

RAFLEIÐNIMÆLINGAR Í ELDVÖRPUM OG SVARTSENGI

Valgarður Stefánsson
Lúðvík S. Georgsson
Rúnar Sigfusson

OS JHD 7639

Júlí 1976

ORKUSTOFNUN

Jarðhitadeild

RAFLEIÐNIMELINGAR í
ELDVÖRPUM OG SVARTSENGI

Valgarður Stefánsson
Lúðvík S. Georgsson
Rúnar Sigfússon

0. ÁGRIP

Eðlisviðnám bergs í Eldvörpum, Svartsengi og næsta nágrenni þeirra hefur verið mælt. Fundist hafa þrjú svæði þar sem eðlisviðnám mælist lægra en 5 ðm. Eitt þessara svæða er við Svartsengi og er tengt háhitavæði. Hin tvö svæðin eru nálægt Eldvarpagígaröðinni, annað að sunnanverðu en hitt að norðan. Nyrðra lágvíðnámssvæðið í Eldvörpum liggur mjög djúpt og hafa slik lágvíðnámssvæði ekki fundist áður. Einungis verður skorið úr með borunum hvort háhitavæði er í Eldvörpum.

Þykkt ferskvatnslinsu í nágrenni Eldvarpa og Svartsengis var áætluð. Magn ferskvatns er talið minna en áður var haldið. Tvö grunnvatnskerfi virðast vera á svæðinu, annað sunnan við Svartsengi og Eldvörp, hitt norðan við þessi svæði.

1. INNGANGUR

Í gíghól einum á Eldvarpagígaröðinni er jarðhiti á yfirborði. Er þar nokkur ummyndun og hefur hiti mælst þar 86°C . Vitað hefur verið um þennan jarðhita lengi og er hans getið í Ferðabók Þorvalds Thoroddsen (1).

Á árinu 1975 fóru fram umræður milli Hitaveitu Suðurnesja og landeigenda Svartsengis um nýtingarréttindi jarðhita í Svartsengi. Hitaveita Suðurnesja óskaði þess þá að jarðhitadeild Orkustofnunar léti fara fram rannsókn á jarðhita í Eldvörpum. Bréf þess efnis barst Orkustofnun 16. maí 1975.

Þar sem mælingastarfsemi jarðhitadeilda sumarið 1975 var að hefjast, er beiðni Hitaveitu Suðurnesja barst, og rannsóknarverkefni sumarsins voru meiri en tækja- og mannaflakostur stofnunarinnar leyfði taldi Orkustofnun ekki hægt að taka þetta verkefni fyrir á árinu 1975. Var Hitaveitu Suðurnesja tilkynnt um þessar aðstæður.

Eftir umræður um þessi mál með hlutaðeigandi aðilum fór ráðuneytisstjóri Iðnaðarráðuneytisins fram á það 3. júní 1975 að Orkustofnun framkvæmdi umrædda rannsókn í Eldvörpum sumarið 1975.

Rafleiðnimælingar hófust í Eldvörpum 10. júní 1975 og stóðu fram til 14. júlí 1975. Fyrstu niðurstöður mælinganna voru sýndar fulltrúa Hitaveitu Suðurnesja í lok júlí 1975.

Við fullnaðarúrvinnslu rafleiðnimælinga í Eldvörpum þótti rétt að láta úrvinnsluna einnig ná til þeirra mælinga, sem áður hafa verið gerðar í Svartsengi og nágrenni þess. Liggja til þess tvær ástæður. Annars vegar hin stutta vegalengd milli Eldvarpa og Svartsengis og þar með möguleikar á tengslum milli þessara svæða og hins vegar að ekki hefur áður verið fjallað ítarlega um rafleiðnimælingar í Svartsengi. Einungis hafa verið birt einstök viðnámskort (2, 3) unnin úr þeim mælingum.

Í skýrslu þessari er reynt að draga fram heildarmynd af eðlisviðnámi í berggrunni við Eldvörp og Svartsengi. Tekið er tillit til allra rafleiðnimælinga á þessu svæði, sem til eru í gagnasafni jarðhitadeildar Orkustofnunar.

2. STADHÆTTIR

Jarðmyndanir allar í nágrenni Eldvarpa og Svartsengis eru jarðsögulega mjög ungar, myndaðar á nútíma eða á isöld. Nútímahraun þekja allt láglendi en upp úr standa móbergsfjöll og ungar eldstöðvar. Jarðfræði svæðisins er mjög vel þekkt (4, 5, 6) og liggja fyrir nákvæm jarðfræðikort af svæðinu (3, 4).

Aðstæður til rafleiðnimælinga þarna eru nánast eins óhagstæðar og mögulegt er. Hjálpast þar að ógreiðfært gróðursnautt land og mjög hátt eðlisviðnám yfirborðslaga. Við slikar aðstæður er miklum erfiðleikum bundið að senda nægan rafstraum niður í jörðina. Á miklu dýpi er hins vegar mjög lágt eðlisviðnám í bergeninu sem veldur ýmsum mælitæknilegum erfiðleikum.

3. FRAMKVÆMD MÆLINGA

Rafleiðnimælingar munu fyrst hafa verið gerðar í nágrenni Grindavíkur sumarið 1969. Voru til þess notuð riðstraumstæki. Á sama tíma var Orkustofnun að þróa nýja gerð mælitækja þar sem notaður er jafnstraumur í stað riðstraums. Voru þessi tæki reynd þegar haustið 1969 nálægt Þorbirni. Kom þá í ljós, að eðlisviðnám á nokkru dýpi er mjög lágt (3 m). Sömuleiðis var sýnt að niðurstöður mælinga með riðstraumstækjum væru ekki marktækar á þessu svæði.

Sumarið 1971 voru gerðar 7 rafleiðnimælingar í Svartsengi og nágrenni Grindavíkur. Notuð var Schlumberger uppröðun rafskauta en sá háttur hefur verið hafður við allar mælingar, sem gerðar hafa verið á þessu svæði. Straumarmur þessara mælinga var 500-900 m. Mið var tekið af þessum mælingum þegar borun hófst í Svartsengi í nóv. 1971.

Sumarið 1973 voru framkvæmdar allviðtækar rafleiðnimælingar við Svartsengi. Tilgangur þeirra mælinga var tvíþættur. Annars vegar að ákvarða stærð jarðhitasvæðisins við Svartsengi en hins vegar að kanna þykkt ferskvatnslinsunnar norður og norðvestur af Svartsengi. Alls voru gerðar 35 mælingar sumarið 1973, þar af voru 17 mælingar ætlaðar til könnunar á köldu vatni. Þessar mælingar (S1-S17) eru aðeins með um 500 m straumarm og liggja allar á svæðinu milli Stapafells og Svartsengis. Straumarmur hinna mælinganna er yfirleitt 700-900 m. Sumarið 1974 var enn bætt við 5 mælingum til frekari ákvörðunar á mörkum hitasvæðisins.

Þær mælingar, sem framkvæmdar voru sumarið 1975, voru allar gerðar á Eldvarpasvæðinu, þ.e.a.s. vestur og suðvestur af Svartsengis-svæðinu. Ein eldri mælinganna (G-22) sýndi lágt viðnám á þessu svæði. Alls voru gerðar 27 mælingar þetta sumar og var straumarmur mælinganna yfirleitt 1000-1500 m. Þá var og reynt að gera eina tvípólmælingu vestan Eldvarpa. Þótt valinn hafi verið hagkvæmasti mælistáðurinn á öllu þessu svæði tókst ekki að mæla tvípólmælinguna lengra út en í 1500 m. Annars staðar á Íslandi eru

tvípólmælingar mældar út í 6-8 km með þessum tækjum. Þetta dæmi lýsir nokkuð vel þeim erfiðu aðstæðum sem eru við framkvæmd rafleiðnimælinga í Eldvörpum og við Svartsengi.

Þann athyglisverða árangur, sem náðist sumarið 1975, að geta komist með straumarm út í 1500 m við Schlumbergermælingar má þakka tvennu. Annars vegar var þarna reynd ný aðferð við með-höndlun jarðspennu. Samfara þessu kom einnig til gífurleg þolin-mæði mælingamanna við að fá fram áreiðanlegar mæliniðurstöður. Á þennan hátt reyndist mögulegt að mæla spennugildi, sem voru 10-100 sinnum minni en truflanir frá jarðspennu.

Á mynd 1 er sýnd staðsetning allra viðnámsmælinga sem stuðst er við í þessari skýrslu. Heiti mælinga gefa til kynna hvenær þær voru gerðar:

G- mælingar gerðar á árunum 1971-1974 til könnunar á jarðhita-svæðinu í Svartsengi.

S- mælingar gerðar árið 1973 til könnunar á köldu vatni.

E- mælingar gerðar 1975 í Eldvörpum.

4. TÚLKUN MÆLINGA

Bað er almenn einkenni mælinga á Reykjanesskaga að yfirborðslög (eitt eða tvö) hafa mjög hátt viðnám ($ca\ 10^4\ \Omega m$), en þegar straumur fer að ná niður í vökvafyllt berglög fellur mæliferill mjög ört niður í afar lágt viðnám ($ca\ 1-15\ \Omega m$). Talið hefur verið, að berg fyllt köldum sjó á Reykjanesi gefi ca $10-15\ \Omega m$ eðlisviðnám, en berg með heitum sjó ca $1-5\ \Omega m$ eðlisviðnám. Notkun rafleiðni-mælinga við ákvörðun á stærð háhitasvæða á Reykjanesskaga hefur því beinst að því að ákvarða hvort eðlisviðnám bergs á nokkru dýpi sé hærra eða lægra en $5\ \Omega m$.

Vitað er að á Reykjanesskaga er ferskvatnslinsa og er vatn úr henni notað sem neysluvatn í þessum landshluta. Þykkt ferskvatnslinsunnar hefur hins vegar ekki verið þekkt með mikilli vissu.

Við skipulagningu mælinga vegna kalds vatns árið 1973 (S-mælingar) var gert ráð fyrir að með því að ákvarða vatnsborðsstöðu með við-námsmælingum mætti fá fram þykkt ferskvatnslinsunnar. Var þá ætlunin að ákvarða þykkt efsta háviðnámslagsins. Hæð grunnvatns yfir sjó væri því sú hæð, sem mæling væri gerð í, að frádreginni þykkt háviðnámslagsins. Þessi aðferð tókst ekki af þeirri einföldu ástæðu að hæð grunnvatns yfir sjávarborð er aðeins 1-2 m, en þykkt yfirborðsháviðnámslags ca. 30-50 m. Óvissan í ákvörðun 30-50 m þykks viðnámslags er u.p.b. í 5 m sem er mun meira en sú stærð sem ákvarða átti. Árangur mælinganna var því sá að ekki væri mögulegt að nota þessa aðferð við ákvörðun á þykkt ferskvatnsins.

