

RAFLEIÐNIMÆLINGAR Á SVÆÐINU

MILLI BÚRFELLS OG HEKLU

Valgarður Stefánsson

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

RAFLEIDNIMÆLINGAR Á SVÆÐINU
MILLI BÚRFELLS OG HEKLU.

Valgarður Stefánsson

EFNI.

1. Inngangur
2. Staðhættir
 - 2.1 Jarðfræði
 - 2.2 Jarðhiti
 - 2.3 Dýpri jarðlög
3. Rafleiðnimælingar
4. Niðurstöður
Heimildir

1. Inngangur.

Við eldsumbrot í Heklu leysist úr læðingi mikil varmaorka. Sú hugmynd hefur komið fram, að möguleiki væri á að vinna gufu úr jörð nálægt eldfjallinu.

Að ósk Landsvirkjunar hefur Jarðhitadeild rannsakað svæðið milli Bjarnalóns og Skjólkvía með tilliti til hugsanlegrar gufuvinnslu. Sumarið 1974 var eðlisviðnám berggrunnisins rannsakað með rafleiðnimælingum. Var þar beitt bæði Schlumberger uppsetningu og tvíþólmælingum.

Skýrsla þessi fjallar um mælingarnar og niðurstöður þeirra.

Helstu niðurstöður rannsóknarinnar eru, að ekki er talið mögulegt að vinna gufu úr 2000-3000 m djúpum borholum á svæðinu milli Bjarnalóns og Skjólkvía. Bent er á að mestar líkur á vinnslu heits vatns til ísbræðslu séu vestar í Gnúpverjahreppi.

2. Staðhættir.

Rannsóknasvæðið takmarkast að austan af Heklu en að vestan af Skeljafelli og Þjórsárdal. Svæðið er vel kannað jarðfræðilega.

2.1 Jarðfræði.

Jarðfræði Búrfellssvæðisins var könnuð í sambandi við virkjunarrannsóknir við Búrfell (1). Þar kemur fram, að elsta berg í Búrfelli er blágrýtið, sem kemur fram við rætur Búrfells að sunnan. Telur Haukur Tómasson (1) að það sé um 3-4 milljón ára gamalt, eða frá Gilbert

segultímaskeiði. En sú niðurstaða fengin með athugunum á segulstefnu bergsins. Ekki hefur verið hægt að rekja jarðlög samfelld frá neðstu lögum Búrfells inn að gosbeltinu, og því kann önnur tenging Búrfells inn í segultímatalið að vera möguleg. Í Sandfelli, nokkuð norðan við Búrfell, er aldur berggrunns talinn vera frá Matuyama, eða um 2 M ár (2). Syðst í Árnes-sýslu hefur aldur berggrunns verið ákveðinn frá gosbeltinu og austur fyrir Þjórsá. Þar er aldur bergs við Þjórsá frá mörkum Matuyama og Gauss, eða um 2.5 M ár (3). Jarðlög ofan á neðstu Blágrýtislögnum í Búrfelli hafa verið nefnd Eldri Búrfellsmyndun. Þau eru nokkuð blönduð að samsetningu og hvíla mislægt á undirlagi sínu. Annað mislægi skilur yngri myndanir frá Eldri Búrfellsmyndun.

Meira hefur verið ritað um Heklu en nokkuð annað eldfjall á Íslandi, og þá aðallega um gosvirkni hennar eftir að ísöld lauk (4). Til eru einnig jarðfræðilýsingar af næsta nágrenni Heklu (5), en sáralítið hefur verið reynt að kanna legu Heklu með tilliti til hins dýpri berggrunns og gosbeltisins, sem hún er talin hluti af (6).

Athyglisvert er, að sá sprungusveimur, sem myndar sjálfa Heklu og nálægar eldstöðvar, myndar eins konar útskot vestur úr eystra gosbeltinu. Á vissan hátt má þannig álykta að Hekla liggi utan við gosbeltið.

Kjarni Heklu er talinn vera úr móbergi, og koma fram móbergshryggir í undirhlíðum hennar. Eldvirknin í Heklu nær því a.m.k. aftur til síðasta jökulskeiðs. Um eldri hlýskeiðshraun frá Heklu er ekki vitað.

2.2. Jarðhiti.

Í Þjórsárdal er jarðhiti við Reykholt. Þar hefur nú verið byggð sundlaug. Þessi jarðhiti virðist vera tengdur útkulnaði megineldstöð í Þjórsárdal ofanverðum, og er líklegt að gangasveimar megineldstöðvarinnar stýri uppstreymi heita vatnsins. Hér er um lághitasvæði að ræða, og gæti verið þar á ferðinni allvíðáttumikið jarðhitakerfi. Full ástæða er til að athuga þennan jarðhita betur en gert hefur verið hingað til og er áætlað að gera það á næstu árum.

