

MÁ EKKI FJARLÆGJA

HAUKADALSÁ LÍKANTILRAUNIR

**GERT FYRIR
VATNAMÆLINGAR OS**

**ORKUSTOFNUN STRAUMFRÆÐISTÖÐ
NEA HYDRAULIC LABORATORY
REYKJAVÍK ICELAND**

ORKUSTOFNUN

STRAUMFRÆDISTÓÐ

MÁ EKKI FJALÆGJA

HAUKADALSÁ LÍKANTILRAUNIR

**GERT FYRIR
VATNAMÆLINGAR OS**

JÓNAS ELÍASSON

BJÖRN ERLENDSSON

GUNNAR GUNNARSSON

OSSFS 7505

OSROD 7512

APRIL 1975

E F N I S Y F I R L I T

	bls.
1. Formáli og ágríp	1
2. Fyrirkomulag tilrauna	3
3. Kalibrering á líkani	4
4. Framkvæmd tilrauna	6
5. Niðurstöður	7

M Y N D S K R Á

1. Dýptarmæling.	
2. Lokamæling.	
3. Mæling á lykli.	
4. Langsnið.	
5. Lykill í log-log kvarða.	
6. Bakvatn.	
7. Mæling á lykli.	
Útrennsli úr Haukadalsvatni.	
8. Haukadalsá, líkanbygging.	
9. " "	
10. Horft upp eftir ánni. Rennsli $6 \text{ m}^3/\text{s}$.	
11. " niður " " " "	
12. " upp " " " $70 \text{ m}^3/\text{s}$.	
13. " niður " " " "	
14. " upp " " " $140 \text{ m}^3/\text{s}$.	
15. " niður " " " "	

1. Formáli og ágríp

Áður en Straumfræðistöð Orkustofnunar var byggð, var athugað hvaða verkefni kæmu helst til greina fyrir hana, og var þá meðal annars rætt um möguleika á að byggja líkön af rennslismælistöðum og mæla upp lykla.

Tilgangurinn með slíkum mælingum yrði að fá lykil fyrir herra og/eða lægra rennslisli en náðst hefðu mælingar á, á rennslismælistaðnum sjálfum. Með því mundu sparast margar og ef til vill margar árangurslausar ferðir hjá Vatnamælingamönnum á einn og sama rennslismælistað, því hátt og lágt rennslisli eru tiltölulega sjaldgæfir atburðir, og standa stutt.

Þórsenda þess, að slíkt sé hægt, er að vatnshæðarmælirinn sé stöðugur, það er að hið ráðandi þversnið breytist ekki, en einmitt á þann hátt eru vatnshæðarmælar staðsettir af vatnamælingum, sé þess nokkur kostur.

Nákvæmnin í þessum mælingum er allnokkru minni en í mælingum á sjálfum staðnum, eins og að líkum lætur. Ennfremur þarf að nota allmargar rennslismælingar til að stilla líkanið, en þessar rennslismælingar mega vera af algengasta rennslinu.

Að frumkvæði Sigurjóns Rist, vatnamælingamanns var síðan ákveðið að gera líkan af Haukadalsá í Dölum. Þar vantaði lykil á allnokkru rennslisbili, þó ekki stærra en svo að góður samanburður var mögulegur milli líkanmælinganna og rennslismælinganna á staðnum og nákvæmni og hentugleiki þessarar aðferðar til að mæla lykla mundi koma vel fram.

Líkanið var síðan byggt og tilraunirnar gerðar eftir mælingum og fyrirsögn vatnamælingamanna, svo sem fram kemur í skýrslu þessari. Niðurstöður eru helstar:

Góð mæling náðist af lyklinum við rennslisli 0 - 140 m³/sek. (Mynd 3). Mæling á bakvatnsáhrifum sýna, að þau eru engin teljandi, þegar bakvatnsborð er neðan við eða jafnhátt rennslismæli.

Mæling var gerð af sambandi vatnshæðar og rennslis út úr sjálfu vatninu (Mynd 7).

Samanburður við reikninga sýnir, að hið ráðandi þversnið er stöðugt, miðað við reikningslega þröskuldshæð 128 sm í kerfi vatnamælinga (Mynd 4 og 5).

Nákvæmni aðferðarinnar er góð, frávik mælinga í líkani eru ekki meiri en frávik á rennslismælingum innbyrðis (Mynd 3).

2. Fyrirkomulag tilrauna

Mælingar voru framkvæmdar í líkani sem byggt var í kvarða 1:25, sú mæling af ánni, sem lögð var til grundvallar, er framkvæmd af Eberg Ellefsen hjá Vatnamælingum OS og eru mælniðurstöður og útreikningur af þeim varðveittur hjá Straumfræðistöðinni.

Líkanið er sýnt á mynd nr. 1. Líkanið er byggt þannig að naglar voru negldir á planka, einn planki fyrir hvert þversnið í ána sem mælt var. Plankarnir voru síðan settir saman á gólfi Straumfræðistöðvarinnar í réttri innibyrðis afstöðu og settir í rétta hæð. Utanmeð voru múraðir upp veggir og þéttir með steypuþéttiefni. Síðan var líkanið fyllt af sandi, en síðan steipt 4. sentimetra lag yfir, og yfirborð þess látið fylgja áðurnefndum nöglum. Yfirborð líkansins var síðan þétt með þéttiefni.

Mælingar í líkaninu voru framkvæmdar sem rennslismælingar og vatnshæðarmælingar. Rennslimælingarnar voru framkvæmdar í mæliyfirfalli Straumfræðistöðvarinnar, sem mælir rennsli með meira en 1% nákvæmni á því rennslissviði, sem notað var. Vatnshæðarmælingar voru flestar framkvæmdar í brunni, sem tengdur var með plastslöngu við þann stað í líkaninu, sem samsvarar endanum á því röri, sem tengir mælibrunn Vatnamælinga við ána, vatnshæðarmælingar þessar eru því beint samþæringar við niðurstöður vatnamælinganna. Aðrar vatnshæðarmælingar voru framkvæmdar í vatninu sjálfu og fyrir neðan líkan til könnunar á innrennslisskilyrðum og útrennslisskilyrðum.

Strax við fyrstu mælingar kom í ljós, að líkanið var ekki nógu hrjúft. Kom þá Sigurjón Rist og Vatnamælingamenn og var mól dreift í ána samkvæmt þeirra fyrirsögn. Var mölin höfð af þeim stærðarflokki, sem svarar til stærðar á

botngrjóti í ánni, í kvarða 1:25. Er því var lokið var mölin fest með því að sprauta yfir hana acryllakki. Slíkt er að jafnaði nauðsynlegt í slíkum tilraunum sem gerðar eru eftir Froudes líkanlögmáli, en þá verður Reynoldstala líkansins lægri en fyrirmyndarinnar í hlutfallinu líkankvarðinn í veldinu 1,5.

