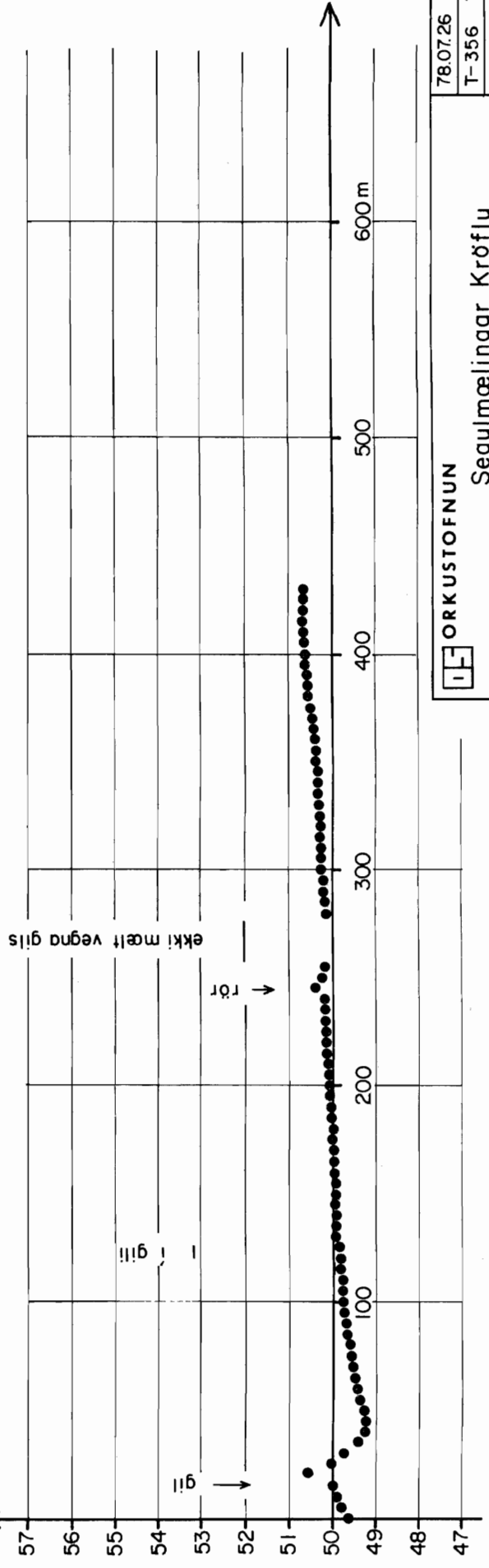
ky ↑

Lína 55



ky ↑

Lína 56

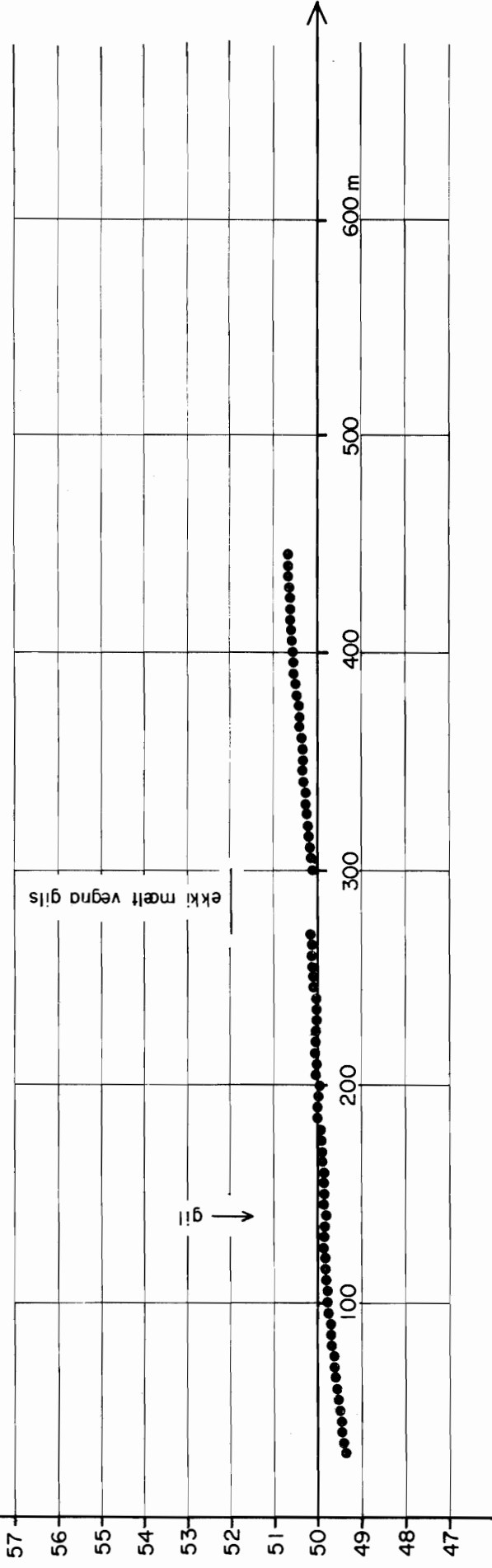


ORKUSTOFNUN
Segulmælingar Kröflu
mælt í júní 1977

78.07.26 RK/EK
T-356 T-614
Segulm. Kröflu
F-17138

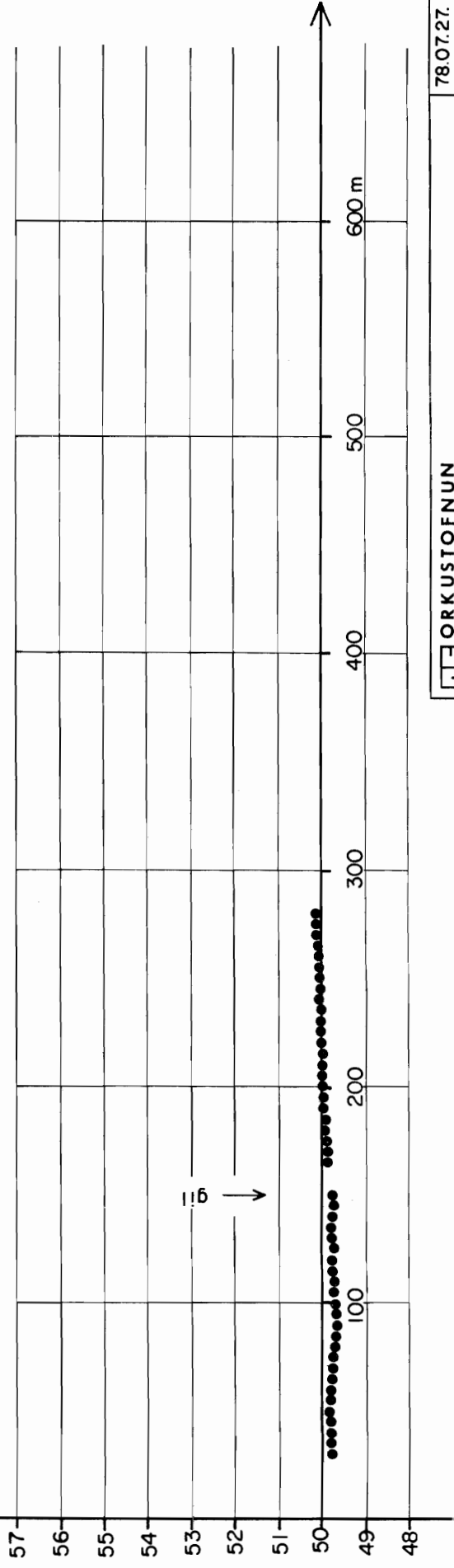