Eiginlegs jarðhita hefur ekki orðið vart við Heklu. Að vísu hefur orðið vart við hitaútstreymi fyrir og eftir gos í gígum eldfjallsins, en eiginlega hverir eða laugar í langtímajafnvægi hafa menn ekki orðið varir við. Skýringin á þessu gæti verið sú, að Hekla er ungt eldfjall og ekki nógu þróað til að háhitasvæði hafi náð að myndast. En fullt eins líklegt má telja, að afstaða Heklu til gosbeltisins ráði hér mestu um. Eins og vikið er að í kafla 2.1 mynda Hekla og nálægar eldstöðvar eins konar útskot vestur úr eystra gosbeltinu. Hina dýpri berggrunnur Heklu gæti verið síðtertíer og því kaldari og minna vatnsgengur en berggrunnurinn inni í gliðnunargosbeltunum. Á Íslandi eru tvær megineldstöðvar utan hinna eiginlegu gliðnunarbelta, sem gosið hafa á nútíma. Þær eru Snæfellsjökull og Öræfajökull. Háhitasvæði er ekki að finna í neinni þessara megineldstöðva. Háhitasvæði landsins eru öll á gliðnunargosbeltunum, og alls staðar, nema á Reykjanesi, tengd megineldstöðvum. Á Reykjanesi eru háhitasvæðin miðsvæðis í voldugum sprungusveimum, þar sem gosvirknin er mest. Berggrunnurinn undir háhitasvæðum er ungur og mun vatnsgengari en tertíeri blágrýttisstaflinn.

Jarðboranir vegna virkjunarrannsókna við Búrfell gáfu tækifæri til þess að mæla hitastigul í berginu (7). Hitastigull var ákvarðaður í sjö þéttustu holunum. Hitaferlarnir voru samt all óreglulegir, og bendir það frekar til að þær jarðlagamyndanir, sem borað var í, séu ekki nógu þéttar til að gefa ótruflaðan hitastigul. Meðalhitastigull í þessum sjö holum reyndist vera $56^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Er það lágt gildi, og gæti bent til að vatnsstreymi í efri jarðlögum kæli bergið. Ótruflaður hitastigull fæst þá ekki nema með dýpri borun. Ef hitastigullinn er ótruflaður má búast við rúmlega 150°C berghita á 3 km dýpi.

2.3 Dýpri jarðlög.

Fyrri jarðeðlisfræðilegar athuganir á rannsóknasvæðinu hafa flestar náð skammt niður nema jarðsveiflumælingar Guðmundar Pálmasonar (8). Þeir prófílar, sem liggja næst Búrfelli, eru nr. 33 Frostastaðavatn - Þjórsá, nr. 35 Hella - Fljótshlíð og nr. 37 Apavatn - Land. Helstu niðurstöður þessara mælinga eru í töflu I.

Tafla I.

Niðurstöður jarðsveiflumælinga.

prófíll nr	V_0 km/s	V_1 km/s	V_2 km/s	V_3 km/s	h_0 km	h_1 km	h_2 km	Σh_i km
33	2.12;2.99	4.08	5.07	6.21	0.55	1.31	2.50	4.36
35	-	3.88	4.97	6.13	-	1.73	1.67	3.40
37	-	3.28	4.84	6.37	-	0.85	1.96	2.81

Af þessu sést að dýpi niður á lag 3 við Búrfell er 3-4 km. Almenn er talið að berg þéttist verulega þegar komið er nokkuð niður í lag 3 og má telja útilokað að vatnsgefandi berg sé við Búrfell neðan við ca. 4 km dýpi.

3. Rafleiðnimælingar.

Viðnám bergs gegn rafstraumi er háð mörgum breytum og má þar til nefna magn vatns í bergi, efnasamsetningu vatns og bergs svo og hitastig í bergi og þrýsting. Notkun viðnámsmælinga við jarðhitaleit byggist á því að heitt vatn í bergi lækkar eðlisviðnám þess. Þar sem hér er um að ræða óbeina mælingu, þar sem breyturnar eru mjög margar, verður að taka mið af jarðfræðilegum, eðlisfræðilegum og efnafræðilegum aðstæðum.

Við Búrfell voru framkvæmdar tíu rafleiðnimælingar með Schlumberger uppsetningu. Staðsetning mælinganna er sýnd á Fnr. 11904. Eru þær mælingar merktar L1-L10. Í þessum mælingum var yfirleitt mælt út í ca. 1000 m straumarm, en þar sem mjög erfitt er að mæla viðnám á þessu svæði, voru dýpri mælingar yfirleitt ekki framkvæmanlegar með þessari aðferð. Til þess að ráða bót á þessu voru einnig mældir þarna fimm tvípól prófílar, og er staðsetning þeirra einnig sýnd á Fnr. 11904. Tvípólmælingarnar eru merktar TLa 1-5. Tvípólmælingar eru sama eðlis og viðnámsmælingar, en með tvípól er hægt að mæla lengri prófíla, og þannig fá vitneskju um viðnám í dýpri jarðlögum.

Við úrvinnslu mælinganna eru tvípól mælingarnar tengdar Schlumberger mælingunum, og má þá fá fram samfellt viðnám niður á ca. 3 km dýpi. Á Fnr. 12111 til Fnr. 12116 eru sýndar allar mæliniðurstöður beggja mæliaðferðanna og sést þar vel samræmið milli tvípól og Schlumbergermælinga. Neðst á hverri teikningu er sýnd túlkun viðnámsferlanna. Þar er sýnd þykkt og eðlisviðnám laga.

Þessar upplýsingar eru dregnar saman á Fnr. 12110, en þar er sýnt þversnið frá Skeljafelli upp í skjólkvíar.

Helstu niðurstöður mælinganna eru:

- Á miklu dýpi (>600 m) er alls staðar sama viðnám (40-50 Ω m) á svæðinu nema í mælingu TLa 3 þar sem mældist 140 Ω m.
- Ofan á þessu 40-50 Ω m lagi er 150-600 m þykkt lag sem hefur viðnámið 200-400 Ω m.
- Efstu lögin, sem eru nútímahraun og gjall, hafa mjög hátt viðnám (>1000 Ω m) og er þykkt þeirra innan við 80 m.

