



BORHOLUR Í ÖLFUSDAL

Afl og hugsanleg nýting.

Sveinbjörn Björnsson

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

BORHOLUR Í ÖLFUSDAL.

Afl og hugsanleg nýting.

Sveinbjörn Björnsson

Borholur í Ölfusdal. Afl og hugsanleg nýting

Efni:

0. Meginatriði
1. Borholur í Ölfusdal
2. Afl borhola. Endurmat á niðurstöðum frá 1961
3. Nýting gufunnar til raforkuvinnslu og vandamál, sem henni fylgja.

Borholur í Ölfusdal. Afl og hugsanleg nýting.

0. Meginatriði

Á árunum 1958-1961 voru boraðar 8 holur með Gufubor í Ölfusdal. Bestu vinnsluholurnar eru nr. 3, 6, 7 og 8. Þær taka inn 210-226°C heitt vatn á 250-700 m dýpi. Holurnar eru fódraðar með steyptri fódringu niður í 196-250 m, en ófódraðar þar fyrir neðan. Þær voru reyndar samtímis í stöðugum blæstri 4 mánuði 1961 og 6 mánuði 1962-1963. Hélt rennsli stöðugt og var niðurstaða aflmælinga, að holurnar gæfu um 70 kg/s af gufu við 6 ata þrýsting. Nýrri mælingar benda þó til þess að gufurennslí hafi verið verulega ofmetið í vatnsmestu holunum 1961. Nær réttu lagi væri að reikna með að eingöngu streymdi vatn inn í holurnar, sem syði af sér gufu á leið upp. Ef gert er ráð fyrir, að mælingar 1961 á vatnsrennsli hafi verið réttar og meðalhiti innstreymisvatns áætlaður út frá hitamælingum, reiknast gufurennslíð við 6 ata 47 kg/s í stað 70 kg/s. Þessi gufa nægir til öruggs reksturs 10 MW vélar.

Enda þótt þessar holur gætu þannig dugað til reksturs 10 MW gufuaflstöðvar eru ýmis vandkvæði á slíkum rekstri í Ölfusdal. Afgangsvarmi í borholuvatni og kælivatni yrði um 39 000 kcal/s, þar af yrði nýtanlegur varmi um sjöföld varmaþörf byggðarinnar í Hveragerði. Þennan varma væri að jafnaði ekki hægt að láta renna í Varmá heldur yrði að kæla vatnið í kælitjörnum og kæliturnum, þar til það ylli ekki meiri hitabreytingum í ánni en fiskrækt þar þolir. Einnig er hættu á að H₂S í borholuvatni geti orðið fiski að skaða, þegar lítið er í Varmá.

Þessi varma- og efnamengun ásamt óþægindum fyrir byggðina í Hveragerði af hávaða og gufu eru fremur takmarkandi um rekstur gufuaflostöðvar í Ölfusdal en varmaafli svæðisins. Hæpið er að þar verði ráðist í rekstur rafstöðvar nema jafnframt yrði byggð upp notkun afgangsvarmans í ylrækt eða iðnaði. Sú nýting mundi þá ráða stærð rafstöðvarinnar, sem reist yrði. Ef stefnt er að stærri virkjun en 10 MW virðist því full ástæða til að íhuga, hvort ekki væri hentugra að virkja á öðrum hluta Hengilssvæðisins, þar sem búast má við hærri hita, 260-290°C, og umhverfi er ekki eins viðkvæmt og í Ölfusdal. Besti staður fyrir slíka virkjun yrði líklega í Fremstadal eða Innstadal.

1. Borholur í Ölfusdal

Á árunum 1958-1961 voru boraðar 8 holur með Gufubor í Ölfusdal norðan Hveragerðis (Mynd 1, G1-G8). Tilgangur þessara borana var að afla reynslu í borun vinnsluhola á háhitasvæði og gagna um vinnslugetu Ölfusdals með virkjun til raforkuframleiðslu í huga. Berglög reyndust að mestu móberg með þunnum hraunlögum á milli. Bergið var mikið myndbreytt af háhita. Fóðrað var með steyptri 9 5/8" OD fóðringu niður í 120-250 m dýpi, en þar fyrir neðan virtust holuveggir nægilega traustir til að standa án hlífðarfóðringar, og eru holurnar því ófóðraðar og boraðar með 8 3/4" borkrónu í 295-1206 m dýpi. (Sjá yfirlit í Töflu 1 og Mynd 2). Hiti í bergi reyndist nokkuð misjafn. Í holu 4, sem er syðst, var hiti í hámarki á 100-200 m dýpi og aðeins 184°C. Hámarkshiti í berginu fer vaxandi norður eftir dalnum jafnframt því sem dýpkar á hann. Er þetta túlkað svo, að dalurinn sé í jaðri háhitasvæðisins og vatn streymi upp og til suðurs undir honum. Er það um 230°C á 600 m dýpi við holu 1 en kólnar við uppstreymi, suðu og blöndun, þegar sunnar dregur og kemur fram á yfirborði í hverum í Hveragerði, 100-150°C heitt.

