

**UPPISTÖÐULÓN**

**Sprunguhreyfingar við Langölduveitu
og aðferðir við leit að sprungum og
leka á botni löna**

EFNISYFIRLIT

A. LANGÖLDUVEITA. STUTT YFIRLIT YFIR SPRUNGUHREYFINGAR

Bréf til Landsvirkjunar

Tilgangur	bls.	1
Fyrsta sprungumyndun í lónbotni	"	1
Síðari sprungur í lónbotni	"	1
Rannsóknir á sprunguhreyfingum	"	2
Niðurstöður	"	3
Framhaldsrannsóknir	"	4

Myndir:

- 1 Afstöðumynd
- 2 Langölduveita, sprungur í botni
- 3 Ísland, jarðfræðikort
- 4 Tillaga um tilhögun sprungurannsókna fyrir Sigölduvirkjun

B. JARÐEÐLISFRÆÐILEGAR MÆLINGAR VIÐ LEIT AÐ HULDUM SPRUNGUM Í BERGI OG LEKA Í UPPISTÖÐULÓNUM

Bréf til Landsvirkjunar

1. Jarðeðlisfræðilegar tilraunamælingar til leitar að huldum sprungum við Langöldu þann 7. júlí 1976

Hljóðhraðamæling	bls.	1.2
Viðnámsmæling	"	1.2
Segulmælingar	"	1.3
Sjálfsþennumælingar	"	1.3
Niðurstöður	"	1.3

2. Leit að huldum sprungum í bergi

Hljóðhraðamælingar (seismic refraction)	bls.	2.1
Þennumælingar	"	2.3
Segulmælingar	"	2.5

3. Mögulegar leiðir við leit að leka í uppistöðu-
lönunum

Sjálfspennumælingar	bls. 3.1
Straumhraðamælingar	" 3.2
Hitamælingar	" 3.2
Jarðvatnsmælingar	" 3.2
Niðurstöður	" 3.3

Heimildir	bls. 4.1
-----------	----------

Myndir

- 1 Staðsetningarkort
- 2 Hljóðhraðamælingar Lj-1 og Lj-2
- 3 Hljóðhraðamælingar Lj-3 og Lj-4
- 4 Hljóðhraðamælingar Lj-5 og Lj-6
- 5 Lengdarmæling LL-4 og LL-5
- 6 Lengdarmæling LL-1 og segulmæling LS-1
- 7 Segulmæling LS-3
- 8 Segulmæling
- 9 Segulmæling
- 10 Sjálfspennumælingar
- 11 Mælilínur LSS1, LS2 og LL1

ORKUSTOFNUN
Raforkudeild

LANGÖLDUVEITA

STUTT YFIRLIT

YFIR SPRUNGUHREYFINGAR

Birgir Jónsson
Helgi Gunnarsson
Páll Ingólfsson
Jósef Hólmjárn
Davið Egilson

Júni 1976

Landsvirkjun,
Suðurlandsbraut 14,
Rvík.

Varðar: Sprungur og sprunguhreyfingar við Langöldu.

Á Raforkudeild Orkustofnunar er unnið að skýrslu um Langölduveitu, sem er tilraunalón neðan Hrauneyjafells. Kemur hún væntanlega út í lok júlí.

Í bréfi til Landsvirkjunar, dags. 1971-09-06, gerði Haukur Tómasson grein fyrir fyrstu sprungum í Langölduveitu að beiðni Páls Flygenring og Jóhanns Más Mariússonar. Þar kemur fram, að þess eru dæmi bæði héraðs og erlendis, að nokkur jafnvægisröskun verður á spennuástandi jarðskorpunnar, þegar uppistöðulón eru fyllt. Einkum á þetta við, ef lónin eru djúp og víðáttumikil og/eða jarðskorpan er veik. Víst má telja, að sprunguhreyfingar og jarðskjálftar verði meðan jarðskorpan leitar til nýs jafnvægis.

Í apríl 1975 kom út skýrsla eftir Hauk Tómasson um sprunguhreyfingar við Langöldu, sem var lögð fram á ráðstefnu ICOLD í Mexíkóborg í mars 1976.

Þar sem síðar hafa komið í ljós aðrar opnar sprungur á botni tilraunalónsins og mælingar hafa sýnt ótvíræðar stöðugar hreyfingar, teljum við ástæðu til að kynna Landsvirkjun helztu niðurstöður athugana okkar til þessa. Þessar upplýsingar geta verið gagnlegar með tilliti til Sigöldu- og Hrauneyjafossvirkjana, þar sem jarðfræðilegar aðstæður á þessum stöðum eru að mörgu leyti áþekkar.

Meðfylgjandi greinargerð er úrdráttur úr sögu rannsókna á sprungum og sprunguhreyfingum í Langölduveitu. Þar er einnig gerð tillaga til frekari rannsókna á Sigöldu-, Hrauneyjafoss- og Langöldusvæðinu. Væri æskilegt, að þær hæfust sem fyrst, þar sem skammur tími er þar til Króksvatn verður fyllt.

Starfsmenn Raforkudeildar geta gefið frekari upplýsingar, sé þeirra óskað.

Orkustofnun væri ánægja að sýna fulltrúum yðar ummerkin við Langölduveitu við fyrsta tækifæri.

Allra virðingarfyllst,


Jakob Björnsson

Afrit: Iónaðarráðuneytið.

TILGANGUR

Upphaflegur tilgangur Langölduveitu var könnun á þéttingaráhrifum sæts á lónbotni. Síðar komu í ljós sprungur á botni Langavatns, og hafa athuganir síðan beinst jafnframt að þeim og hegðun jaróvatns. Enn sem komið er, hafa þó ekki farið fram nægilega víðtækar rannsóknir á áhrifum veitunnar á sprunguhreyfingar og jaróvatn á veitusvæðinu og samspil þessara þátta. Veldur því takmarkað fjármagn.

FYRSTA SPRUNGUMYNDUN Á LÓNBOTNI

Veturinn 1970-71 var stöðugt nokkurt vatn í Langavatni. Í apríl 1971 sáust uppsprettur í farveginum neðan aðalstíflunnar, sbr. meðfylgjandi yfirlitskort. Nokkrum dögum síðar kom í ljós sprunga eða gjá á botni lónsins u.þ.b. 1 km löng, og náði hún undir stífluna og tæmdi hún lónið á stuttum tíma. Nánari lýsingu er að finna í skýrslu Hauks Tómassonar, "The Opening of Tectonic Fractures at the Langalda Dam" frá apríl 1975, en hún var lögð fram á ráðstefnu alþjóðanefndarinnar um stórar stíflur (ICOLD) í Mexíkóborg í mars 1976.

SÍÐARI SPRUNGUR Á LÓNBOTNI

Nokkrar aðrar sprungur hafa opnast á botni Langavatns eftir að sú fyrsta fannst. Í september 1972 komu í ljós þrjár nýjar sprungur með svipaða stefnu og sú fyrsta, og náði sú stærsta þeirra um 100 m upp á þurrt land. Sú sprunga er bæði í móbergi og hrauni. Lýsingu á þessum sprungum er að finna í áður nefndri skýrslu Hauks Tómassonar.

Í ágúst mánuði 1975 opnaðist stór svelgur í austurenda Langavatns, og runnu ofan í hann a.m.k. $5 \text{ m}^3/\text{sek.}$ af vatni. Athugun leiddi í ljós, að hann, ásamt nokkrum öðrum, allstórum svelgjum, voru í nokkurn veginn beinni línu. Við gröft með vélgröfu og jaróytu í móbergsmel

í framhaldi svelgjalínunnar til suðvesturs, þar sem þó engin ummerki um sprungu sáust á yfirborði, kom í ljós opin sprunga á um 1,5 - 2,0 m dýpi. Hún var 20 - 110 cm breið og manngeng niður á 15 m dýpi á um 40 m löngum kafla, en þar lokaðist hún af hrúni. Hún er augljóslega hluti af löngu sprungukerfi. Loftmyndir sýndu, að líkur væru á sprungu í móberginu í framhaldi áður nefndra svelgja.

RANNSÓKNIR Á SPRUNGUHREYFINGUM

Þegar eftir að sprungukerfið undir aðalstífluna uppgötvaðist 1971 var jarðeðlisfræðideild Veðurstofunnar, sem hefur umsjón með jarðskjálftamælingum á Íslandi, beðin að kanna jarðskjálfta á svæðinu. Engir skjálftar yfir 2 á Richter kvarða höfðu komið fram, en það var lágmarks-skjálftavirkni í þessum landshluta, sem skjálftamælakerfi Veðurstofunnar gat numið. Færanlegri smáskjálftastöð var því komið fyrir við Langöldu í byrjun maí árið 1971. Glerplötur voru einnig steyptar niður á tíu stöðum yfir sprungur til að fylgjast nánar með sprunguhreyfingum. Árið 1973 var svo sett upp varanleg smáskjálftastöð á Langölduhryggnum. Sumar glerplöturnar höfðu ekki góða festingu á sprungubrúnunum, en a.m.k. fimm þeirra höfðu verið settar niður á heillega, harða jökulbergsklöpp. Meðan lónið var tómt til loka júní 1971 fundust engar jarðskorpuhreyfingar, hvorki á jarðskjálftamælinum né glerplötunum og ekki heldur eftir að hleypt var vatni í lónið.

Vorið 1972 brotnuðu glerplöturnar og sprungan teygði sig nokkra tugl metra lengra til suðvesturs neðan stíflunnar. Ekki varð vart neins leka þessu samfara. Í þessum hreyfingum gliónaði sprungan um 3 mm. Glerplötur voru endurnýjaðar.

Árið 1973 mældust nokkrar smáhreyfingar, um 4 - 5 mm víkkun á sprungunni um vorið og síðan samdráttur um haustið, þegar vatnsborðið var að lækka. Einnig mátti greina smávegis "normal" misgengi og "strike-slip" misgengi.

Skjálftamælir sýndi, að smáir skjálftar komu u.þ.b. annan hvern dag. Samsvörun skjálfta og vatnsborðshreyfinga var lítil eða engin, og virðist sem dregið hafi úr þessum staðbundnu skjálftum með tímanum.

Árið 1974 varð þeirra naumast vart. Skjálftamælar gefa til kynna, að þær hreyfingar, sem hér er um að ræða, séu skrið (creep), en ekki tektoniskar brotahreyfingar. Því miður var skjálftamælir ekki í gangi, þegar sprunga 2 opnaðist.