Botnviðnám svæðisins (40-50 Ω m) bendir ekki til að háhitavatn sé neins staðar fyrir hendi á þessu svæði. Á virkum háhitasvæðum hefur viðnám allsstaðar mælst minna en 15 Ω m. Möguleikar gætu verið á að lághitavatn væri undir svæðinu, en þar sem þetta svæði er mjög víðáttumikið er þessi möguleiki talinn frekar ósennilegur. Einfaldasta skýringin virðist vera sú að tengja viðnámslögin jarðfræðilegri uppbyggingu svæðisins. Elsta berg á svæðinu er blágrýtismyndun, sem kemur fram syðst í Búrfelli. Gerð var ein mæling þar L10 til þess að kanna eðlisviðnám í blágrýtismynduninni. Mældist þar einnig 50 Ω m, og var dýptin niður á það lag einingis 80 m. Eðlilegt er því að ætla, að eðlisviðnámið 50 Ω m sé tengt þessari myndun, og að jarðlög þar undir séu svipuð að þéttleika.

4. Niðurstöður.

Helstu niðurstöður þessara rannsókna eru þær, að ekki er að vænta háhitavatns í efstu þrem kílómetrum berggrunnins milli Heklu og Búrfells. Þá er einnig bent á, að litlar líkur séu á vatnsgöngu bergi neðan við 4 km dýpi. Möguleikar á að ná háhitavatni á þessu svæði eru þess vegna taldir tæmdir. Skýring á því, að ekki er háhitavatn fyrir hendi við hina virku megineldstöð Heklu,

er talin sú, að undirgrunnur Heklu sé gömul blá-grýtismyndun og/eða að eldfjallið sé enn svo ungt að háhitasvæði hafi ekki náð að þróast þar. Berggrunnurinn er þannig ekki nógu heitur til þess að háhitavatn sé fyrir hendi.

Möguleikar á að ná heitu vatni til ísbræðslu við Bjarnarlón eru hins vegar ekki útilokaðir. Við þá hitaleit er talið ráðlegt að leita til vesturs þar sem hitaútstreymi er fyrir hendi við Reykholt í Þjórsárdal.

Heimildarit.

1. Haukur Tómasson: Jarðfræðirannsóknir virkjunarstaðarins við Búrfell T.V.F.Í. 3-6, 1966.
2. Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson: Sultartangi - Orkustofnun 1972.
3. Jón Eiríksson: Jarðlagaskipan ytra miðsuðurlands. Verkfræði- og raunvísindadeild Háskóla Íslands, Reykjavík 1973.
4. Sigurður Þórarinnsson: The Eruptions of Hekla in Historical Times. The Eruption of Hekla 1947-1948 I, Reykjavík 1967.
5. Guðmundur Kjartansson: Hekla - Árbók Ferðafélags Íslands 1945.
6. Sigurður Þórarinnsson and Guðmundur E. Sigvaldason: The Hekla Eruption of 1970, Bull. Volc. 36-2, 269, 1972.

7. Haukur Tómasson: Temperature Measurements in Drillholes at Búrfell - Orkustofnun 1963.






8. Guðmundur Pálmason: Crustal Structure of Iceland from Explosion Seismology. Rit 40, Soc. Sci. Islandica 1971.

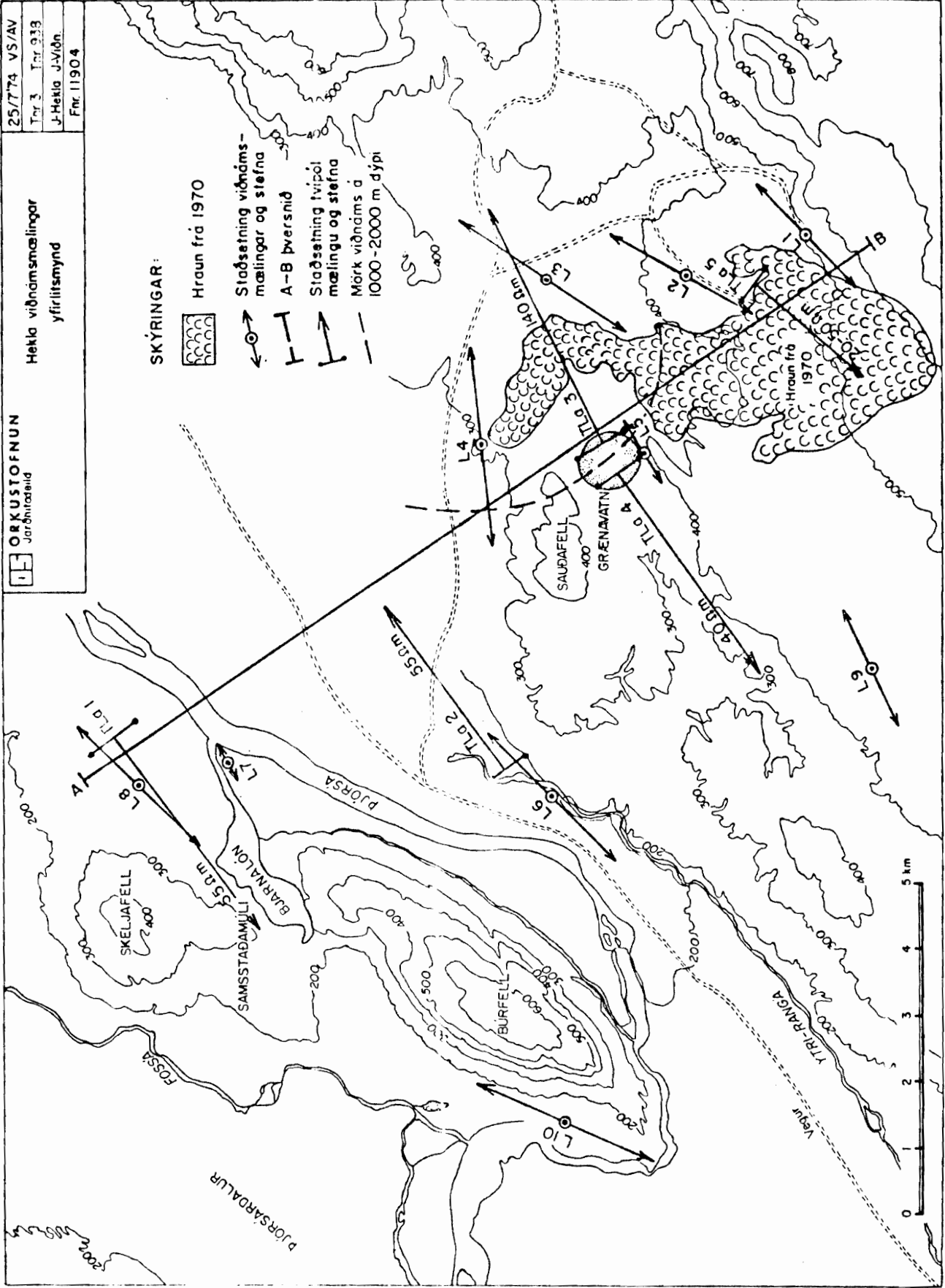
25/774 VS/AV
 Ttr 3 Ttr 939
 J-Hekla J-Vöðn
 Fnr 11904

