

FRÝSTITILRAUNIR Á BORHOLUM VIÐ ELLIÐAAR  
G-24 og G-28

Eftir

Jens Tómasson og Þorstein Thorsteinsson

ÞRÝSTITILRAUNIR Á BORHOLUM VIÐ ELLIÐAÁR  
G-24 og G-28

Eftir

Jens Tómasson og Þorstein Thorsteinsson

EFNISYFIRLIT

Bls.

- A. Þrýstitilraun á borholunni G-24 (J:T.)
1. Gangur þrýstitilraunarinnar A-1
- Töflur:
- Tafla A-I: Þrýstitilraun á holu G-24 þann 2.4. 1968
- Tafla A-II: Vatn sem rann upp úr G-24 þann 2.4. 1968  
eftir þrýstitilraun
- Myndir: Fnr. 8353 - Hitamæling frá G-24 þann 25.3. 1968  
Fnr. 8550 - Hitamæling frá G-24 þann 3.4. 1968
- B. Þrýstitilraun á borholunni G-28 (J.T. og Þ.Th.) B-1
- Inngangur B-1
- Gangur þrýstitilraunarinnar B-1
- Breytingar á vatnsstöðu í nálægum holum meðan  
á þrýstitilraun stóð B-4
- Árangur dæluutilraunarinnar B-5
- Tillögur um áframhaldandi aðgerðir B-6
- Töflur:
- Tafla B-I: Þrýstitilraun á borholunni G-28 frá  
1.10.-4.10. 1968
- Tafla B-II: Rennsli upp úr G-28 þegar dæling var  
stöðvuð í þrýstitilrauninni
- Myndir:
- Fnr. 8511: Hækkun vatnsstöðu í metrum í borholunni  
í Blesugróf og nágrenni 1.10.-4.8. 1968
- Fnr. 8616: Vatnsstaða í borholum í Blesugróf  
26.9.-6.10. 1968
- Fnr. 8619: Hitamæling frá G-28 þann 11.10. 1968.
- Fnr. 8620: Vatnsmagn og hiti í borholunni G-28  
frá 5.10.-18.10. 1968

## Þrýstitilraun á holunni G-24

Eftir Jens Tómasson

Þann 30.3. 1968 var þakkari settur niður í 386 m dýpi. Dæling hófst kl. 15<sup>38</sup> og lauk kl. 15<sup>47</sup>. Dælt var úr einu borkari og mæling á vatnsmagninu var gerð þannig að mælt var vatnsborð á kerinu áður og eftir dælingu. Dælt var alls niður í holuna 14300 lítrum eða um 34 l/sek. Mesti þrýstingur var 58.2 kg/cm<sup>2</sup> og bakþrýstingur 49.2 kg/cm<sup>2</sup>. Framhjá þakkaranum um 1 l/sek. Eftir að dælingu lauk var látið renna upp úr holunni í gegnum borstengur og eftir 10 mín hafði runnið upp úr holunni aftur 7700 l eða 12,3 l/sek að meðaltali, en rennslið var lang mest fyrst. En það runnu 2-3 l/sek eitthvað fram eftir degi og á mánudaginn vætlaði upp úr holunni. Þrýstitilrauninni var haldið áfram þann 2.4. Þá hafði verið komið fyrir dælu við Elliðaár, sem dældi vatni upp í borholuna og voru afköst hennar um 25 l/sek. En þegar byrjað var með þrýstitilraunina, reyndist þakkarinn vera ónýtur. Var þá ákveðið að setja þrýsting á alla holuna með því að dæla í gegnum borstengur og loka öryggisloka. Var dælingunni hagað þannig að dælt var stanzlaust úr ánni upp í borkar, en dælt var úr borkari með bordælum niður í holuna. Afköst bordælunnar voru miklu meiri en afköst dælunnar frá ánni. Var ekki hægt að dæla nema tiltölulega stutta stund í einu. Síðan var gert hlé á dælingu meðan kárið var að fyllast aftur. Oftast var einnig hleypt upp nokkru vatni úr holunni meðan hlé var á dælingu. Þó var engu vatni hleypt upp á milli 3. 4. og 5. dælingar. Alls var dælt tólf sinnum í holuna.