Árið 1974 voru framkvæmdar mælingar á sprunguhreyfingum neðan aðalstíflu með "invar" stöng og mæliklukku, en með því móti var mælnákvæmni mjög verulega aukin. Þær hreyfingar, sem áttu sér stað, voru einnig miklu minni en áður, en sýndu þó sömu árstíðabundnu breytingu og árin áður. Árið 1975 var þessum mælingum haldið áfram og mælistöðum fjölgað. Einnig var síritandi skriðriti settur upp, sbr. yfirlitskort, mynd 2.

NIBURSTÖÐUR

Svæði það, sem hér er um ræðir, er mjög nálægt aðalgosbelti landsins, um 20 km NA frá toppi Heklu og norðlægustu gígar Heklusprungunnar eru aðeins 1 - 2 km frá vatninu. Um 10 km suðaustur af vatninu er eitt virkasta gossvæði landsins. Þaðan hafa Tungnaár- og Þjórsárhraunin runnið (sjá mynd 3).

Eins og fram kemur hér að ofan, liggja sumar sprungurnar bæði í hrauni og móbergi. Það gefur til kynna, að hreyfingar hafi orðið eftir að hraunið rann og verið nægilega öflugar til að það rifnaði, en síðan hafi laus sandur og jarðvegur fokið í sprungurnar og falið þær. Nokkuð augljóst er, að veituvatnið hefur átt þátt í því að leiða í ljóst þetta fyrirbrigði. Við hreyfingu á sprungum hefur vatnið skolað niður í þær sprungufyllingum og lausu efni af bökkunum og hreinsað sprunguveggina niður, eins langt og séð varð.

Af framansögðu má því draga eftirfarandi ályktanir:

1. Samband virðist vera milli vatnshæðar og sprunguhreyfinga.
2. Sömu sprungur eru bæði í móbergi og í hrauni.
3. Töluverð hreyfing hefur orðið á þessum sprungum síðan hraunið TH₁, sem veitan er á, rann fyrir um 3.000 árum og stíflaði útrennsli Krókslóns og olli því, að vatnið braut sér leið gegnum Sigöldu í núverandi gljúfri og lónið tæmdist.

4. Tiltölulega þunnt yfirborðslag hylur opnar sprungur í móbergi. Reynslan frá Langöldu hefur sýnt, að slíkt yfirborðslag getur skolazt burt.
5. Stöðugar hreyfingar, af stærðargráðunni 0,5 - 4,0 mm, hafa mælt í sprungunum, með síritum og öðrum sprungumælingum.

FRAMHALDSRANNSÓKNIR

Eins og bent hefur verið á, eru mjög svipaðar höggunar- og jarðfræðiaðstæður við Langöldu, Sigöldu og Hrauneyjafoss. Sprungumyndunin við Langöldu er augljóslega ekki einangrað fyrirbæri. Sambærilegar sprungur gætu því opnast við Sigöldu eða Hrauneyjafoss við fyllingu uppistöðulóna. Það ætti að vera ljóst, að mjög mikilvægt er að finna sprungur á virkjunarstöðum, einkum lónstöðum, og gera við þær helztu, áður en virkjun er tekin í notkun. Elsa G. Vilmundardóttir hefur nú þegar gert ^{frum-}gert/athuganir á sprungukerfi Sigöldusvæðis. Auk þess er nauðsynlegt að fylgjast náið með sprunguhreyfingum og breytingu á jarðvatnsstöðu, bæði fyrir og eftir fyllingu lóna.

Með hliðsjón af framansögðu leggjum við til, að framkvæmdar verði eftirfarandi rannsóknir (sjá mynd 4). Jafnframt er okkur kunnugt um, að Páll Einarsson hjá Raunvísindastofnun Háskólans hefur gert tillögur til Landsvirkjunar um rannsóknir vegna Sigölduvirkjunar, sem ganga í sömu átt og okkar hugmyndir.

A. Staðsetning á sprungum.

Lokið verði ýtarlegri kortlagningu á sprungukerfi Sigöldusvæðisins sem fyrst. Út frá þeim jarðfræðigögnum, sem fyrir liggja, ásamt jarðsveiflu- og viðnámsmælingum og nánari loftmyndatúlkun, má finna með meiri nákvæmni sprungur, þótt þær séu huldar af yfirborðslögum.

B. Vettvangsrannsókn á sprungum.

Gerðar verði gryfjur þvert á sprungustefnu, þar sem líkur eru á, að sprungur sé að finna. Ef sprungna verður vart, verði metið, hvort viðgerðar er þörf.

C. Mælingar á sprungum.

Settir verði fastpunktar sem víðast til nákvæmnismælinga á gliðnun og siritandi mælar verði settir upp, þar sem sprungur ná út yfir væntanlegan lónbotn.

D. Athugun á jarðvatnsstöðu.

Auknar verði mælingar á jarðvatnsborði og settir upp siritar á jarðvatn til glöggvunar á samhengi sprunguhreyfinga og jarðvatns.



ORKUSTOFNUN

LANGÖLDUVEITA

Afstöðumynd

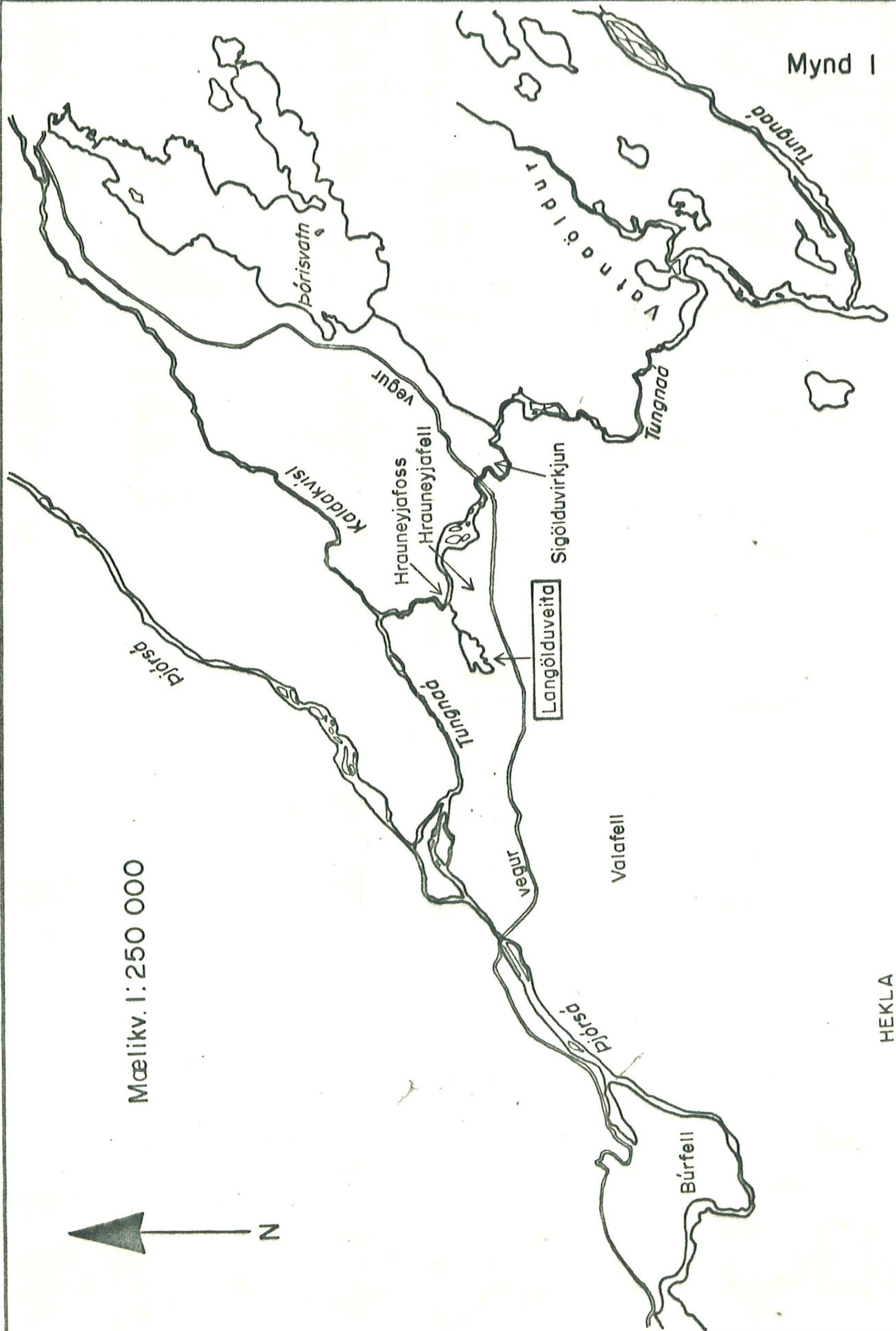
76.06.21.HG PI/0SJ

Tnr. 449

B-332

Fnr. 14360

Mynd 1



Mælikv. 1:250 000

HEKLA



Mynd 2
LANGÖLDUVEITA
 Sprungur í botni
 Langavatns

ÍSLAND

Jarðfræðikort

Mynd 3



SKÝRINGAR:

Megineldstöð
með öskju

Gossprunga

Dyngja

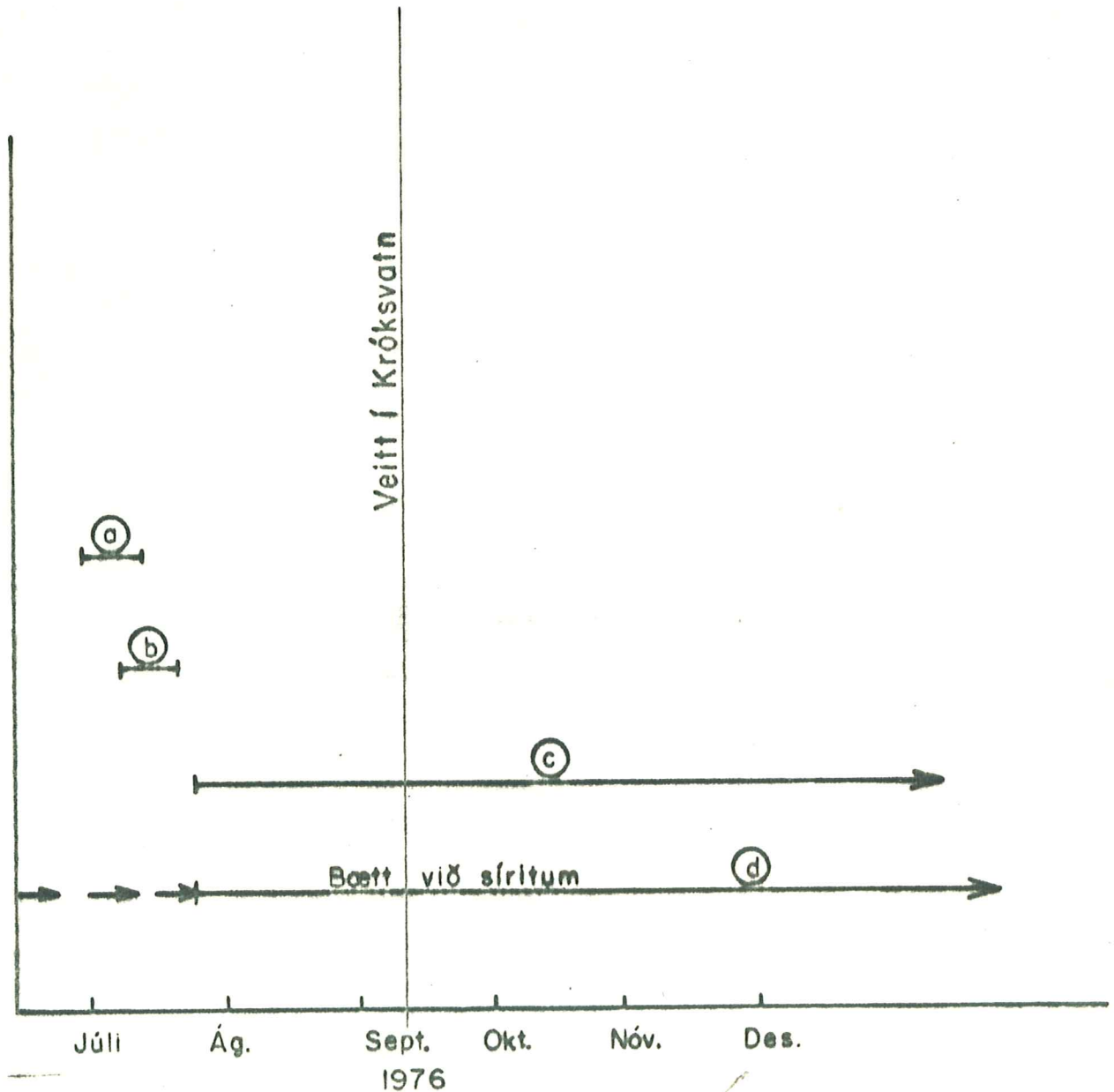
Langalda

Sigalda

Hrauneyjarfoss



Mynd 4



SKÝRINGAR:

- a) Leitað að sprungum (loftmyndir, kort, hljóðhraðamælingar o.s.frv.).
- b) Sprungur kannaðar (könnunargryfjur o.s.frv.).
- c) Sprunguhreyfing mæld með sírita.
- d) Breyting á jarðvatnshæð mæld með sírita.

ORKUSTOFNUN
Raforkudeild

JARÐEÐLISFRÆÐILEGAR MÆLINGAR
VIÐ LEIT AÐ HULDUM SPRUNGUM Í BERGI
OG LEKA Í UPPISTÖÐULÓNUM

Davíð Egilsson
Jósef Hólmjárn

Júlí 1976

Dags.
1976-07-13
Dags.

Tilv. vor
BJ/mg
Tilv. yðar

Landsvirkjun
Suðurlandsbraut 14
Rvk.

Varðar: Leit að sprungum sem hugsanlega kunna að vera á botni
uppistöðulóns Sigölduvirkjunar

Samkvæmt viðtali við verkfræðinga Landsvirkjunar þann 8. júlí viljum við kynna nánar niðurstöður tilraunamælinga sem gerðar voru við Langölduveitu til að sjá með jarðeðlisfræðilegum aðferðum svörun þekktrar sprungu í móbergi.

Mælingar þessar voru gerðar 7. júlí síðastliðinn. Benda niðurstöður þeirra til þess að full ástæða sé til að ætla að þær geti orðið að gagni við staðsetningu á sprungum, sem leynast undir lausum yfirborðslögum. Þó þarf nánari tilraunir til að fullkomna mæliaðferðir. Einnig þarf að kortleggja þær sprungur sem sjást á flugljósmyndum eins og bent var á í bréfi til Landsvirkjunar 23. júní.

Þá fylgja með greinagerð þessari upplýsingar almenns eðlis um ýmsar jarðfræðilegar mælingar, sem að gagni gætu orðið.

Hér er líka komið á framfæri hugmyndum um aðferðir til leitar að lekastöðum á botni uppistöðulóna.

Vegna þess hve skammur tími er til stefnu væri æskilegast að halda tilraunamælingum áfram sem allra fyrst. Við munum leitast við að hafa tæki og mannafla til reiðu.

Virðingarfyllst

Haukur Tómasson
Haukur Tómasson

Birgir Jónsson
Birgir Jónsson

JARÐEÐLISFRÆÐILEGAR TILRAUNAMÆLINGAR

TIL LEITAR AÐ HULDUM SPRUNGUM VIÐ

LANGÖLDU ÞANN 7. JÚLÍ 1976

Tilraunamælingarnar við Langöldu þann 7. júlí byggðust að sjálfsögðu einungis á þeim tækjum er til voru þegar tilraunin fór fram. Þannig var t.d. ekki gerð spennufallsmæling (PDR bls. 2.3) sem hefur reynst mjög vel erlendis til sprunguleitar. Ef áframhald á að vera á tilraununum þyrfti að prófa hana.

Verður nú fjallað um tilraunina. Staðsetning einstakra mælinga er sýnd á mynd 1.

Hljóðhraðamæling (seismic refraction)

Sex hljóðhraðamælingar voru teknar á svæðinu (LJ-1 - LJ-6), sjá staðsetningarkort á mynd 1. Úrvinnsluaðferð er lýst á bls. 2.1. Allar mælingar voru gerðar á móbergshól, nema LJ-6, sem var á hrauni þar sem talið var að sprungan væri undir. LJ-1, LJ-5 og LJ-6 voru teknar yfir sprungu þá sem sagt var frá í greinagerð til landsvirkjunar dags. 23/6 76.

Samkvæmt staðsetningarkorti (mynd 1) á mæling LJ-1 (mynd 2) að liggja yfir opna sprungu í 19 m fjarlægð frá A. Sá hljóðnemi sem lá næst sprungunni var óvirkur þannig að ekki er hægt að segja nákvæmt til um hvar sprungan er. Á hinn bóginn gefur LJ-1 til kynna tvær sprungur aðra í 70 m fjarlægð frá A og hina í 100 m fjarlægð (mynd 2).

Við LJ-2 (mynd 2) er mikið stökk í hljóðhraða 5-15 m frá A. Einnig kemur fram breyting 80 og 90 m frá A.

Við LJ-3 (mynd 3) virðist sprunga vera 26 m frá A. Nákvæmlega á þeim stað sást gat í jörðina, aðrar mælingar staðfesta einnig að hér gæti verið um sprungu að ræða (sjá mynd 6).

LJ-4 (mynd 3) gefur enga vísbendingu um sprungur enda tekin samsíða sprungustefnu.

Tvær sprungur koma mjög vel fram í LJ-5 (mynd 4), önnur í 16 m fjarlægð frá A og hin í 32 m fjarlægð frá A. Sprungan sem rutt var ofanaf var talin vera í 38 m fjarl. frá A. Er þar því 6 m hliðrun sem gæti verið vegna ófullkominnar staðsetningar.

Í mælingu LJ-6 (mynd 4), sem tekin var á hrauni, virðist sprungan koma vel fram. Svelgir á yfirborði bentu til þess að þarna væri framhald sprungunnar.

Viðnámsmæling

Ein dýptarmæling (bls. 2.2) var tekin á svæðinu til að fá hugmynd um þykkt og gerðir viðnámslaga þar. Hentugt skautabil fyrir lengdarmælinguna var talið út frá henni.

Fjórar lengdarmælingar (bls. 2.2) voru teknar á svæðinu með mismunandi skautabili (mynd 5 og 6). Lengdarmæling með heppilega völdu skautabili sýndi ákaflega vel hvar opna sprungan er (mynd 6).

Segulmælingar

Það er sama um þær að segja og lengdarmælingarnar, sprungan kemur vel fram (mynd 7). Það er einnig athyglisvert hve vel lengdarmælingaferillinn og segulmælingarnar falla saman (mynd 6). Segulmælingarnar eru ákaflega fljótvirkar, og er því auðvelt að taka net af mælingum sem þekja svæðið vel (myndir 8 og 9). Á hinn bóginn er því ekki að leyna að segulsviðið dofna mjög hratt með aukinni þykkt yfirborðslaga þannig að svörun segulmælis verður mjög lítil ef yfirborðslögin eru þykkari en ca. 7-10 m. Mynd 8 sýnir hvernig áður nefnd sprunga kemur út á segulmælingu. Mynd 9 sýnir til samanburðar segulsvið utan við þekta sprungu.

Sjálfsþennumælingar

Þær virðast gefa sámilega raun við sprunguleit (mynd 10). Þær eru hins vegar nokkuð seinvirkar við notkun á landi. Um mælingar með þeim í vatni er fjallað á bls. 3.1.

Niðurstöður

Að framansögðu er ljóst að jarðeðlisfræðilegar mælingar koma vel til greina við leit að huldum sprungum. Mynd 11, sem er samantekt á segul- og þennumælingum yfir sprunguna sýnir að sprungan kemur vel fram. Athuga ber þó að aðstæður voru einstaklega góðar, þar sem tilraunin var gerð, þ.e. vitið var um víða sprungu án fyllingar í móbergi. Yfirborðslögin yfir henni voru 3 m á þykkt.

Nokkrar tilraunir þarf til að skera úr um hvort hægt sé að nota þessar aðferðir við erfiðari aðstæður, svo sem þegar sprungan er í eða undir hrauni, eða ef þétt fylling er í sprungunni.

Eins þarf að athuga hvaða niðurröðun mælinga gefur besta raun. Fyrr er erfitt að segja til um kostnað.

LEIT AÐ HULDUM SPRUNGUM

Í BERGI

Við leit að huldum sprungum koma ýmsar aðferðir til greina. Fáanlegur tækjakostur setur slíkum rannsóknum nokkrar skorður. Kostnaður við framkvæmd hinna ýmsu aðferða er nokkuð mismunandi en á þessu stigi málsins er aðalatriði að finna notagildi þeirra aðferða sem fyrir hendi eru. Hér verður gerð grein fyrir eðli helstu mæliaðferða, þ.e. hljóðhraðamælinga, spennumælinga og segulmælinga.