TAFLA 1

Borholur í Ölfusdal boraðar með Gufubor 1958-1961.

Steypt fóðring 9 5/8" OD. Vídd neðan fóðringar 8 3/4".

(Sjá einnig Myndir 2 og 4).

Hola	Dýpt m	Lengd fóðringar m	Hámarks- hiti °C	Dýpi á hámarkshita m
1	982	121	232	600
2	400	196	188	150
3	652	196	216	250
4	687	196	184	150
5	1206	196	186	170
6	661	248	217	500
7	831	248	226	350
8	295	249	216	250

Yfirleitt varð árangur borana mjög góður og rennsli inn í holur með því mesta, sem þá þekktist hér á landi. Við borun festust borstengur í holu 1 og varð þeim ekki náð upp, þrátt fyrir miklar tilraunir. Auk þess er öryggisfóðring hennar rifin. Er holan því talin ónýtt. Hola 5 var boruð sem viðmiðunarhola til hitamælinga. Steypt var í allar æðar til að þetta holuna og henni haldið lokaðri. Mikið var um vatnsæðar og gekk erfiðlega að þetta þær. Er líklegt, að töluvert rennsli gæti fengist úr holunni, ef henni yrði hleypt upp.

2. Afl borhola. Endurmat á niðurstöðum frá 1961.

Árið 1961 voru allar holur nema 1 og 5 láttnar blása samfleytt í 4 mánuði og enn í 6 mánuði nóv. 1962 - maí 1963. Fylgst var með rennsli vatns og gufu og gerðar mælingar á hita og rennsli nálægra hvera. Greinileg tengsl voru á milli vatnsæða í holum 3, 6 og 7. Þegar holurnar höfðu náð jafnvægi eftir opnun reyndist rennsli þeirra mjög stöðugt allan mælitímann og breytingar á hverum urðu óverulegar. Í holu 2 mynduðust kalkútfellingar á 40-90 m dýpi í fóðurröri og drógu þessar þrengingar svo úr rennsli holunnar, að það var orðið aðeins um 46% af upphaflegu rennsli eftir 80 daga. Hröð útfelling hefur einnig orðið í grunnum holum í Hveragerði, en minna bar á þessu í heitari holum norðar í dalnum. Auðvelt er að hreinsa þessar útfellingar með litlum bor en þær valda óþægindum í rekstri og auknum kostnaði. Á öðrum háhitasvæðum hefur ekki borið á þessum vanda.

Við aflmælingar voru gufa og vatn skilin að og mælt gufu- og vatnsrennsli úr hverri holu við mismunandi þrýsting á aðaloka holunnar. Niðurstöður þessara mælinga eru sýndar á Mynd 3 úr grein Sveins S. Einarssonar (1961). Seinni athuganir og reynsla hafa þó sýnt, að þessar niðurstöður ber að taka með nokkurri varúð. Vatnsrennsli var mælt með yfirfallsaðferð í stokki

og virðast niðurstöður þeirra yfirleitt nálægt réttu. Gufurennisli var reiknað út frá þrýstifalli yfir þrengingu í gufuæð. Virðist þessi aðferð oft hafa gefið mun hærri niðurstöður en rétt gat talist, ef gufan var eingöngu mynduð við suðu vatns, eftir að það var komið inn í holuna. Á þessum tíma var lítil reynsla fengin af vinnslu vatns og gufu á háhitasvæðum og því ekki ljóst, að hér var um mæliskekkju að ræða, heldur voru mælingarnar túlkaðar svo, að inn í holurnar streymdi úr berginu gufa ásamt vatni. Síðan hefur reynslan orðið sú, að hvergi hefur hér á landi komið gufa með vatni inn í holur á sambærilegu dýpi og í þessum holum, nema hiti væri mun hærri. Almennt er gufurennislið í samræmi við þá gufu, sem vatn með meðalhita vatnsæða sýður af sér á leið upp holuna, þegar þrýstingi léttir eftir því sem ofar kemur. Þetta á einnig við í Ölfusdal og eru niðurstöður um gufurennisli 1961 taldar of háar. Líklegt er talið, að gufan hafi ekki verið nægilega þurr, er hún fór um þrenginguna, og vatnsdropar í henni hafi valdið of háu þrýstifalli, sem síðan var túlkað sem meira gufurennisli en rétt gat verið.