Í töflu I eru skráð helztu atriði sem skipta máli í sambandi við dælinguna. Ef þessar dælingar eru bornar saman við dælinguna með þakkara sést að jarðlögin fyrir ofan 386 m hljóta að vera miklu grobnari (poröse) en jarðlögin fyrir neðan. Þessi jarðlög geta tekið á móti miklu magni af vatni án þess að byggja upp verulegan mótþrýsting.

Í töflu II er rennslið úr holunni bæði þegar klukkutímahléið var á dælingunni og eins eftir að dælingu lauk alveg. Rennslið var mest fyrst og smá minnkaði svo. Í klukkutíma hléinu var rennslið fyrsta korterið um 30 l/sek, en síðan um 10 l/sek. En eftir að dælingu lauk var rennslið fyrstu 10 mínúturnar 40 l/sek, en á tíumínutnabilinu í kringum 23<sup>00</sup> var rennslið um 4,7 l/sek. Þetta rennsli smá minnkaði svo niður í um 1 l/sek, sem var rennslið fyrstu dagana eftir þrýstitilraunina og var vatnið 40 - 48<sup>00</sup>C heitt. Þann 28.8. 1968 var rennslið 0,6 l/sek og hitinn 56<sup>00</sup>C

TAFLA A-I

Prýstítíllraun á holu G-24 þann 2.4. 1968

Dæling nr.	Dælingar- tími í mín.	Hlé á milli dælinga í mín.	Slagafjöldi dælu á mín.	Dæla I	Dæla II	Dælt sam- tals l/sek	Magn í tonnum	Prýstingur kg/cm <sup>2</sup>	Bakprýstingur kg/cm <sup>2</sup>
1	23		82			46.1	63.6	24.6	7.0
2	15	19	72	72		65.7	58.6	33.4	7.0
3	13	14	74	78		69.0	53.9	33.4	7.0
4	13	19	74	78		69.0	53.9	33.4	7.0
5	13	19	74	78		69.0	53.9	33.7	10.5
6	13	9	74	78		69.0	53.9	33.7	7.0
7	13	9	74	78		69.0	53.9	33.7	7.0
8	13	9	74	78		69.0	53.9	33.7	7.0
9	14	60	74	78		69.0	57.0	32.2	7.0
10	16	11	74	78		69.0	61.4	32.2	7.0
11	16	13	74	78		69.0	61.4	33.0	7.0
12	17	12	74	78		69.0	70.5	33.4	7.0