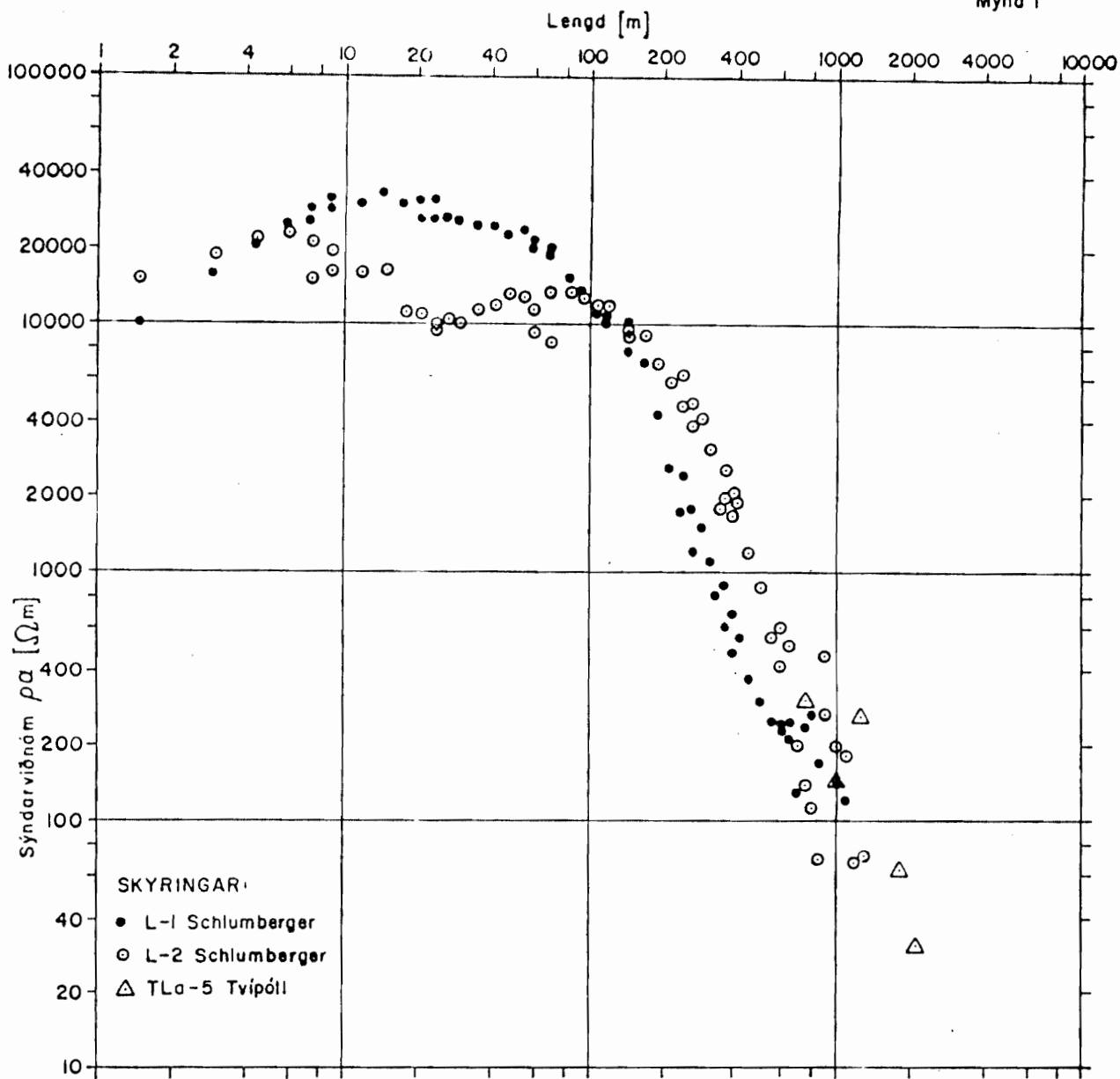
Hekla viðnámsmælingar
 yfirlitsmynd

ORKUSTOFNUN
 Jarðhitafeld


SKÝRINGAR:

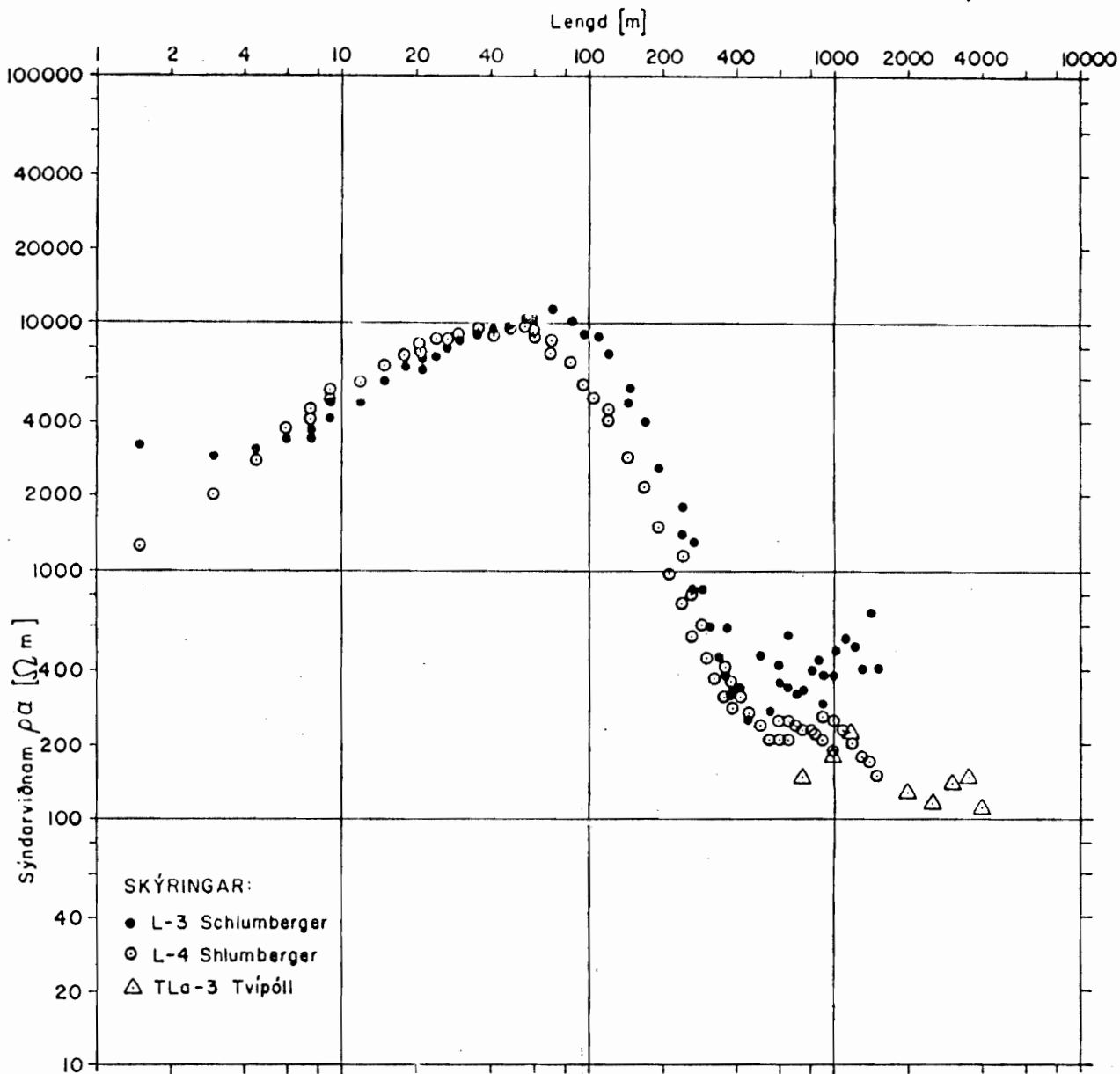
-  Hraun frá 1970
-  Staðsetning viðnáms-
mælingar og stefna
-  A-B þversnið
-  Staðsetning tvíþól
mælingu og stefna
-  Mörk viðnáms á
1000-2000 m dýpi



