



Mælingar í holu 2 á Grafarbakka í Hrunamannahreppi

Grímur Björnsson

Greinargerð GrB-97-04

20. september, 1997

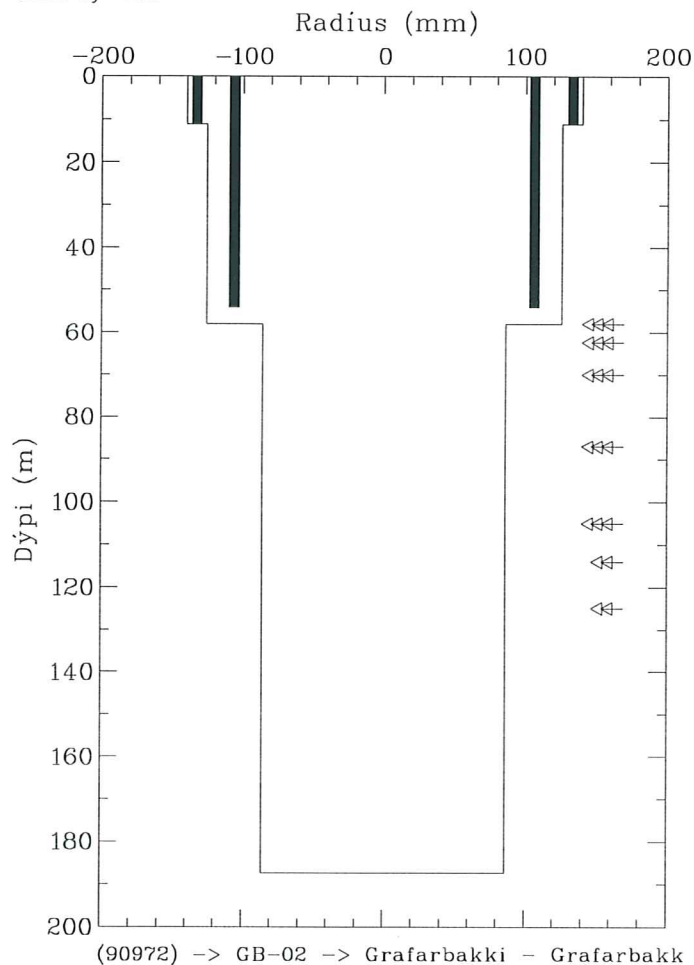
MÆLINGAR Í HOLU 2 Á GRAFARBAKKA Í HRUNAMANNAHREPPI

Inngangur

Eftirfarandi greinargerð lýsir afkastaprófun og hitamælingum sem gerðar voru í holu 2 á Grafarbakka í Hrunamannahreppi. Greinargerðin er unnin að beiðni Hitaveitu Grafarbakka ehf.

Hola 2 var boruð í lok júní 1997 með jarðbornum Ými. Tvær fóðringar eru í holunni. Sú fyrri var öryggisfóðring vegna borverksins, ef kæmi til yfirþrýstings á æðum þegar farið yrði dýpra. Hún er 10 3/4" víð og nær í 11,1 m dýpi. Vinnslufóðringin er síðan með 8" innmáli og nær í 54,1 m dýpi. Vinnsluhlutinn er boraður með 6 3/4" krónu í 187 m. Mynd 1 sýnir frágang holunnar svo og staðsetningu æða.