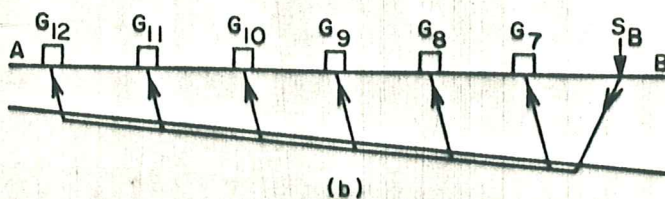
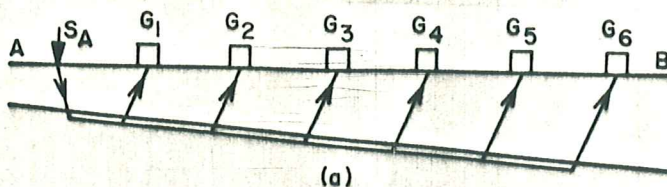
1) Hljóðhraðamælingar (seismic refraction)

Mæliaðferðin byggist á því að jarðskjálftabylgjur eru myndaðar með orkugjafa, yfirleitt sprengingu undir yfirborði jarðar. Hljóðnemar eru lagðir í línu út frá sprengistað og komutími fyrstu jarðskjálftabylgna í þá mældur. Síðan er gert línurit þar sem komutími skjálftabylgna er lagður út á móti fjarlægð hljóðnemanna frá sprengistað. Við það fæst gróf mynd af lögun og gerð jarðlaga undir mælistaðnum (mynd I a og b á bls. 2.2).

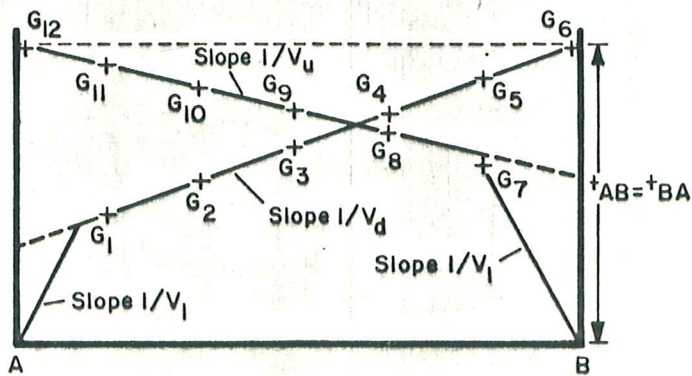
Lóðrétt óregla, t.d. sprunga, undir hljóðnemalínunni veldur seinkun á komutíma fyrstu jarðskjálftabylgjunnar frá orkugjafanum að þeim hljóðnemum, sem eru handan óreglunnar,

Til að minnka óvissu í mælingunni eru yfirleitt gerðar tvær mælingar, þar sem sprengt er við sinn hvorn endann á hljóðnemalínunni (mynd I c bls. 2.2). Sé það gert má nota sér mismun á komutíma fyrstu jarðskjálftabylgna frá sitt hvorum sprengistaðnum til túlkunar á hljóðhraðalögum.

I. Hljóðhraðamæling.



- a) Skotið fá A og komutími fyrstu bylgju mældur í hljóðnemunum $G_1 - G_6$.
- b) Skotið frá B og komutími fyrstu bylgju mældur í sömu hljóðnemunum og í a) (Þeir kallast nú $G_7 - G_{12}$ til aðgreiningar frá a)).



- c) Hljóðhraðalínurit úr mælingu a) og b).

Á það hefur verið bent (Hagerdoorn, 1959, Griffiths and King, 1965, Gurvick, 1972) að þegar þessi mismunur á komutíma er lagður út á línurit á móti fjarlægð frá sprengistað, eiga bylgjur sem koma frá jarðlagi með sama hljóðhraða að falla á beina línu með halla, sem er helmingur af hraða þess lags. Lóðrétt sprunga veldur hliðrun á þessari línu.

2) Spennumælingar

a) Sjálfspennumælingar (mynd II a)

Járnríkir berghleifar, ummyndun bergs, hreyfing á grunnvatni o.s.frv. valda staðbundnu rafsviði. Rafsvið þetta er fundið með því að mæla spennufall milli ákveðinna staða á yfirborði.

b) Viðnámsmælingar (mynd II b)

Í viðnámsmælingu er straumur sendur í jörðina gegnum tvö skaut. Spennufallið er þá mælt yfir hluta af vegalengdinni milli straumskautanna. Hlutfall spennu og straums, margfaldað með konstant háðum bilum á milli rafskautanna, er kallað sýndarviðnám. Sýndarviðnám er fall af því hve straumurinn fer djúpt í gegnum jarðlögin.

Þannig er hægt að nota viðnámsmælingar við dýptarákvarðanir niður á fast berg, jarðvatn o.s. frv. (dýptarmæling).

Sé skautabilinu haldið föstu og mæliuppsetningin færð til í heilu lagi er hægt að ákvarða láréttar breytingar á viðnámi eða dýpi (lengdarmæling). Þessi aðferð kemur því vel til greina við leit að sprungum .

c) Spennufallsmæling (Potential-drop ratio) mynd II c.

Þessi aðferð byggir á samanburði á spennufalli milli mælipunkta þegar straumur er sendur í jörðina. Spennufallamæling hefur reynst

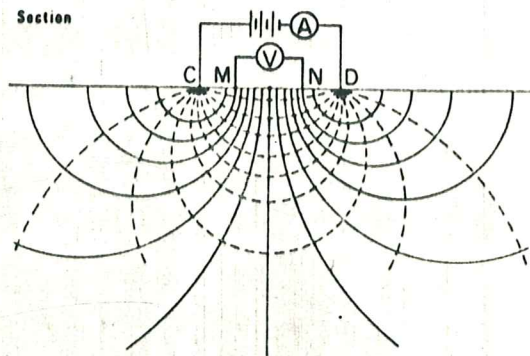
II. Spennumæling.

a) Sjálfspennumæling.



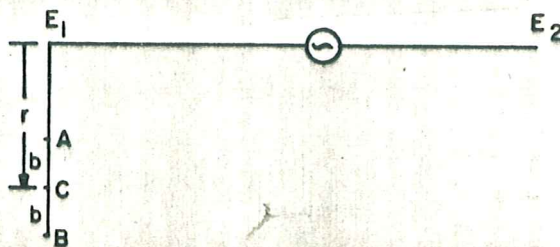
Spennunundur milli tveggja staða á yfirborði mældur.

b) Viðnámsmæling.



Straumur sendur í gegnum tvö rafskaut (C,D) og spennufallið mælt yfir tvö önnur skaut (M,N).

c) Spennufallsmæling (Potential Drop Ratio)



Straumur sendur í gegnum tvö rafskaut (E_1 , E_2). Spennufallið er mælt milli AC annars vegar og BC hins vegar. Breyting á hlutfallinu $\frac{V_A - V_C}{V_C - V_B}$ eftir fjarlægðinni r frá E_1 getur gefið

mjög sterklega til kynna hvar lóðréttur strúktúr (t.d. sprunga) er.

sérlega hentug erlendis til að kanna lóðrétt skil eins og t.d. sprungur og misgengi. Hérlandis hefur hún okkur vitanlega ekki verið notuð.

3) Segulmælingar

Tveir þættir ákvarða segulmögnun bergs:

- a) Magnetítinnihald þess
- b) Hita- og kraftverkanir, sem valda staðbundnu segulsviði. Þetta staðbundna segulsvið getur oft gefið mjög góða vísbendingu um hvar sprungur eru huldar undir.

MÖGULEGAR LEIÐIR VIÐ LEIT

AÐ LEKA Í UPPISTÖÐULÓNUM

Hér verður í stuttu máli lýst aðferðum sem til greina koma við leit að leka í lónum, þ.e. sjálfspennumælingum, straumhraðamælingum, hitamælingum og jarðvatnsmælingum.

1. Sjálfspennumælingar

Sýnt hefur verið fram á að streymi vatns gegnum gleypt (permeable) efni spanar upp rafsvið. Spenna rafsviðsins er að mestu í beinu hlutfalli við gegnumstreymið. Þó geta önnur atriði haft nokkur áhrif á spennuna. Meðal annars getur hár lektarstuðull, t.d. þar sem opnar sprungur eru í bergi, breytt þessu sambandi spennu og streymis nokkuð.

Til þess að finna neikvæð frávik í sjálfspennu, en slíkt bendir til leka, eru notuð tvö rafskaut, fast viðmiðunarrafskaut í landi og annað færanlegt, sem dregið er eftir vatnsbotninum að hinu skautinu. Fasta skautinu er valinn staður þar sem stöðug jarðspenna er. Spennufrávik milli skautanna er mælt. Þannig má mæla net af lónum.

Auk þess að staðsetja leka gefa frávik í jarðspennu góða hugmynd um stærðargráðu leka á mismunandi svæðum miðað við heildarleka úr lóninu.

Sjálfspennumælingar má einnig gera á bökkum umhverfis lón til að finna rennsli út frá lóninu á mismunandi stöðum. Með því að endurtaka slíkar mælingar má finna hvort leki á ákveðnum svæðum breytist. Í því sambandi má benda á nauðsyn þess að finna sprungur sem gætu orðið útrennsliisleiðir og grafist út. Þyrfti að hefja spennumælingar yfir þær sem fyrst svo hægt sé með samanburðarmælingum að fylgjast náið með breytingum sem yrðu við fyllingu lóns.

2. Straumhraðamælingar

Nokkrar tilraunir hafa verið gerðar í Langölduveitu með straumhraðamælingar til staðsetningar á leka í Langavatni. Þær hafa að vísu ekki gefið neina skýra mynd af lekadreifingu á botni vatnsins.

Orsakir þessa gætu að einhverju leyti verið vegna þess að mikill hluti Langavatns er það grunnur að straumar vegna mishita í vatninu trufla mælingar, og tæki þau sem notuð voru sýndu einungis lárétta straumstefnu og straumhraða. Þrátt fyrir að þessar tilraunir urðu ekki árangursríkari er sjálfsagt að straumhraðamælingar yrðu gerðar jafnframt öðrum athugunum.

3. Hitamælingar

Þar sem vatnsdýpi er nægilegt til að mælanlegur lóðréttur hitastigull myndist í vatninu yrði sennilega frávik í botnhitastigi við mismunandi leka. Þetta ætti að vera hægt að nota sem samanburð og stuðning við aðrar mælingar.

4. Jarðvatnsmælingar

Með mælingum á jarðvatnsstöðu umhverfis lónið mætti fá vísbendingu um lekasvæði á lónbotni. Ef blandað er saltupplausnum í vatni í borholum umhverfis lón er hægt með viðnámsmælingum að finna stefnu og hraða jarðvatnsstreymis frá lóninu. Endurteknar slíkar mælingar, ásamt samfelldum jarðvatnsmælingum, gætu gefið upplýsingar um lektarstuðul jarðvatnsgeymisins og magn innstreymis í hann.