Nýjar mæliaðferðir voru reyndar á árunum 1963-1968, einkum á holu 8. Vatnsrennisli var mælt með íblöndun salts og gufurennisli með íblöndun argons. Þá var mældur þrýstingur við útstreymisop í frjálsum blæstri vatns- og gufublöndu, en hann má nota til reikninga á heildarrennisli, ef enthalpi blöndunnar er þekkt. Árið 1968 voru að síðustu gerðar mælingar á enthalpi innstreymis í holuna með gasaðferð. Lokaniðurstöður þessara tilrauna eru raktar í skýrslu um aflmælingar á gufuholum (Sveinbjörn Björnsson og Sigurður Benediktsson, 1968). Öllum þessum aðferðum bar vel saman en talið var að þrýstingsmæling við útstreymisop og gasaðferð væru auðveldustu aðferðir til að mæla afl gufuhola. Niðurstaða þessara mælinga á holu 8 var, að heildarrennisli úr henni við 9,7 ata þrýsting á

aðaloka væri 127-132 kg/s og enthalpi innstreymis 210 kcal/kg, sem svarar til meðalhita 206°C á vatni, sem inn streymir. Við suðu niður að 100°C skiptist rennslið í 101,6 kg/s af vatni og 26,4 kg/s af gufu. Mælingar 1961 gáfu hins vegar heildarrennsli 98 kg/s, sem skiptist við 100°C í 32,0 kg/s af gufu og 66,5 kg/s af vatni. Þau hlutföll gufu og vatns svara til þess, að enthalpi innstreymis hafi verið 276 kcal/kg í stað 210, sem mældust 1968. Ólíklegt þykir, að innstreymi í holuna hafi breyst svo mikið og verður því að álykta, að mælingar 1961 hafi verið gallaðar og gufan ofmetin. Ekki hafa verið gerðar mælingar með nýrri aðferðum á öðrum holum, en víst má telja, að eingöngu streymi vatn inn í holurnar og gufurennsli úr þeim sé ekki meira en vatnið sýður af sér á leið upp holuna. Nýlega voru holur 2 og 4 virkjaðar vegna Hitaveitu Hveragerðis. Nákvæmar mælingar á rennsli hafa ekki farið fram en samanlegt rennsli virðist þó mun minna en mælingar 1961 gáfu til kynna, einkum rennsli úr holu 2.

Ef leiðréttu ætti mælingar frá 1961 þyrfti að mæla að nýju heildarrennsli og enthalpi í hverri holu. Gróft mat á aflri holanna má þó fá, ef gert er ráð fyrir, að mælingar á vatnsrennsli hafi verið nærri réttu og enthalpi innstreymis svari til meðalhita helstu vatnsæða. Þennan meðalhita mætti ákvarða með greiningu á kísil í vatni holunnar en hér verður meðalhitinn metinn út frá hitamælingum í holunum (Mynd 4 og Tafla 1). Í Töflu 2 er gerð tilraun til að meta afl holanna út frá þessum forsendum. Um holu 8 eru nó notaðar nýrri mælingar. Til þess að auðvelda samanburð við niðurstöður 1961 er aflíð reiknað við 1 ata og 6 ata líkt og í skýrslu Sveins Einarssonar (1961). Eins og Tafla 2 sýnir reiknast gufurennsli við 6 ata svipað í holum 4, 6 og 7 og mælingar sýndu 1961 en í holum 2, 3 og 8 reiknast gufurennslið næstum helmingi minna. Samanlagt gufurennsli við 6 ata reiknast 47 kg/s í stað 71 kg/s 1961. Við 1 ata reiknast samanlagt gufurennsli 98 kg/s en var talið 126 kg/s 1961.

Tafla 2. Afl borhola í Ölfusdal. Samanburður á niðurstöðum aflmælinga 1961 og leiðréttingum á þeim.
 Gert er ráð fyrir, að inn í holur streymi eingöngu vatn og mælingar á vatnsrennsli 1961 hafi verið réttar, nema í H-8. Þar eru notaðar nýrri mælingar.