17 Sep 1997 GrB
xy V1.0



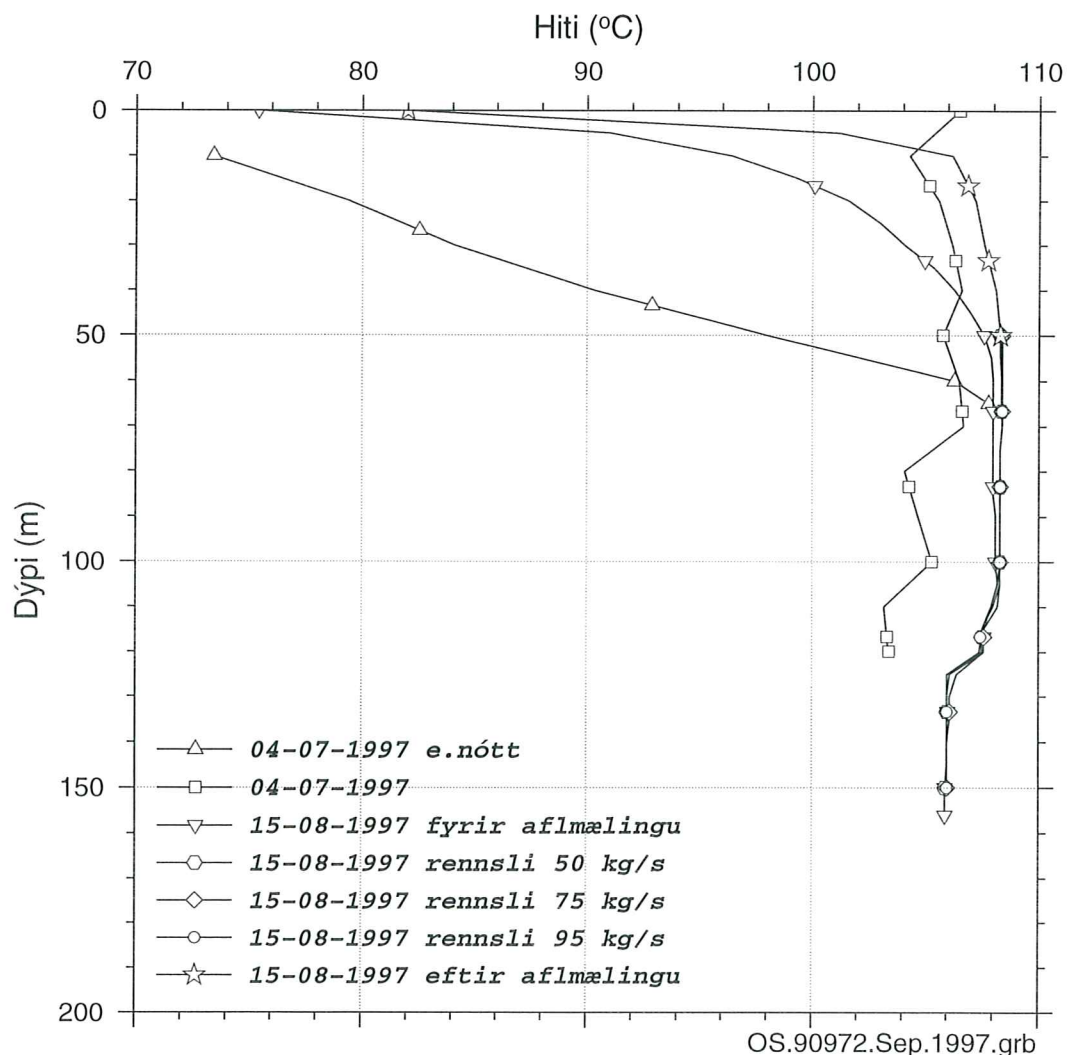
Mynd 1: Frágangur og hönnun holu 2. Fóðringar eru sýndar með sverum línum, borkrónur með mjóum línum og æðar með örvum.

Flokka má mælingarnar í holu 2 frá því ágúst 1997 í tvennt. Annars vegar voru gerðar nokkrar hitamælingar í rennsli og án rennslis. Hins vegar var skoðað hvernig rennslið úr holunni jókst með lækkandi toppþrýstingi. Einnig var fylgst með sjálfrennsli úr holu 1 á Grafarbakka, sem er í u.þ.b. 25 m fjarlægð frá holu 2.

Ljóst var í lok borunar að hola 2 gefur feiknamikið vatn og opnar það ýmsa möguleika fyrir gróðurhúsaiðnaðinn í Hrunamannahreppi. Því eru í lok greinargerðarinnar vanga-veltur um jarðhitakerfið sem fæðir Grafarbakka- og Flúðasvæðið, hvaða viðbótarvinnslu er skynsamlegt að fara í og hvaða afleiðingar hún getur haft á yfirborðsvirkni svæðanna.

Hitamælingar og staðsetning vatnsæða

Alls voru gerðar fjórar hitamælingar í holu 2 meðan prófanir stóðu. Þær eru sýndar á mynd 2, ásamt tveimur handrúllummælingum bormanna. Mælt var í holunni staðinni og síðan í u.þ.b. 50, 75 og 95 kg/s rennsli. Svo meinlega vildi til að mælingamenn voru óklárir á holudýpinu, svo og heimamenn. Var því aðeins mælt í 160 m dýpi í stað tæplega 190 m. Þetta má laga síðar og er ekki talið hafa afgerandi áhrif á þá úrvinnslu sem hér er sýnd.