Við heildarúrvinnslu mælinga í Eldvörpum voru athugaðir möguleikar á að fá einhverja vitneskju um kalda vatnið úr þeim mælingum sem nú liggja fyrir. Allmiklar framfarir hafa á síðustu árum orðið í tölvuúrvinnslu viðnámsmælinga. Sú leið var athuguð en í ljós kom að hinn mikli munur í eðlisviðnámi, sem er einkennandi fyrir við-námsmælingar á Reykjanesi, var á mörkum þess sem þær tölfraðilegu aðferðir leyfðu sem fram að þessu hafa verið notaðar. Unnið er að endurbótum á þessu sviði, en búast má við að þær taki nokkurn tíma.

Sú aðferð, sem valin var við heildartúlkun mælinganna, er að nokkru leyti nýmæli í úrvinnslu mælinga. Meginkostur aðferðarinna liggur í því, að reynt er að nýta þær fremur óvanalegu aðstæður, að í Svartsengi og Eldvörpum er fyrir hendi mikill fjöldi mælinga á takmörkuðu landsvæði. Ef hægt er að fá fram eitthvað mat á þykkt vatns-linsunnar í hverri mælingu gæti heildarniðurstaðan, þ.e.a.s. þegar tekið er tillit til allra mælinganna, orðið marktæk jafnvel þó skekkjumörk í hverri einstakri mælingu væru jafn stór og stærðin sjálf.

Við túlkun mælinga í þessari skýrslu var gengið út frá eftirfarandi grunnmynd (módeli):

1. Yfirborðslag með háu viðnámi (ca. $10^4 \Omega\text{m}$). Tölugildi eðlisviðnáms og þykkt lagsins ákvarðað út frá mæliferli.
2. Millilag (ferskvatnslinsa) með gefnu eðlisviðnámi = $100 \Omega\text{m}$. Þykkt lagsins áætluð út frá mæliferli.
3. Botnlag með lágu eðlisviðnámi (1-15 Ωm). Tölugildi botnviðnáms ákvarðað út frá mæliferli.

Helsta afbrigði þessarar aðferðar miðað við hefðbundnar túlkunar-aðferðir er að gengið er út frá því að eðlisviðnám millilagsins sé $100 \Omega\text{m}$. Þetta er forsenda sem seinni niðurstöður um þykkt ferskvatnsins byggja á. Rétt er að benda á að forsendan er í rauninni tvíþætt:

- a. Eðlisviðnámið í vatnslinsunni er það sama á öllu svæðinu.
- b. Eðlisviðnámið hefur tölugildið $100 \Omega\text{m}$.

Ef forsenda a er rétt en forsenda b er röng hefur það í för með sér að meðalþykkt linsunnar breytist en að öðru leyti er aðferðin nothæf. Ef forsenda a er hins vegar röng er þessi aðferð ekki nothæf við ákvörðun á þykkt ferskvatnslinsunnar.

Tölugildið $100 \Omega\text{m}$ var valið út frá eðlisviðnámi í köldu vatni á Reykjanesi og reynslu frá viðnámsmælingum annars staðar af landinu. Í töflu I er sýndur samanburður á eðlisviðnámi í grunnvatni og niðurstöðum viðnámsmælinga sem gerðar hafa verið við sýnatökustaðina eða í næsta nágrenni þeirra. Svo sem sjá má er ekki ýkja mikill munur á eðlisviðnámi grunnvatns og eðlisviðnámi bergsins. Þar sem eðlisviðnám í þurru bergi er mjög hátt ætti eðlisviðnám í blautu bergi að vera nokkru hærra en eðlisviðnám þess vökva sem er í bergeninu. Hversu mikil sú hækjun er stjórnast af poruhluta bergsins. Tafla I sýnir að nota má stuðulin 1-2 sem fyrstu nálgun í þessu sambandi. Tafla II sýnir eðlisviðnám og seltu í grunnvatni á Reykjanesskaga. Sýnt er að sýni þessi eru misjafnlega mikið sjóblönduð og fylgist að mikil selta og lágt eðlisviðnám. Það sýni, sem hefur lægsta seltu, $\text{Cl}^- = 41 \text{ ppm}$, hefur einnig hæsta eðlisviðnámið $65 \Omega\text{m}$. Til samanburðar má geta þess að klórmagn í Gvendarbrunnavatni er 7.4 ppm.

TAFLA I

Samanburður á eðlisviðnámi í grunnvatni og vatnsfylltu bergi.

Staður	ρ í vatni	ρ í bergi	ρ_b/ρ_v
	Ωm	Ωm	
Vífilsstaðir	100	70-150	1
Lækjarbotnar	150	300	2
Gvendarbrunnar	112	350	3.1
Keldnaholt	91	70	0.77
Laxnesdý	100	75	0.75
Búðardalur	67	40	0.6
Borðeyri	67	30	0.4
Sauðárkrókur	100	150	1.5
Akureyri	208	120-260	1
Svalbarðseyri	122	140	1.1
Grenivík	141	700	5
Árnes	44	40	0.9
Hvolsvöllur	48	120	2.5
Úlfljótsvatn	117	100-200	1
Meðalgildi			1.5

TAFLA II

Eðlisviðnám og selta í grunnvatni á Reykjanesskaga.

Staður	ρ_v Ωm	Cl^- ppm
Grindavík	12	233
Svartsengi	12	357
Stapafell I	42	47
Stapafell II	65	41
Ytri Njarðvík	33	58
Innri Njarðvík	41	53
Keflavík	31	85
Sandgerði	7	430
Vogar	14	210

Af ofangreindum ástæðum var tölugildið 100 Óm talin skynsamleg nálgun.

Þegar um er að ræða 100 Óm viðnámslag á milli 20000 Óm yfirborðslags og 10 Óm botnviðnáms eru áhrif millilagsins á mæliferilinn lítil nema þykkt þess sé stærðargráðu meiri en þykkt yfirborðslagsins. Í Eldvörpum og í Svartsengi reyndist þykkt millilagsins vera af sömu stærðargráðu og þykkt yfirborðslagsins. Kemur þetta fram á mynd 2. Af þessum sökum var þykkt millilagsins áætluð með því að meta hámarks- og lágmarksþykkt þess í hverri mælingu. Hreint meðaltal þeirra marka var tekið sem sennilegasta þykkt lagsins. Efri og neðri mörk þykktarinnar ákvarða einnig skekkjumörk í þykktarákvörðun.

Þar sem tilvera og stærð jarðhitakerfa á utanverðum Reykjanesskaga hefur fyrst og fremst verið byggð á því hvort botnviðnám er hærra eða lægra en 5 Óm hefur ofangreind túlkunaraðferð ekki áhrif á upplýsingaöflun um jarðhita á þessu svæði. Tölugildi botnviðnáms er óháð því hvort millilag (ferskvatnslinsa) er tekið með í túlkun eða ekki.

Almennt má segja að botnviðnám sé betur ákvarðað í Eldvarpamælingum en í eldri mælingum.

5. NIÐURSTÖÐUR

Staðsetning mælinganna er sýnd á mynd 1 en í viðauka eru sýndir allir mæliferlar og túlkun þeirra. Gert er ráð fyrir láréttum viðnámslögum og er bæði þykkt og eðlisviðnám laganna sýnd á myndunum. Niðurstöðurnar hafa síðan verið dregnar saman í fjögur viðnámskort (mynd 3-6) og fjögur viðnámssnið (mynd 7-10). Staðsetning sniðanna er sýnd á mynd 1.

5.1 LÁGVIÐNÁMSSVÆÐI.

Á viðnámskortunum má sjá hvert eðlisviðnám bergsins er á mismunandi dýpi. Mynd 3 sýnir eðlisviðnám á 200 m dýpi. Lágviðnámssvæðið

($\rho \leq 5 \text{ g/cm}^3$) við Þorbjörn og þar norður af er talið tengt háhitasvæðinu í Svartsengi. Suðvestur af þessu svæði er annað lágvíðnámssvæði sem teygir sig frá Eldvörpum í norðvestur langleiðina til Illahrauns. Þar sem mælingar eru ekki fyrir hendi í Illahrauni er ekki hægt að ákvarða hvort þessi tvö lágvíðnámssvæði eru sam tengd. Mörk beggja svæðanna er þannig óþekkt bæði í suðvestri og norðaustri.

Á mynd 4 má sjá dreifingu eðlisviðnáms á 500 m dýpi. Lágvíðnámssvæðið við Svartsengi er svipað, en hefur samt minnkað nokkuð að flataarmáli. Lágvíðnámsræman til norðausturs frá Eldvörpum er svipuð og á 200 m dýpi. Hins vegar má sjá örla fyrir litlu svæði vestan Eldvarpa með lágu viðnámi. Svo sem betur má sjá á mynd 5 og 6 er hér um að ræða toppinn á lágvíðnámssvæði sem liggur mjög djúpt. Einnig er rétt að benda á að vissar líkur eru á lágu viðnámi á 500 m dýpi í mælingum S 6 og S 7 en sakir þess, að mælingarnar hafa aðeins 500 m straumarm, er ekki hægt að skera úr um það nema með frekari mælingum. Mynd 5 sýnir eðlisviðnám á 750 m dýpi. Mikill hluti þeirra mælinga, sem gerðar voru fyrir 1975, hafa of stuttan straumarm og gefa því ekki upplýsingar um eðlisviðnámið á þessu dýpi. Lágvíðnámssvæðið við Svartsengi er óbreytt. Vestara lágvíðnámssvæðið í Eldvörpum hefur vaxið, einkum til norðurs, en myndin af eystra svæðinu er orðin nokkuð óljós enda upplýsingar þar af of skornum skammti til víðtækra ályktana. Á mynd 6 er að lokum sýnt eðlisviðnám á 1000 m dýpi. Aðeins mælingar gerðar 1975 hafa nágilega langan straumarm til þess að segja eitthvað um eðlisviðnám á þessu dýpi. Sumar mælingar frá 1975 ná m.a.s. ekki þessu dýpi og allar eldri nælingar ná of grunnt. Nyrðra lágvíðnámssvæðið í Eldvörpum hefur stækkað til norðurs og austurs. Um önnur lágvíðnámssvæði er engar upplýsingar að fá á þessu dýpi.

Til þess að fá betri myndræna lýsingu á breytingu eðlisviðnáms með dýpi hafa verið gerð fjögur viðnámssnið sem sýna breytingu eðlisviðnáms með dýpi eftir sniðlinu. Staðsetning sniðanna er sýnd á mynd 1.

Mynd 7 sýnir snið AA', sem liggur frá Lágum að Sýlingafelli. Ekki er alveg ljóst hvernig lágviðnámið liggur við Sýlingafell, en trúlega er láviðnámshryggur milli G 7 og G 30. Snið BB', CC' og DD'eru sýnd á myndum 8,9 og 10. Þarfnaðast þau ekki nánari skýringa.