ky ↑

Lína 57

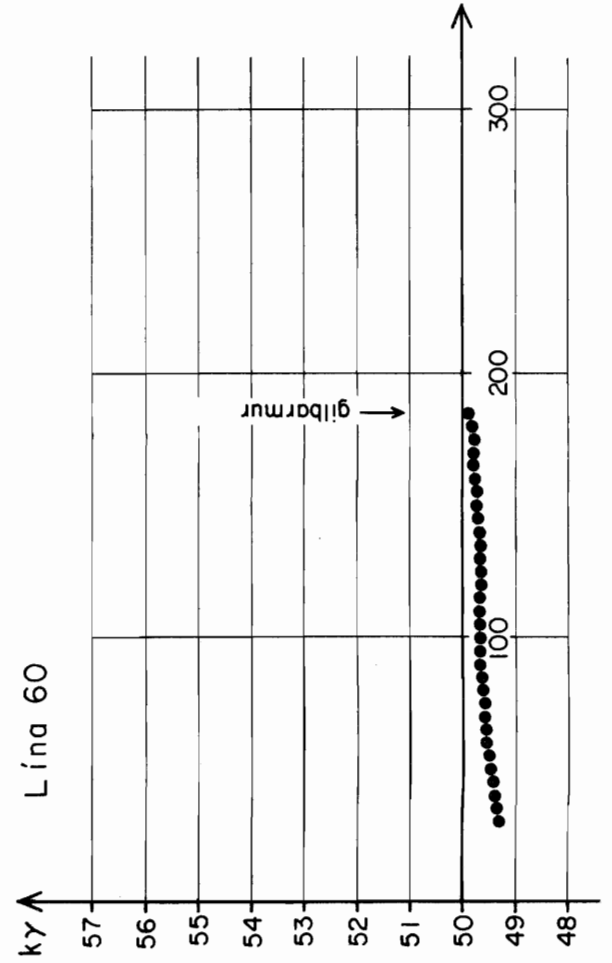
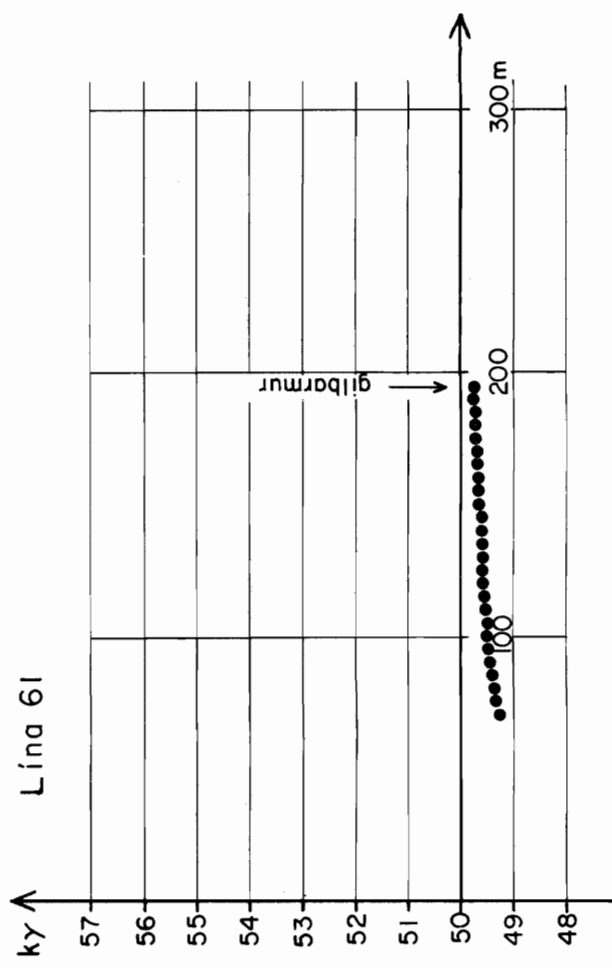
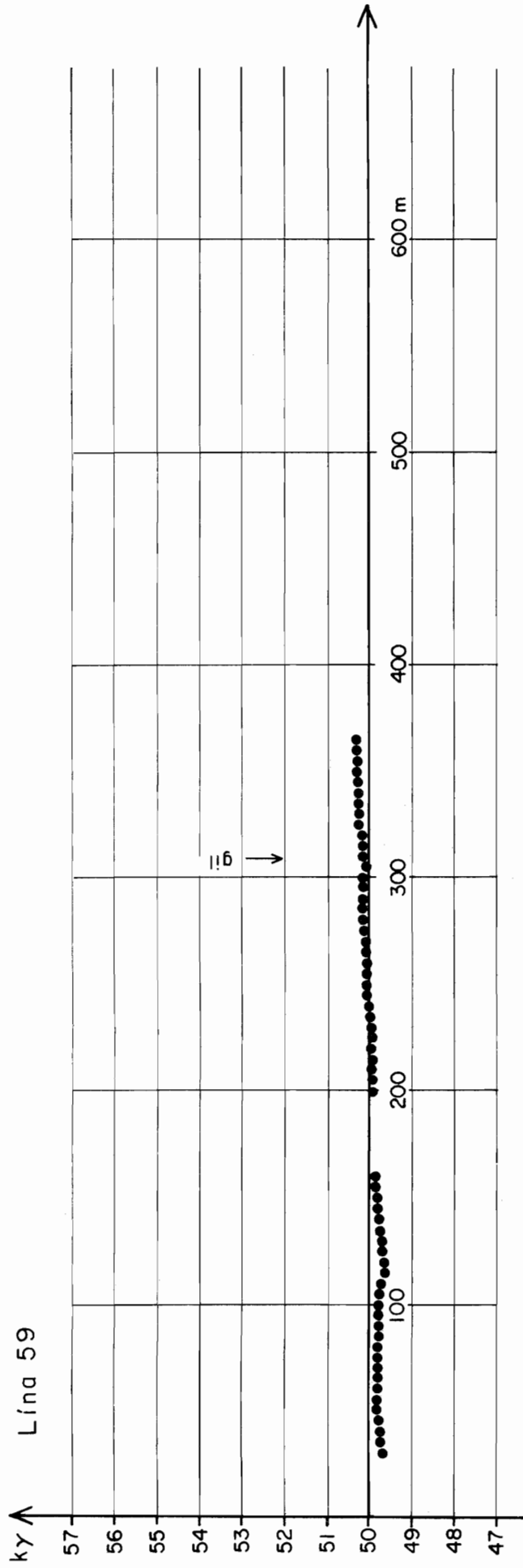


ky ↑

Lína 58



	Seguimælingar Kröflu	
	mælt í júní 1977	
	78.07.27. RK/EK	T-357 T-615
	Segulm. Krafía	F-17139