Mynd 2: Hitamælingar í holu 2, Grafarbakka.

Það sem aðallega vekur athygli við hitamælingarnar á mynd 2 er að holan er viðsnúin í hita, þ.e. holan er heitust á 55-110 m dýpi en kólnar svo örlítið þar neðan við. Þetta bendir til vægs, lárétts rennslis vatns um jarðhitasprunguna sem holan sker. Þá sýna mælingarnar að holan skilar rétt rúmlega 108 °C vatni upp í vinnslufóðringuna. Hæstur hiti í holunni mældist á 70 m dýpi, 108,4 °C. Athygli vekur að formið á hitaferlunum í 50, 75 og 95 kg/s rennslis er mjög líkt. Það má túlka þannig að annaðhvort gefa holuæðarnar ætíð hlutfallslega sama vatnsmagn, eða að lítið vatn kemur úr „kalda“ kaflanum neðan 110 m dýpis.

Hitamælingarnar á mynd 2 ásamt upplýsingum úr borskýrslum Ýmis gefa svohljóðandi mat á æðunum í holunni. Væntanlega eru stærstu vatnsæðarnar á 58, 62,4, 70, 87 og 105 m dýpi. Er erfitt að segja til um hver þeirra er öflugust. Þó má nefna að þegar 58 m æðin var ein inni gaf holan 30-40 l/s samkvæmt sjónmati. Þá eru æðar á 114 og 125 m dýpi. Tilkoma 114 m æðarinnar varð til þess að skol hætti að koma upp í vatnsborun og varð þá að blæða lofti með til að fá skolið upp á nýjan leik. Ekki hægt að segja til um mögulegar æðar neðan við 160 m dýpi vegna fyrrgreinds miskilningsins um holudýpið.

Afköst holu 2 í blæstri

Þegar mælingamenn komu að holu 2 þann 15. ágúst síðastliðinn var þegar búið að setja leggventil og hliðarlegg frá holunni ofan í lón. Úr lóninu rann holuvatnið um v-laga þversnið og fékkst þar mæling á því. Niður í holunni sat allan tímann hitamælir, ýmist á 50 eða 150 m dýpi. Á holutoppinn var settur nákvæmur, stafrænn þrýstimælir sem auðvelt var að núllstillast við andrúmsloftsþrýstinginn. Þá voru einnig teknar nokkrar mælingar á yfirfallsrennslinu frá holu 1. Gögnin sem söfnuðust eru sýnd í töflu 1.