3. Kalibrering á líkani

Við kalibreringu á líkaninu var notaður lykill Vatnamælinga. Til grundvallar honum liggja þær rennslismælingar sem hér eru birtar:

Mæling dags.	vatnshæð sm	rennsli m ³ /sek
7.8.1956	132	1,67
19.8.1957	148	5,22
19.11.60	131	1,65
15.6.65	151	6,70
24.7.67	136	2,40
13.5.1970	181.5	26,60
7.9.70	153	6,70
25.6.73	172	15,3
16.8.73	151	6,30
31.8.73	148	5,10
8.6.74	154	6,2
3.8.74	134	1,4
3.8.74	114	0

Við fyrstu rennslismælingar í líkaninu kom í ljós að líkanið gaf meira rennsli við gefna vatnshæð en vera átti samkvæmt þessum lykli. Þetta táknar að steypan í líkaninu er ekki nógu hrjúf. Í sjálfri ánni eru ójöfnur botnsins aðallega grjót, en það liggur ekki jafndreift yfir botninn heldur á ákveðnum svæðum. Til þess að rétt rennsli náist við allar vatnshæðir,

sem máli skipta verða tilsvarendi svæði í líkaninu að vera þakin grjóti, og þau sem eru það í fyrirmyndinni. Til að fá réttann hrjúfleika í líkanið var til kvaddur Sigurjón Rist og vann hann ásamt vatnamælingamönnum, Eberg Ellefsen og Davíð við að þekja rétta staði í ánni með mól af hæfilegri stærð. Var verkinu hagað þannig að fyrst var lagt lítið af mól og mælt hvort rennslismælingar þössuðu við lykil. Malarsvæðunum var síðan smábreytt uns allar rennslismælingar þössuðu við lykilinn. Eftir allnokkra vinnu tókst að fá líkanið til að gefa sömu niðurstöðu og allar rennslismælingar lykilsins, nema ein mæling dags. 25.6.1973 172 sm $15.3 \text{ m}^3/\text{sek}$. Líkanið gaf niðurstöðu sem svarar $3 \text{ m}^3/\text{sek}$ hærra rennsli við þessa vatnshæð, þetta er það lítil skekkja að margar orsakir geta verið að henni svo látið var kyrrt liggja og ekki frekari skýringa á henni leitað enda allar aðrar rennslismælingar lykilsins komnar fram í líkaninu með góðri nákvæmni, næst . stærsta skekkjan reyndist vera um $1.5 \text{ m}^3/\text{sek}$.

Þegar þessum aðgerðum var lokið var mölin fest með því að sprauta yfir hana örþunnu lagi af acryllakki. Slíkt gerir kornin hálarí og vinnur þannig á móti minnkun Reynoldstölunnar. Áhrif minnkaðrar Reynoldstölu eru aðallega þau, að núningurinn (skin friction) verður hlutfallslega of stór, þannig að líkansteinar þyrftu að vera úr þyngra efni en venjulegt grjót til að fara ekki af stað við mikið rennsli.

4. Framkvæmd tilrauna

Fyrsta atriði mælinganna var að mæla upp lykilinn. Samkvæmt ósk Vatnamælinga var hann mældur upp að rennsli $140 \text{ m}^3/\text{sek}$, sem er allt að sex sinnum meira rennsli en hæsta rennslismæling sem náðst hefur til þessa. Var mælt fyrir vaxandi og minnkandi rennsli til að útrýma sem best hugsanlegum mæliskekkjum. Enginn marktækur munur fannst á hegðun líkansins fyrir vaxandi og minnkandi rennsli, sem gefur til kynna að mælipversniðið sé ráðandi þversnið á öllu því rennslissviði sem athugað var. Niðurstöður eru sýndar á mynd 3. Rennslismælingar á lykli eru þar einnig til samanburðar.

Þessi mæling var endurtekin með nokkuð reglulegu millibili meðan á öðrum mælingum stóð til að fylgjast með, hvort líkanið breytti sér eitthvað. Reyndist líkanið stöðugt meðan á mælingum stóð.

Næsta atriði mælinganna var að athuga bakvatnsáhrif. Notuð var sú aðferð að settur var þröskuldur í útrennslið og vatnshæðir á rennslinu yfir þröskuldinn og á rennslismælistaðnum mældar samtímis. Þessi mæling var endurtekin fyrir 3 hæðir á þröskuldinum og sýna þar með hvað bakvatn þarf að standa hátt til að lykillinn truflist

Að lokum var mælt í stöðuvatninu. Ljóst er að útrennslið frá stöðuvatninu fer um ráðandi þversnið, svo vatnshæðarmælingar í vatninu jafngilda rennslismælingum svo framarlega sem útrennslissniðið úr vatninu breytir sér ekki. Var lykillinn fyrir útrennslið mældur upp sem síðasti liður tilraunarinnar ef vera kynni að hagræði yrði talið að því að setja vatnshæðarmæli í vatnið einhverntíma í framtíðinni.

5. Niðurstöður

Hinn nýji lykill er sýndur á mynd 3. Hann gefur lítið eitt minna rennsli en sá sem notaður hefur verið fram að þessu, eftir að komið er upp fyrir rennslismagn $50 \text{ m}^3/\text{sek}$ eða þar um bil.

Til að athuga áreiðanleika hins nýja lykils var gerð athugun á eiginleikum rennslisins. Á mynd 4 er sýnt langsnið í mælinguna, sem líkanið er byggt eftir. Hin mældu snið eru teiknuð inn og vatnsborðið, einnig er sýnt meðaldýpið í hverju sniði og það dýpi sem myndi vera ef farvegurinn væri jafnbreið renna 42 m á breidd, en það er breidd farvegsins á þeim stað þar sem ráðandi þversnið er. Kemur í ljós að rennslið er rennsli yfir þröskuld, og er dýpið á þröskuldinum 0.265 m að meðaltali. Reiknuð er Froudes tala fyrir rennslið

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gD}} = \frac{Q}{B \cdot D \cdot \sqrt{gD}} = 0.59$$