Aflmælingar 1961 (Sveinn S. Einarsson, 1961, Tafla 1)		Leiðrétt afl miðað við óbreytt M_v (nema í H-8) og enthalpi ho												
Hola	Lokunar- prýstingur ata	Rennsli við 1 Gufa kg/s	ata Heild kg/s	Rennsli við 6 Vatn kg/s	ata Heild kg/s	Enthalpi ho kcal/kg	Rennsli við 1 Gufa kg/s	Rennsli við 6 Gufa kg/s	ata Heild Vatn kg/s	ata Heild Vatn kg/s				
1	Var ekki mæld													
2	9,0	21,5	83,5	105,0	9,9	87,6	97,5	190	16,8	83,5	100,3	5,8	87,6	93,4
3	13,0	26,5	58,0	85,0	18,0	66,0	84,0	221	16,7	58,0	74,7	9,3	66,0	75,3
4	6,5	12,0	52,0	64,5	1,4	35,6	37,0	187	10,0	52,0	62,0	2,1	35,6	37,7
5	Var ekki mæld													
6	12,0	18,0	51,0	69,0	9,2	57,3	66,5	222	14,9	51,0	65,9	8,3	57,3	65,6
7	10,5	16,0	40,5	56,5	8,3	46,7	55,0	232	13,1	40,5	53,6	8,0	46,7	54,7
8	13,5	32,0	66,5	98,0	23,9	74,6	98,5	211	26,4	101,6	128,0	13,3	114,7	128,0
Alls		126,0	352,5	478,5	70,7	367,8	438,5	97,9	386,6	484,5	46,8	407,9	454,7	

Nýting gufunnar til raforkuvinnslu og vandamál,
sem henni fylgja.

Í áætlun Merz and McLellan 1961 og 1963 var gert ráð fyrir að gufan yrði nýtt til raforkuvinnslu í eim-svalastöð. 16 MW vél þyrfti 36 kg/s af gufu við 6,5 ata. Þar sem búast má við, að afl hola minnki við langvarandi blástur og einnig geti þurft að stöðva rennsli holu til að hreinsa útfellingar í fóðurröri og aðaloka, töldu Merz and McLellan, að til tryggingar á rekstraröryggi þyrfti jafnmikið varaafli í gufu og vélin notar eða alls 72 kg/s fyrir 16 MW vél. Ef sömu forsendur eru notaðar en endurskoðaðar tölur um gufuafl hola, ætti gufa, sem virkjanleg er í holum í Ölfusdal, að vera um 47 kg/s við 6 ata og nægja til reksturs 10 MW vélar. Ólíklegt er þó, að holur 2 og 4 yrðu notaðar í slíka virkjun vegna lágs hita og mikillar fjarlægðar frá hinum holunum. Á móti þeirri rýrnun kæmi, að reynsla frá Námafjalli bendir til þess, að varaafli sé heldur ríflega áætlað. Ætti gufurennslu úr holum 3, 6, 7 og 8 því að geta örugglega dugað til reksturs 10 MW vélar.

Ýmis vandkvæði fylgja þó rekstri gufuaflstöðvar í Ölfusdal. Þar sem innstreymishiti er fremur lágur miðað við önnur háhitasvæði, fylgir gufunni hlutfallslega meira af borholuvatni, sem renna mundi í Varmá. Frá 10 MW stöð yrði rennslið um 200 kg/s af 130°C vatni eða um 26.000 kcal/s af varma. Kælivatn stöðvarinnar yrði að geta tekið við um 13.000 kcal/s. Það vatn yrði að taka úr Varmá og skila aftur heitu en rennsli hennar er mjög breytilegt, 0,3 - 33 m³/s. Vegna fiskiræktar í ánni mætti hiti hennar aldrei fara yfir 25°C og gæta verður þess, að H₂S í árvatninu fari aldrei yfir skaðleg mörk, sem munu vera nærri 0,09 ppm. Ljóst er, að Varmá getur yfirleitt ekki tekið við borholuvatni og kælivatni, nema það verði kælt áður í tjörnum eða kæliturnum. Þegar lítið er í ánni, getur jafnvel þurft að gera ráðstafanir til þess að minnka H₂S í upplausn, áður en vatninu er sleppt í ána.