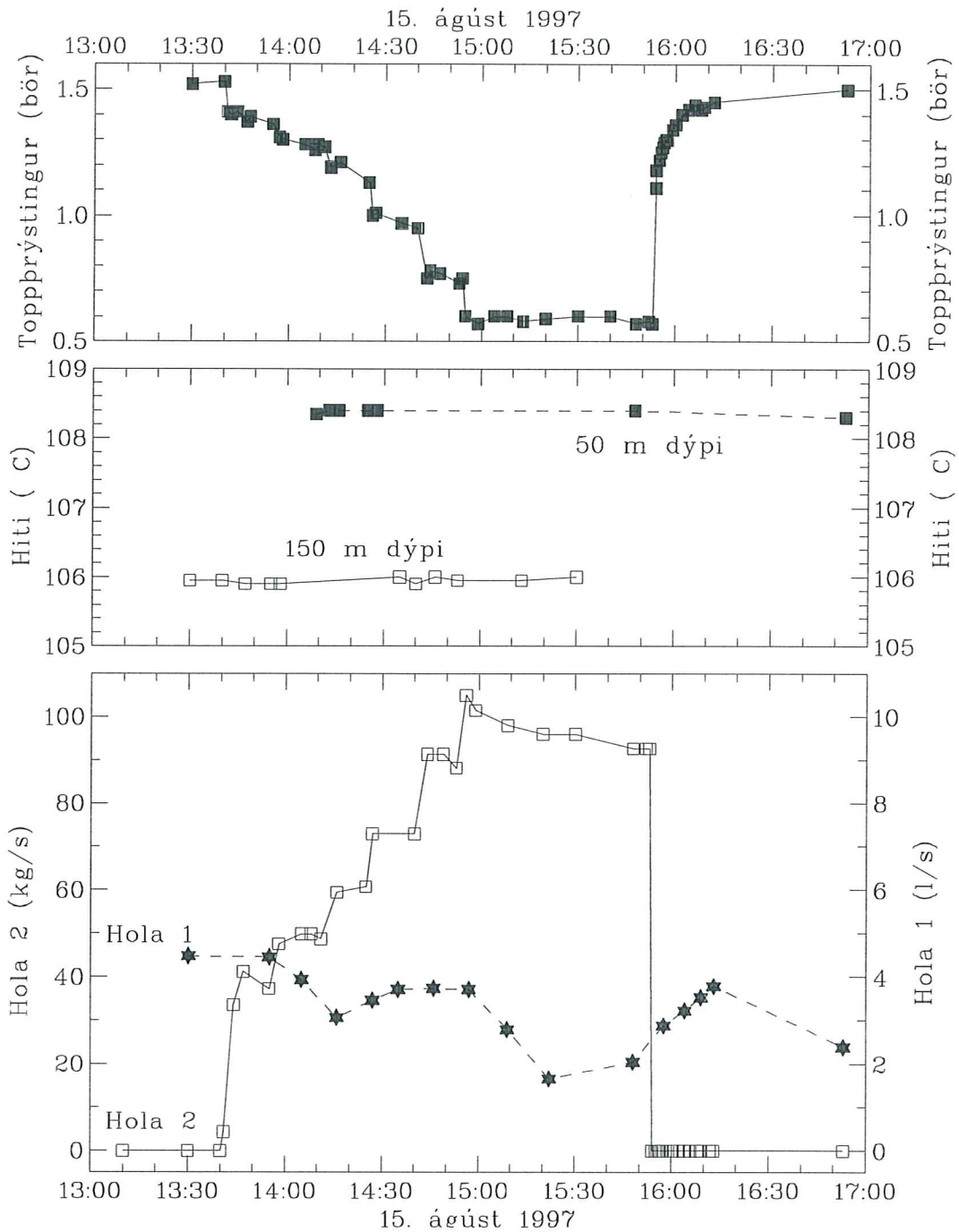
Mynd 3 sýnir svo ferlana sem komu út úr prófuninni, eftir að búið er að umreikna frumstærðirnar í töflunni. Þar er gert ráð fyrir að rennslid m, fylgi fallinu $m = 1,32 \cdot \rho \cdot h^{2,47}$ þar sem m er í kg/s, ρ er eðlisþyngd vatnsins (958 kg/m³) og h er vatnshæðin í þversniðinu (í metrum). Rennslid úr holu 1 var tímamælt í 56 l fötu.

Tafla 1: Afkastamæling holu 2 þann 15. ágúst 1997.

Tími dags	Toppþr. (bör-y)	Hiti (°C) ⁺	Hæð í V sniði (cm)	Framhjá rennsli ^{*)} (l/s)	Tími dags	Toppþr. (bör-y)	Hiti (°C)	Hæð í V sniði (cm)	Framhjá rennsli ^{*)} (l/s)
13:10			0		14:57				3.7
13:30	1.52	105.95	0	4.5	14:59	0.57		36.0	
13:40	1.53	105.95	0		15:04	0.60			
13:41	1.41		10		15:08	0.60			
13:42	1.40				15:09			35.5	2.8
13:44	1.41		23		15:13	0.58	105.95		
13:47	1.37	105.9	25		15:20	0.59		35.2	
13:48	1.39				15:22				1.7
13:55	1.36	105.9	24	4.5	15:30	0.60	106.0	35.2	
13:57	1.31				15:40	0.60			
13:58	1.30	105.9	26.5		15:48	0.57	108.4	34.7	2.0
14:05	1.28		27.0	3.9	15:52	0.58		34.7	
14:08	1.26		27.0		15:53	0.57		34.7	
14:09	1.28	108.35			15:54	1.11		0	
14:11	1.27		26.75		15:54	1.18		0	
14:13	1.19	108.4			15:55	1.22		0	
14:16	1.21	108.4	29.0	3.1	15:55:30	1.25		0	
14:25	1.13	108.4	29.25		15:56	1.27		0	
14:26	1.00				15:56:30	1.29		0	
14:27	1.01		31.5	3.5	15:57	1.30		0	
14:28		108.4			15:57:30	1.30		0	2.9
14:35	0.97	106.0		3.7	15:59	1.34		0	
14:40	0.95	105.9	31.5		16:00	1.36		0	
14:43	0.75				16:02	1.40		0	
14:44	0.78		34.5		16:04	1.42		0	3.2
14:46		106.0		3.7	16:06	1.44		0	
14:47	0.77				16:08	1.42		0	
14:49			34.5		16:09	1.43		0	3.5
14:53	0.73	105.95	34.0		16:12	1.45		0	
14:54	0.75				16:13			0	3.8
14:55	0.60				16:53	1.50	108.3	0	2.4
14:56			36.5						