Í ráðandi þversniði er raunverulega Froudes tala

$$Fr = 1$$

Sé reiknað með þessu fast að dýpið þarf að vera

$$D = 0.19 \text{ m}$$

Mismunurinn á þessu dýpi og hinu raunverulega er jaðarlagsþykktin (boundary layer displacement thickness). Reikningsleg þröskuldhæð verður þá

$$H = 14' - 0.19 = 128 \text{ sm}$$

Ef hið ráðandi þversnið er stöðugt, og ef hægt er að skrifa þversniðsflatarmálið, sem veldisfall af dýpinu verður rennslið líka veldisfall af vatnshæðinni yfir þröskuld. T.d. ef þversniðið er parabóla fæst

$$Q \sim A \cdot v \sim B \cdot D \cdot v \sim \sqrt{D} \cdot D \cdot \sqrt{gD} \sim D^2$$

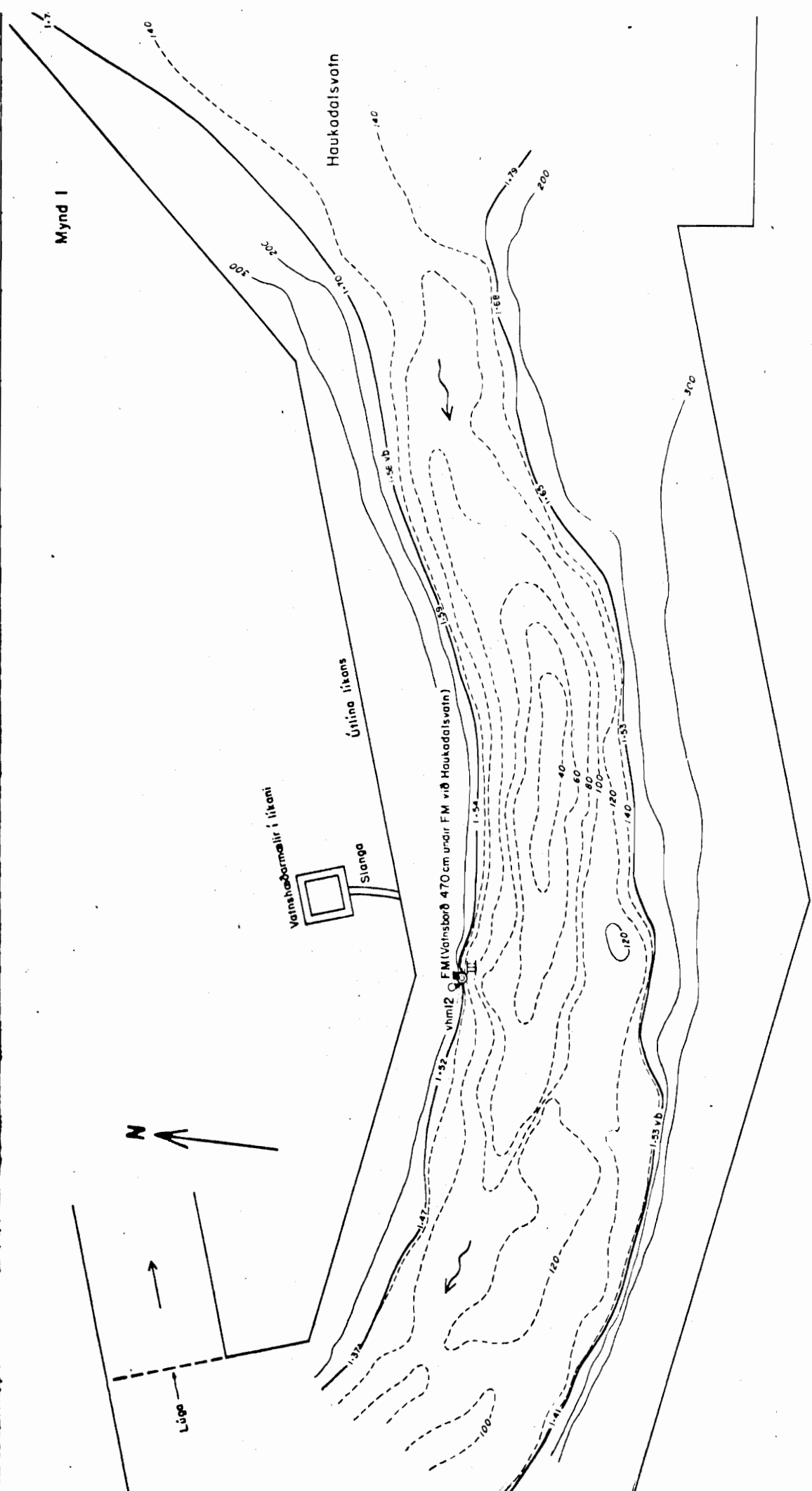
Á mynd 5 er rennslið Q sett út á móti h-128. Fyrir rennsli $Q > 10 \text{ m}^3/\text{s}$ kemur fram bein lína með hallanum 1:1.9 sem sýnir, að þversniðið er ráðandi þversnið sem er í lögum nokkurnvegin eins og parabóla.

Á mynd 6 er mæling af bakvatnsáhrifum. Stöður I, II og III eru mismunandi hæðir á útrennslisþröskuldinum. Ferillinn fyrir stöðu I er sá sami og lykillinn á mynd 3 og engin bakvatnsáhrif eru í þeirri stöðu. Við mesta rennsli í þessari stöðu komst bakvatnið í 243,7 sem er 0.3 sm yfir vatnshæðarmælinum, en það sýnir að bakvatnið getur farið upp sem svarar efsta vatnsborði að minnsta kosti áður en ráðandi rennslið truflast.

Í stöðu II koma bakvatnsáhrif í ljós þegar rennslið er meira en $27.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Í þeirri stöðu er neðra vatnsborð 5.5 sm hærra en mælist við rennslið $27.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Í stöðu 3 koma bakvatnsáhrif í ljós þegar rennsli er meira en $10 \text{ m}^3/\text{s}$ í þeirri stöðu er bakvatnið 2 sm hærra en mælirinn.

Bakvatn hefur því ekki teljandi áhrif, fyrr en bakvatnshæðin er komin upp fyrir mælinn.