Niðurstöður

Æskilegt er að nota ofangreindar mæliaðferðir samhliða. Eðlilegast væri að hver þeirra um sig verði reynd sem fyrst á og við Langavatn, þar sem lekasvæði eru að nokkru þekkt. Ef þær tilraunir gæfu jákvæðan árangur þyrfti að smíða "mælikanna" til að draga eftir vatnsbotni. Slíkt tæki þarf að vera búið eftirfarandi:

- a. skauti til mælinga á sjálfspennu
- b. "multidirectional" straumhraðaskynjara
- c. hitaskynjara
- d. þrýstiskynjara til dýptarmælinga

Við samanburð á þessum fjórum mælingum ætti að fást samræmd mynd af leka og lekasvæðum á lónbotninum.

Endurteknar mælingar af þessu tagi gæfu til kynna breytingar. (þéttingu eða útvöskun) á einstökum svæðum.

Ekki verða séðir neinir tæknilegir örðugleikar á framkvæmd ofanefndra mælinga. Helsti þröskuldurinn yrði sennilega tímaskortur við útvegum efnis, t.d. kapals, mælikanna, skrifara og fl. og smíði og kvörðun tækja.

HEIMILDIR

Stuðst var við eftirfarandi heimildir.

KAFLI 2

Dobrin, M.,B., 1960, Introduction to Geophysical Prospecting. 446 bls
Mc Graw-Hill, London.

Griffiths, D.H. and King, R.F., 1965, Applied geophysics for engineers
and geologists 223 bls. Pergamon Press. Oxford.

Gurvids, I., 1972, Seismic Prospecting, 465 bls, MIR. Moscow.

Hafeldoorn, J.G., 1959, The Plus-minus Method of Interpreting Seismic
Refraction Sections. Geophys. Prospect., 7 bls. 158-183

Heiland, C. A., 1946, Geophysical Exploration. 1013 bls. Prentice
Hall. New York

Parasnis, D.S., 1971, Principles of Applied Geophysical. Chapman and
Hall Ltd. London.

KAFLI 3

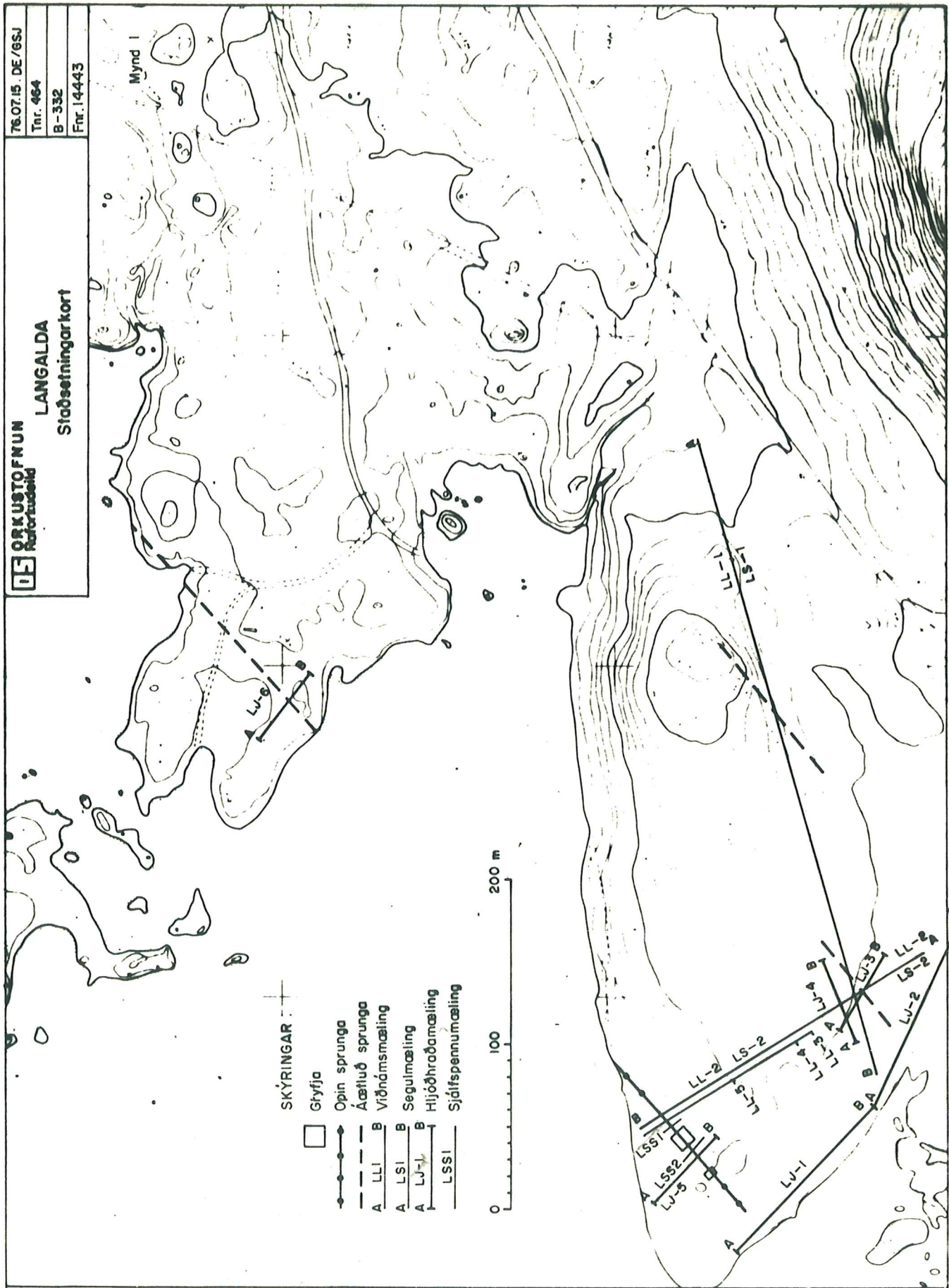
Bogoslovsky, V.A. and Ogilvy, A.A. 1970, Natural potential anomalies
as a quantitative index of the rate of seepage from water
resevoirs: Geophysical Prospecting 17, 36-62.

Bogoskovsky, V.A. and Ogilvy, A.A. 1971, Application of Geophysical
Methods for Studying the Technical Status of Earth Dams:
Geophysical Prospecting 18, 758-773.

Ogilvy, A.A., Ayed, M.A. and Bogoslovsky, V.A. 1969, Geophysical studies of water leakages from resevoirs: Geophysical Prospecting 27, 36-62.

76.07.15. DE/65J
 Tr. 464
 B-332
 Fr. 14443

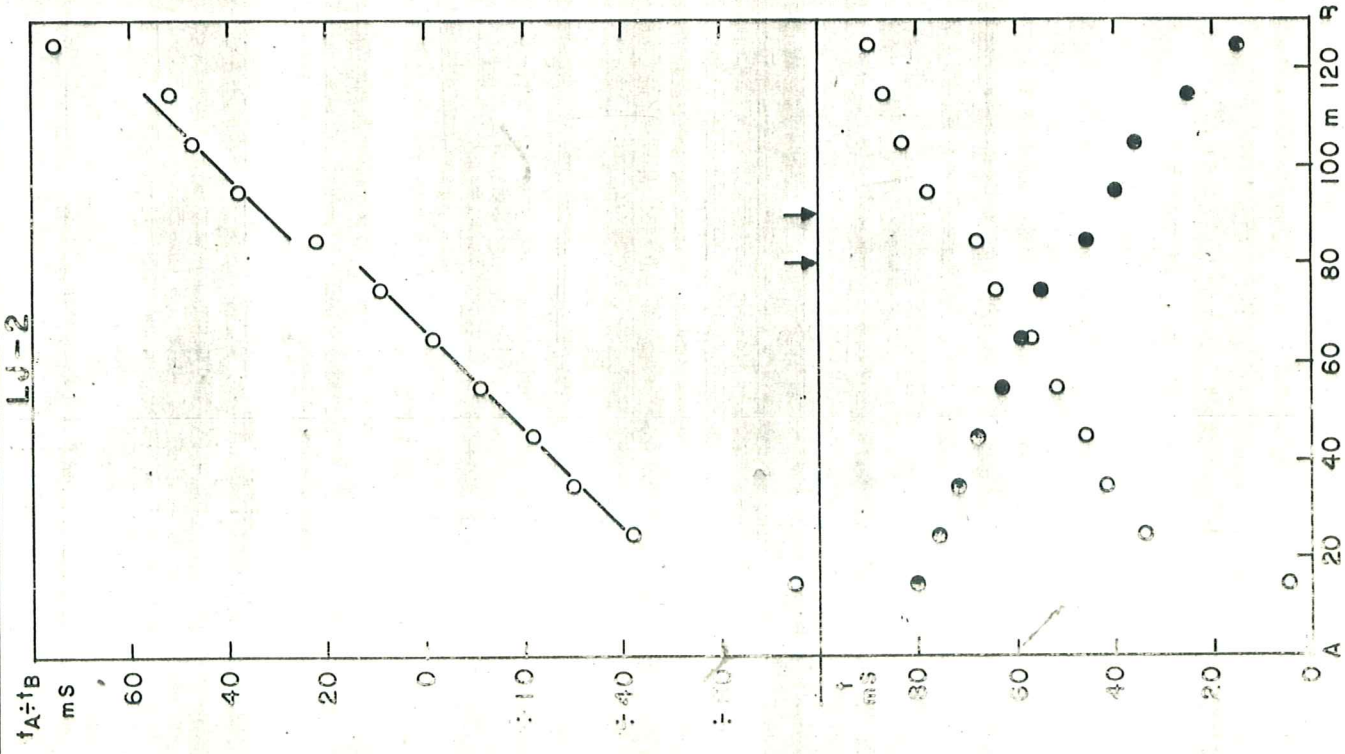
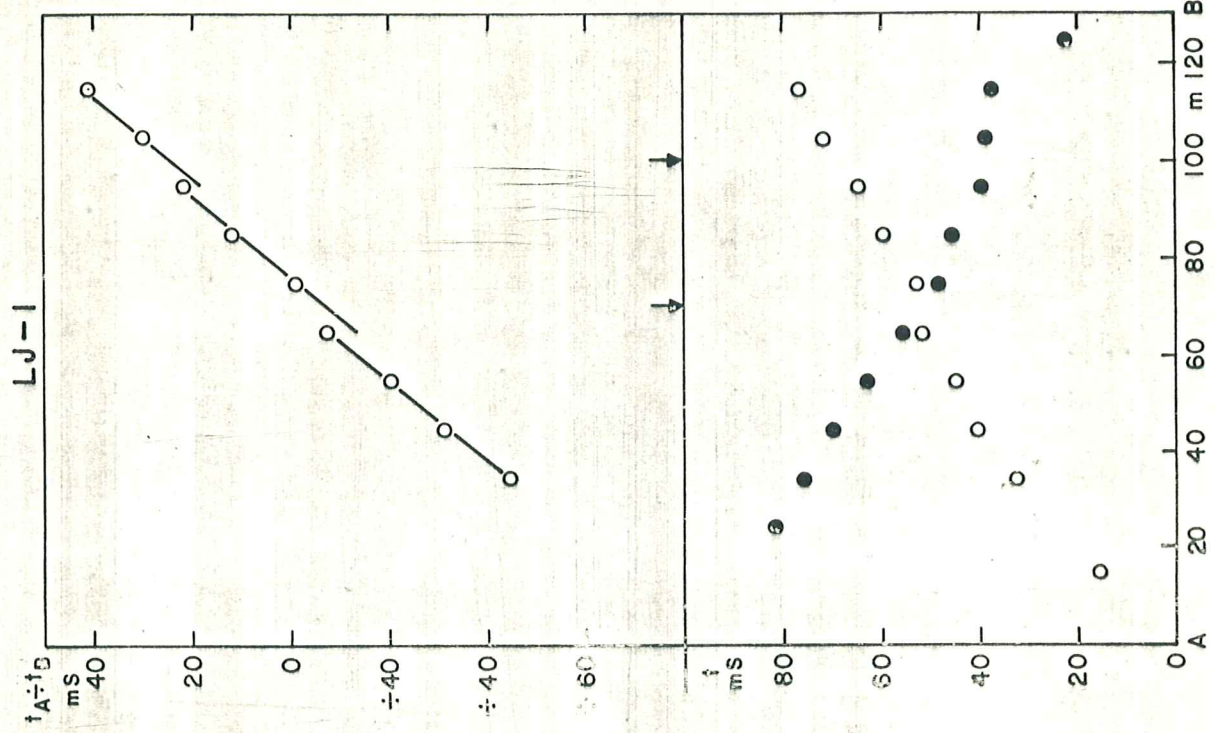
ORKUSTOFNUN
 Raforkustahild
LANGALDA
 Staðsetningartort