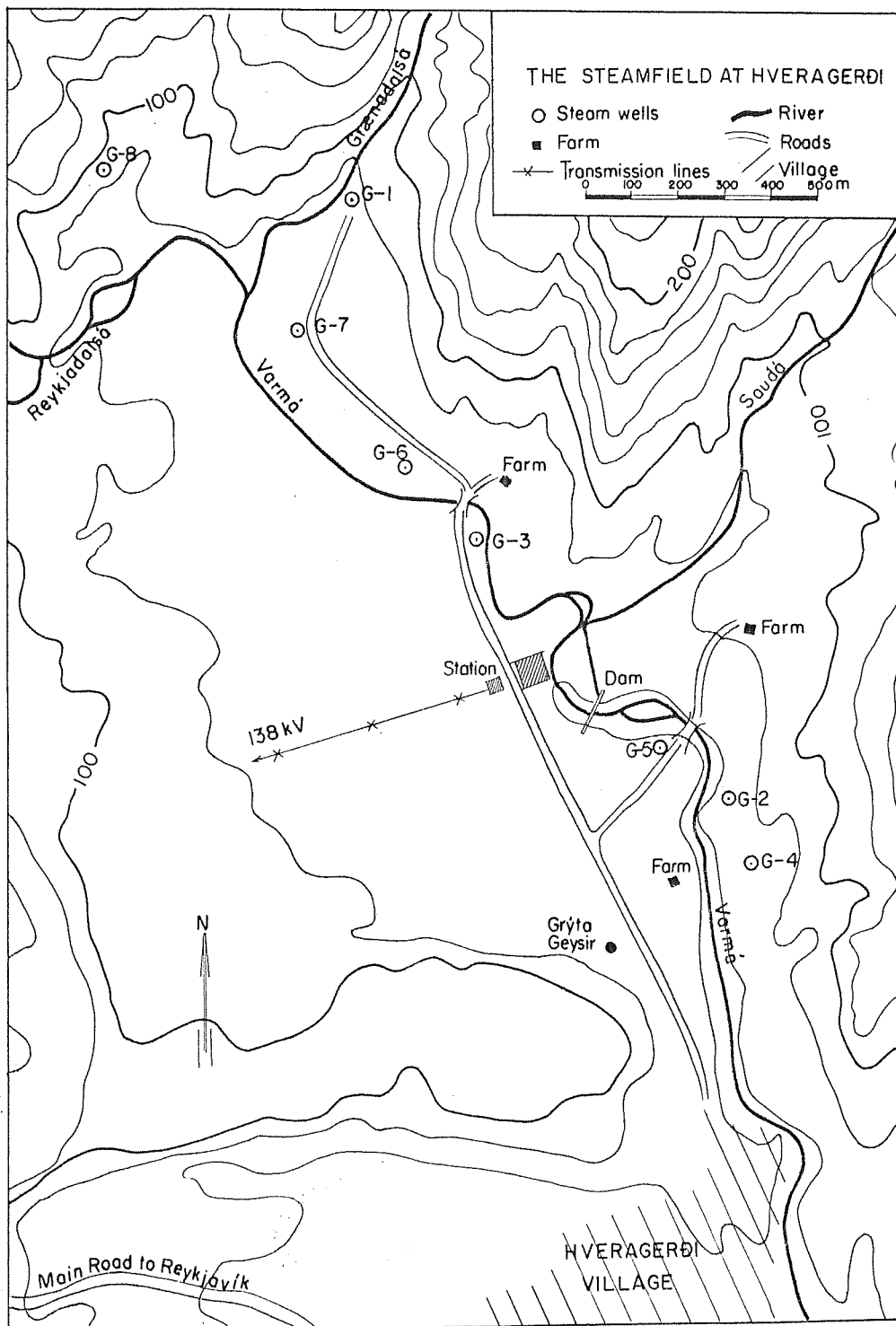
Í öðru lagi er byggð í Hveragerði nærri virkjunarstað og gætu gufumekkir, heitt frárennsli og hávaði valdið þar óþægindum og leitt til deilna. Byggðin gæti nýtt hluta frárennslis eða gufu til hitunar íbúða og gróðurhúsa, en varmaþörf Hveragerðis er nú um 60 l/s af 100°C heitu vatni. Þyrfti því að auka verulega rekstur gróðurhúsa eða varmafrefkan iðnað, ef nýta ætti allan varma, sem frá aflstöðinni rennur.