Mynd I

Haukadalsvatn

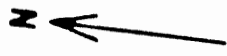
Útina líkans

Vatnsbormælir í líkani

Slanga

FM (Vatnsborð 470 cm undir FM við Haukadalsvatn)

vhm12



Lúga

Máttúra



Líkan



ORKUSTOFNUN

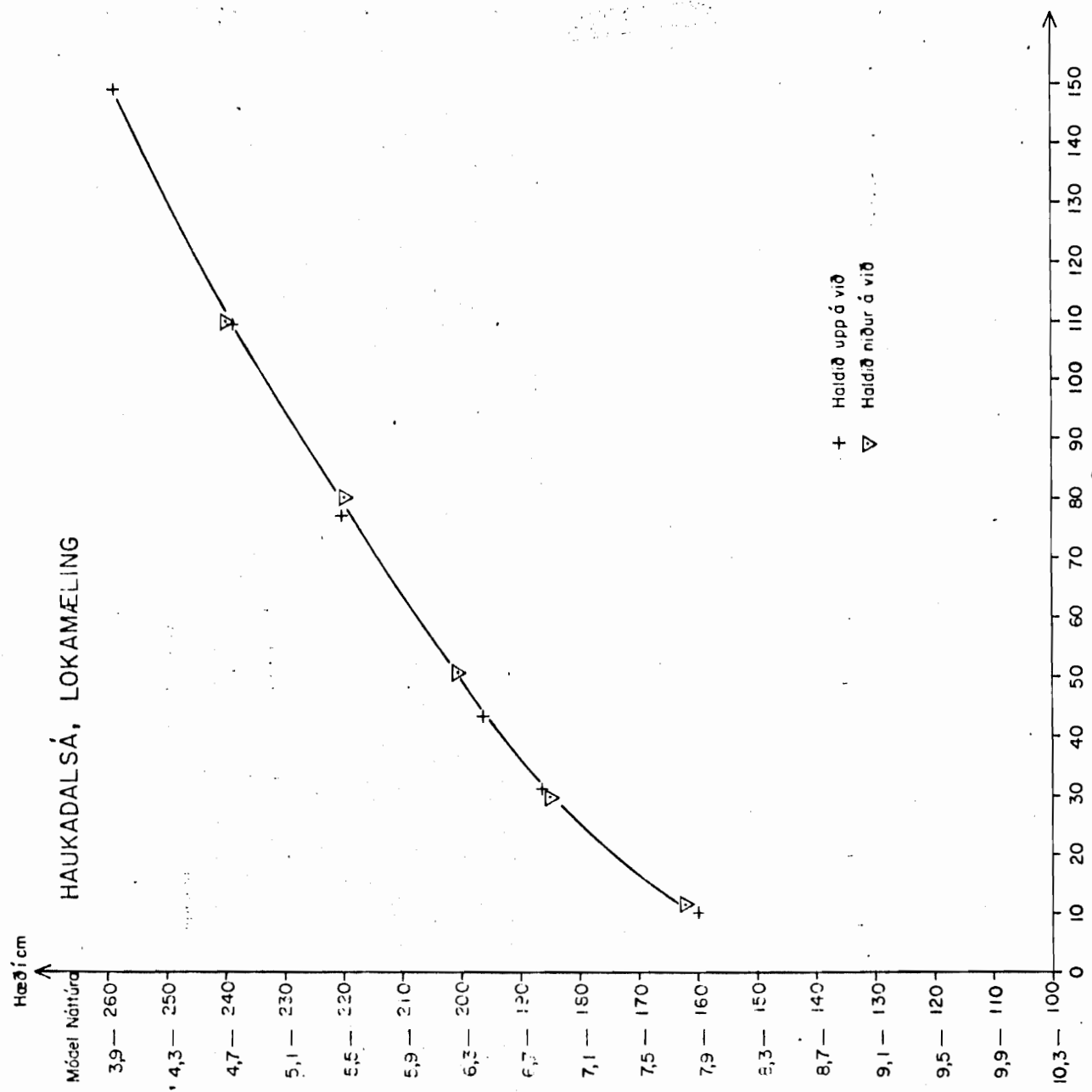
HAUKADALSÁ

Dýptarmæling