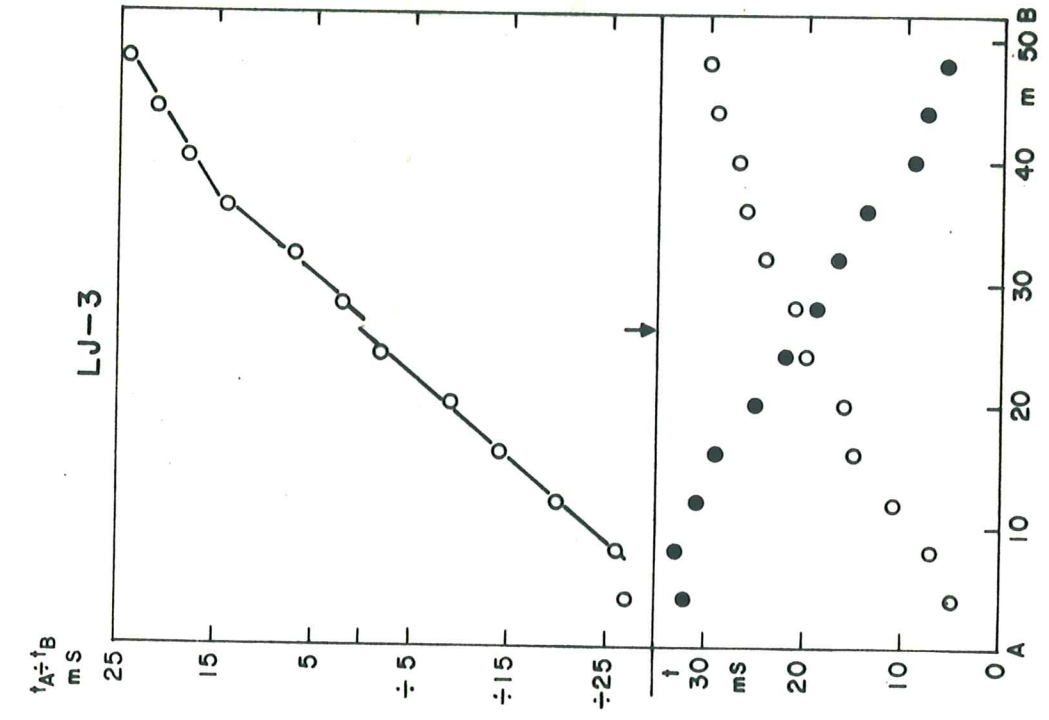
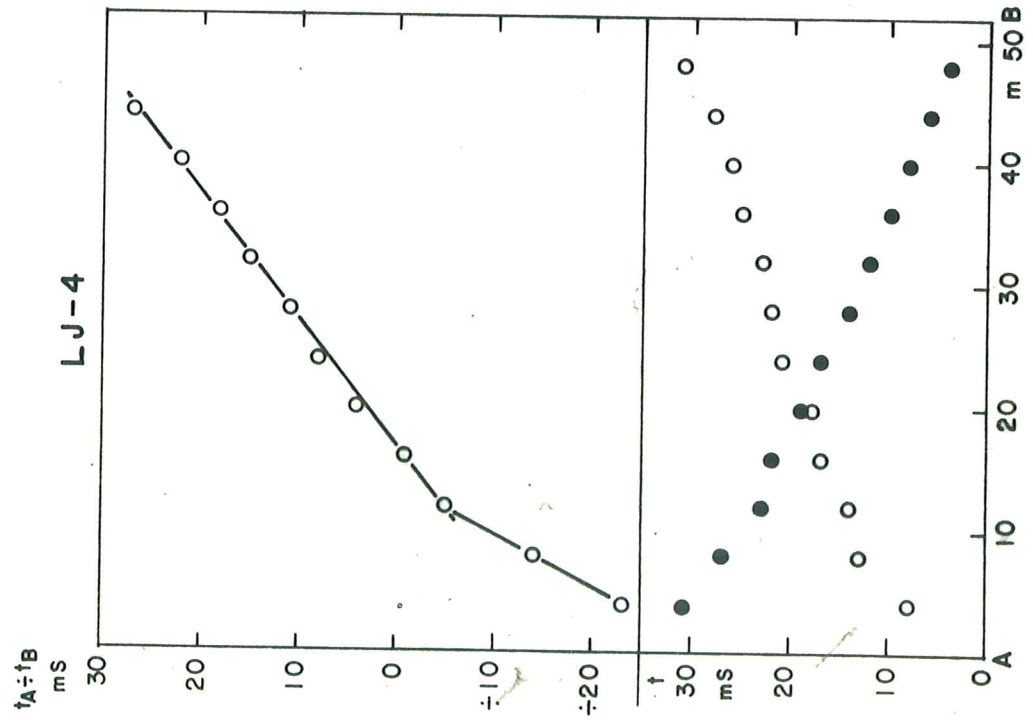
1976 07.12. DE/Fb/Gjoc
 B-332 J-Jarðavm.
 Thr. 458 Thr. 334
 Fnr. 14422

ORKUS. F. NUN
 Raforkuddeld
 LANGALDA
 Hijóðhraðamælingar LJ-1 og LJ-2

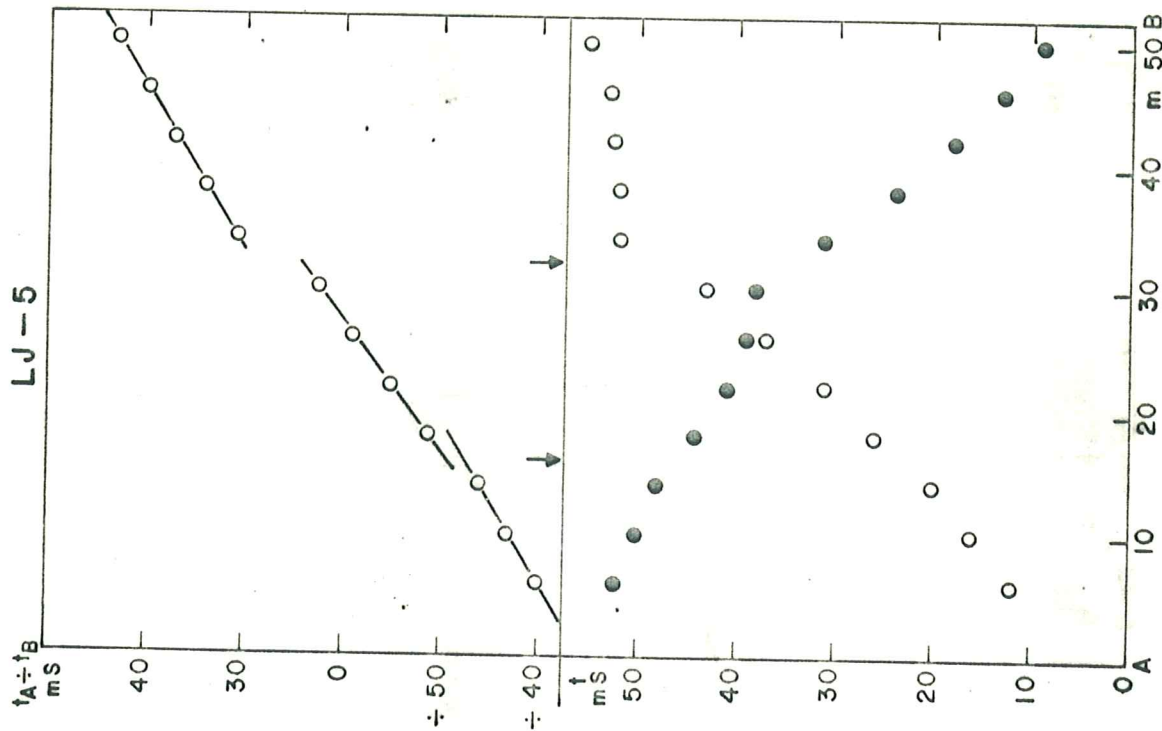
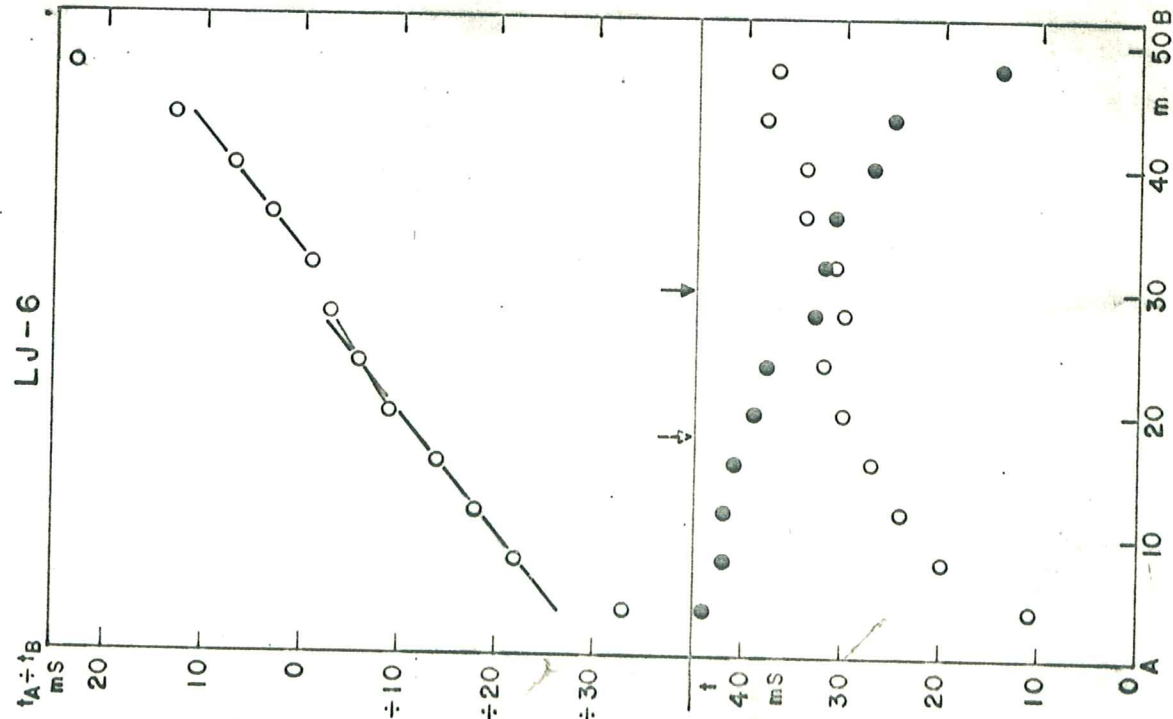
Mynd 2