Viðnámssniðin sýna glöggt hina tiltölulega einföldu lagskiptingu viðnáms á þessu svæði. Á yfirborði eru 20-60 m þykk hraunlög með mjög háu viðnámi. Þar undir er 0-100 m þykkt millilag með 100 Ω m viðnámi en að lokum tekur við sjögengur berggrunnur með 1 -20 Ω m eðlisviðnámi. Af reyslu við boranir í Svartsengi og á Reykjanesi er álitioð, að þar sem viðnám er 1 -5 Ω m sé um heitan jarðsjó að ræða.

Í Eldvörpum koma fram lágviðnámssvæði á tveim stöðum. Lögunin á þessum lágviðnámssvæðum er öðruvísi en áður hefur fundist á háhitasvæðum. Hins vegar verður varla fundin aðgengilegri skýring en sú að orsök lágviðnámsins sé heitur jarðsjór. Um hitt er ómögulegt að dæma hvort fyrir hendi er hringrásakerfi vatns þannig að hægt sé að nýta hitann. Úr því veður einungis skorið með borun.

Fleiri eiginleika mæliniðurstaðna ber að benda á. Lögun syðra lágviðnámssvæðisins í Eldvörpum bendir til að það sé í tengslum við hitasvæðið í Svartsengi. Gæti þá verið að Svartsengissvæðið næði þetta langt til suðvesturs, eða að um sé að ræða afrennsli frá Svartsengissvæðinu. Ef um er að ræða afrennsli frá Svartsengi yrði þetta svæði aldrei öfugt i nýtingu. Ef svæðið er hluti af Svartsengishitasvæðinu, eða sjálfstætt hitasvæði er flatarmál þess svipað og Svartsengissvæðisins.

Nyðra lágviðnámssvæðið við Eldvörp hefur þá sérstöðu að mjög djúpt er niður á þetta lága eðlisviðnám. Slikar niðurstöður hafa ekki fundist áður við rannsókn háhitasvæða og er því engin reynsla fyrir hvernig túlka skuli þessar aðstæður. Stærð svæðisins á 1000 m dýpi er minnst $4-5 \text{ km}^2$ eða sem er stærra en hitasvæðið við Svartsengi. Er þá miðað við 5 Ω m mörkin. Lögun svæðisins og dýpt niður á það bendir ekki til tengsla við Svartsengissvæðið.

Hvort hér er háhitasvæði djúpt í jörðu eða eitthvað annað fyrirbæri verður ekki úr skorið nema með borun. Þó svo reynist, að háhitasvæði sé þarna, má þegar á þessu stigi málsins benda á ýmsa örðugleika við nýtingu á þess konar svæði. Borholur þarf eflaust að fóðra djúpt, 700-1000 m, til þess að koma í veg fyrir kalt innstreymi. Erfitt verður einnig að hleypa upp þannig borholum.

Yfirborðsjarðhiti í Eldvörpum virðist ekki vera í augljósu sambandi við þau lágvíðnámssvæði, sem kortlögð hafa verið þar, heldur er nokkurs konar hávíðnámshryggur undir gígaröðinni. Vera má að þetta séu eðlilegar niðurstöður og beri að túlka svo að bergið undir gígaröðinni sé þéttara í sér en bergið í kring. Vitað er að eldstöðvum fylgja gangasveimar og innskot, sem hafa yfirleitt mjög lágan poruhluta.

Ef reyna á með borun að fá vitneskju um, hvort háhitasvæði er í Eldvörpum er talið ráðlegt að athuga fyrst syðra svæðið og staðsetja borholu ca 1 km austan við yfirborðshitann.

5.2 FERSKVATNSLINSA

Svo sem getið var um í kafla 4 var reynt að fá fram upplýsingar um ferskvatnslinsuna með þeim aðferðum, sem lýst er þar. Þykktarákvörðun á millilaginu í hverri mælingu er mjög ónákvæm eins og sést vel á mynd 11, en þar er dregin upp þykkt millilagsins ásamt skekkjumörkum sem fall af fjarlægð frá sjó. Dregin var hugsuð grunnlína suður af Grindavík og stysta fjarlægð ákvörðuð frá þeirri línu. Tvennt athyglisvert kemur fram á mynd 11. Annars vegar sést, að næst suðurströndinni eykst þessi aukning ekki koma fram í þeim mælingum, sem fjerst eru sjó, þ.e. inni á miðjum skaganum. Virðist liggja beinast við að túlka þykktina svipaða á stóru svæði. Af þessu var sú niðurstaða dregið að hitasvæðið í Svartsengi og lágvíðnámssvæðin í Eldvörpum skipti grunnvatni skagans í tvö aðskilin grunnvatnskerfi.

Ef gert er ráð fyrir jafnri þykkt millilagsins milli Svartsengis og Stapafells fæst meðalþykktin 55 ± 10 m miðað við þær túlkunar-aðferðir, sem notaðar eru í þessari skýrslu.

Reynt hefur verið að teikna þykktarkort af millilaginu og er það sýnt á mynd 12. Gildi þessa korts má þó ekki ofmeta þar sem grundvöllur þess er sums staðar ótryggur. Tilgangurinn er fyrst og fremst að sýna, að grunnvatnskerfin skiptast um lágvið-námssvæðin. Þá má einnig sjá, að þykkt millilagsins virðist minni þar sem lágt viðnám mælist neðar í bergen. Jafnvel nyrðra lágvið-námssvæðið í Eldvörpum, sem liggur á mjög miklu dýpi, virðist hafa áhrif á millilagið. Í heild má segja, að niðurstöður um þykkt ferskvatnslinsunnar sýni minni þykkt en áður hefur verið álitið (2,7). Þess ber þó að geta enn einu sinni, að þetta mat á þykktinni er háð eðlisviðnáminu í millilaginu. Ef eðlisviðnám millilagsins er hærra en 100 m er það þynnra en þykkara ef eðlisviðnámið er minna en 100 m.

Niðurstöður rafleiðnimælinga á því svæði, sem rannsóknin nær yfir (vestan Arnarseturs og austan Eldvarpa) benda til að álitlegasta vinnslusvæði kalds vatns væri suður og austur af Stapafelli.

6. FRAMHALD RANNSÓKNA

Svo sem sjá má á mynd 5 og mynd 6 er þekking á eðlisviðnámi bergs meiri í Eldvörpum en á Svartsengissvæðinu. Þar sem vinnsla er nú að hefjast í Svartsengi, væri eðlilegt að það svæði væri kannað eins vel og Eldvarpasvæðið.

Niðurstöður þessarar skýrslu benda til, að magn ferskvatns á Reykjanesskaga sé minna en áður var talið (2,7). Nauðsynlegt er að rannsaka ferskvatnsbúskap Suðurnesja með öllum tiltækum aðferðum.

Á síðustu árum hafa menn gælt við þá hugmynd að hægt sé að vinna heitt vatn á milli hinna eiginlegu háhitasvæða á gosbeltinu með því að bora þar djúpt. Fundur djúpa lágviðnámssvæðisins norðan Eldvarpa styður þá hugmynd. Full ástæða er því til að kortleggja gosbeltið á Reykjanesskaga með rafleiðnimælingum.

Á mynd 13 má sjá dreifingu jarðskjálfta á Reykjanesi á þriggja ára tímabili (8). Upptök skjálftanna sýna hvar jarðskorpan er á

hreyfingu, og er líklega nákvæmasta skilgreining gosbeltisins á Reykjanesskaga. Á kortinu eru einnig sýndir þeir staðir þar sem lágt viðnám hefur mælst en það er á Reykjanesi, í Eldvörpum, Svartsengi, Krísuvík og Trölladyngju (9, 10).

Á öllum þessum svæðum nema í Eldvörpum hafa boranir sannreynit að þar eru háhitasvæði.

Fljótt á litið má búast við að heildarjarðvarmaorka aukist verulega ef unnt verður að vinna háhitajarárvarma utan hinna náttúrulegu háhitasvæða. Taka verður samt tillit til eiginleika heitavatnskerfanna og er ekki vitað á þessu stigi hvort orkuaukningin er í samræmi við flatarmál vinnslusvæða.

HEIMILDIR:

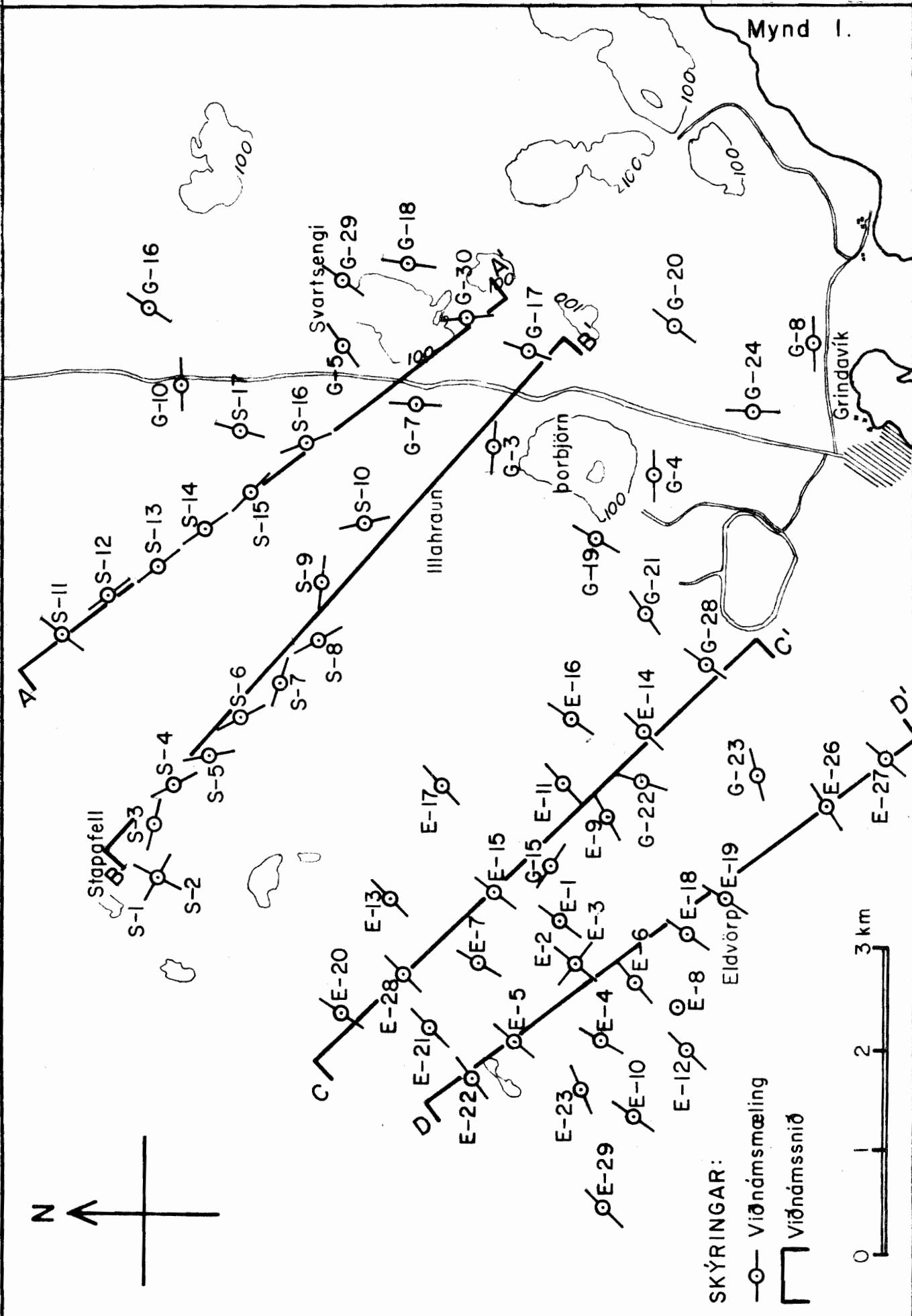
1. Þorvaldur Thoroddsen: *Ferðabók*, I. bindi, bls. 166, Snæbjörn Jónsson og Co hf, 1958.
2. Karl Ragnars og Stefán Arnórsson: *Svartsengi, Rannsókn jarðhitasvæðisins og vinnslutækni*, OSJHD 7407, febrúar 1974.
3. Stefán Arnórsson, Valgarður Stefánsson, Stefán G. Sigurmundsson, Gestur Gislason og Karl Grönvold: *Rannsókn á jarðhitasvæðinu í Svartsengi*, OSJHD 7541, júní 1975.
4. Jón Jónsson: *Geological Report on the Western Reykjanes, Appendix to Report on a Feasibility Study of the Potential of Supplying Heat to the Naval Station Keflavík from Geothermal Sources by Gunnar Bödvarsson and Sveinn Einarsson*, Vermir sf. December 1963.
5. Jón Jónsson: *Jarðhitasvæðin á Reykjanesskaga*. Grindavíkur-svæðið, janúar 1970.
6. Jón Jónsson: *Náttúrufræðingurinn* 43, bls. 145, 1974.