*) Með framhjárennsli er átt við yfirfallsrennslið frá holu 1 og Grafarbakkaheimum, mælt í 56 l fötu.

+) Hitinn var ýmist mældur á 50 eða 150 m dýpi. Hiti yfir 108 °C er ætíð mældur á 50 m dýpi.



Mynd 3: Helstu stærðir í afkastamælingu holu 2.

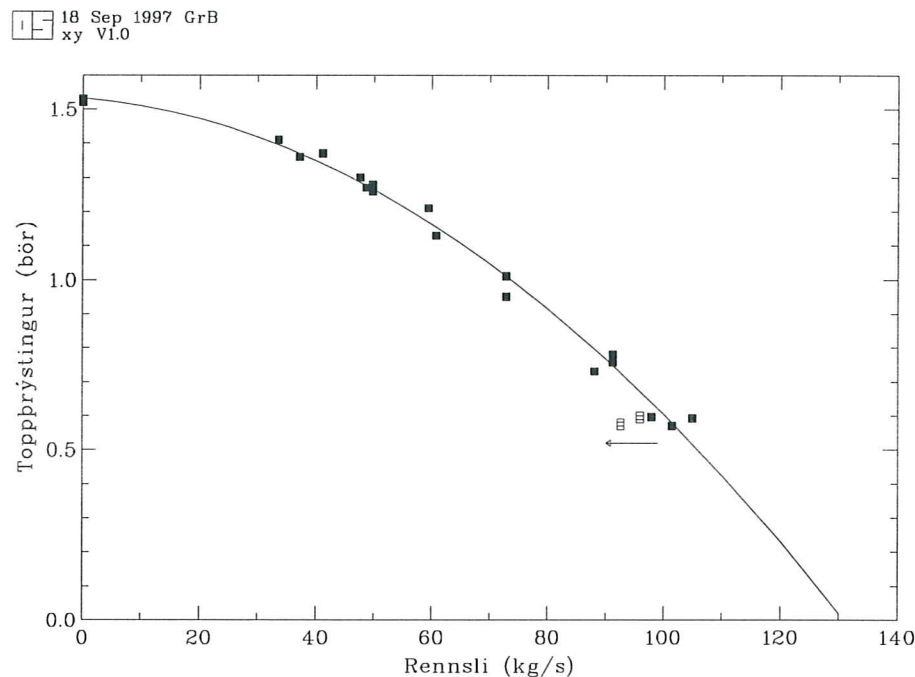
Alls voru skoðuð 4 þrep í afkastaprófuninni. Þau stóðu í kringum 15 mínútur nema síðasta þrepið, það stóð í klukkustund. Í fyrsta þrepinu var miðað við að toppþrýstingurinn félli úr 1,52 börum í u.þ.b. 1,4 bör. Annað þrepið var keyrt á 1,25-1,30 bara þrýsting, það þriðja við 1,15-1,20 bör, það fjórða við 0,95-1,0 bör og það fimmta við u.þ.b. 0,75 bör. Í sjötta og lokaprepinu var leggventillinn, sem notaður var til að stilla rennslíð, fullopin. Ekki varð rennslisprófið alveg áfallalaust því stíflan, sem V-sniðið var í, brast í fjórða þrepinu. Kom sér þá vel að hafa gröfu við hendina, sem lagaði stífluna án þess að hreyft væri við holurennslinu. Þá var smávægilegur leki með stíflunni, trúlega um 5 l/s.