Mynd 3



Mynd 4





ORKUSTOFNUN
Raforkudeild

LANGALDA

Lengdarmæling LL-4 og LL-5

'76-07-12.D.E./F.P./Ó.D.

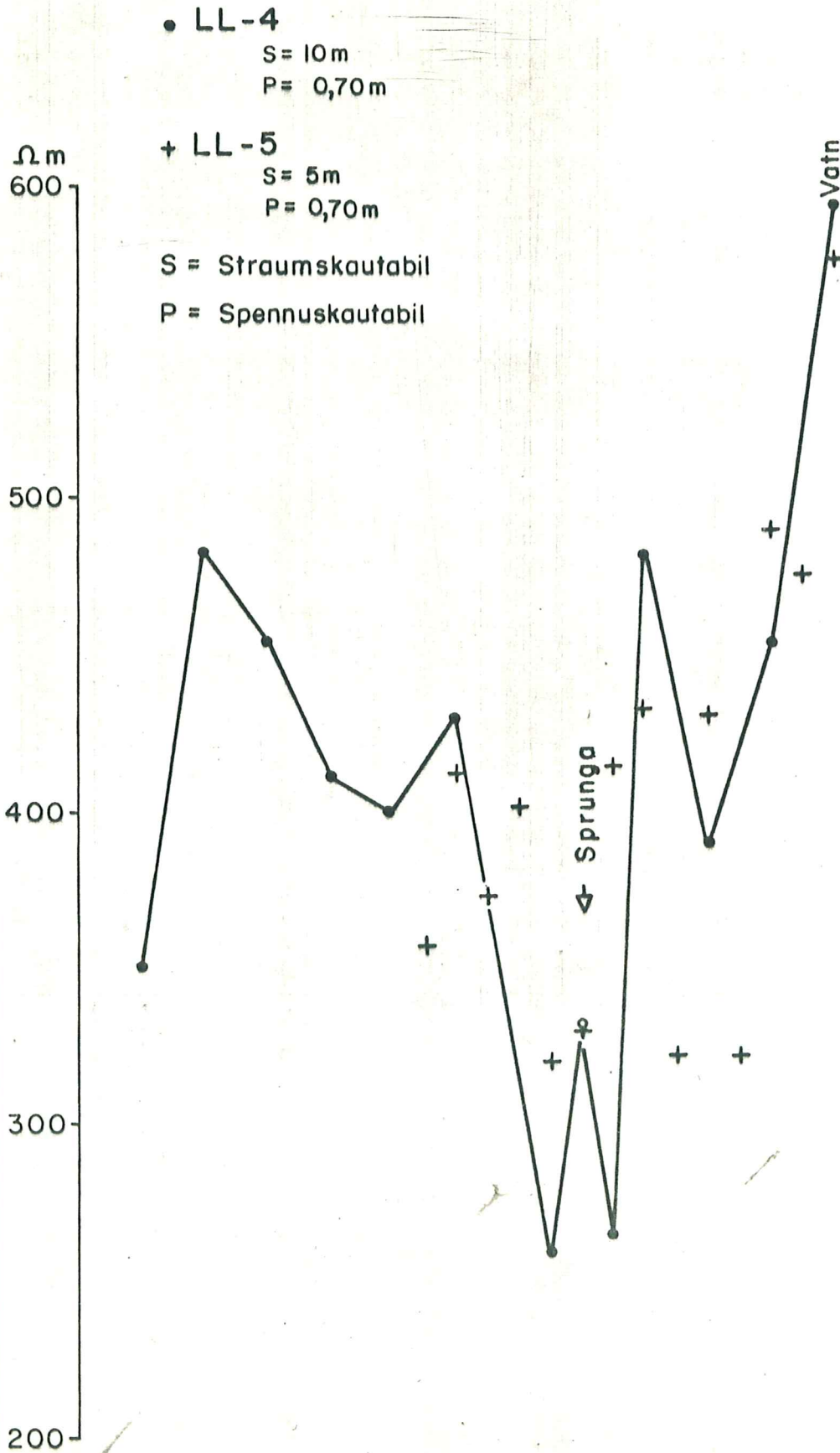
Tnr.459 Tnr.226

B-332 J-Sequlm.

Fnr. 14421

Mælt '76-07-08.F.R/D.E.

Mynd 5





ORKUSTOFNUN
Raforkudeild

LANGALDA

Lengdarmæling LL-1
Segulmæling LS-1

'76-07-12.D.E./F.P./O.D

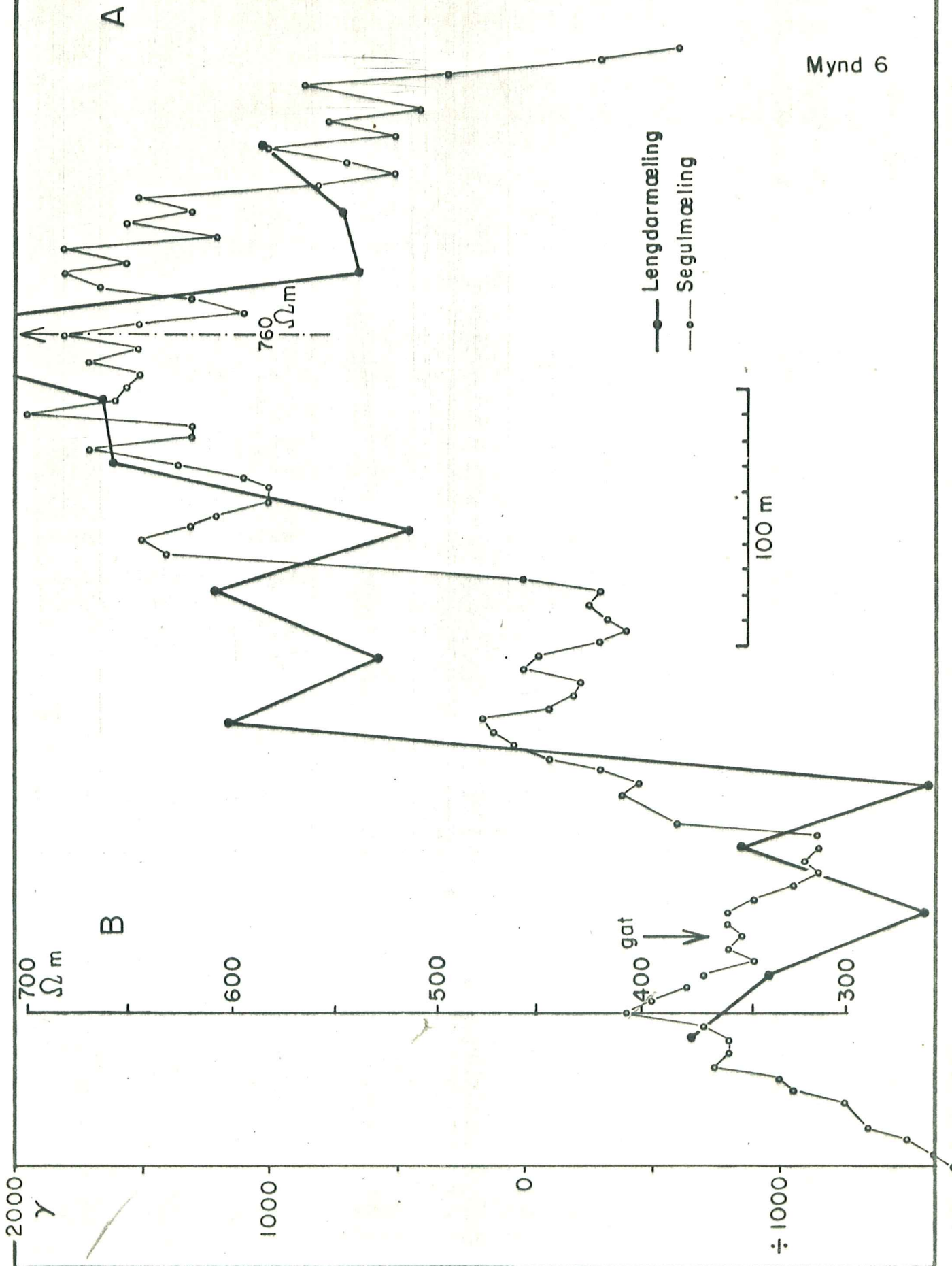
Tnr 456 Tnr. 225

B-332 J-Segulm.

Fnr. 14420

Mælt '76-07-08. F.R/D.E.