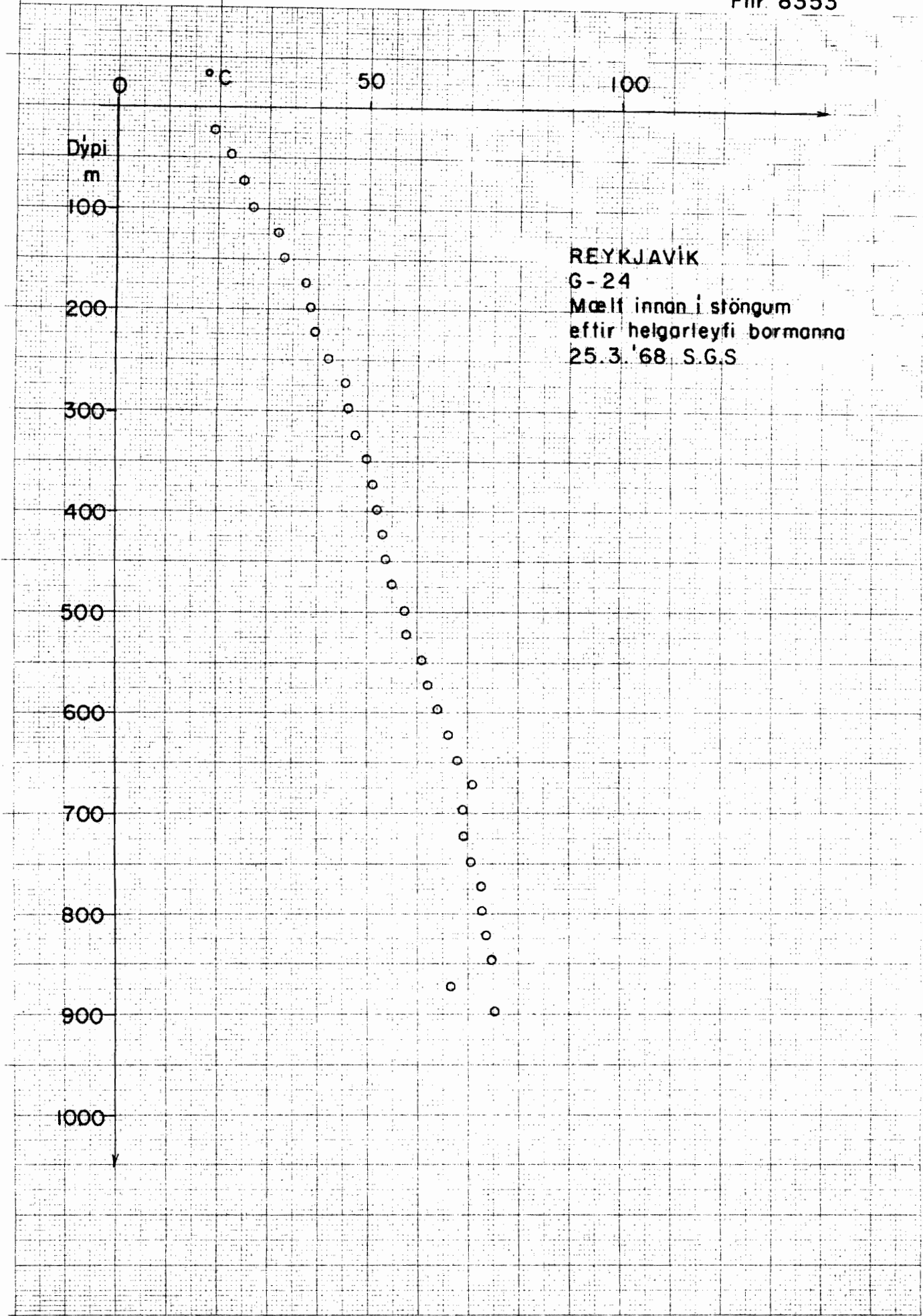
Samanlagt magn í tonnum 696

Dæling hófst kl. 15<sup>07</sup> en lauk kl. 21<sup>31</sup>

TAFLA A-II

Vatn sem rann upp úr G-24 þann 2.4. 1968 eftir  
þrýstitilraun

	Rennsli l/sek	Magn í tonnum	Hiti vatnsins
Kl. 18 <sup>45</sup> - 19 <sup>47</sup>	14,4	52	Kl. 18 <sup>55</sup> 9°C
			" 19 <sup>07</sup> 11°C
Kl. 21 <sup>32</sup> - 23 <sup>00</sup>	22,6	120	" 19 <sup>45</sup> 15°C
			" 22 <sup>00</sup> 12°C





0 Hiti °C 50 100

Dýpi  
m.

100

200

300

400

500

600

700

800

900

1000

REYKJAVÍK

G-24

Dýpi 1009 m

Fóðring 73 m 13 3/8"

Borun lokið 3.4. '68

Rennsli c.a 0.5 l/sek

Þrýstingur á lokaðri

holu 0.3 kg.

Mælt 9.9. '68 S.G.S.