7. Karl Ragnars og Sveinbjörn Björnsson: Varmaveita frá Svartsengi, OSJHD 7302, janúar 1973.
8. Sveinbjörn Björnsson, persónulegar upplýsingar.
9. Birna Ólafsdóttir, Jens Tómasson, Jón Jónsson, Stefán Arnórsson, Stefán G. Sigurmundsson og Sveinbjörn Björnsson: Reykjanes. Heildarskýrsla um rannsókn jarðhitasvæðisins, Orkustofnun febrúar 1971.
10. Stefán Arnórsson, Guðmundur Guðmundsson, Stefán G. Sigurmundsson, Axel Björnsson, Einar Gunnlaugsson, Gestur Gíslason, Jón Jónsson, Páll Einarsson og Sveinbjörn Björnsson: Krýsuvíkursvæði. Heildarskýrsla um rannsókn jarðhitans. OSJHD 7554, nóv. 1975.

ELDVÖRP-SVARTSENGI
Staðsetning viðnámsmælinga og lega viðnámssniða

'76.04.05. L.S.G/H.O
Tnr. 1596 Tnr. 72
J-Viðn. J-Svartse.
Fnr. 14135

Mynd 1.





Eldvörp-Svartsengi

Mældur ferill og túlkaðir 2-og 3-laga ferlar

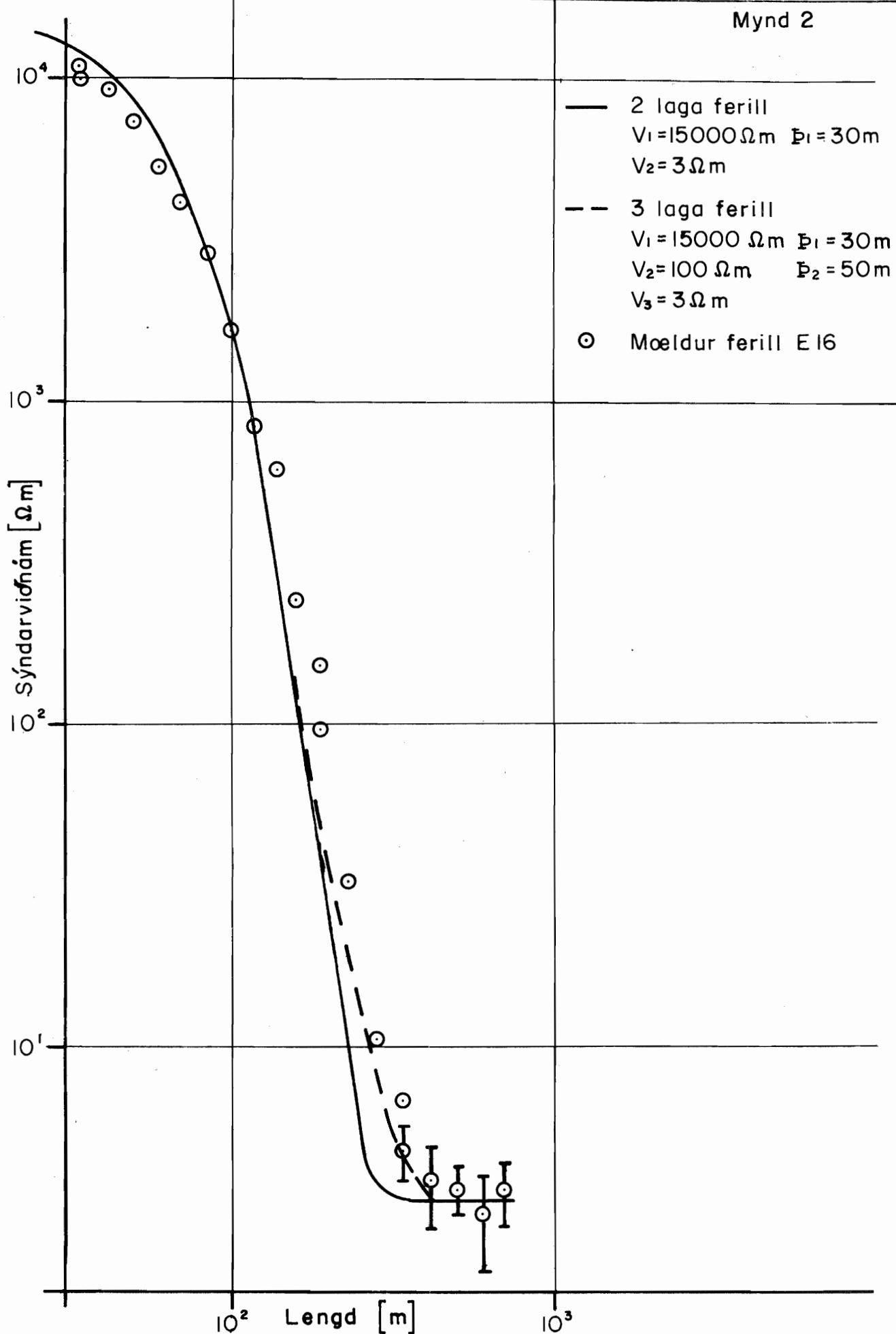
'76 06 08 L.S.G./Sy.J.

Tnr. 113 Tnr. 1679

J-Svartse. J-Vidn.m,

Fnr 14349

Mynd 2

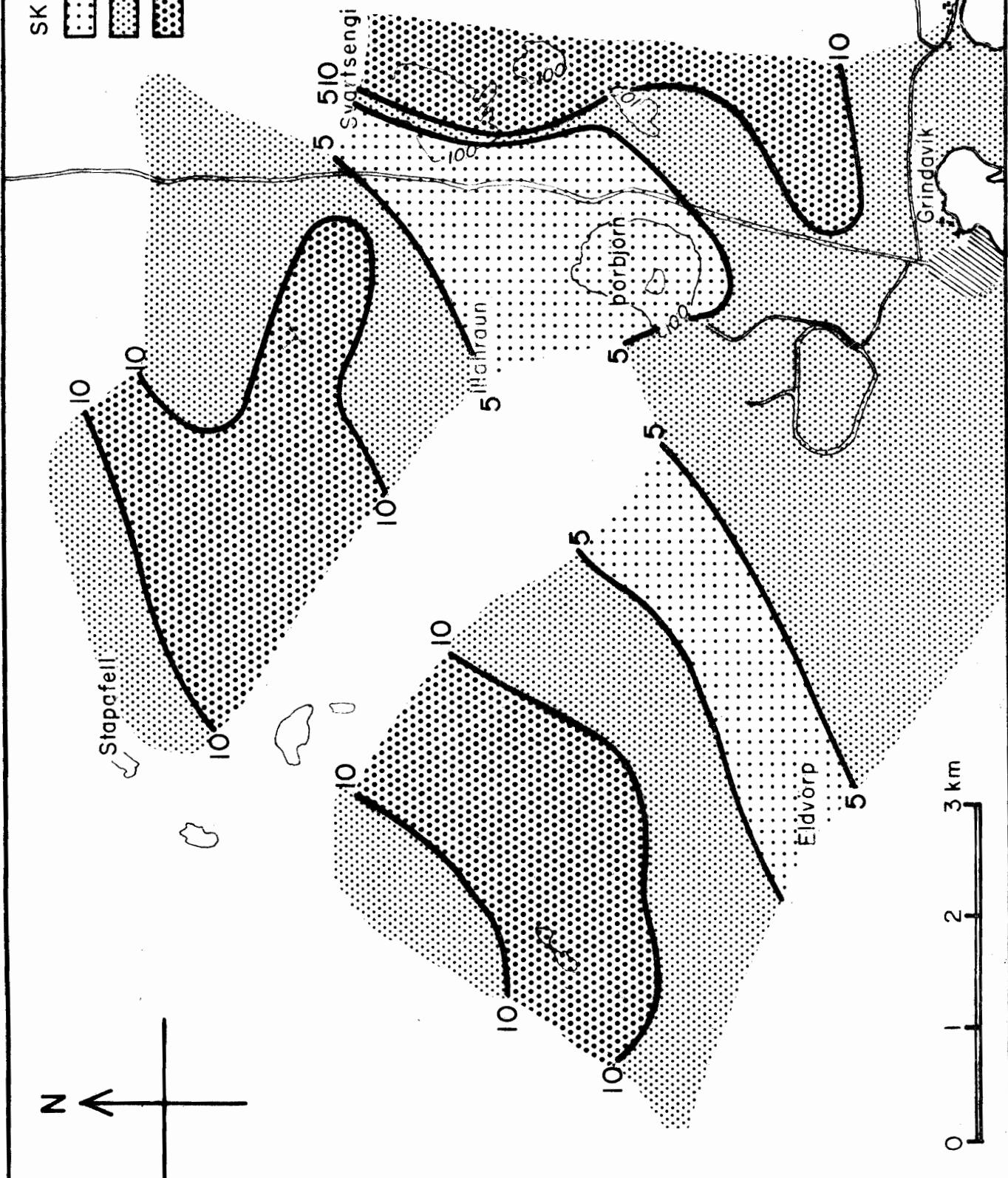


ELDVÖRP-SVARTSENGI
Eðlisviðnám í 200 m á 200 m dýpi

Mynd 3.