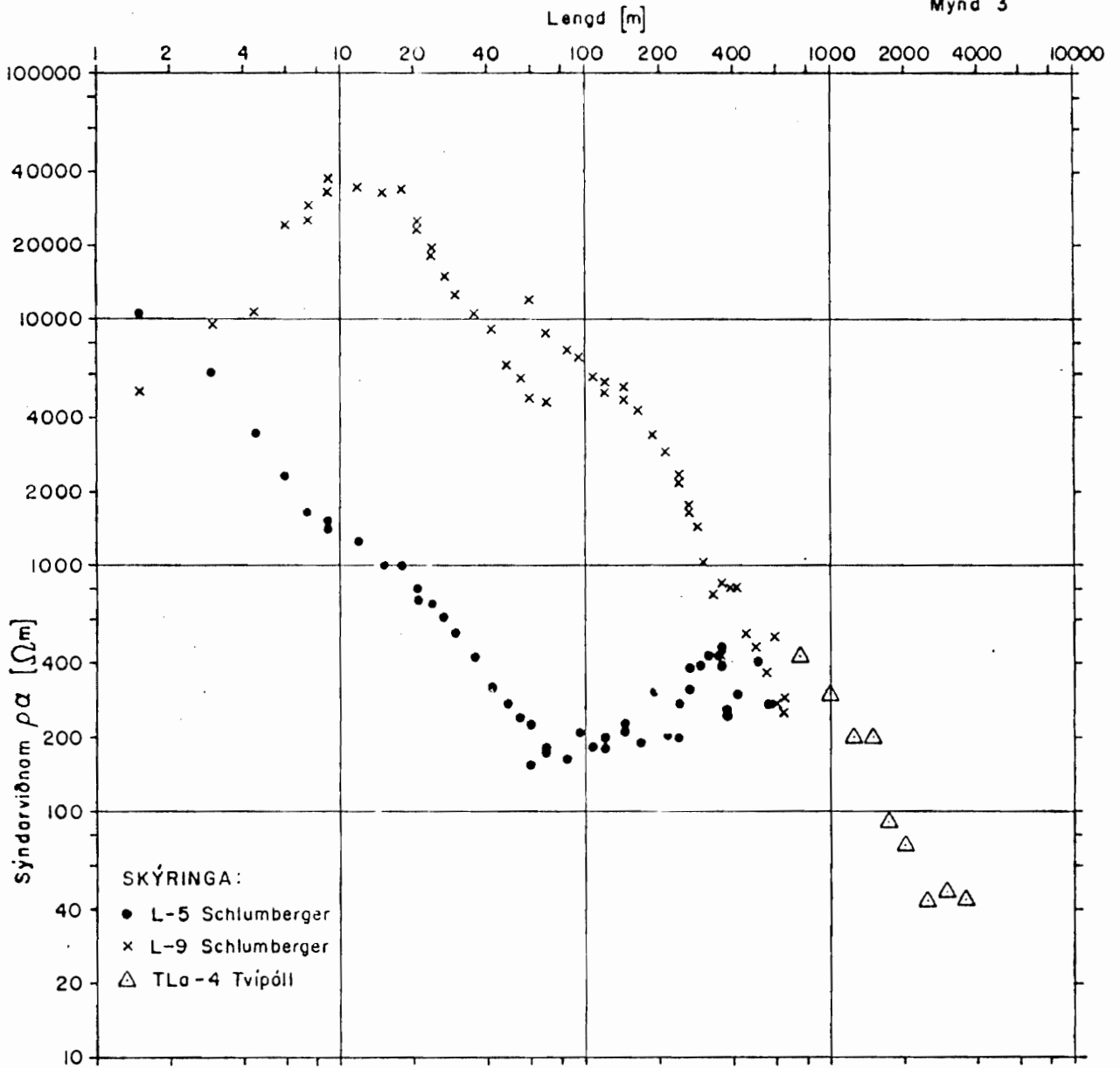


L-1	8m		65m		400m	1500-4000m
	$4,8 \cdot 10^4 \Omega m$		$18 \cdot 10^4 \Omega m$		$300 \Omega m$	$20-50 \Omega m$
L-2	2,5m	15m	60m	400m	1500-4000m	
	$4,5 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^3$	$2,4 \cdot 10^4$	$300 \Omega m$	$20-50 \Omega m$	

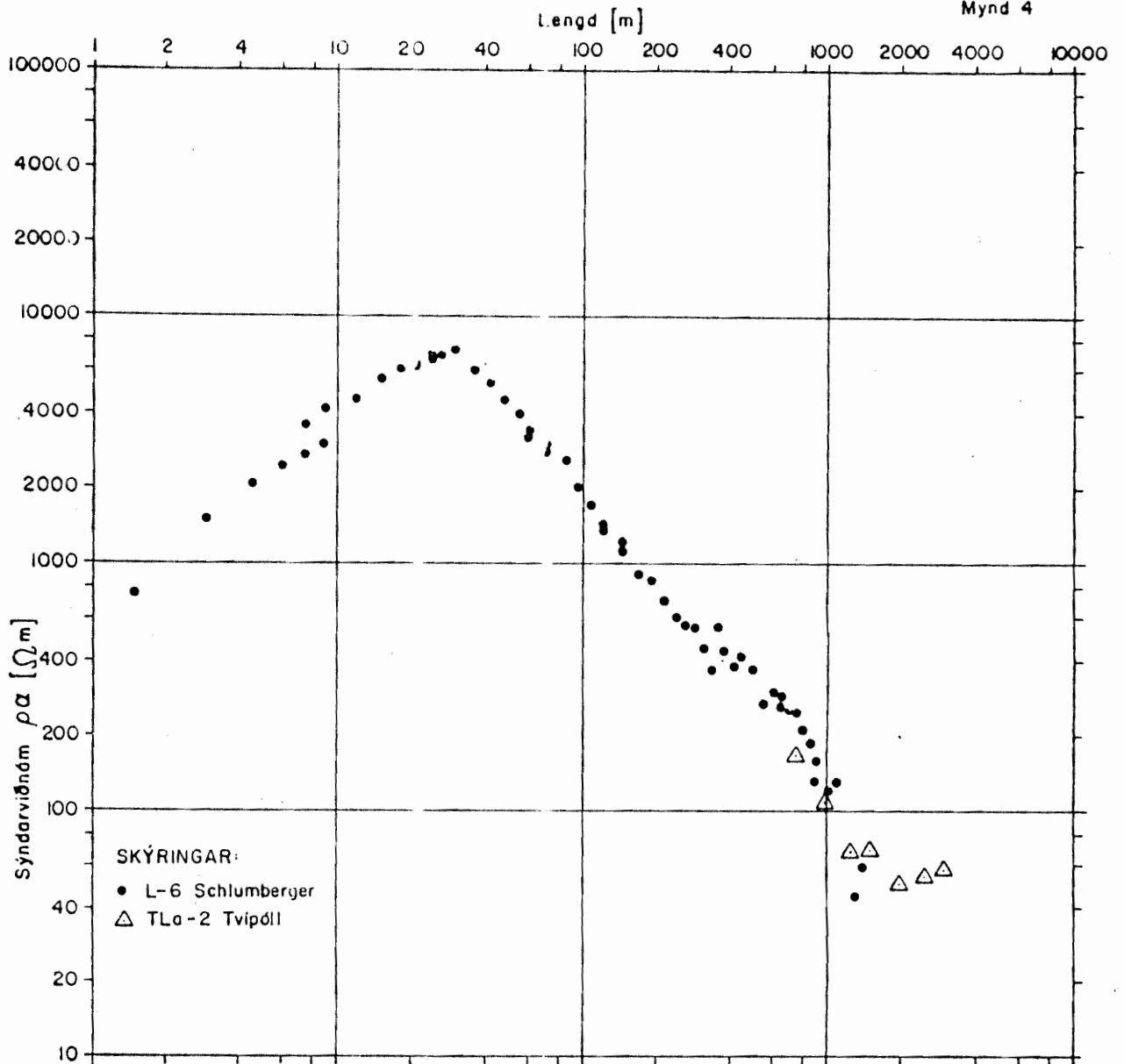
 ORKUSTOFNUM Jarðhitadælis	JARÐVIÐNAMSMÆLINGAR		28.10'74 VS/HO
	Hekla - Skjólkvíur		Tnr. 5 Tnr. 972
			J-Hekla J-Viðnam
			Fnr. 12111