PRÝSTITILRAUN Á HOLUNNI G-28Eftir Jens Tómasson og Þorstein Thorsteinsson

Dagana 1.10. til 4.10. 1968 var gerð þrýstitilraun á holunni G-28 í Reykjavík. Notaður var svo kallaður pakkari við þessa tilraun, gúmmistykki, sem þrýst er út í vegg holunnar ("pökkun") og er svo skapaður þrýstingur fyrir neðan pakkarann með því að dæla vatni í gegnum borstengur niður fyrir pakkarann. Lesinn er þrýstingur á vatninu við toppinn á borstöngunum. Vatnsmagnið, sem niður fór var mælt á tvennan hátt. Í fyrsta lagi með því að telja slög á stimpildælinum og stærð stimplanna er þekkt og þá hægt að reikna út magnið ef reiknað er með fullum stimplum í hverju slagi. Þar sem ekki er öruggt að stimplarnir séu fullir í hverju slagi var magnið einnig mælt með því að mæla borð á dælukari (leðjukari). Samkvæmt mælingu í dælukari var magnið, sem fór niður um 10% minna en það, sem átti að fara skv. högg talningu á stimplum. Reyndist þessi munur vera stöðugur og ekki breytast við aukinn þrýsting. Magn-tölur í töflu I eru miðaðar við magnið af karmælingunum, en með því að gera reglulegar talningar á stimpilslögum er hægt að fylgjast með breytingu á dæluafköstum. Mældur var einnig þrýstingur þegar dæling var stöðvuð, svo kallaður bakþrýstingur, og tölurnar í töflu I eru þrýstingur sem var eftir, hálfri mínútu eftir að dælur voru stöðvaðar. Fylgzt var með hvernig þrýstingur breyttist í holunum í kring meðan á tilraununum stóð og á eftir þrýstitilraunina.

Gangur þrýstitilraunarinnar

Pakkað var þrisvar sinnum á mismunandi dýpi í þessari þrýstitilraun, í 480 m, 1040 m og 870 m dýpi. Í fyrstu pökkun var dæling stöðvuð þrisvar sinnum og látið renna upp úr holunni, en í hinum pökkunum var dælt stanzlaust. Í töflu I er skrá yfir pakkanir, dælingar, tímalengd hverrar dælingar, magn í tonnum í hverri dælingu, þrýstingur og bakþrýstingur. Þrýstingurinn í fyrstu dælingunni var fyrst um  $53 \text{ kg/cm}^2$  en eftir

15 mín. var hann  $62 \text{ kg/cm}^2$  og var stöðugur eftir það. Í seinni dælingum í fyrstu pökkuninni náðist  $62 \text{ kg}$  þrýstingur enn fyrr og var síðan stöðugur. Bakþrýstingur var mældur á klukkutíma fresti en síðar var lesið af sjaldnar, því að hann virtist ekkert breytast.

Fyrsta pökkun var gerð kl.  $9^{50}$  (1.10. 1968) og báðar dælurnar voru komnar í gang kl.  $9^{54}$ . Kl.  $13^{45}$  var dæling stöðvuð og vatn látið renna upp úr holunni í tíu mínútur, síðan dælt aftur til  $15^{30}$  og þá stoppað aftur í tíu mínútur og látið renna upp úr holunni. Síðan var dælt aftur til  $21^{15}$ , en þá var af-pakkað.

Í töflu II er skráð magnið, sem rann upp úr holunni í hverju stoppi og tímallengd rennslis. Það var mikið rennsli fyrst, um 30–40 l/sek, sem minnkaði niður í ekkert á 10–20 mínútum. Í fyrsta stoppinu var rennslið 2–3 l/sek þegar byrjað var að dæla aftur en í hinum var ekkert rennsli. Vatnið, sem upp kom varð aldrei heitara en  $12^{\circ}\text{C}$ . Ekki var pakkað aftur fyrr en eftir ellefu og hálfan tíma og fór vatnsborðið niður og eftir tíu og hálfan tíma var það í 6 1/2 m dýpi.

Ástæðan fyrir því að afpakkað var og pakkarinn færður niður var sú, að hvorki þrýstingur né bakþrýstingur virtust breytast neitt meðan á dælingu stöð. En með því að þrýsta á minni bergmassa væru meiri líkur á því að hægt væri að skapa meiri þrýsting í holunni og þá sprengja bergið í holunni. Pakkað var í 1040 m kl.  $8^{55}$  þann 2.10. Þrýstingurinn fór nærri strax upp í  $76 \text{ kg/cm}^2$ , en þrýstingstapið í stöngunum er um 2 kg á hundrað metra. Bætist því við  $11 \text{ kg/cm}^2$  þrýstingstap með því að bæta við 560 m af stöngum. Hefur því náðst strax um  $3 \text{ kg/cm}^2$  í auknum þrýstingi. Smá jókst svo þrýstingurinn og kl  $17^{00}$  var hann  $84 \text{ kg/cm}^2$  eða náðist í lokin  $11 \text{ kg/cm}^2$  meiri þrýstingur í 1040 m dýpi en í 480 m dýpi. Klukkan  $17^{30}$  virðist bergið hafa sprungið upp við pakkarann. Byrjaði þá að renna upp með pakkarannum og þrýstingurinn féll niður í  $68 \text{ kg/cm}^2$ . Sennilega