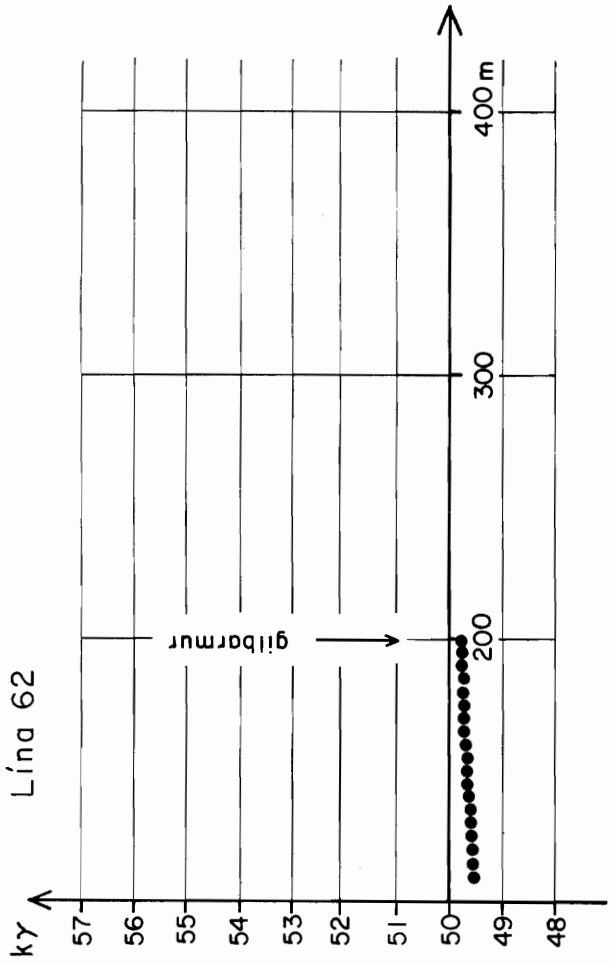


ORKUSTOFNUN

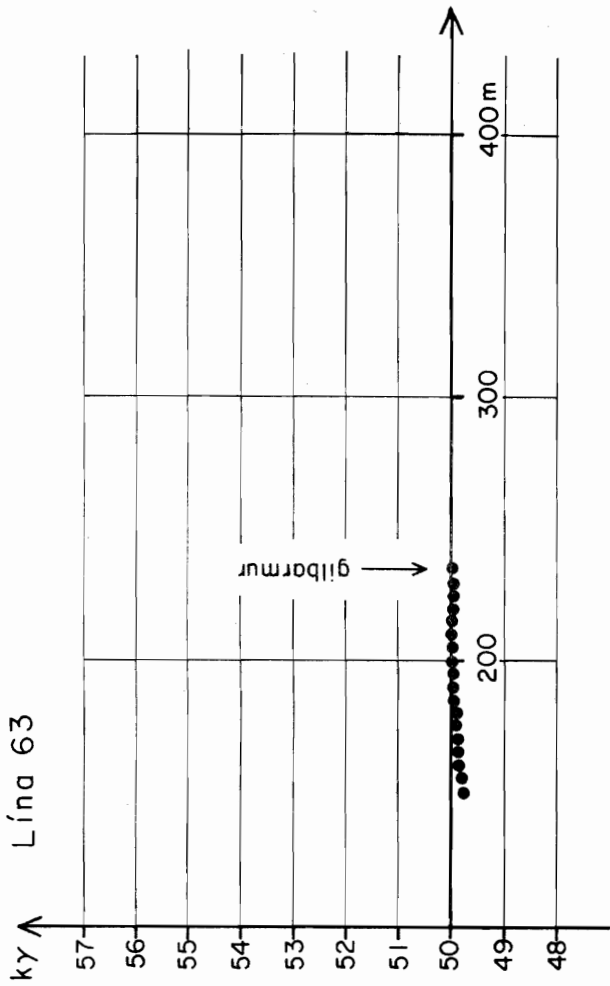
Segulmælingar Kröflu
mælt í júní 1977

78.07.27	RK/EK
T-356	T-616
Segulm.	Krafía
F-17140	

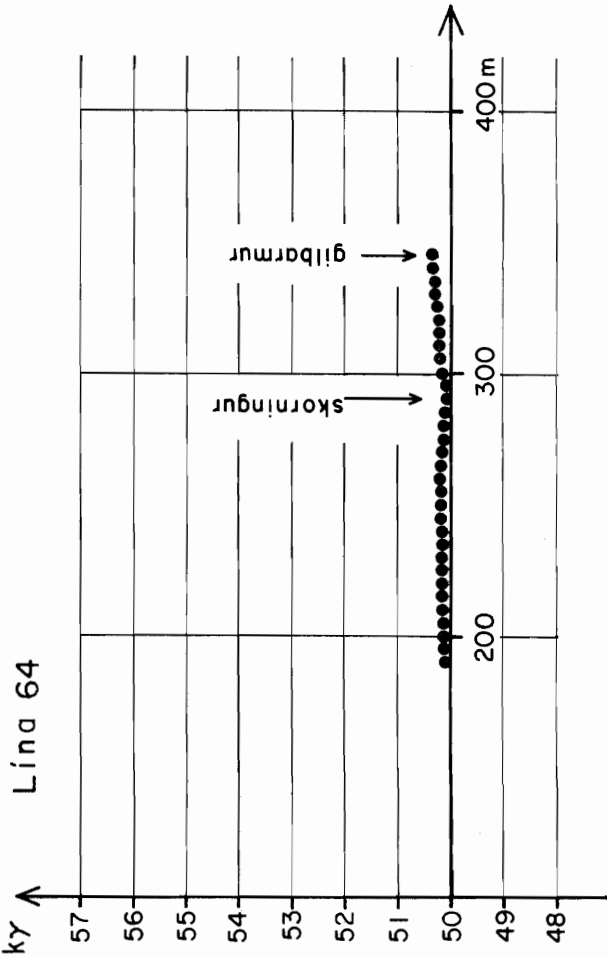
Lína 62



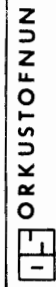
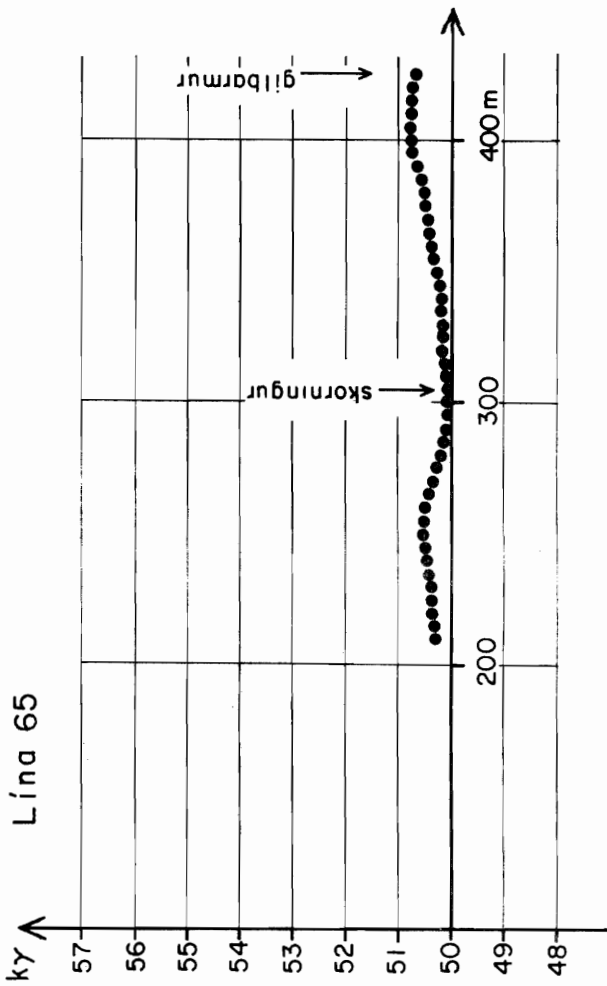
Lína 63