B.Á. 1975 EE / G.Á. Tré II Tré I
v. hm 12 ORS-10 Fnr 12577

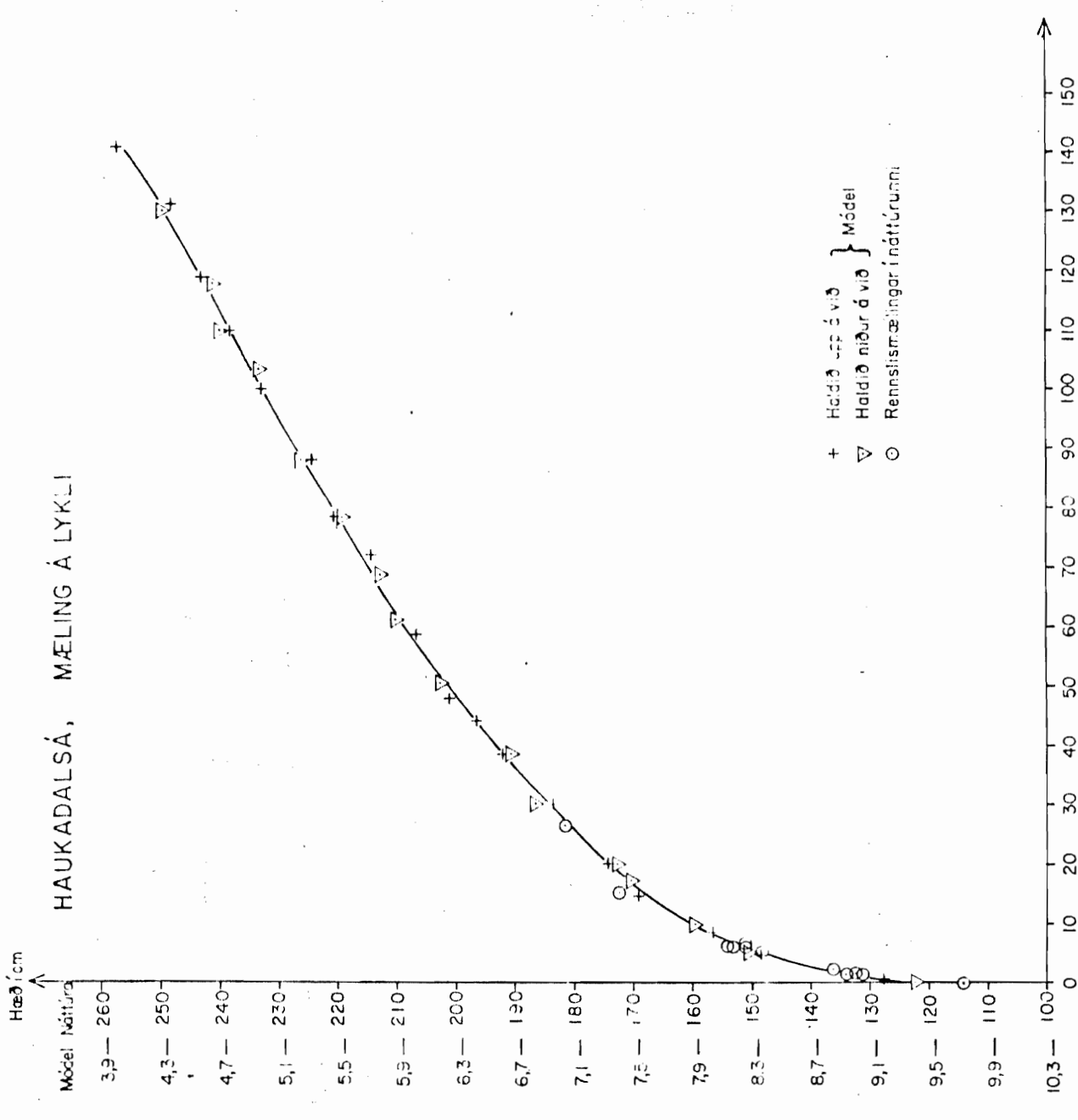
HAUKADALSÁ, LOKAMÆLING

Mynd 2



HAUKADALSÁ, MÆLING Á LYKLI

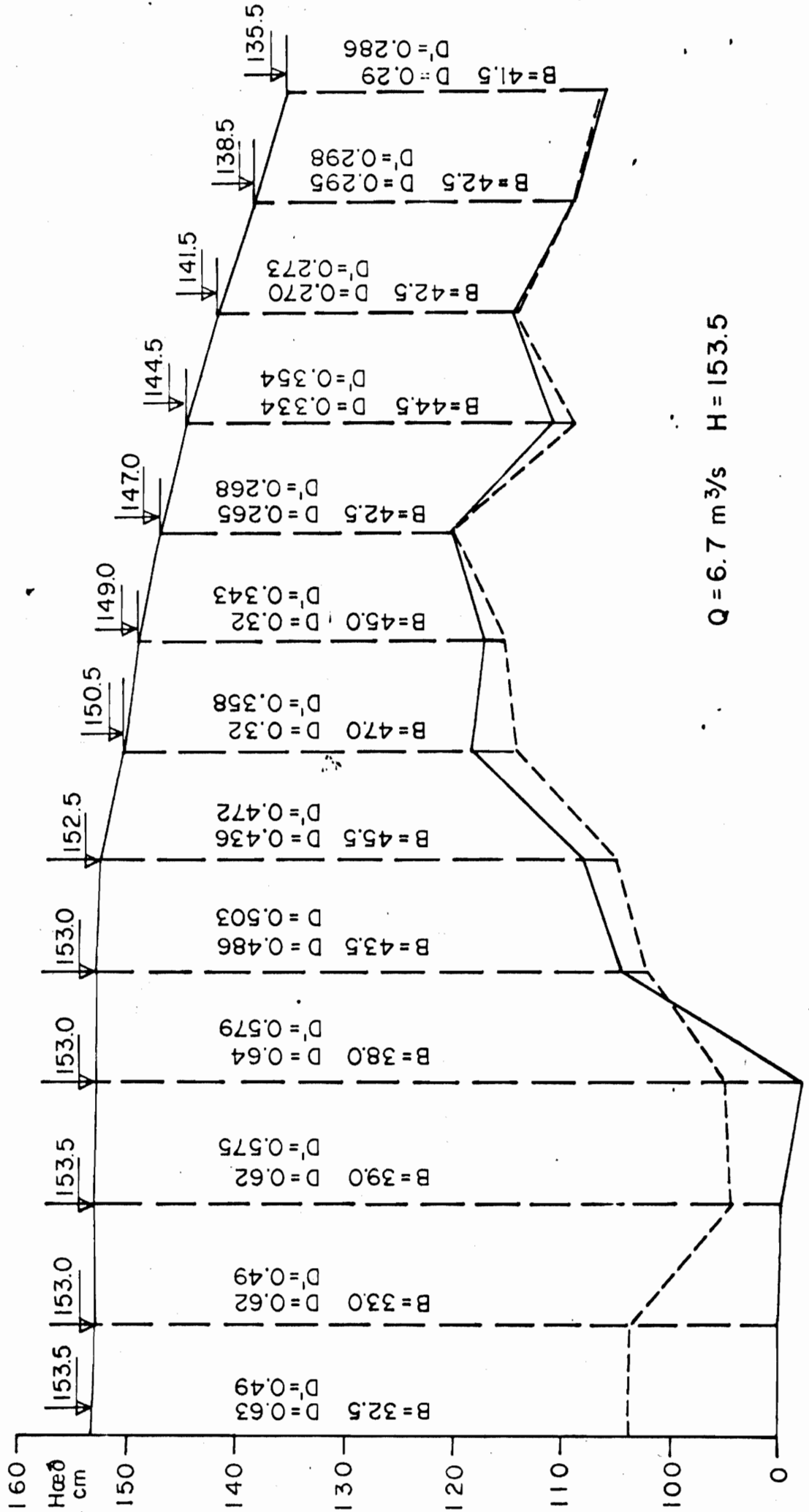
Mynd 3



+ Haldið upp á við } Mæðel
 ∇ Haldið niður á við }
 ○ Reinismælingar í náttúrunni