hafa verið sprengdar útfellingar í lóðréttri sprungu meðfram pakkaranum, því ekki var vart við neitt hrun á pakkaranum við afþökkun, sem hefði átt að koma fram ef meiri háttar rask hefði orðið á pakkara staðnum. Vatnsmagnið, sem fór upp með pakkaranum var mælt kl. 18<sup>00</sup> og svo nokkrum sinnum þangað til af-pakkað var og var 26 l/sek, en afköst dælanna jukust við þrýstingsfallið svo það munu hafa farið um 20 l/sek niður í holuna áfram. Klukkan 21<sup>15</sup> var svo afpakkað. Ákveðið var að setja pakkarann niður aftur og þá fyrir ofan 1040 m til að reyna að víkka út sprungu þá, sem sennilega hefði opnast í 1040 m. Klukkan 2<sup>15</sup> þann 3.10. var svo pakkað í þriðja sinn. Fór þrýstingur nærri strax upp í 74 kg/cm<sup>2</sup>, en smá jókst svo upp í 79 kg/cm<sup>2</sup> (sjá töflu I). Afpakkað var kl. 9<sup>00</sup> þann 4.10. og rann nú heldur lengur upp úr holunni en við fyrri af-pakkingar. Vatnsborðið fór ekki eins mikið niður nú eins og eftir fyrstu þökkunina, aðeins 1-2 m niður. Klukkan 6<sup>30</sup> þann 5.10. byrjaði að renna upp úr holunni, mjög lítið fyrst, en klukkan 13<sup>00</sup> var rennslið og hitinn mældur og reglulega eftir það (sjá Fnr.8670 ) og virðist sem rennsli og hiti aukist reglulega, og þegar holan var hitamæld þann 11.10. var rennslið um 5,5 l/sek og hitinn 57°C.

Til að geta gert sér grein fyrir árangri dæluþilraunarinnar og túlkað hitaferil holunnar í Fnr. 8619 , þá er nauðsynlegt að gera sér grein fyrir vatnsinnrennsli í holuna fyrir þrýstingstilraunina. Fyrst var vart innrennslis í holuna þann 8.9., þegar holan var 213 m djúp og þann 15.9. rann upp úr holunni 2.7 l/sek og þá var holan 336 m djúp. Í 1386-1393 m var vatns-tap í holunni um 8½ l/sek, sem smá minnkaði svo meðan á borun stóð niður í 3.8 l/sek. Er það borsvarf sem hefur stíflað vatnsæðarnar að nokkru leyti. Þegar borun lauk rann upp úr holunni 0.8 l/sek. Sennilega er þessi minnkun á rennsli að nokkru leyti vegna þess að vatnsæðarnar fyrir ofan 336 m hafa teppzt af borsvarfi en einnig kæmi til greina að vatnið úr þessum æðum renni að nokkru niður eftir holunni og niður vatnsæðar í 1386-1397 m þar sem tapið var.

Ef litið er á hitaferilinn frá hitamælingu á G-28 þann 11.10. 1968 sést, að það vatn sem rennur upp úr holunni þá kemur mest úr um 625 m dýpi. Svo kemur inn kaldara vatn á milli 300-350 m dýpi (vatnsæðin sem varð vart við á 336 m dýpi), einnig kemur eitthvað vatn á milli 100-150 m dýpi og mun það vera vatnsæðin, sem var tekið eftir þegar holan var 213 m djúp. Mesta kælingin í holunni er á 1300-1400 m dýpi og er það vegna þess að mest af vatninu sem dælt hefur verið í holuna hefur sennilega farið út í vatnsæðarnar í 1386-1396 m dýpi og þess vegna orðið mest kæling þar. Minnst kæling virðist vera á milli 1400-1450 m dýpi, þar hlýtur að vera þétt berg, en fyrir neðan 1450 m dýpi og niður í botn á holunni hefur orðið meiri kæling og eru þar sennilega vatnsæðar. Sennilegt er að vatnsæðarnar á milli 1386-1397 m dýpi séu aðal vatnsæðarnar í holunni og er líklegt að það megi fá mun meira vatnsmagn úr þeim æðum en það sem mest tapaðist í þær undir borun, því vafalaust hefur vatnsþrýstingur eitthvað víkkað þær út. Nú rennur sennilega ekkert úr þessum vatnsæðum og ekkert úr æðum, sem kynnu að vera fyrir neðan 1450 m dýpi. Má út frá þessu ætla að það eigi eftir að renna mun meira vatnsmagn úr holunni þegar hún er búin að ná fullum hita aftur, um 100°C.