SKÝRINGAR:

- $\leq 5 \Omega\text{m}$
- $5-10 \Omega\text{m}$
- $\geq 10 \Omega\text{m}$





ELDVÖRP-SVARTSENGI
Eðlisviðnám í Ω m á 500 m dýpi

'76.04.30. L.S.G/H.O.

Tnr. 1598 Tnr. 74

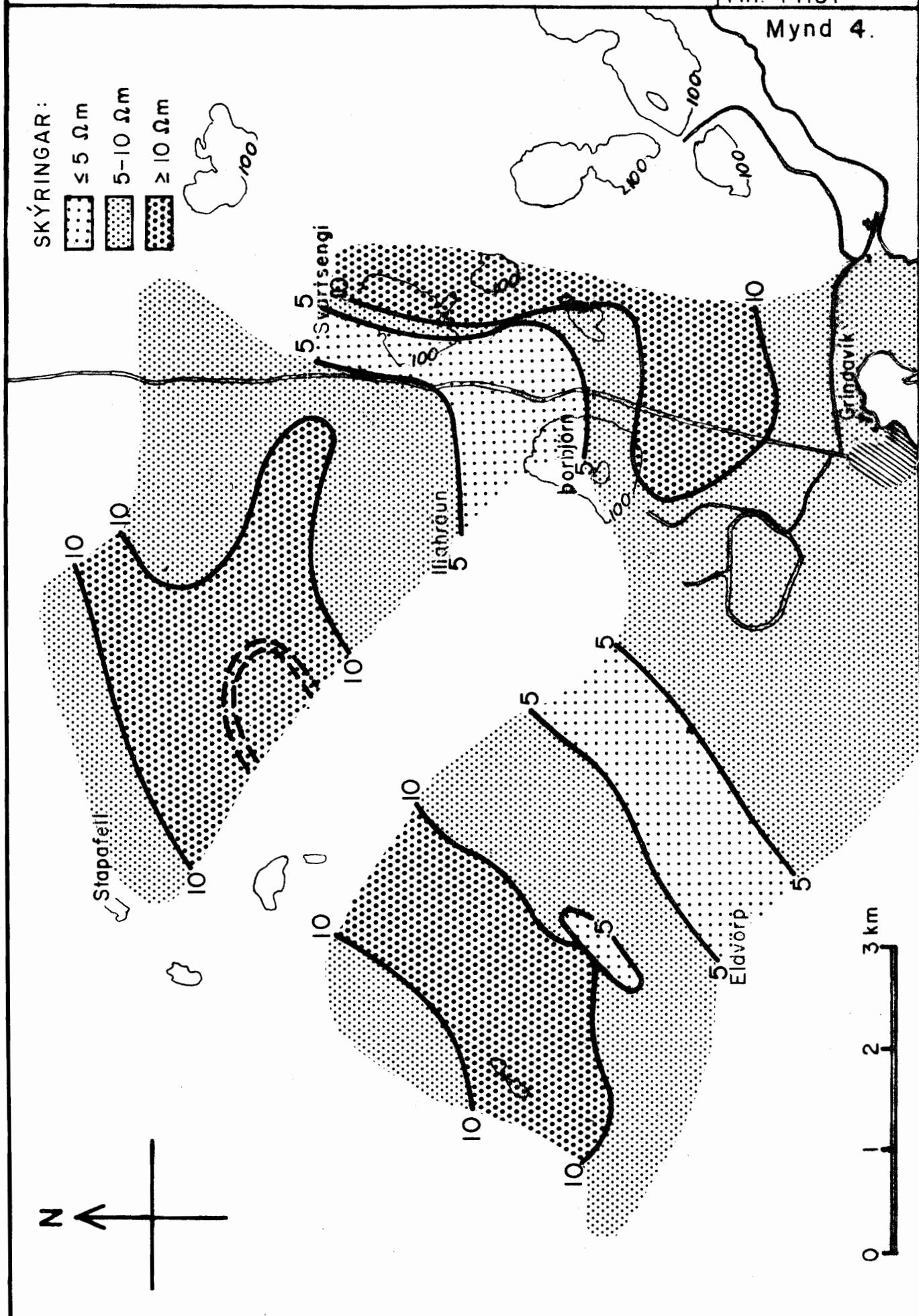
J-Viðnám.J-Svartse.

Fnr. 14137

Mynd 4.

SKÝRINGAR:

- $\leq 5 \Omega\text{m}$
- $5-10 \Omega\text{m}$
- $\geq 10 \Omega\text{m}$





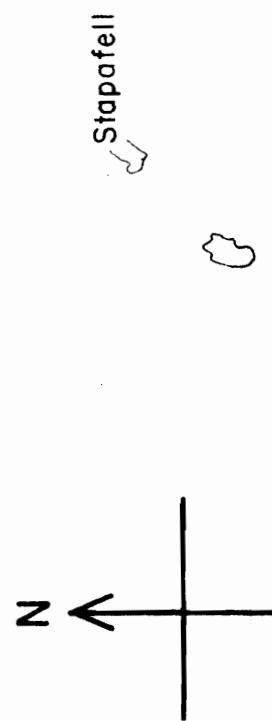
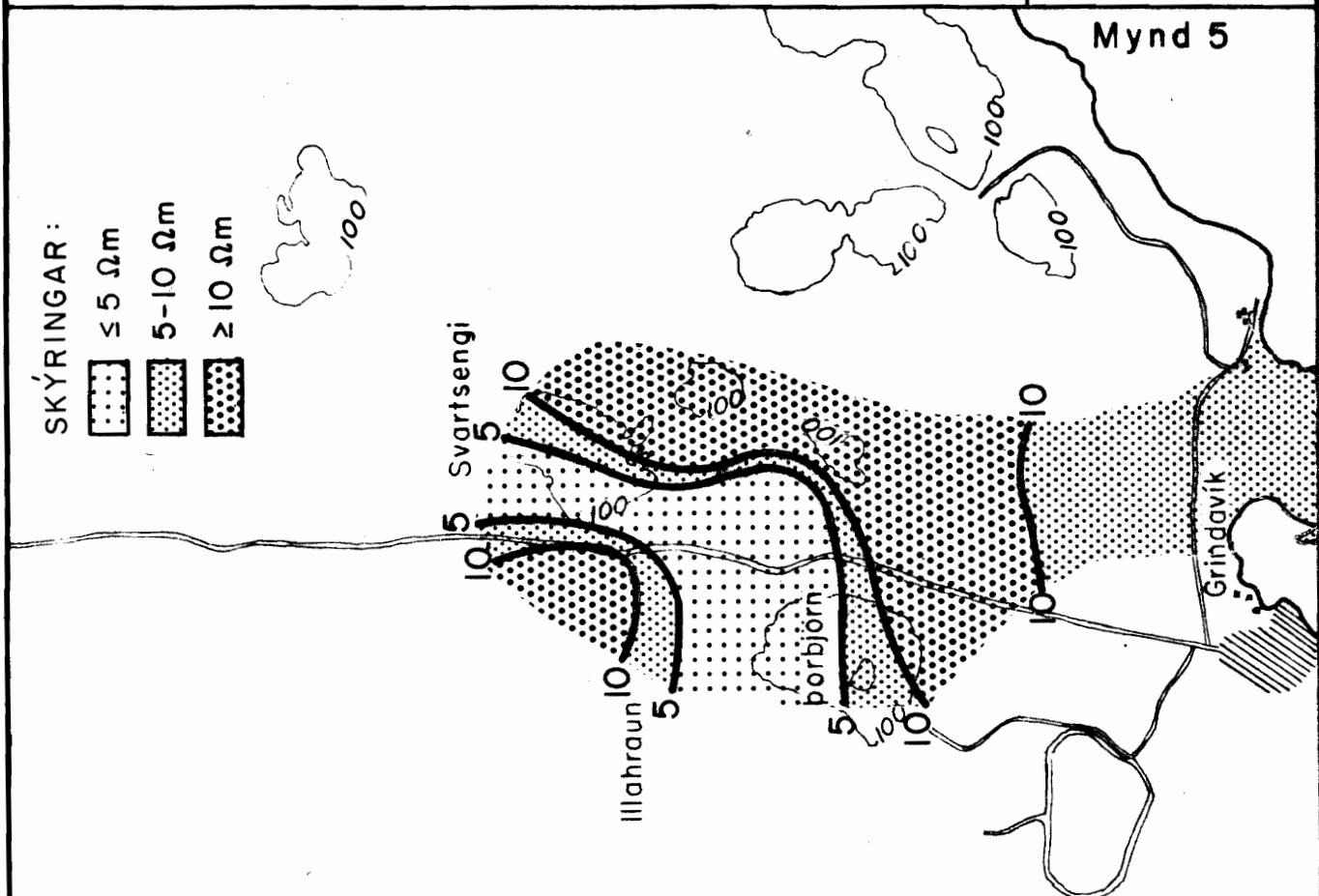
ELDVÖRP-SVARTSENGI
Eðlisviðnám í Ωm á 750 m dýpi

'76.0503. LSG/H.O
Tnr. 1599 Tnr. 75
J-Viðnám. J-Svartse
Fnr. 14138

Mynd 5

SKÝRINGAR :

- $\leq 5 \Omega\text{m}$
- $5-10 \Omega\text{m}$
- $\geq 10 \Omega\text{m}$





ELDVÖRP-SVARTSENGI
Eðlisviðnám í Ω m á 1000 m dýpi

'76.04.30. L.SG/H.O
Tnr. 1600 Tnr. 76
J-Viðnám.J-Svartsei
Fn. 14139

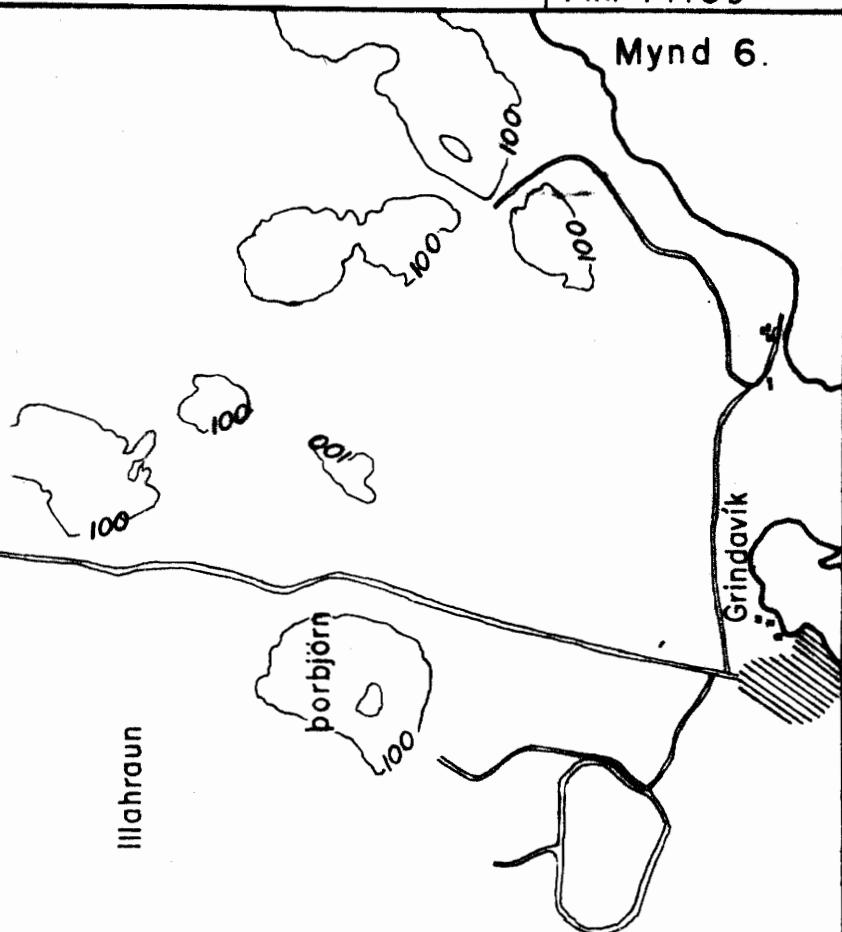
Mynd 6.