Þessi tveir þættir, varma- og efnamengun Varmár og óþægindi fyrir byggðina í Hveragerði verða ráðandi, ef ráðist yrði í stærri aflstöðvar í Ölfusdal. T.d. þyrfti 70 MW virkjun að losna við 270.000 kcal/s afgangsvarma, sem er álíka og varmaþörf Reykjavíkur til hitunar. Ef stefnt er að stærri virkjun en 10 MW virðist því full ástæða til að íhuga, hvort ekki væri hentugra að virkja á öðrum hluta Hengilssvæðisins, þar sem búast má við 260-290°C hita og umhverfi er ekki eins viðkvæmt og í Ölfusdal. Líklegt er, að besti staður fyrir stóra virkjun yrði á miðbiki svæðisins í Fremstadal og Innstadal. Aðstaður eru einnig góðar á Nesjavöllum, en þeir eru þó í norðurjaðri svæðisins og þyrfti að leita upp í fjöllin til suðurs, ef þar ætti að reisa virkjun, sem yrði stærri en 60 MW. Í Ölfusdal virðist álitlegast að nýta varmann í varmafrefkan iðnað eða ylrækt í stórum stíl og gæti sú starfsemi einnig framleitt nokkra raforku í sínar þarfir en hæpið virðist að virkjun borhola í Ölfusdal til raforkuframleiðslu eingöngu svari kostnaði vegna umhverfisvanda, sem af þeirri vinnslu hlytist, ef ekki er jafnframt komið upp starfsemi, sem nýtti afgangsvarmann.

Heimildir.

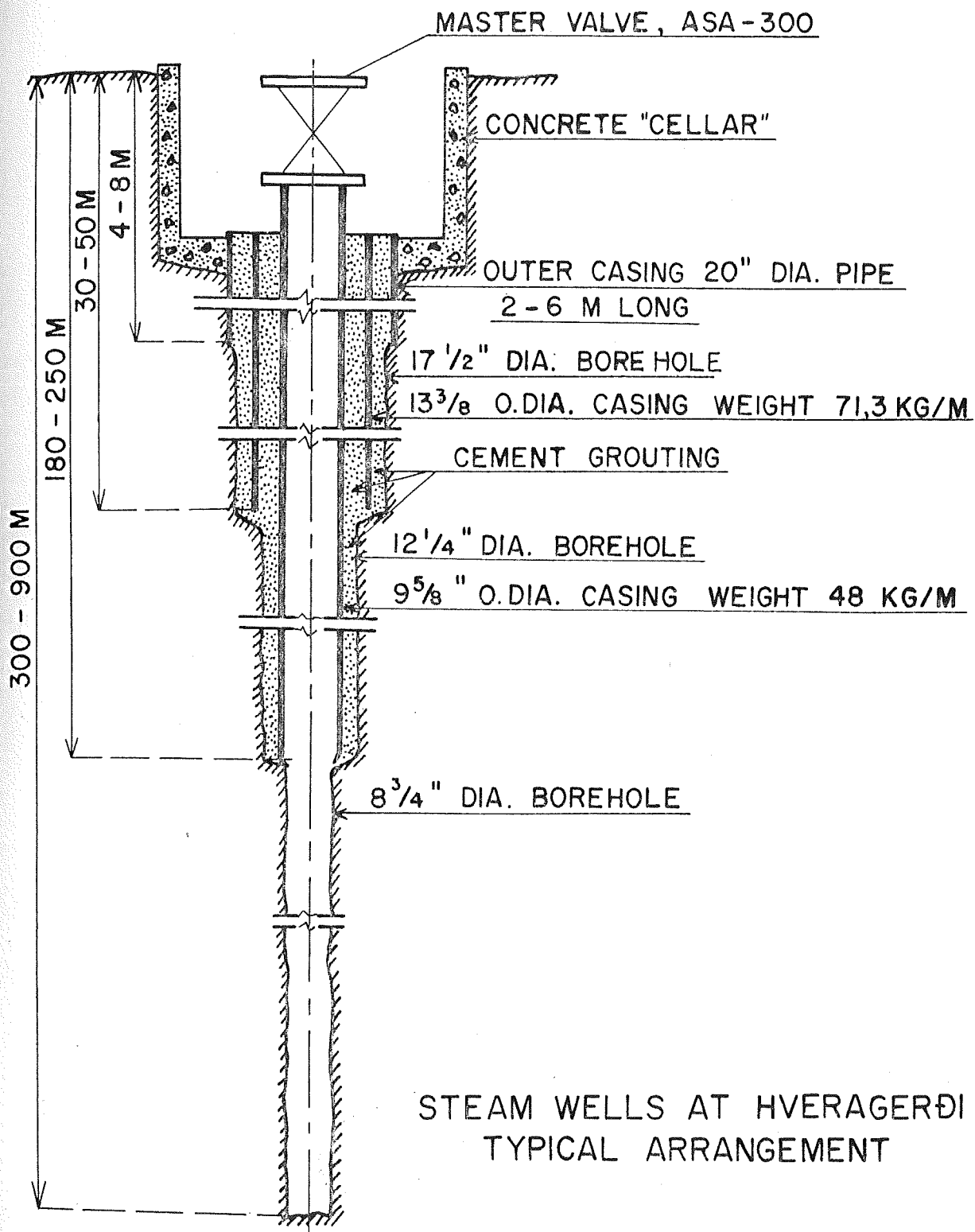
Sveinbjörn Björnsson og Sigurður Benediktsson, 1968:
Greinargerð um aflmælingar á gufuholum, fjölrituð skýrsla.