#### Breytingar á vatnsstöðu í nálægum holum meðan á þrýstitilraunum stóð.

Hækkun vatnsstöðu í holu G-28 þegar dælt var í hana 8000 m<sup>3</sup> af vatni dagan 1.-4.10, '68 olli hækkun á vatnsstöðu í nálægum holum eins og sýnt er á meðfylgjandi myndum. <sup>Fnr 8511 og 8616.</sup> Hækkunin varð 4.2 m í G-23, 0.7 m í G-25, 4.8 m í G-26 og 5.0 m í G-27 og er þá ekki talin með vatnsstöðuhækkun í holunum á tímabilinu, sem orsakaðist af lokun holu G-23 þann 26.9.'68. Breytingar á vatnsstöðu í holum G-24 við Ártún og H-20 við Breiðholt voru ekki mælanlegar og vafasamt er að 0.1 meters hækkun í holu H-41 hafi orsakast af dælingunni.

Vatnsstöðuhækkunirnar vegna dælingar niður í G-28 eru línulegs eðlis, eins og áður hefur komið fram við dælingu úr G-23 og við rennsli úr G-26. Vatnsstöðuferlar úr holum G-23, G-26 og G-27 benda til þess að breyting verði á vatnsleiðni jarðlaga sem eru neðan við pökkunar staðina, um línu sem stefnir lítið eitt vestur af norðri og liggur um 200 metra vestur af holu G-28. Vatnsheld jarðlög eru vestan við línuna en tiltölulega góðir leiðarar austan við hana. Vatnsstöðuferlar úr holu G-25 benda til hins sama. Hin tiltölulega litla hækkun þar, 0.7 metrar, gæti orsakast af leiðni eldra grágrýtisins í 200-300 metra dýpt frá holum G-23, G-26 og G-27 en vatnsheld jarðlög verið milli G-25 og G-28 neðan við pökkunarstaðina. Rennsli og niðurdráttarmælingar, sem gerðar hafa verið í holunum í borun og við dælingu úr G-23 sýna allgóða leiðni milli holanna allra í eldra grágrýtinu, sem nær niður í 300-400 metra dýpt.

Þessi ályktun er í samræmi við jarðlög í holunum, því að auk því sem næst láréttra laga í öllum holum, kemur fram mikið af grófkornóttu basalti í holum G-24 og G-25, sem gæti verið úr vatnsheldum innskotslögum, sem einangra þessar holur frá leiðurunum í G-23, G-26, G-27 og G-28. Einnig er ekki ósennilegt að vatnsheldni þessara jarðlaga valdi því að áhrifa dælingar úr djúpholum á Laugavegssvæðinu gætir ekki á Blesugrófarsvæðinu.

#### Árangur dæluþraunarinnar

Þótt engan veginn sé hægt að sjá endanlegan árangur, þá má sjá eftirfarandi:

1. Holan gaf aðeins 0.8 l/sek sjálfrennandi, 48 klst. eftir að borun lauk. Þann 16.10. renna upp úr holunni rúmlega 7 l/sek og fer magnið vaxandi.
2. Ný vatnsæð hefur opnast í 625 m, sem ekki var til áður og vatnið, sem rennur úr holunni 11.10. '68 kemur úr 625 m og vatnsæðum fyrir ofan 350 m.