Mynd 3 sýnir holuhitann annars vegar á 50 m og hins vegar á 150 m dýpi. Hitinn reyndist mjög stöðugur á báðum stöðunum og voru breytingar innan skekkjumarka. Væntanlegur vinnsluhiti holu 2, áður en sýður á toppi, verður samkvæmt myndinni rétt um 108 °C, að því gefnu að jarðhitakerfið sjálft kólni ekki við vinnsluna.

Mynd 4 sýnir svo hvernig mældu rennslið teiknast á móti toppþrýstingi. Eins er felldur ferill gegnum punktastafið sem hér er kallaður aflferill holu 2. Aflferillinn samanstendur af þremur þáttum, sá fyrsti er einfaldlega lokunarþrýstingur holunnar, annar liðurinn lýsir þrýstifalli í jarðhitageyminum vegna lagstreymis og sá síðasti lýsir þrýstifalli vegna iðu-streymistapa bæði í næsta nágrenni holunnar svo og í holunni sjálfri. Aflferillinn er:

$$P_0 = 1.53 - 0.142 \times 10^{-2} \cdot m - 0.786 \times 10^{-4} \cdot m^2$$

þar sem P_0 er toppþrýstingurinn í börum og m er holurennslíð í kg/s. Aflferillinn sýnir að við engan þrýsting á toppi gefur holan nýopnuð um 130 kg/s.



Mynd 4: Aflferill holu 2. Mæld gildi eru sýnd með ferningum en aflferillinn með línu. Opnu ferningunum á myndinni var sleppt í útreikningi aflferilsins. Örin sýnir hvernig dró úr rennslinu eftir því sem leið á síðasta þrepið.

Hannibal Kjartansson á Flúðum sá um allan frágang holu 2 við aflprófunina. Hann full-opnaði holuna í skamma stund daginn áður, þann 14. ágúst. Skemmst er frá því að segja að holan gjörfyllti lónið neðan við sig og náði vatnshæðin í V-sniðinu 39-40 cm áður en allt brast. Það jafngildir 123-132 kg/s rennsli. Enn var þó u.þ.b. ½ bars þrýstingur á holu-toppnum.

Hola 2 skilaði alls rúmunum 600 tonnum af vatni úr sér þær rúmu 2 klukkustundir sem prófunin stóð. Varmaafli holunnar, miðað við 50-100 kg/s rennsli og kælingu úr 108 °C í 40 °C eru 14-30 MW. Sé miðað við kælingu í 0 °C hækka þessar tölur hins vegar í 23-45 MW.

Langtímaafköst holu 2

Mynd 3 sýnir að hola 2 náði mest um 104 kg/s rennsli þann 15. ágúst, borið saman við kringum 130 kg/s í prófuninni daginn áður. Þessi munur helst þó svo að tekið sé tillit til leka með stíflunni (u.þ.b. 5 l/s). Hér kennir væntanlega áhrifa af tímanum sem er liðinn frá því hola byrjar að renna, þar til fullopnað er út í lón. Eftir því sem lengri tími líður, fellur þrýstingur jarðhitakerfisins næst holunni og það minnkar rennslistoppinn.

Myndir 3 og 4 sýna reyndar vel að í lokaþrepi prófunarinnar minnkaði holurennslid úr mest um 105 kg/s í um 93 kg/s. Sama var reyndar upp á teningnum í fyrri þrepunum ef vel er rýnt. Því verður að gera ráð fyrir einhverri afldvínun holunnar með tímanum þó ekki sé hægt á þessari stundu að segja fyrir um hvar jafnvægispunkti er náð.

Eins sýnir mynd 3 að gamla Grafarbyggiholan (1) virtist finna fyrir prófuninni þó svo að sambandið sé ekki einhlítt. Mælingarnar byggja á framhjärennslu úr hvernum en ekki heildarrennslinu. Þar sem gekk á með sólarglennum mælidaginn virtist sem gróðurhúsa-notkunin væri sveiflukennd og prentast þær sveiflur ofan á breytingar sem rennslið úr holu 2 kann að hafa valdið. Þó má draga einfaldar ályktanir af mynd 3, eins og t.d. að eftir fyrstu dýfunu í framhjärennslinu (kl 14:15) nær hola 1 ekki sama rennsli og var áður en hola 2 var opnuð. Hefur rennslið þá fallið um tæpan sekúndulíttra við að 50-70 kg/s eru tekin úr holu 2.