Sveinn Einarsson, 1961: Proposed 15-Megawatt Geothermal Power Station at Hveragerdi, Iceland. U.N. Conf. Rome 1961.

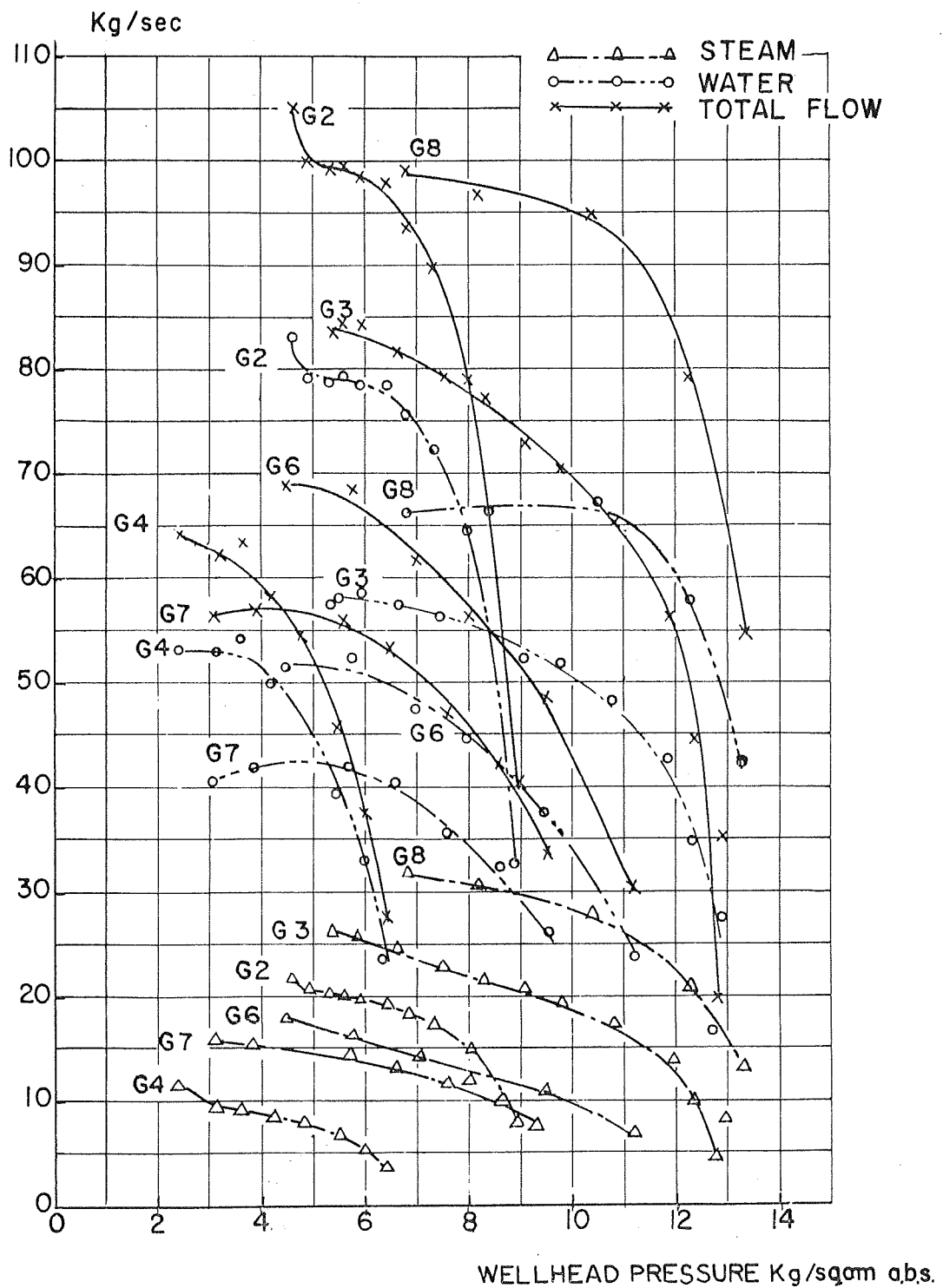


Mynd 1.