HAUKADALSÁ, LANGSNIÐ

Mynd 4





ORKUSTOFNUN
Straumfræðistöð

HAUKADALSÁ
LYKILL Í LOG-LOG KVARÐA

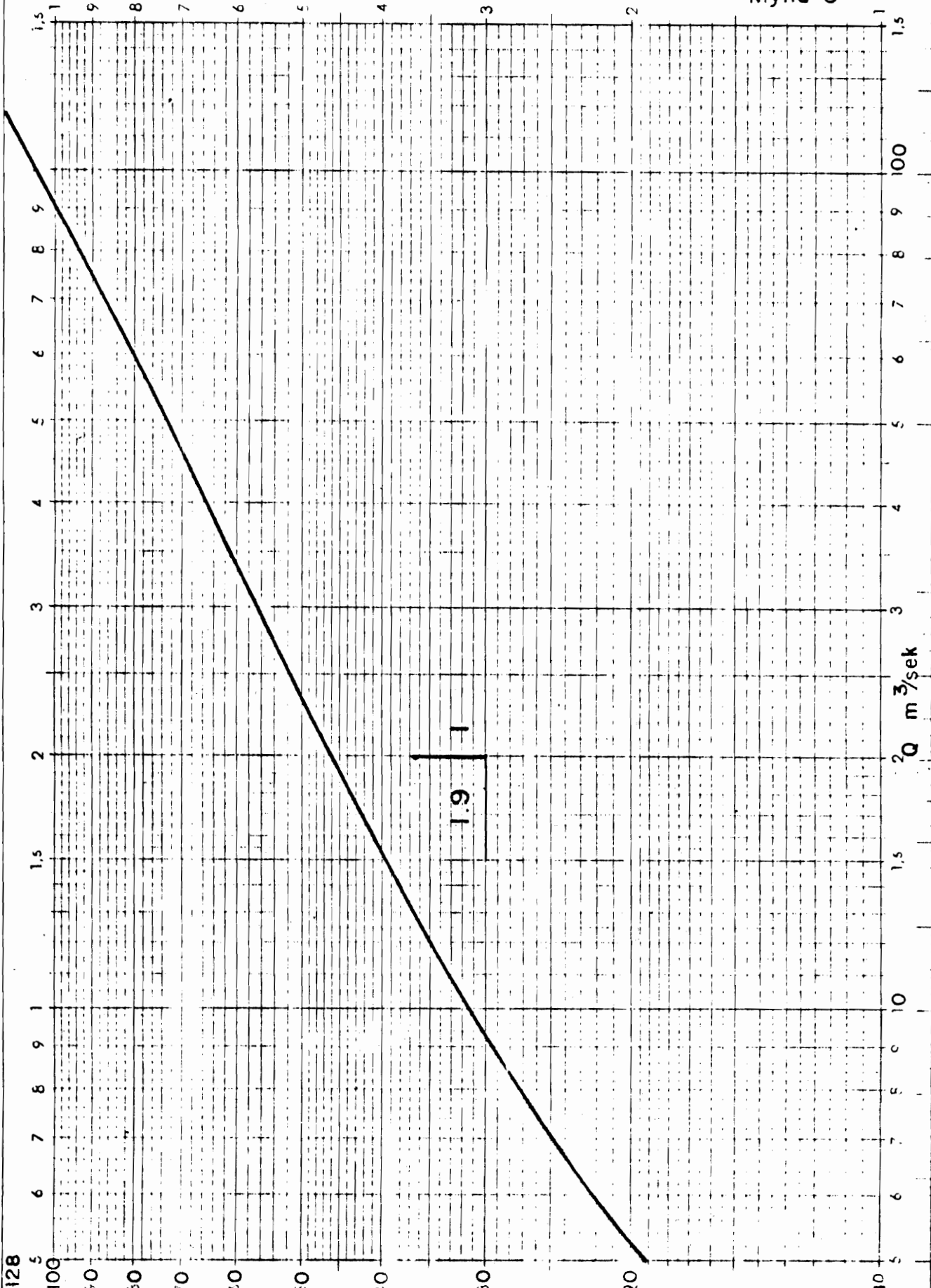
14.3.1975

Tnr.14 Tnr.5

vhm 12 ORS 18

Fnr.12580

Mynd 5

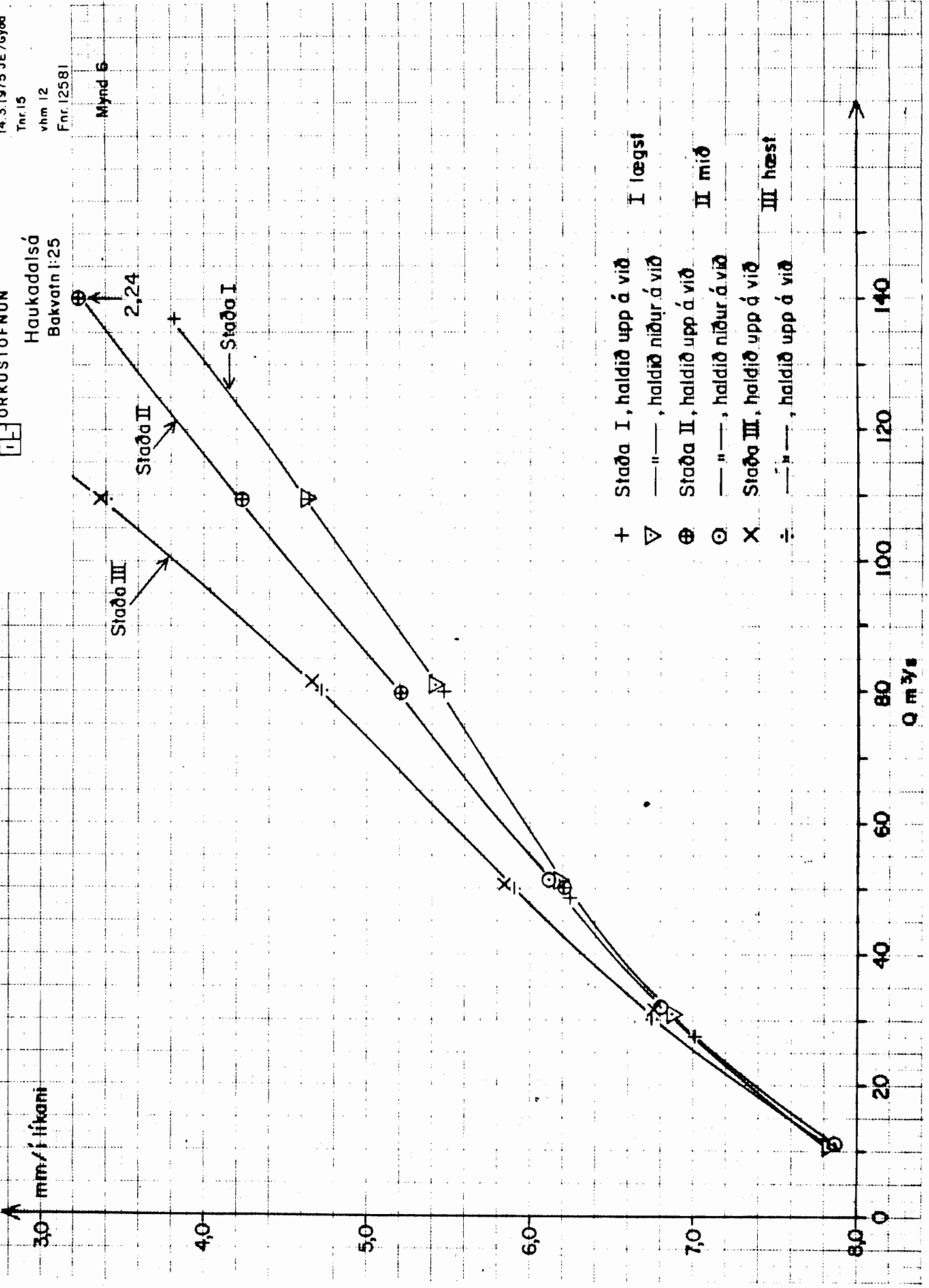


128

ESSELTE 468

Haukadalsá
Bakvatni 1:25

Mynd 6



- I lægst
- II mið
- III hæst
- + Staða I, haldið upp á við
 - " —, haldið niður á við
 - ⊕ Staða II, haldið upp á við
 - ⊙ — " —, haldið niður á við
 - X Staða III, haldið upp á við
 - ÷ — " —, haldið upp á við