Lína 64

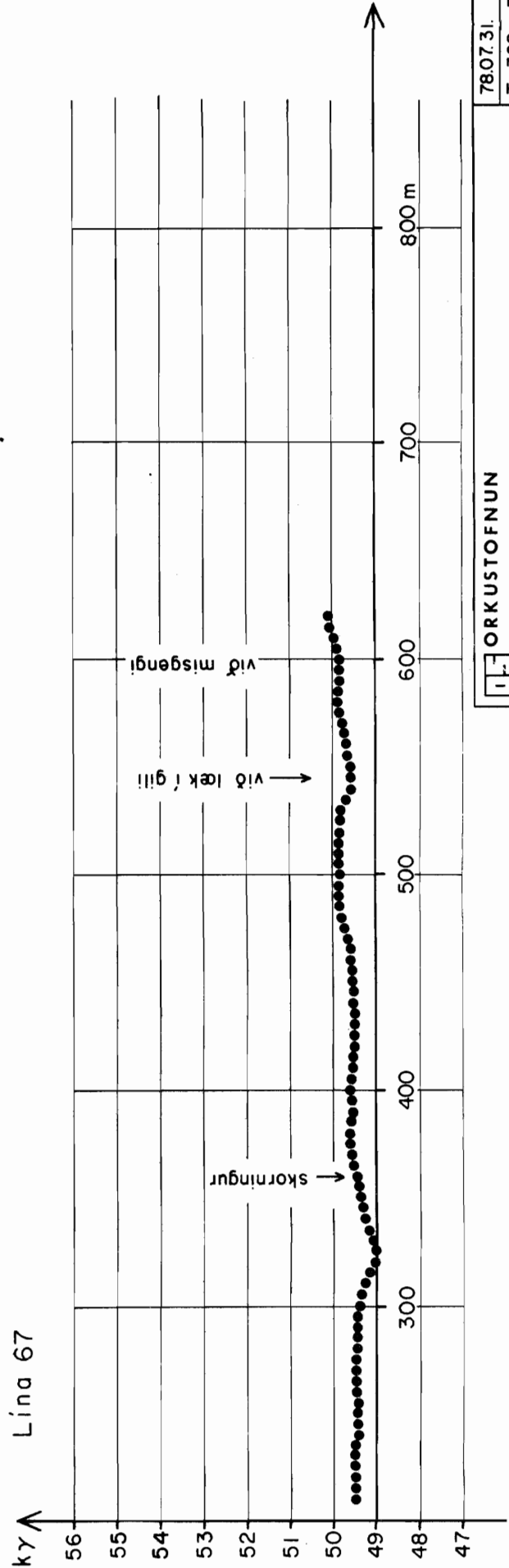
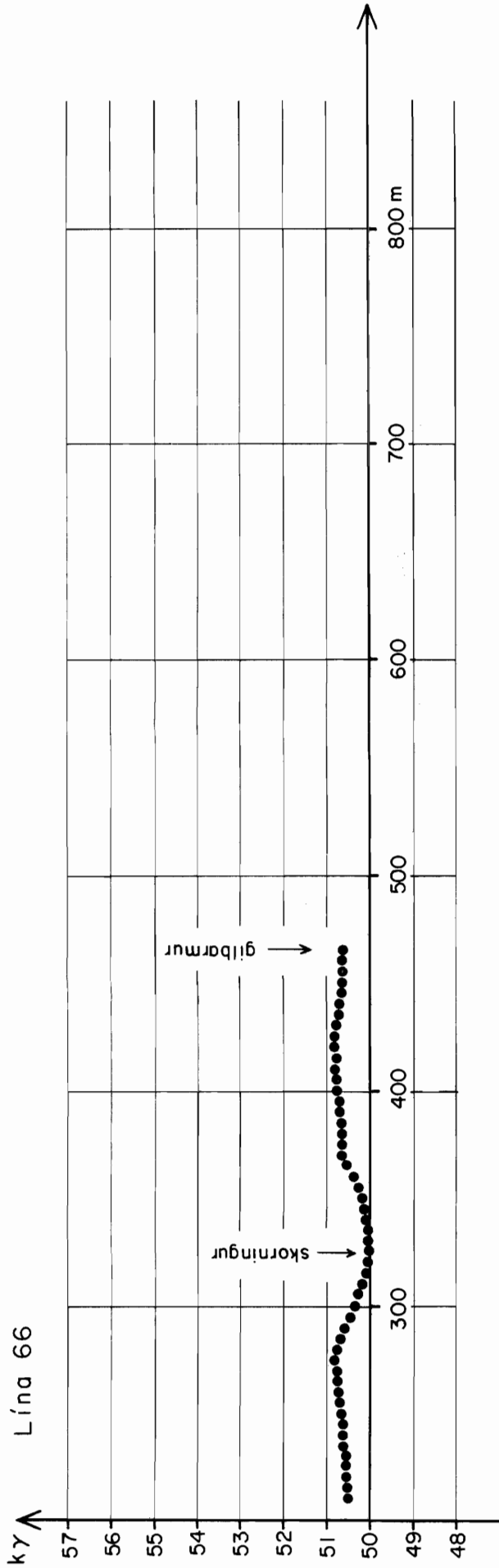


Lína 65



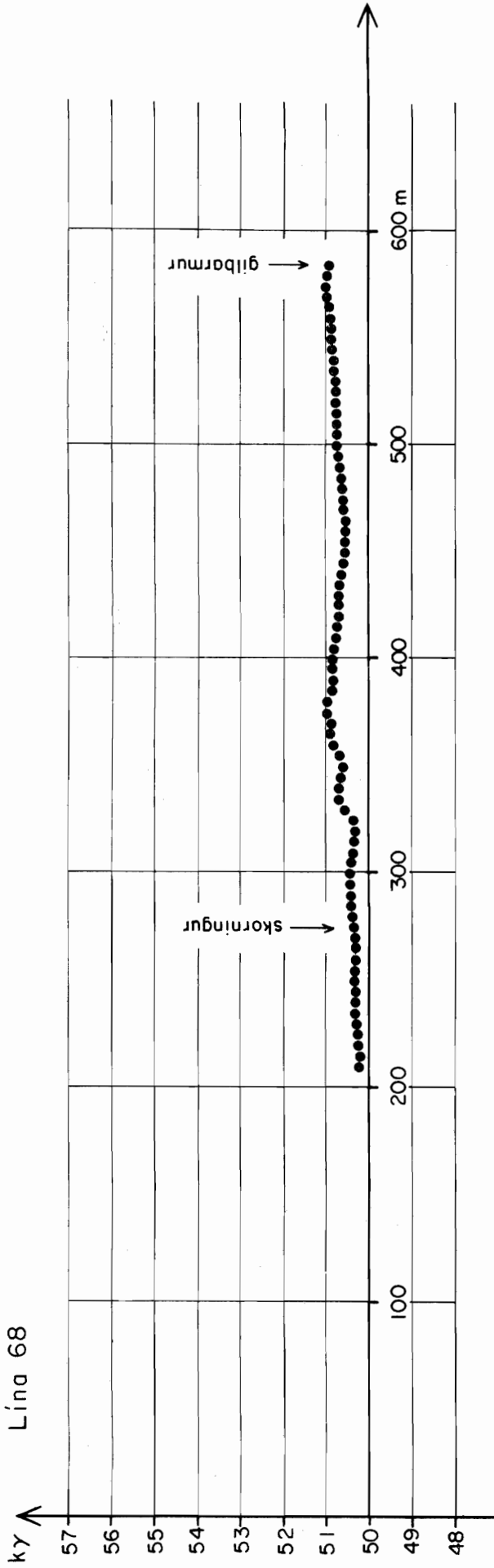
Orkusstofnun
 Segulmælingar Kröflu
 májúní 1977