SKÝRINGAR:

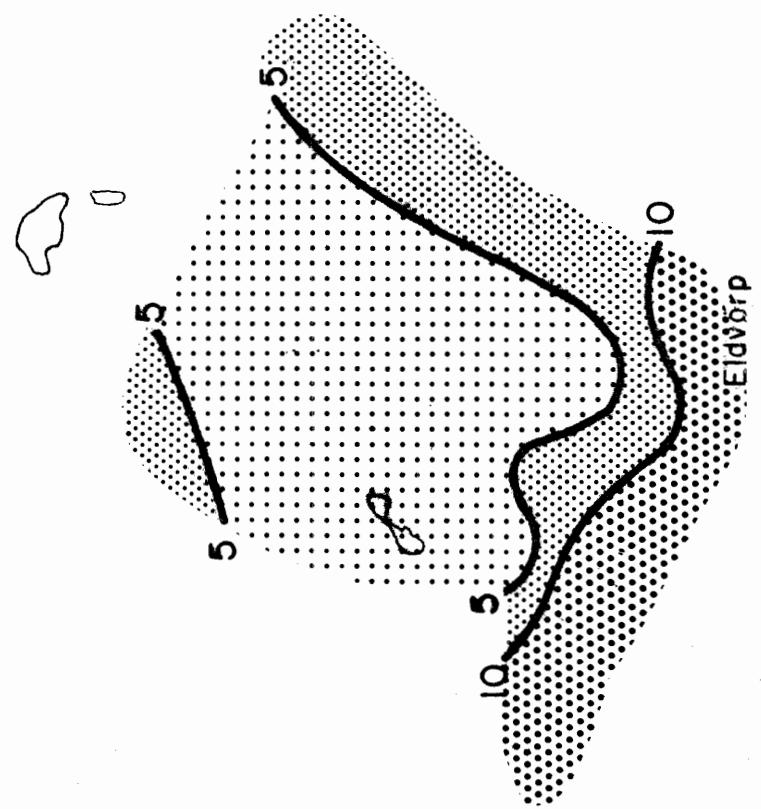
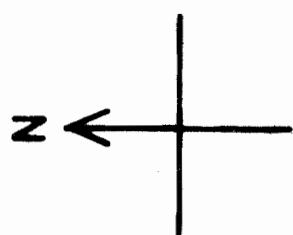
- $\leq 5 \Omega\text{m}$
- $5-10 \Omega\text{m}$
- $\geq 10 \Omega\text{m}$



Svartsengi



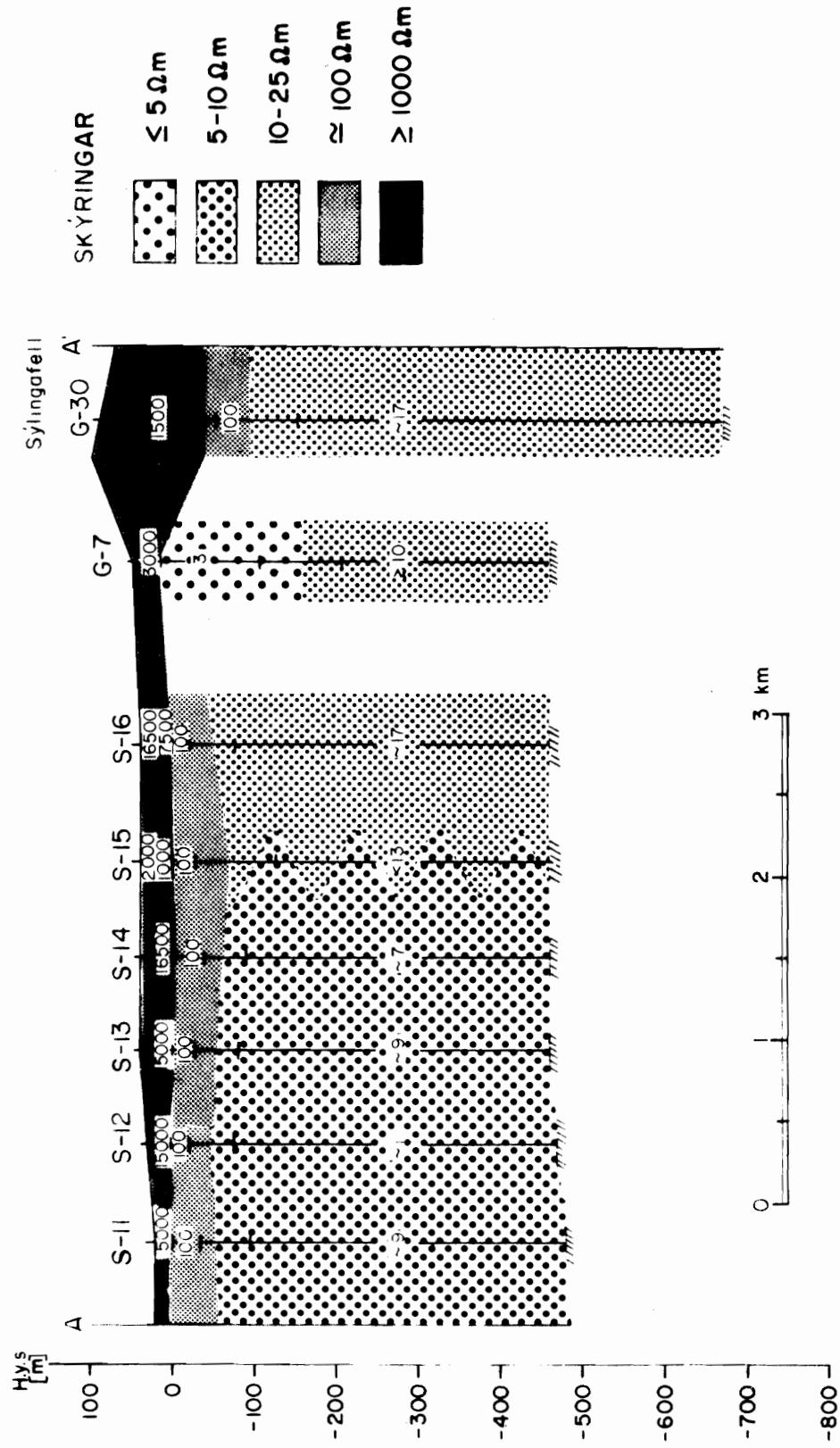
Stapafell



760510 LSÖ /Syj
 Tr.78 Tr.1602
 J-Svarise J-Vidn
 Fnr.14168

Mynd 7

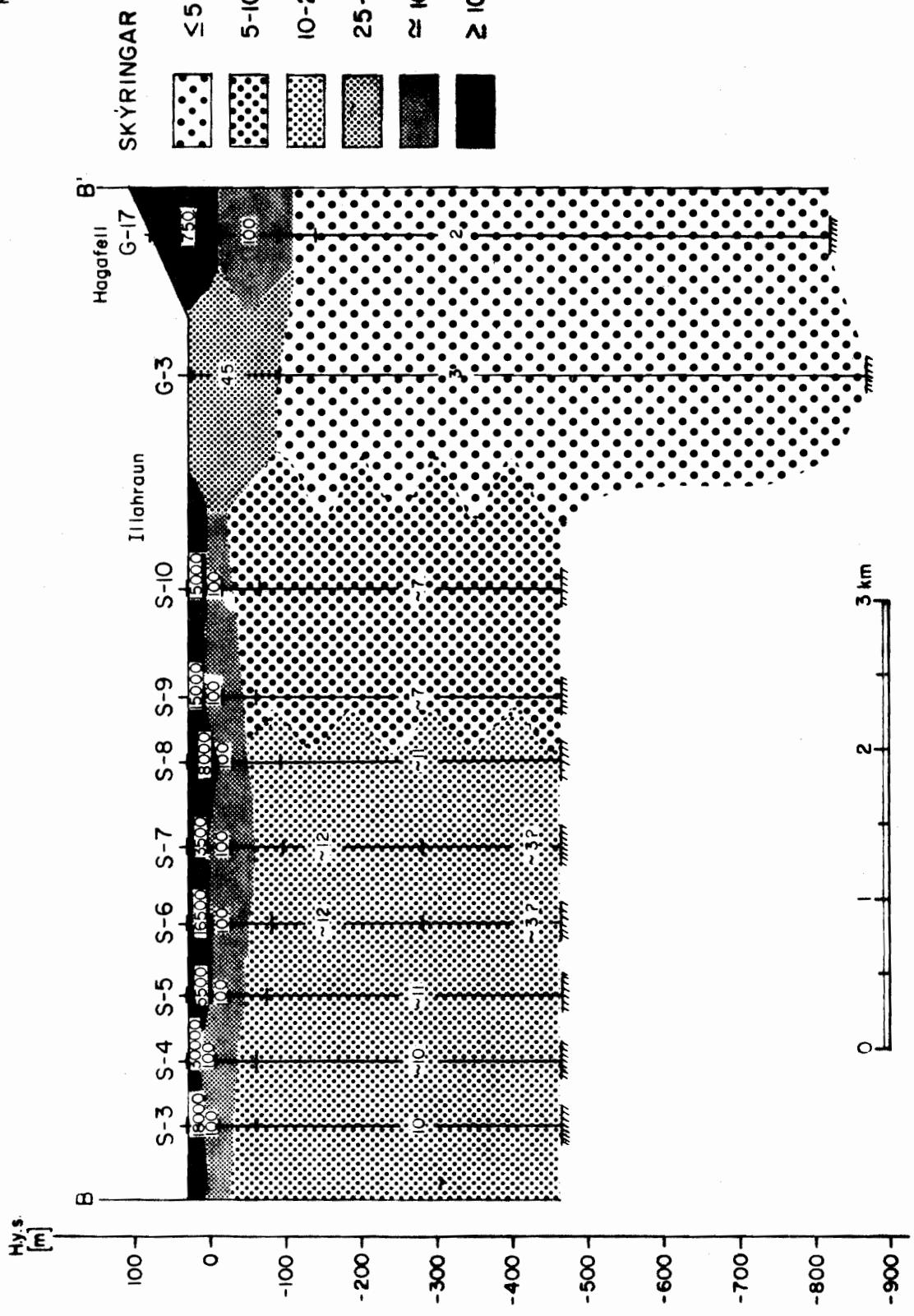
[E] ORKUSTOFNUN
 Jörðnahóldir
ELDVÖRP - SVARTSENGI
 Viðnámsstríð A-A'