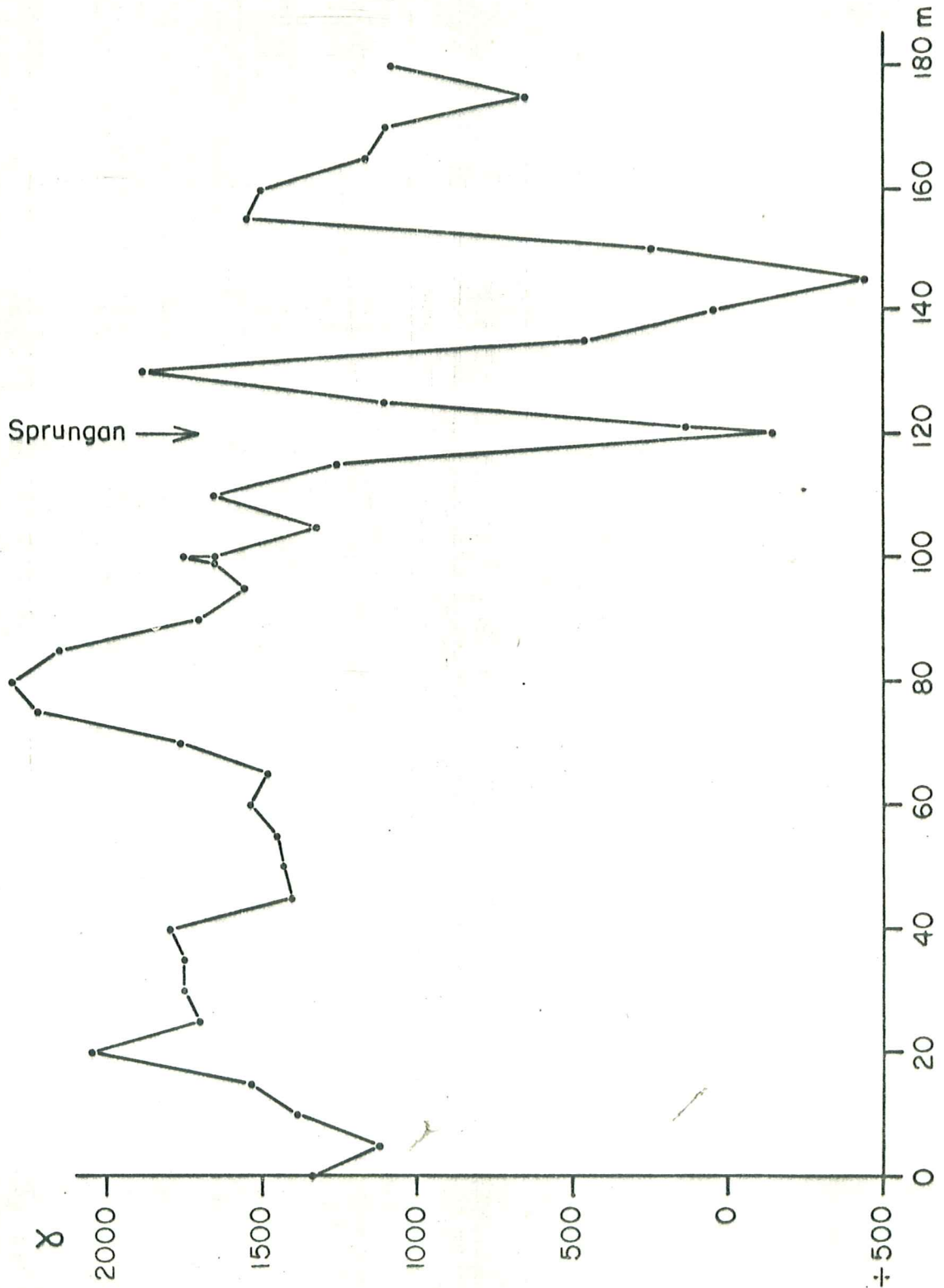
Mynd 6





LANGALDA
Segulmæling LS-3

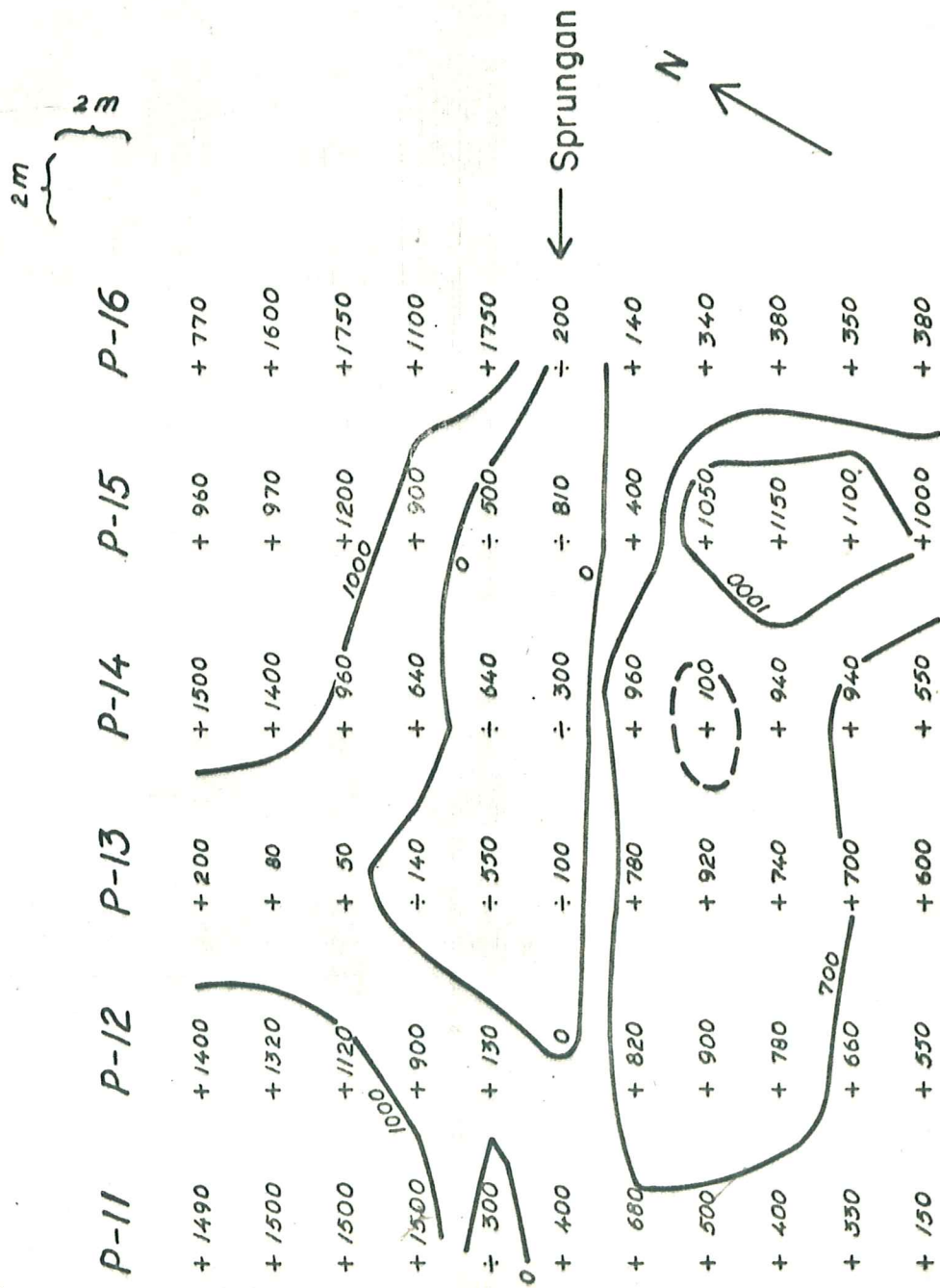
Mynd 7





Mynd 8

Séð ofan frá



mælt af HG og FP
Dags. 76.07.09.

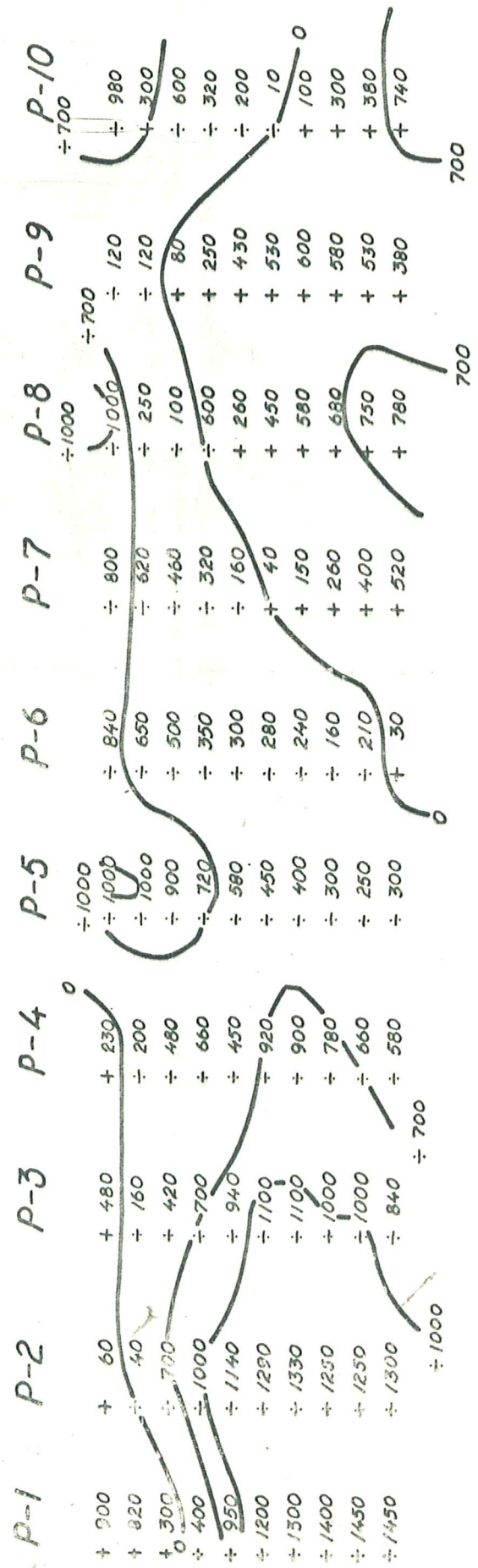


LANGALDA
Segulmæling

76.07.12. Fp/GSJ
Tnr. 455 Tnr. 224
B-332 J-Segulm.
Fnr. 14419

Mynd 9

Séð ofan frá



mælt af HG og Fp
Dags. 76.07.08.



ORKUSTOFNUN
Raforkudeild

LANGALDA
Sjálfsþennumælingar

1976 07.14.JH/DE/Gyð

B-332 J-Segulm.

Tnr.462 Tnr.230

Fnr.14437

Mynd 10