78.0728. RK/EK
T-359 T-617
Segulm. Kröflu
F-17141

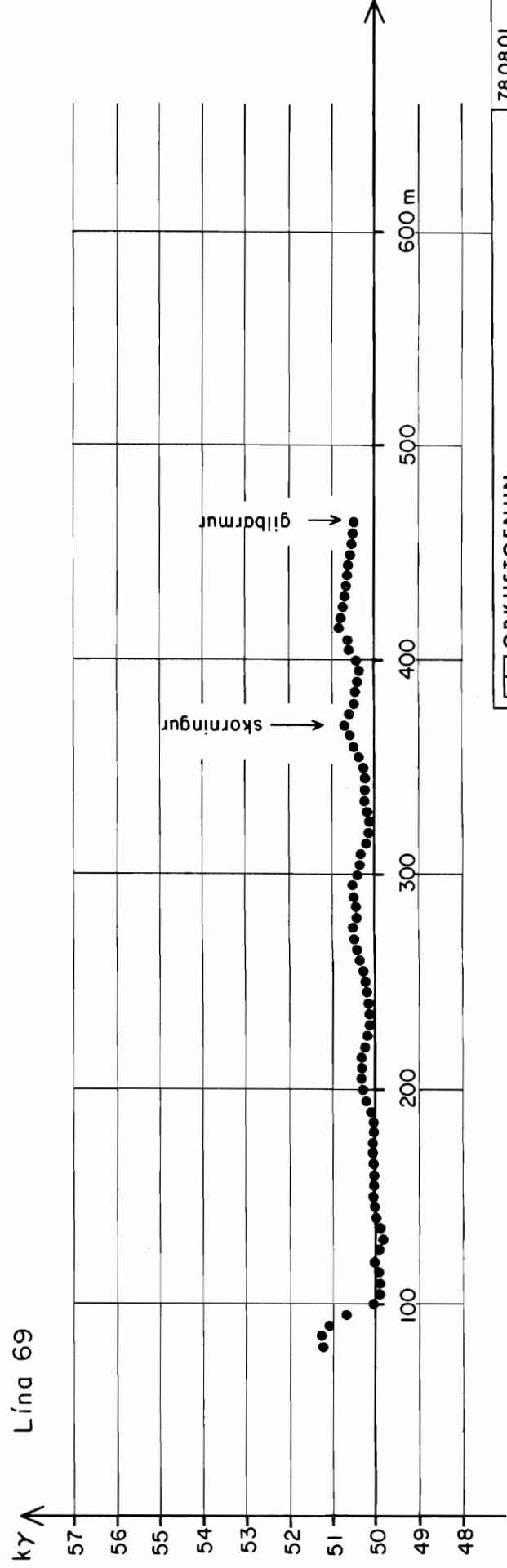


 ORKUSTOFNUN Segulmælingar Kröflu mælt í júní 1977	78.07.31. RK/EK
	T-360 T-618
	Segulm. Kröflu
	F-17142

Lína 68



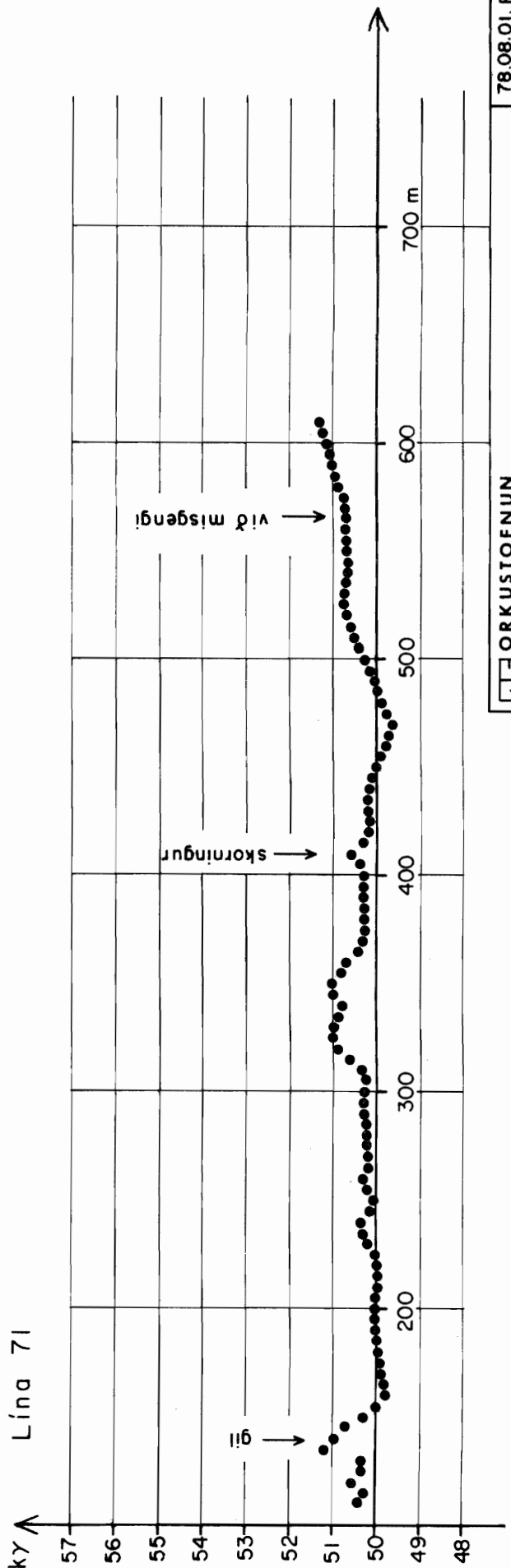
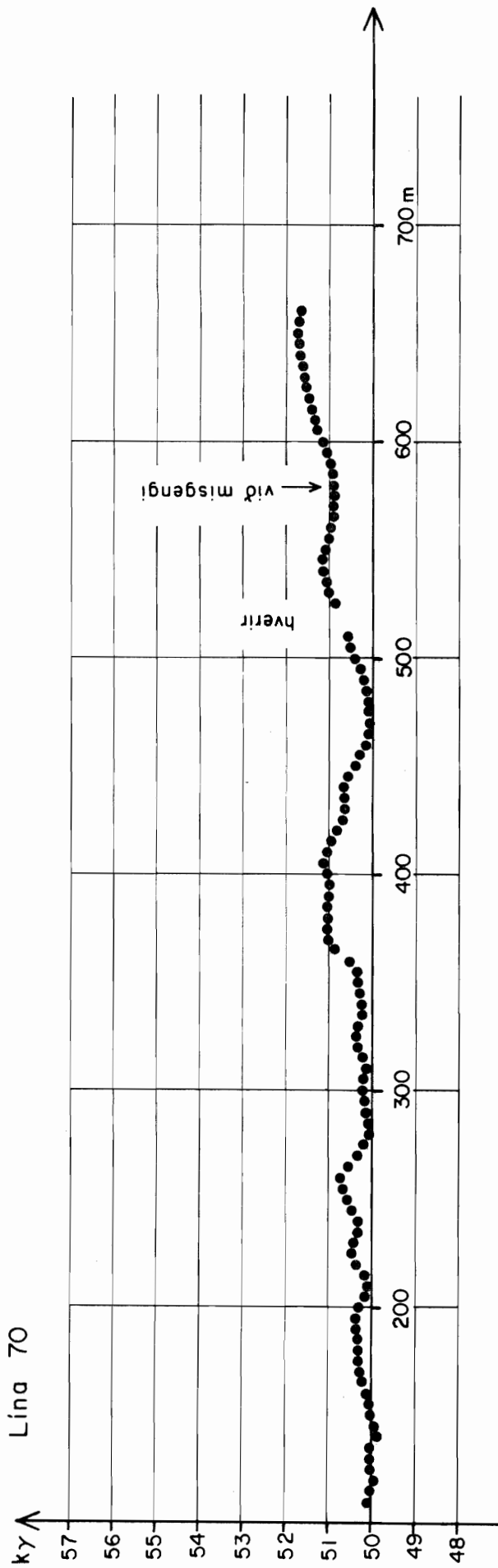
Lína 69