1960512 LSG/SyJ
Tnr 79 Thr 1603
J-Svartse J-Vidn
Fnr 14169

Mynd 8

ORKUSTOFNUN
Jordhitaðeldi
ELDVÖRP - SVARTSENGI
Viðnámsnið B-B'

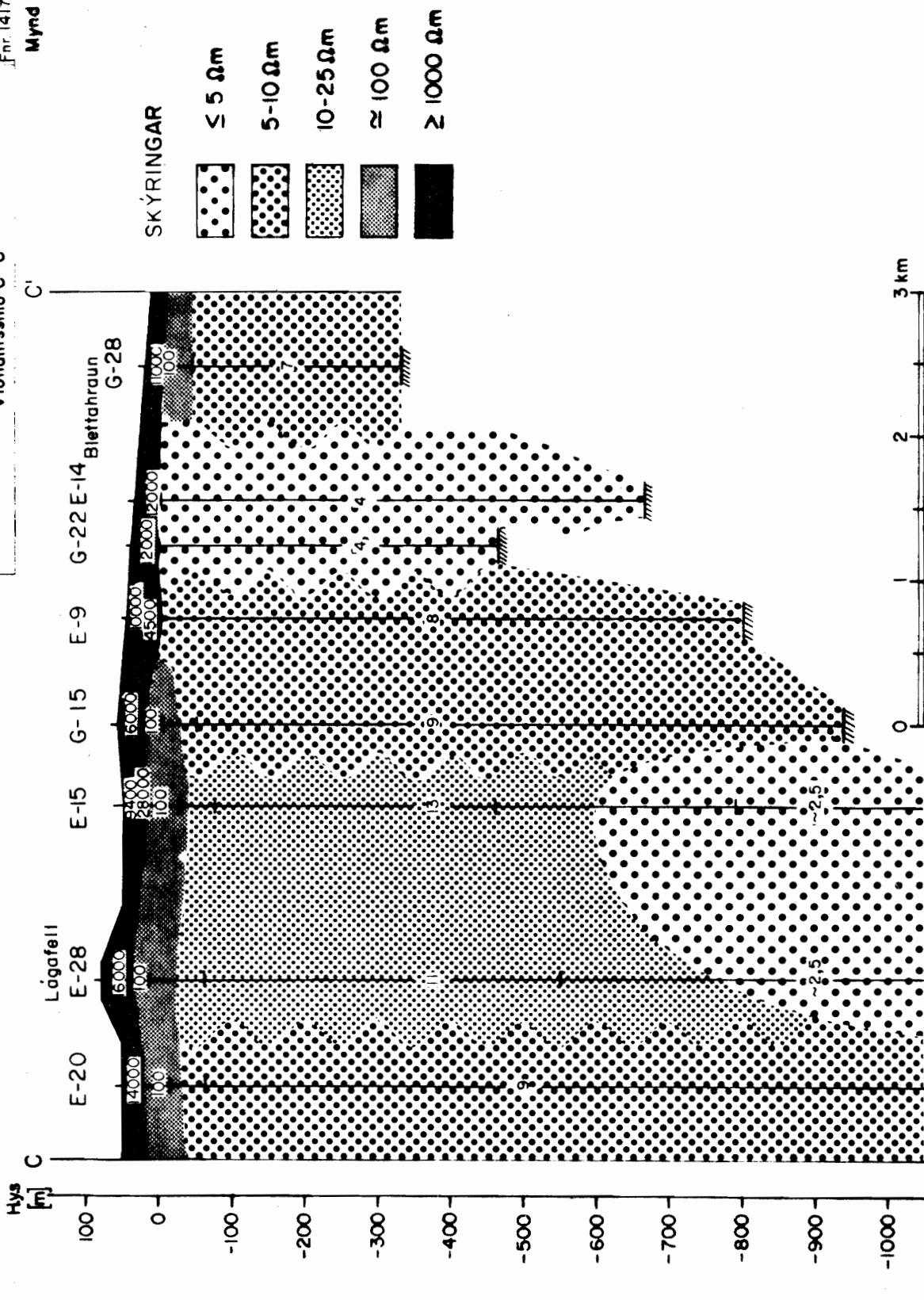


ORKUSTOFFNUN

760513 L.SG/SyJ
Tnr. 80 Tnr. 1604.
J-Svartee. J-Vidfn.m.
Fn. 14170

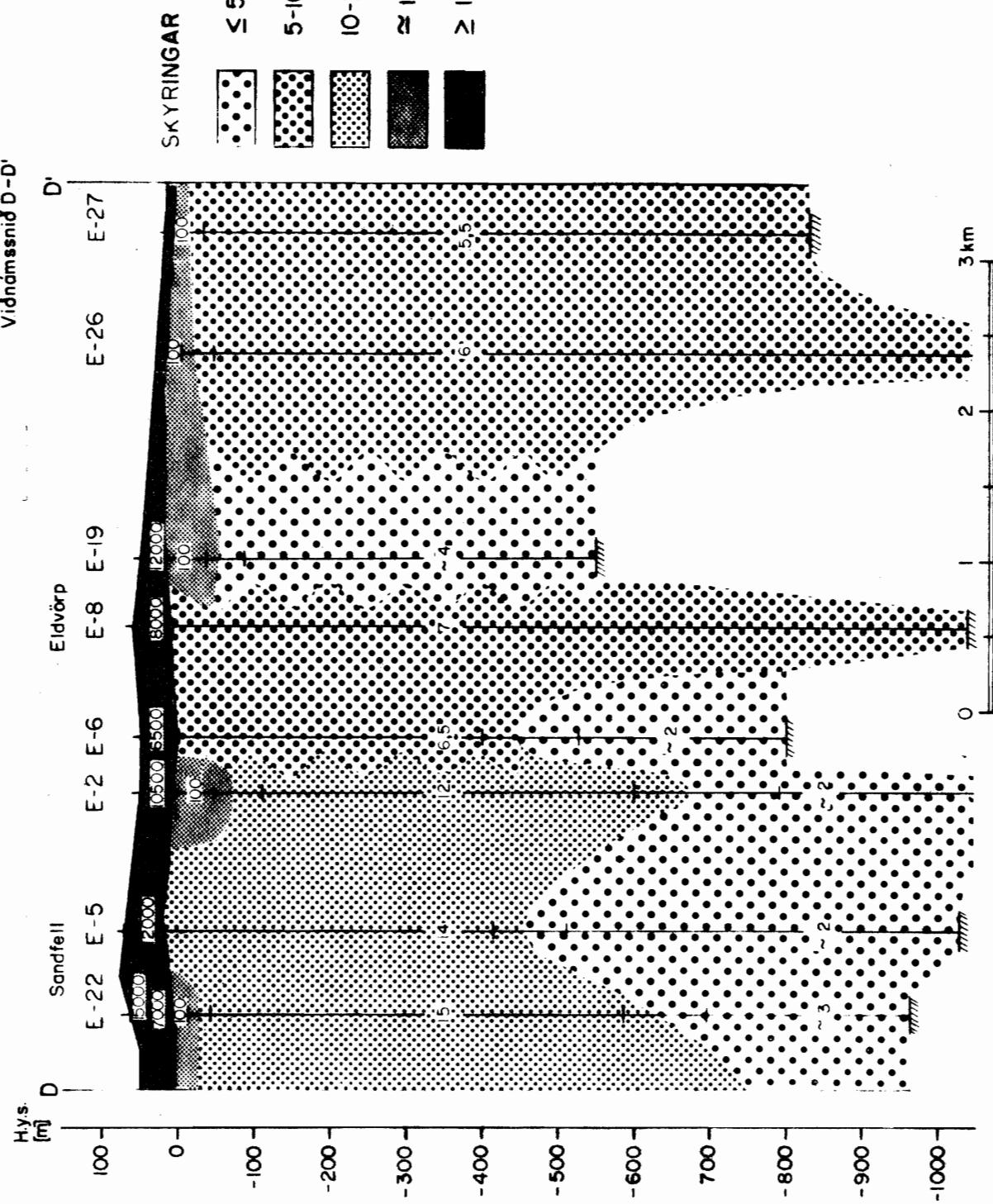
ELDVÖRP-SVARTSENGI
Viðndmæssnið C-C'