Hæð í cm

Módel Náttúra

4,0—

260—

4,4—

250—

4,8—

240—

5,2—

230—

5,6—

220—

6,0—

210—

6,4—

200—

6,8—

190—

7,2—

180—

7,6—

170—

8,0—

160—

8,4—

150—

8,8—

140—

9,2—

130—

9,6—

120—

10,0—

110—

10,4—

0

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

110

120

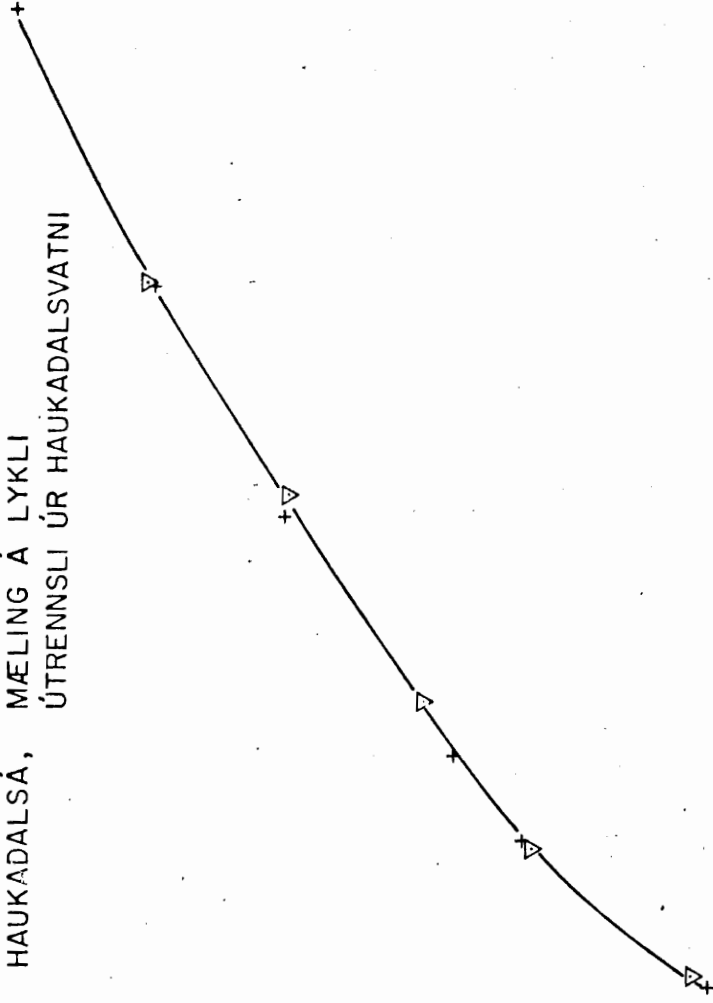
130

140

150

HAUKADALSÁ, MÆLING Á LYKLI ÚTRENNSLI ÚR HAUKADALSVATNI

Mynd 7



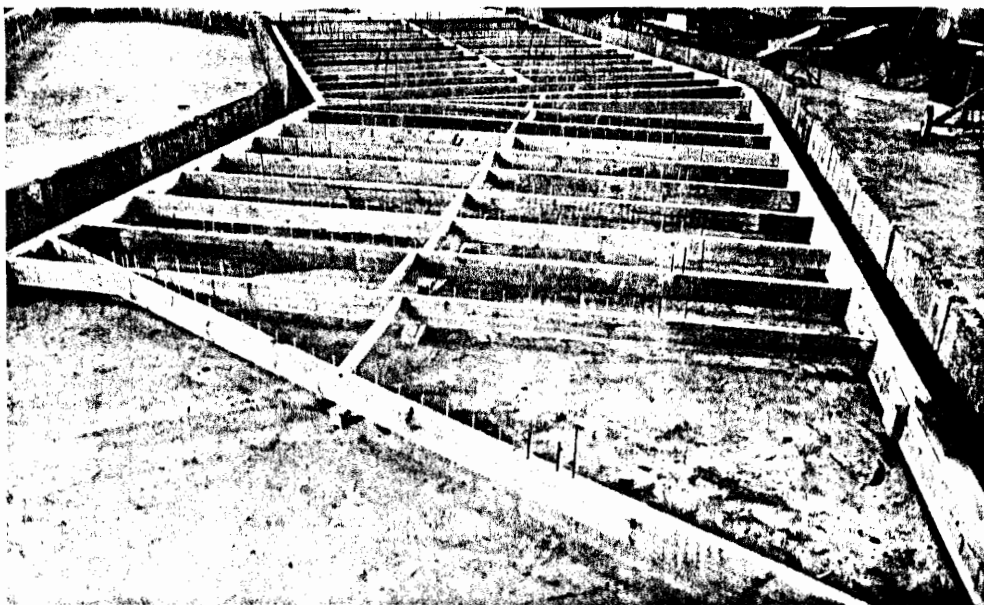
+ Haldið upp á við
▽ Haldið niður á við

Q í m³/s

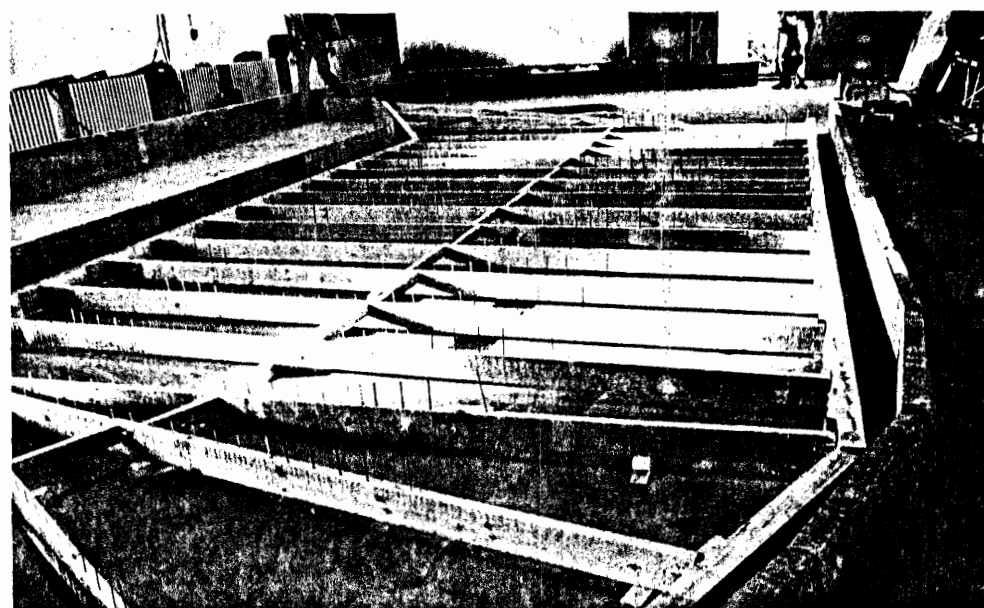
ORKUSTOFNUN
Straumfræðistöð

Haukadalsá
Rennslismælingar Q í m³/s H í cm

7.4.1975 JE/5/96
Tr. 16
sinn 12
Fnr 12582



Mynd nr. 8 Haukadalsá, lífanbygging