IE ORKUSTOFNUN

Segulmælingar Kröflu
mælt í júní 1977

78.08.01 RK/EK
T-361 T-619
Segulm.-Krafla
F-17143



VIÐAUKI 4

Þyngdarmælipunktur

KV8	445645	580445	524.41	2255.91	0.127	KV9	445235	581450	528.37	2256.71	0.219
KV10	446770	579525	496.	2260.38	0.081	KV11	447475	579700	498.	2261.36	0.391
KV12	444945	580520	541.	2253.47	0.679	KV13	444415	579730	538.39	2253.07	0.173
KV15	445800	579940	522.	2255.23	0.104	KV16	445975	581160	515.	2260.17	0.104
KV17	446250	581215	512.	2260.93	0.092	KV18	446590	581180	506.	2262.79	0.184
HD1	445190	577065	469.	2266.42	0.230	HD2	444995	577180	466.	2266.61	0.196
HD3	444365	577840	464.	2267.26	0.782	HD4	444505	577335	457.	2269.05	0.276
HD5	445760	573190	457.	2261.89	0.748	HD6	445965	573800	475.	2257.87	0.552
HD7	445880	574225	474.	2258.38	0.380	HD8	445620	574760	465.	2261.74	0.391
HD9	446235	574655	472.	2259.15	0.690	HD10	445685	575610	463.	2264.00	0.173
HD11	445205	577335	466.	2266.92	0.138	HD12	445245	577605	468.	2267.07	0.138
HD13	445460	577825	475.	2264.76	0.173	HD14	445640	578095	483.	2263.43	0.138
HD15	446040	578395	488.	2261.08	0.161	HD16	446225	578035	481.	2264.16	0.127
HD17	446750	577915	487.	2264.59	0.150	HD18	446980	578275	494.	2263.44	0.173
HD19	447545	577925	556.	2249.85	0.713	HD20	447430	577315	533.	2254.53	0.426
HD21	446845	576865	492.	2261.31	0.322	HD22	446170	576645	456.	2268.37	0.242
LV1	443710	579950	532.	2255.055	0.426	LV2	443775	579990	532.	2255.30	0.276
LV3	443830	580115	532.	2255.67	0.253	LV4	443750	580150	532.	2255.945	0.230
LV5	443745	580300	533.	2256.595	0.253	LV6	443725	580450	532.	2256.685	0.242
LV7	443785	580585	533.	2256.27	0.230	LV8	444030	580225	532.	2255.95	0.219
LV9	443295	580240	550.	2252.355	0.322	LV10	443295	580140	548.	2252.43	0.357
LV11	443910	580260	534.	2255.69	0.207	LV12	444135	580490	538.	2255.665	0.196
LV13	444230	580480	539.	2256.70	0.230	LV14	444290	580530	540.	2256.135	0.276
LV15	444285	580680	542.	2256.345	0.242	LV16	444300	580825	542.	2256.485	0.230
LV17	444085	580840	543.	2256.07	0.184	LV18	443985	580975	543.	2255.575	0.196
LV19	444070	581265	547.	2255.275	0.150	LV20	444230	581365	548.	2254.545	0.173
LV21	444370	581480	547.	2254.175	0.196	LV22	444525	581345	551.	2253.265	0.127
LV23	444460	581565	548.	2253.96	0.184	LV24	444230	581050	546.	2255.715	0.173
LV25	444210	581205	547.	2255.49	0.161	LV26	444400	581075	554.	2252.85	0.242
LV27	444510	581200	550.	2253.59	0.196	LV28	444300	581980	544.	2254.62	0.173
LV29	444255	582205	544.	2254.285	0.184	LV30	444120	582275	543.	2254.41	0.173
LV31	443745	582210	546.	2254.21	0.196	LV32	443470	581800	551.	2253.06	0.196
LV33	443475	580100	540.	2254.085	0.322	LV34	443190	580440	554.	2251.48	0.276
LV35	443385	580470	534.	2253.53	0.403	LV36	443470	580570	539.	2254.635	0.288
LV37	443605	580675	537.	2255.535	0.242	LV38	443870	580820	542.	2255.48	0.230
LV39	443755	580945	540.	2255.675	0.230	LV40	443650	580845	539.	2255.70	0.230
LV41	443450	580835	541.	2255.485	0.276	LV42	443325	581070	542.	2255.46	0.219
LV43	443490	581105	542.	2255.49	0.219	LV44	443370	580900	543.	2255.29	0.276
LV45	443185	580725	553.	2251.88	0.311	LV46	443525	580020	540.	2253.665	0.414
LV47	442775	583355	591.	2245.04	0.230	LV48	443285	582995	572.	2247.90	0.207
LV49	443260	582505	559.	2251.24	0.161	LV50	442910	582640	564.	2250.31	0.173
LV51	443895	583410	552.	2252.60	0.161	LV52	444240	579855	540.	2252.92	0.391
LV53	443110	581235	544.	2255.30	0.265	LV54	442940	581550	545.	2255.19	0.265
V81	443605	578370	456.	2268.635	0.529	V82	443585	578455	457.	2268.925	0.483
V83	443565	578610	458.	2268.865	0.541	V84	443550	578250	452.10	2268.655	0.518