Vaðmálaver stendur gengt holu 2, norðan Litlu-Laxár. Skimað var eftir yfirfallsrennsli hans meðan hola 2 blés. Virtist það minnka og síðan þverra eftir að hola 2 fór í fullt rennsli og ský dró fyrir sólu. Væntanlega hefur hér einnig verið á ferðinni sambland meiri notkunar í gróðurhúsum svo og þrýstifall vegna vinnslunnar í holu 2.

Þrátt fyrir þessar breytingar má samt minna á að samkvæmt mynd 3 náði hola 2 fyrri lokunarþrýstingi einungis klukkustund eftir að prófinu lauk. Það lofar góðu um aðstreymið til holunnar.

Því sýnist eðlilegt að gera ráð fyrir að verulegri vinnslu úr holu 2, muni fylgja einhver lækkun í svæðisþrýstingi og þar með afköstum hvera og lauga kringum holuna. Rétt er samt að taka fram að tapað yfirborðsrennsli gæti aðeins orðið brot af viðbótarvinnslunni úr holu 2. Sem dæmi virtust 50-75 kg/s úr holu 2 skerða rennsli holu 1 um aðeins 1 kg/s.

Nákvæmari spár um áhrif vinnslu úr holu 2 er ekki hægt að gefa á þessari stundu. Hugsa má sér ýmsa möguleika til að afla slíkrar þekkingar. Þar hlýtur að koma helst til greina margra vikna eða mánaða prófun í umtalsverðu rennsli (≈ 50 kg/s). Best væri ef vatnið frá holunni yrði mælt sem nákvæmast, t.d. gegnum skilju. Orkustofnun er reiðubúin að koma með frekari útlistun á slíku prófi ef heimamenn óska.

Niðurstöður og umræða

Helstu niðurstöður sem fengust í stuttri afkastaprófun holu 2 á Grafarbakka þann 15. ágúst 1997 eru eftirtaldar:

1. Holan virðist taka megnið af vatni sínu úr mörgum 106-108 °C æðum á 58 til 110 m dýpi.
2. Holan er viðsnúin í hita sem bendir til vægs, lárétts jarðhitarennslis við holuna.
3. Vinnsluhiti á toppi, án suðu, verður rétt um 108 °C.
4. Holan skilar feiknalegum afköstum og er ein aflmesta lághitaholan í landinu. Aðeins þarf að fella holutoppsprýstingurinn um 0,2-0,3 bör til að fá 50 kg/s rennsli. Rennsli úr henni er 100 kg/s þegar opnað er strax eftir hvíld, en það minnkar þegar frá líður. Varmaafli holunnar liggur á bilinu 15-45 MW eftir vinnslu og reikningsaðferðum.
5. Hóla 2 virðist hafa áhrif á holu 1 svo og Vaðmálhver, þótt erfitt sé að skilgreina slík tengsl nákvæmlega vegna sveiflna í gróðurhúsanotkun. Eins verður að gera ráð fyrir að afl holu 2 dali eitthvað með tímanum ef vinnslan úr henni verður mjög mikil til langs tíma lítið.
6. Þó svo að vinnslan úr holu 2 hafi í för með sér minnkun í hvera- og laugarennslis virðist sem sú minnkun verði aðeins lítið brot af viðbótinni sem holan gefur.
7. Rétt sýnist að holan verði prófuð í margar vikur eða mánuði áður en til ákvörðunar kemur um stórfellda nýtingu.

Segja má að með tilkomu holu 2 fari samanlögð vatnsvinnsla úr hverum og borholum á Flúða- og Grafarbyggðum að slaga upp í rennslið úr Deildartunguhver. Leikur því enginn vafi á að hér er verið að vinna úr einu öflugasta lághitasvæði landsins. Vafalaust á sér stað töluvert gegnumrennsli um jarðhitakerfin. Er ekkert á þessari stundu sem bendir til að þau séu ofnýtt, heldur virðast þau þvert á móti þola vel vinnsluna ef tekið er tillit til nánast óbreytts laugarennslis á svæðinu. Má reyndar færa rök fyrir því að heimamönnum beri að nýta þennan orkustraum því ella rennur hann ónýttur fram hjá, líkt og oft er vikið að í sambandi við vatnsorkuna.

Orkustofnun, 20. september, 1997
Grímur Björnsson