Mynd nr. 9 Haukadalsá, lífanbygging



LÍKANTILRAUN
HAUKADALSA 0-6 m³/s
LÍKANMÁLIVARÐI 1138
GERT FYRIR
ORKUSTÖFNUN
VATNAMÁLINGAR
AF
ORKUSTÖFNUN
STRAUMFRÆÐISTÖÐ

Mynd 10. Horft upp eftir ánni. Rennsli 6 m³/s.

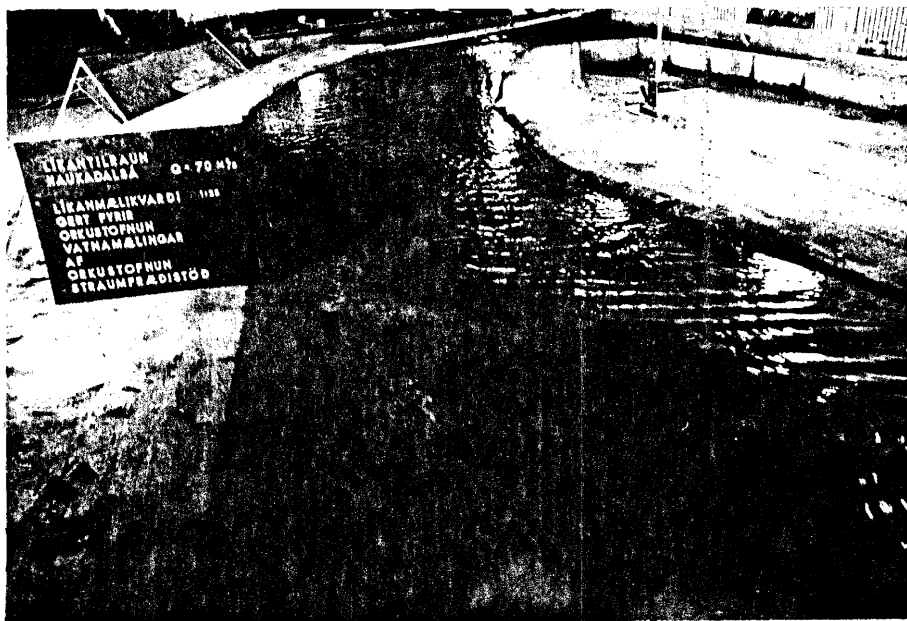


LÍKANTILRAUN
HAUKADALSA 0-6 m³/s
LÍKANMÁLIVARÐI 1138
GERT FYRIR
ORKUSTÖFNUN
VATNAMÁLINGAR
AF
ORKUSTÖFNUN
STRAUMFRÆÐISTÖÐ

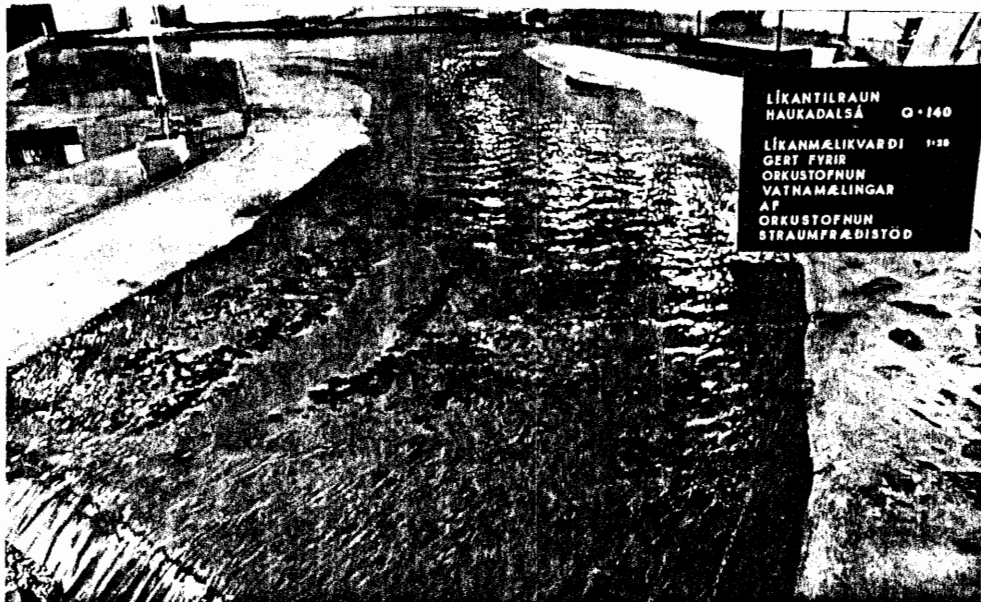
Mynd 11. Horft niður eftir ánni. Rennsli 6 m³/s.



Mynd 12. Horft upp eftir ánni. Rennsli $70 \text{ m}^3/\text{s}$.



Mynd 13. Horft niður eftir ánni. Rennsli $70 \text{ m}^3/\text{s}$.



Mynd 14. Horft upp eftir ánni. Rennsli $140 \text{ m}^3/\text{s}$.



Mynd 15. Horft niður eftir ánni. Rennsli $140 \text{ m}^3/\text{s}$.