Mynd 9



760514 L.S.G./Sy.J.
Tnr.81 Tnr.1605
J-Svarise J-Véðn
Fnr 14171

Mynd 10



ORKUSTOFNUN
Járhítadeild

ELDVÖRP - SVARTSENGI

þykkt ferskvatnslinsu sem fall af fjarlægð frá sjó

03.06'76 LSG/AV

Tnr. 39 Tnr. 113

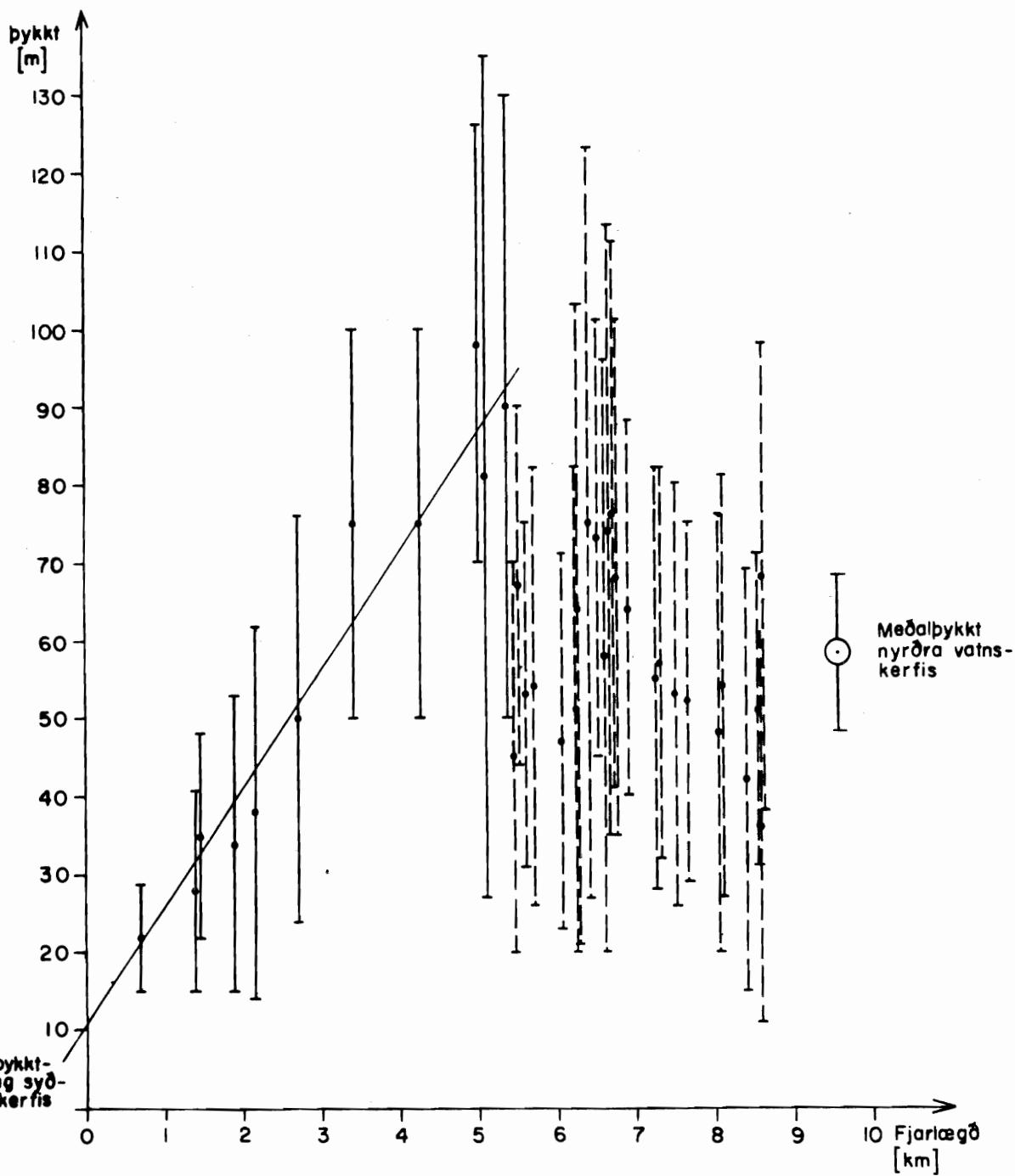
J-N vatn J-Svarts

Fnr. 14304

↓
Nyrðra grunnvatnskerfi

↓
Syðra grunnvatnskerfi

Mynd 11





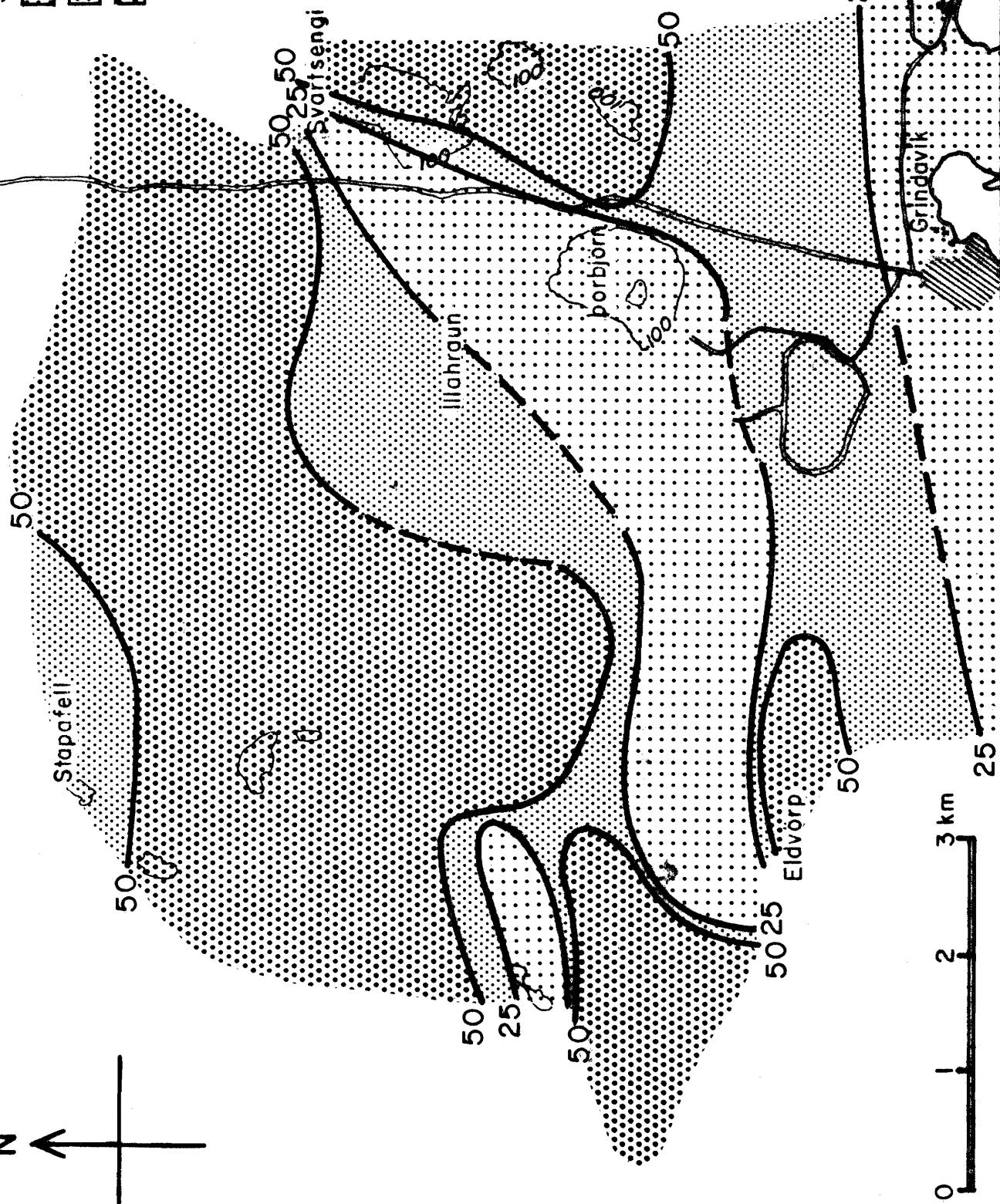
ELDVÖRP-SVARTSENGI
Þykkt ferskvatnslinsu í metrum

76.04.05. L.S.G/H.O
Tnr. 1601 Tnr. 77
J-Viðn. J-Svartse.
Fnr. 14140

Mynd 12

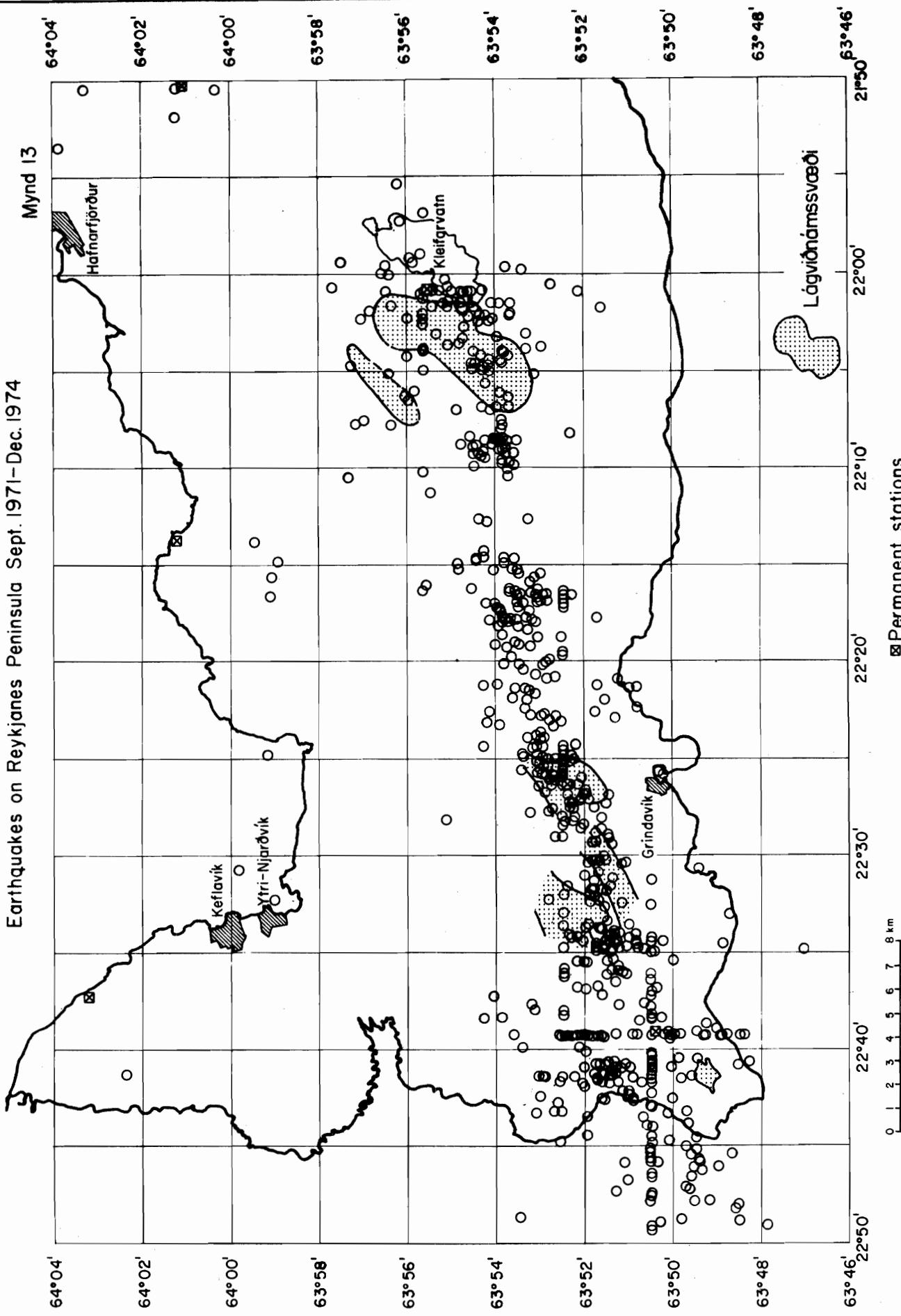
SKÝRINGAR:

- [Dotted pattern] ≤ 25 m
- [Cross-hatched pattern] 25–50 m
- [Solid black pattern] ≥ 50 m



Earthquakes on Reykjanes Peninsula Sept. 1971–Dec. 1974

Mynd 13



Permanent stations

0 1 2 3 4 5 6 7 8 km

V I Đ A U K I