L-3	5 m	60 m	
	3000 Ωm	15000 Ωm	≤ 300 Ωm
L-4	60 m		500 m
	1300 Ωm		250 Ωm
			> 5000 m
			140 Ωm

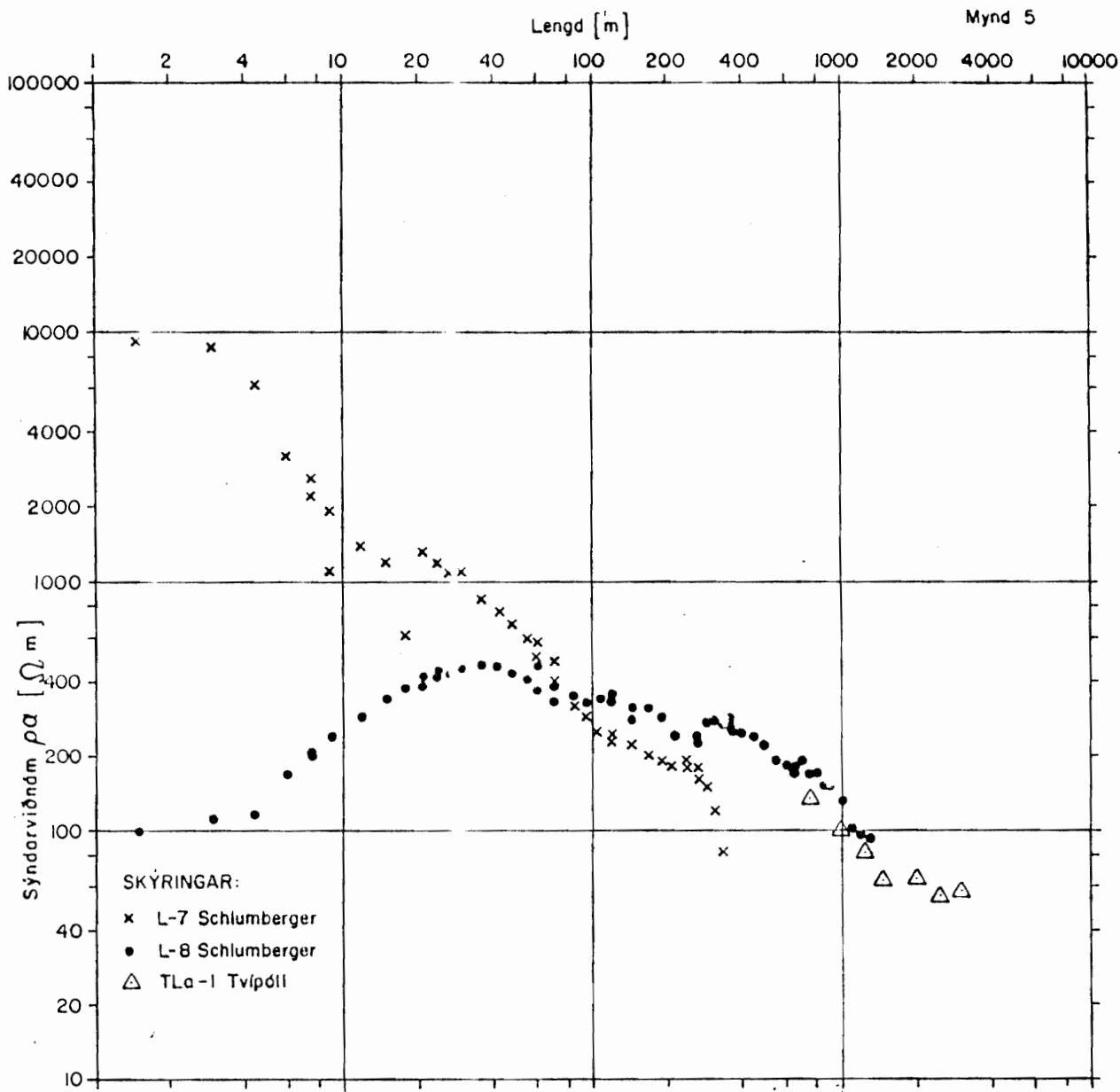


	2m	15m	50 m	400 m	
L-5	10 ⁴	1000 Ωm	100 Ωm	400 Ωm	40 Ωm
		13m	70 m	500 m	> 2400 m
L-9		10 Ωm	4000 Ωm	400 Ωm	40 Ωm



