ORKUSTOFNUN

Mælingar í holu 9 við Grafarlaug í Miðdölum

Grímur Björnsson,
Kristján Sæmundsson,
Jósef Hólmjárn

Greinargerð GrB-KS-JH-92-06

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

ORKUSTOFNUN
Greinargerðasafn

Greinargerð
GrB/KS/JH-92/06

20-nóv-1992

MÆLINGAR Í HOLU 9 VIÐ GRAFARLAUG Í MIÐDÖLUM

1. Inngangur

Greinargerð þessi lýsir í stuttu máli niðurstöðum borholumælinga sem gerðar voru í holu 9 við Grafarlaug þann 16. nóvember síðastliðinn. Jarðborinn Narfi hafði lokið borun holunnar í 1280 m dýpi um kl 16 daginn áður. Nóttin fór í upptekt, síðan var loftdælt í tveimur þrepum fram til kl 13 mánudaginn 16. nóvember. Tvenns konar mælingar voru síðan gerðar á vegum Orkustofnunar. Byrjað var á hitamælingum en að því búnu var blásið úr holu 9 í rúmar 30 mínútur og vatnsborð mælt á meðan í holu 8. Í greinargerðinni er mælingunum lýst og þær nýttar til að gefa fyrstu vísbendingar um þrýstiástand jarðhitakerfisins og afköst þess með tímanum.

2. Frágangur holu 9

Hola 9 er 1280 m djúp. Hún er fóðruð í 92 m dýpi með 10 3/4" fóðringu. Vinnsluhluti holunnar er boraður með 8½" krónu. Hún er staðsett um 30 m austan holu 8 og er í svipaðri hæð.

3. Hita- og rennslismælingar

Mynd 1 sýnir tvær hitamælingar sem gerðar voru í holu 9 eftir að loftdælingu lauk. Fyrri mælingin hófst um 15 mínútum eftir að holan tók að renna á ný eftir loftdælinguna (mælt niður), en sú síðari var gerð u.þ.b. 1 ½ klst síðar (mælt upp). Af myndinni má ráða að æðarnar sem gefa rennslið eru á 150, 365, 545, 600, 635 og á 860-880 m dýpi. Auk þess eru smáæðar á 94 m og á 1050 m dýpi.

Fylgst var með sjálfrennsli holu 9 í borun. Má ráða af mælingunum hver er gæfni æða holunnar. Tafla 1 sýnir hvernig rennslið mældist eftir því sem holan dýpkaði. Þar sést að æðin á 365 m gefur um 3 sekúndulítra sjálfrennslisins, 13 l/s koma á 635 m og afgangurinn neðar. Misræmi er á milli rennslismælinganna í töflu 1 og upplýsinga um æðar út frá hitamælingunum (mynd 1). Hitamælingarnar strax eftir blástur sýna að sáralítið vatn kemur í holu 9 neðan æðakaflans á 860-880 m. Rennslismælingar í borun bentu hins vegar til vatnsaukningar í 1200 m, en þá fyrst fór sjálfrennslið að mælast yfir 20 l/s. Við sjáum í fljótu bragði enga skýringu á þessu misræmi.

Smáæðin á 94 m dýpi er verð sérstakrar skoðunar. Um 1°C kólnun sést við þá æð (mynd 1). Hægt er að meta hlut æðarinnar í heildarrennsli holu 9 ef hiti hennar er þekktur. Mynd 2 sýnir allar hitamælingar í holunni. Sést þar að hiti á 90 m dýpi er um og yfir 50°C og greinilega lægri en 70°C. Ef æðarhitinn er metinn sem 54°C fæst að hlutur hennar í heildarrennslinu er um 4 %. Ástæða er til að fylgjast með æð þessari ef kemur til dælingar úr holunni. Hugsanlegt er að kalt og súrefnisríkt grunnvatn leiti til æðarinnar og það kann að valda tæringu. Slík hætta er þó vart fyrir hendi meðan hola 9 sjálfrennur. Samskonar skammhlaup kalds grunnvatns og jarðhitavatns gæti orðið um holu 8. Komi slík vandræði fram síðar meir er líklega ódýrast að leysa þau með vægri dælingu úr holu 8.

TAFLA 1: Sjálfrennsli holu 9 í borun.

Dýpi (m)	Rennsli (l/s)	Dýpi (m)	Rennsli (l/s)
366	3	875	17.5
531	3	1061	17.5
620	10-12	1140	18.5
656	16	1182	23
719	16	1231	20
850	16	1280	21

Myndir 1 og 2 sýna að hiti meginæða holu 9 er milli 80 og 85°C. Einnig sést að holan hafði náð 80°C hita á toppi um 2 tímum eftir að loftdælingu lauk. Því má búast við að vinnsluhiti holunnar verði á bilinu 81-84°C.

4. Loftdæling

Hluti prófananna á holu 9 fólst í loftdælingu holunnar. Stöngum var slakað í 80 og 150 m dýpi og lofti blásið niður. Með því fékkst aukið rennsli úr holunni og fyrsta mat á gæfni hennar. Niðurstöður eru sem hér segir (gildir fyrir 16. nóvember 1992):

- Sjálfrennsli var 21 l/s af rúmlega 80°C vatni.
- Ef loftdælt var með stangarenda á 80 m, gaf holan um 26 l/s. Mótþrýstingur á loftpressu var um 2 bör sem jafngildir að vatnsborð í loftdælingunni hafi verið á 60 m.
- Þegar loftdælt var með stangarenda á 150 m, fengust 31 l/s úr holunni. Mótþrýstingur á loftpressu reyndist um 5 bör sem jafngildir u.þ.b. 100 m niðurdrætti í holunni.