VS5	443595	573005	449.95	2268.705	0.483	VS6	443615	577775	448.56	2269.00	0.529
VS7	443495	573325	456.	2268.25	0.587	VS8	443540	578985	462.	2268.50	0.598
VS9	443420	573025	462.	2268.245	0.679	VS10	443340	579120	464.	2267.755	0.725
VS11	443250	573175	468.	2266.855	0.874	VS12	443375	578850	460.	2268.58	0.955
VS13	443450	573910	460.	2268.55	0.690	VS14	443525	578270	459.	2268.62	0.621
VS15	443610	573415	466.	2268.08	0.828	VS16	443475	578605	457.	2268.47	0.817
VS17	443865	573380	457.	2268.85	0.667	VS18	443895	578235	456.	2269.18	0.610
VS19	443865	573130	455.	2269.33	0.518	VS20	443705	578135	454.	2269.045	0.427
VS21	443715	573335	458.	2268.66	0.483	VS22	443720	578485	458.	2269.41	0.495
VS23	443780	573515	460.	2269.315	0.587	VS24	443795	578740	459.	2269.35	0.597
VS25	443725	573380	461.	2268.915	0.552	VS26	443645	578740	461.	2268.665	0.587
VS27	443580	573130	462.	2268.265	0.840	VS28	443485	579125	464.	2268.01	0.702
VS29	443400	573225	466.	2267.71	0.690	VS30	443385	579320	466.	2267.145	0.828
VS31	443475	573330	464.	2268.04	0.759	VS32	443460	579280	464.	2268.125	0.725
VS33	443600	573300	443.	2267.375	0.725	VS34	443670	577500	446.	2269.845	0.495
VS35	443330	573570	437.	2271.86	0.621	VS36	443615	577565	444.	2270.065	0.506
VS37	443900	573330	444.	2271.56	0.403	VS38	443970	577280	444.	2271.23	0.449
VS39	443705	573385	453.	2269.005	0.449	VS40	443305	577950	459.	2266.715	0.633
VS41	443160	573335	521.5	2257.035	1.116	VS42	443120	579680	522.2	2256.895	1.311
VS43	443220	573720	508.4	2259.685	0.966	VS44	443185	579530	499.7	2261.27	1.035
VS45	443225	573015	466.	2266.64	1.035	VS46	443825	577350		2269.64	0.380
VS47	443180	573225	470.	2266.52	0.909	VS48	444430	577720	526.	2253.17	0.874
VS49	444405	573950	523.	2254.09	0.506	VS50	444395	578115	521.	2254.90	0.345
VS51	444375	573420	524.	2254.69	0.391	VS52	444160	578800	484.	2263.46	0.541
VS53	444030	573020	512.	2257.35	0.506	VS54	444945	579250	534.	2252.43	1.081
VS55	444940	573625	536.	2253.08	0.472	HL1	445130	572315	355.	2282.305	0.460
HL2	444700	573530	359.	2282.075	0.299	HL3	444450	572565	363.	2281.410	0.265
HL4	443760	573590	357.	2282.125	0.196	HL5	443425	573020	359.	2281.76	0.196
HL6	443420	573230	360.	2282.14	0.219	HL7	443475	573415	360.	2282.425	0.196
HL8	443505	573615	361.	2282.655	0.253	HL9	443780	573850	363.	2283.04	0.253
HL10	444035	573875	365.	2283.02	0.299	HL11	444255	573895	368.	2282.13	0.345
HL12	444065	573570	361.	2283.62	0.265	HL13	443890	573590	363.	2282.97	0.242
HL14	443760	574315	381.	2281.205	0.288	HL15	443970	575025	384.	2282.225	0.368
HL16	444565	573810	361.79	2282.04	0.288	HL17	444160	573060	360.	2282.83	0.230
HL18	444445	573555	365.	2283.12	0.368	HL19	444705	574240	373.5	2281.83	0.794
HL20	444600	574415	376.	2282.365	0.690	HL21	444340	574830	382.	2281.63	0.506
HL22	444325	575035	384.84	2281.345	0.667	HL23	444255	575265	385.	2281.60	0.518
HL24	444230	575400	386.	2281.73	0.483	HL25	444160	575700	387.	2281.59	0.564
HL26	444120	575875	388.	2281.93	0.564	HL27	444080	576175	390.	2281.935	0.713
HL28	443935	576320	392.	2282.345	0.644	HL29	443825	576805	396.	2281.515	0.736
HL30	443945	576750	396.	2281.35	0.667	HL31	444100	576805	398.	2281.21	0.863
HL32	443935	576590	395.	2281.85	0.598	HL33	443650	576860	399.	2280.955	0.736
HL34	443600	576975	407.	2279.08	0.702	HL35	443550	577145	418.	2276.60	0.667
HL36	443625	577350	430.	2273.51	0.713	HL37	443785	576280	391.	2282.305	1.139
HL38	443680	576285	421.	2276.335	0.679	HL39	443725	576045	432.	2273.415	0.713

HL40	443560	575865	431.	2273.125	0.828	HL41	443470	576140	437.	2272.655	0.621
HL42	443415	576475	434.	2273.755	0.587	HL43	443400	576320	434.	2273.265	0.598
SL1	444750	582385	548.	2253.44	0.092	SL2	444905	581525	540.	2254.085	0.150
SL3	445025	581655	539.	2254.905	0.058	SL4	444800	581825	539.	2255.40	0.092
SL5	444805	581955	539.	2255.95	0.092	SL6	444880	579270	525.	2254.30	0.380
SL10	445650	578905	502.	2259.29	0.092	SL11	445760	579235	508.	2257.81	0.081
SL12	445895	579395	507.	2258.10	0.069	SL13	445800	579600	512.70	2257.06	0.069
SL14	445780	579745	518.	2255.90	0.081	SL15	445650	580180	524.22	2255.64	0.092
SL16	444635	580440	557.	2251.04	0.311	SL17	444655	580765	577.	2247.20	0.368
SL18	446810	581180	504.	2264.46	0.092	SL19	447605	580910	501.	2263.93	0.161
SL20	447225	580425	503.	2261.21	0.127	SL21	446200	580630	508.	2261.12	0.138
SL22	446485	580555	503.	2260.72	0.138	SL23	444985	581000	530.	2256.44	0.242
SL24	444910	580255	543.	2252.85	0.219	KH1	442930	578970	484.	2263.04	1.783
KH2	442870	579045	509.	2257.93	1.058	KH3	442730	578900	518.	2255.63	1.001
KH4	442525	578855	534.	2252.36	0.840	KH5	442370	578845	539.	2250.89	0.943
KH6	442465	578655	540.	2250.05	0.932	KH7	442580	578540	568.	2244.22	0.541
KH8	442740	578445	567.	2244.60	0.541	KH9	442750	578650	562.	2246.14	0.702
KH10	442945	578675	541.	2250.53	0.667	KH11	442985	578570	541.	2250.76	0.644
KH12	443115	578710	546.	2249.29	0.978	KH13	443240	578655	534.	2251.98	1.507
KH14	442675	579315	500.	2242.72	1.438	KH15	442570	579375	600.	2238.56	1.863
KH16	442505	579345	601.	2238.12	1.564	KH17	442550	579500	630.	2232.10	1.806
KH18	442485	579610	640.	2230.36	1.840	KH19	442360	579530	661.	2225.14	1.852
KH20	442225	579755	671.	2223.61	1.852	KH21	442190	579920	655.	2227.85	1.610
KH22	441730	580260	818.	2186.52	7.556	KH23	441730	580065	793.	2194.96	5.060
KH24	441780	579825	787.	2195.83	5.152	KH25	441800	579650	780.	2196.36	5.394
KH26	441890	579675	769.	2199.66	4.485	KH27	441955	579560	742.	2206.20	3.887
KH28	442150	579495	699.	2216.35	3.059	KH29	442335	579350	627.	2232.88	1.863
KH30	442535	579125	570.	2245.16	0.989	KH31	443025	578345	531.	2252.37	0.966
KH32	442885	578175	546.	2250.02	0.886	KH33	442730	578065	564.	2244.91	0.713
KH34	442670	578240	567.	2244.28	0.495	KH35	442525	578280	578.	2242.02	0.437
KH36	442365	578350	584.	2240.78	0.380	KH37	442565	578105	576.	2242.12	0.437
KH38	442370	577935	580.	2240.70	0.518	KH39	442350	577765	577.	2241.22	0.495
KH40	442375	577560	568.	2242.54	0.667	KH41	442075	577630	594.	2237.47	0.679
KH42	442105	577870	597.	2237.03	0.495	KH43	441950	578025	593.	2238.32	0.449
KH44	441930	578250	595.	2238.45	0.437	KH45	441920	578390	594.	2238.93	0.460
KH46	441990	578595	594.	2239.67	0.552	KH47	441760	578585	616.	2234.70	0.759
KH48	441455	579375	637.	2231.98	0.679	KH49	441690	579140	618.	2235.87	0.679
KH50	441985	579125	611.	2236.53	0.851	KH51	442035	578895	594.	2239.59	0.702
KH52	442620	580110	569.	2247.68	1.254	KH53	442680	579975	563.	2248.88	1.058
KH54	442785	579840	577.	2249.56	1.058	KH55	442845	579980	579.	2244.55	0.897
KH56	442790	581495	572.	2248.00	0.679	KH57	442530	581690	573.	2247.98	0.368
KH58	442350	582215	586.	2245.27	0.483	KH59	442130	582595	595.	2243.47	0.644
KH60	441815	582710	633.	2234.69	0.483	KH61	442045	583050	623.	2237.39	0.449
KH62	442380	582840	600.	2242.05	0.449	KH63	442815	580885	577.	2246.51	0.426
KH64	442965	579255	499.	2260.30	1.254	MP4	447055	581685	542.	2256.50	1.120