Ölfusdalur. Borholur eru merktar G-1 G-8

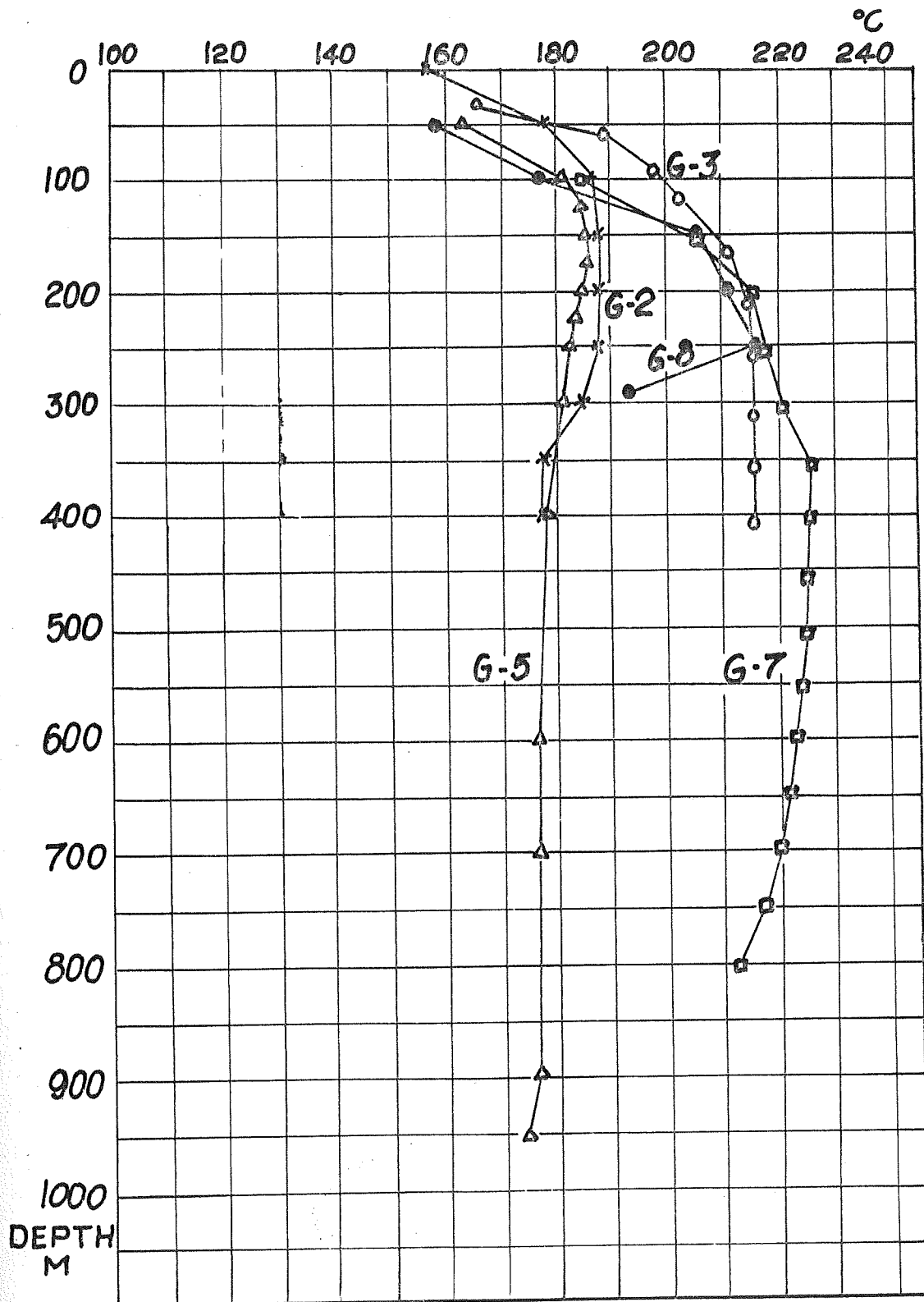


Mynd 2. Gerð borhola í Ölfusdal



Mynd 3.

Niðurstöður aflmælinga á borholum í Ölfusdal 1961.
 Vatns- og gufurennslu eru mæld við 100°C.



Mynd 4. Hitaferlar í borholum í Ölfusdal.