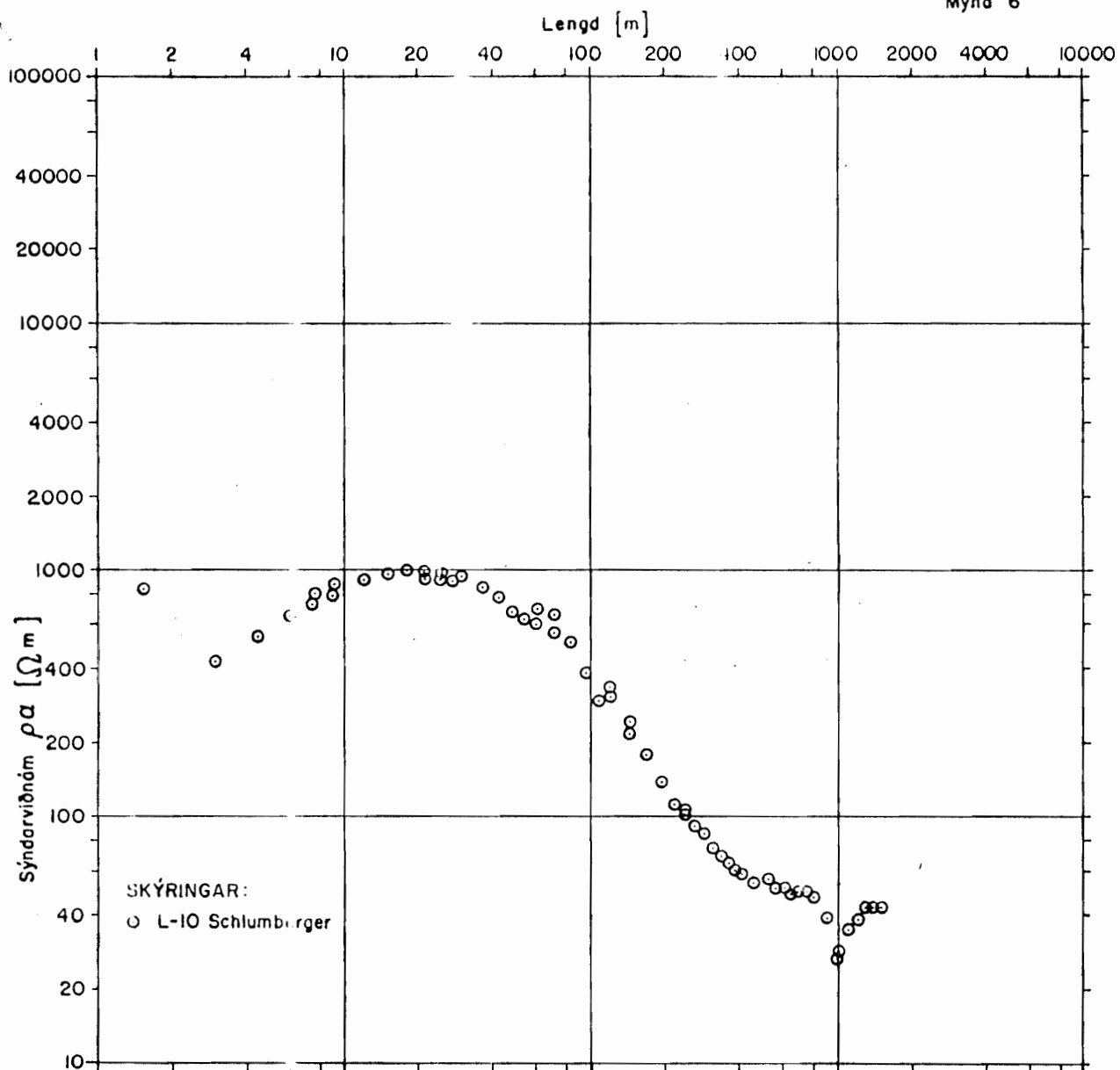
SKÝRINGAR:
 ● L-6 Schlumberger
 △ TLa-2 Tvíþóll

L-6	10 m	70 m	300 m	> 3000 m
	13000 Ωm	1600 Ωm	350 Ωm	55 Ωm



L-7	25 m	15 m	15 m	150 m	
	$10^4 \Omega m$	$1100 \Omega m$		$200 \Omega m$	50Ω
L-8	2 m	38 m		360 m	> 3000 m
	$100 \Omega m$	$500 \Omega m$		$250 \Omega m$	$50 \Omega m$

700 Ωm



L-10	3 m	8 m	70 m	> 1500 m
	400 Ωm	2400 Ωm	430 Ωm	50 Ωm

ORKUSTOFNUN
 Jarðhitadælið
 HEKLA
 Jarðviðnámsmælingar þversnið
 22.10.74 VS/HO
 Tr. 4 Tr. 971
 J-Hesta J-Viðham
 Fr. 12110