3. Vatnsæðin í 1386-1397 m dýpi hefur tekið á móti mestu vatni, því þar hefur kólnunin orðið mest. Þegar hitamælt var þann 11.10. 1968 var sennilega ekkert vatn farið að renna úr þeirri æð, og má því búast við mikilli aukningu á vatnsmagni.
4. Mælingar vatnsstöðu á holunum í kring gefa mikilvægar upplýsingar um vatnsleiðni svæðisins.

#### Tillögur um áframhaldandi aðgerðir:

Prufudæla þarf G-28 sem fyrst. Dæling úr holunni mundi hjálpa til að hreinsa út leir og útfellingar, sem hafa verið losaðar og hálflosaðar meðan á þrýstítírauninni stóð. Auk þess yrði holan fljóttari að ná fullum hita við dælingu.

Til greina kemur að pakka og þrýstiprófa þrjár aðrar holur en holu G-28, það eru holurnar G-27, G-25 og G-24.

Þrýstiprófunin í G-24 var rétt í byrjun þegar pakkarinn fór. Þarf því að endurtaka þrýstiprófunina með því að pakka í 400-500 m dýpi. Vatnið, sem dælt var ofan á toppinn á holunni hefur sennilega farið mest út í eldra grágrýtið (jarðlög fyrir ofan 400 m dýpi). Holan er ekkert tengd hinum holunum neðan við eldra grágrýtið og ætti því vatnsrennsli úr henni ekki að hafa áhrif á hinar holurnar, en hitinn í 1000 m dýpi er svipaður og í hinum holunum, um 100°C og er því líklegt að vatnsæðar séu nálægt holunni. Það er því sjálfsagt að þrýstiprófa hana við fyrstu hentugleika. Það er vitað að það byggist upp bakþrýstingur og það skapar möguleika á að byggja upp aukinn þrýsting og það eykur mjöguleikann á að sprengja vatnsæðar inn í holunni.

G-25 virðist ekki vera mjög nátengd hinum holunum og væri því rétt að þrýstiprófa hana fyrir neðan eldra grágrýtið.

G-27 er mjög nátengd hinum virku holum og er því ekki ráðlegt að þrýstiprófa hana fyrr en sést hvernig svæðið bregst við dælingu næsta vetrar.

TAFLA B-I

Prýstítillraun í G-28 frá 1.10.-4.10. 1968

Pökkun	Dæling	Lengd dælingar	Dælt niður	Fram hjá pökkun	Prýstingur	Bak- prýstingur	Magn í tonnum
nr.	nr.	klst.	l/sek	l/sek	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm	
1	1	4	45	0.8	62	25	648
	2	1 <sup>35</sup>	45	0.8	62	25	256
	3	5 <sup>25</sup>	45	0.8	62	25	878
2	4	8 <sup>36</sup>	37	1.5	76-84	35	1132
	4	3 <sup>45</sup>	45	26.0	68	35	72
3	5	30 <sup>30</sup>	37	1.0	74-79	35	4050