5276	450150	572460	284.27	2296.97	0.483	5604	449335	572050	294.84	2294.43	0.483
6412	448290	572030	321.26	2289.08	0.322	5603	447660	571790	319.14	2289.235	0.253
115	444895	572425	359.04	2281.97	0.299	5699	444435	573080	360.79	2282.15	0.265
5698	444530	573985	371.79	2281.915	0.506	5697	444490	574605	380.26	2281.695	0.644
5601	444250	574120	369.3	2282.56	0.380	5600	444095	575550	388.71	2281.57	0.886
5599	443790	576540	393.71	2281.91	0.702	5598	443565	577580	442.44	2270.18	0.529
5597	443550	578525	456.31	2269.01	0.564	5596	443400	579475	467.70	2267.49	0.782
5595	443400	580230	549.50	2251.69	0.243	5670	443130	580975	545.35	2253.855	0.460
5671	442715	581925	553.62	2252.63	0.472	5672	441650	583300	657.4	2230.07	0.587
5673	441345	580900	638.1	2234.47	0.598	5674	442140	580755	630.5	2234.64	1.139
9784	443940	521175	544.72	2254.95	0.104	9785	442095	581605	609.3	2240.10	0.713
9786	444110	579330	628.8	2234.25	1.086	5677	444000	580420	536.40	2255.98	0.299
5678	445590	581090	518.41	2259.32	0.138	5679	447320	581485	497.8	2266.35	0.219
5681	444020	579770	533.05	2254.15	0.357	5680	444425	579780	532.91	2254.535	0.311
5683	443020	579005	473.0	2265.24	1.587	5684	442155	579120	609.0	2236.39	1.162
5685	441570	578925	625.3	2234.00	0.771	5686	443085	579415	484.1	2264.23	1.403
5687	443795	579455	507.3	2258.71	1.415	5688	443835	578895	460.51	2268.60	0.909
5689	443255	579900	512.6	2258.56	1.415	5690	442920	580655	568.26	2247.47	0.966
5691	444125	578510	559.8	2246.965	0.877	5590	444515	580670	591.9	2243.01	1.081
5591	444350	570780	540.1	2249.56	1.112	9796	444190	571795	358.16	2282.01	0.184
9797	443455	572890	357.25	2280.505	0.184	199	443440	572815	359.	2281.3	0.253
190	446215	575130	359.	2281.555	0.265	KL1	445930	573465	478.	2256.97	0.943
KL2	446215	575130	462.	2262.665	0.299	KL3	445420	576755	470.	2265.335	0.460
KL4	444365	577190	461.	2267.75	0.713	KL5	445045	577925	483.	2262.54	0.587
KL6	446605	577655	480.	2265.73	0.219	KL7	446175	577170	476.	2265.62	0.173
KL8	444635	578730	532.	2252.42	0.472	KS3	448580	570390	287.9	2294.12	0.253
KS4	444340	570785	358.	2280.395	0.196	KS6	448510	570385	284.	2295.12	0.403
KS8	448000	570835	298.	2292.36	0.426	KB1	443130	579370	481.6	2264.325	1.058
KB2	443170	580245	551.93	2251.09	0.518	KB3	443680	579960	532.39	2254.72	0.529
KB4	443260	580065	540.41	2253.00	1.035	KB5	443080	580015	550.12	2250.73	0.897
KB8	443550	578865	458.49	2268.83	.6610	KB9	443590	579685	491.22	2263.105	0.690
KB10	443585	579665	489.25	2263.27	0.886	KK1	446340	572185	391.48	2274.19	0.610
KK2	446795	572140	333.	2286.05	0.455	KK3	447835	573945	376.	2278.77	0.391
KK4	448000	571900	319.92	2288.97	0.288	KK5	447480	571825	322.82	2288.41	0.322
KK6	447060	571740	325.92	2287.48	0.334	KK7	448850	573600	372.	2279.025	0.357
KK8	448290	575970	453.	2266.695	1.047	KK9	448970	577785	526.	2255.785	0.989
KN1	444720	581300	549.6	2252.55	0.081	KN2	444985	581850	541.29	2254.42	0.115
KN3	444595	582040	549.07	2252.52	0.322	KN4	444270	581665	546.61	2254.305	0.138
KN5	443780	582460	551.8	2252.32	0.380	KN6	443985	583000	550.	2250.085	0.575
KN7	444270	584445	547.	2253.965	0.552	KG1	443120	580975	547.79	2253.31	0.426
KG2	442640	580410	586.	2244.13	0.840	KA1	442495	579430	625.	2232.32	2.174
KA2	442660	578965	514.	2256.32	1.564	KV1	444415	580430	539.29	2255.41	0.575
KV2	444595	579835	531.80	2255.13	0.115	KV3	444740	579475	534.06	2252.39	0.219
KV4	445035	579095	527.02	2253.37	0.150	KV5	445620	579100	507.54	2257.72	0.092
KV6	446035	579330	511.22	2256.98	0.403	KV7	445850	579975	526.68	2254.14	0.518

MP5	445835	575060	464.	2265.215	0.219	MP6	444565	583620	552.	2252.42	0.426
9788	442200	575435	515.1	2255.42	0.564	KA3	441215	576550	496.	2258.37	0.518
SL25	444730	583175	556.	2250.83	0.506	SL26	445645	583220	532.	2259.83	0.391
SL27	445080	583415	535.	2257.57	0.495	SL28	444720	584220	523.	2259.26	0.437
SL29	445040	584490	520.	2262.14	0.391	SL30	445830	584350	518.	2262.76	0.403
SL31	447330	583890	524.	2257.91	0.943	SL32	447750	583090	514.	2262.25	0.943
SL33	448100	581805	542.	2255.84	0.299	SL34	447790	581750	552.	2253.98	0.656
SL35	446970	582080	542.	2257.59	0.311	SL36	445820	581675	519.	2259.61	0.196
HD23	444380	577020	455.	2268.12	0.909	HD24	445090	576565	464.	2267.01	0.253
HD25	44720	573725	505.	2261.48	0.184	HD26	447955	579930	498.	2262.59	0.426
HD27	445890	572695	421.	2268.67	0.437	KH65	441690	582040	654.	2229.18	1.058
KH66	441635	581500	648.	2232.63	0.794	KH67	441655	581105	670.	2226.11	0.978
KH68	441150	581325	624.	2238.12	0.690	KH69	441050	581790	620.	2238.85	0.851
KH70	440300	581400	622.	2239.60	0.863	KH71	440670	581090	619.	2240.41	0.610
KH72	439945	580325	620.	2238.63	0.736	KH73	441150	580165	627.	2234.83	1.311
KH74	441520	581980	655.	2230.29	0.759	HL44	441435	575870	522.	2253.56	0.288
HL45	441795	575425	516.	2254.25	0.426	HL46	442405	575625	492.	2260.50	0.368
HL47	443030	575805	500.	2259.15	0.679	HL48	442845	576675	532.	2250.83	1.380
HL49	441740	575520	507.	2256.55	0.460	HL50	442305	576835	478.	2261.97	0.656
HL51	442725	577045	472.	2263.84	0.782	HL52	443205	576725	427.	2274.21	0.748
HL53	443175	577320	464.	2266.58	0.690						

*