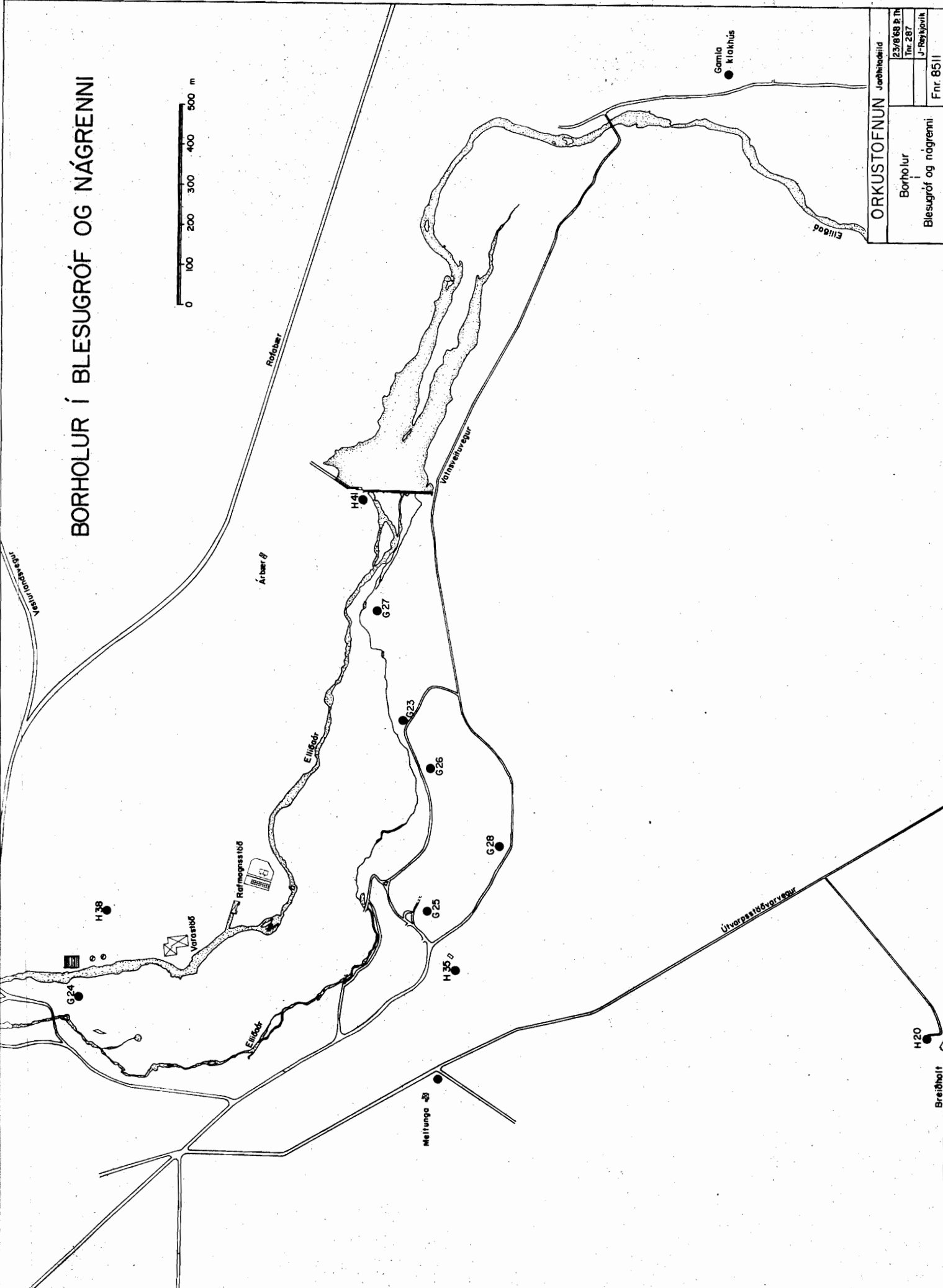


TAFLA B-II

Rennsli upp úr G-28 þegar dæling var stöðvuð í þrýstitilraun

Hlé á dælingu	Hlé á dælingu	Rennsli mín.	Rennsli þegar dæling byrjar aftur l/sek	Magn í tonnum, sem runnið hefur úr holunni
nr.	klst.			
1	0 <sup>10</sup>	10	3.3	4.2
2	0 <sup>10</sup>	10	0.0	5.6
3	12 <sup>45</sup>	10	0.0	5.6
4	6 <sup>30</sup>	15	0.0	5.6
		55		7.5

# BORHOLUR Í BLESUGRÓF OG NÁGRENNI



ORKUSTOFNUN Jörðskild  
Borhólmur  
Bleisugróf og nágrenni  
Fr. 8511

23/669 P.M.	J. Reykjavík
Tr. 287	



Reykjavík  
9-28  
Dýpi 1573 m  
Fóðring 101 m 9 5/8"  
Borun lokid 30.9'68.  
Dælt var á holuna gegnum  
pakkaða 110 - 4.10, 8000 m<sup>3</sup>  
Mælt 11.10'68 S.G.S.

0 Hití °C  
Dýpi m

100

50

0

100

200

300

400

500

600

700

800

900

1000

1100

1200

1300

1400

1500

1600



ORKUSTOFNUN

Vatnsstaða í borholum í Blesugróf.  
26.9.'68—6.10.'68.

16.10.'68 BTh./P.J.

Tnr. 300

J-Reykjavík

Fnr. 8 6 1 6