Ofangreindar tölur benda til þess að lekt að holunni sé treg. Jafnframt getur iðustreymisstuðull hennar verið mjög hár. Virðist þurfa að auka niðurdrátt um 10 m fyrir hvern sekúndulítra sem bætt er við vinnsluna.

5. Vatnsborðsmælingar

Eftir að hitamælingum í holu 9 lauk, var afráðið að loftdæla á ný úr holunni og fylgjast á meðan með vatnsborði í holu 8. Sú hola er einungis um 30 m vestan holu 9. Tafla 2 sýnir mæligögnin sem söfnuðust.

Þessar vatnsborðsbreytingar voru notaðar til að meta lekt milli holna 8 og 9. Er þá gert ráð fyrir að vatnskerfið hegði sér samkvæmt líkani Theis (óendanlega stórt í láréttar stefnur en lokað að ofan og neðan). Við túlkunina var gert ráð fyrir 20 l/s vinnslu áður en blástur hófst, að vinnslan færi upp í 65 l/s fyrstu 2 mínútur prófsins meðan loftið ruddi stærsta skotinu úr holunni, síðan héldist rennslið 32 l/s í rúmar 11 mínútur en félli svo í 30 l/s það sem eftir stóð prófsins. Fjarlægð milli holnanna var höfð 30 m og upphafsvatnsborð í holutoppi. Mynd 3 sýnir hvernig tókst að fella reiknaðan feril að mældu gögnunum. Samræmi er gott. Reiknilíkanið gefur lektarstuðul 9.7×10^{-9} $m^3/Pa/s$ og rýmdarstuðul upp á 3.5×10^{-8} m/Pa. Þetta eru mjög lág gildi og endurspegla lága lekt jarðhitakerfisins í næsta nágrenni holnanna. Ómögulegt er að segja til um lekt fjær vegna þess hve prófið stóð stutt.

TAFLA 2: Vatsborð holu 8 meðan dælt var úr holu 9.

Dæling		Jöfnun	
Tími (kl:mí,sek)	Vatnsborð (m)	Tími (kl:mí,sek)	Vatnsborð (m)
15:44,30	0.0	16:24,00	8.1
15:46,30	0.0	16:25,45	8.0
15:47,00	0.05	16:27,40	7.5
15:49,00	0.65	16:28,20	7.0
15:50,00	1.0	16:29,10	6.5
15:51,15	1.5	16:29,55	6.0
15:52,40	2.0	16:30,40	5.5
15:54,00	2.5	16:31,25	5.0
15:55,40	3.0	16:32,60	4.6
15:57,30	3.5	16:33,03	4.0
15:59,30	4.0	16:34,00	3.5
16:01,25	4.5	16:35,09	3.0
16:03,55	5.0	16:36,30	2.5
16:06,20	5.5	16:37,30	2.0
16:09,05	6.0		
16:12,30	6.5		
16:15,45	7.0		
16:19,15	7.5		
16:20,15	7.7		

Reiknilíkanið á mynd 3 má nota til að áætla lokunarþrýsting holu 9. Fæst þá að vatnsborð holunnar yrði um 150 m yfir holutoppi að einu ári liðnu. Það sýnir að jarðhitakerfið er mjög háþrýst.

Mynd 4 sýnir að lokum hvernig reiknilíkanið áætlar vatnsborð holu 8 við langtímavinnslu úr holu 9. Gert er ráð fyrir 10, 20 eða 30 l/s stöðugri vinnslu í 4 mánuði. Einnig er gert ráð fyrir að upphafsvatnsborð holunnar sé 150 m yfir toppi. Myndin sýnir að vatnborð fellur mjög hratt á fyrstu dögum vinnslu en síðan dregur úr hraðanum. Samkvæmt líkaninu er óvarlegt að gera ráð fyrir meir en 20 l/s sjálfrennsli að 4 mánuðum liðnum. Rétt er að minna á að spáin byggir aðeins á ½ klst dælingu og er því óáreiðanleg.

6. Langtímavinnsla úr holu 9

Engin leið er á þessu stigi að meta viðbrögð holu 9 við langtímavinnslu. Alþekkt er á íslenskum jarðhitasvæðum að sjálfrennsli dalar hratt fyrstu mánuði vinnslu en kemst svo í jafnvægi. Ástæða er til að ætla að svipað verði uppi á teningnum við Grafarlaug þó á móti vegi að sjálfrennsli holu 8 hefur þegar létt einhverjum þrýstingi af svæðinu. Því er lagt til að engar ákvarðanir verði teknar um virkjun holunnar fyrr en hún hefur fengið að renna í nokkra mánuði. Einnig er lagt til að holuloki verði settur á holuna, rennslismælir og nákvæmur hitamælir. Síðan verði gerðar tvenns konar athuganir:

1. Mælingar á lokunarþrýstingi og topppþrýstingi við 4, 8, 12, 16 og 20 l/s rennsli. Gögnin sem safnast má síðan nota til að meta iðustreymisstuðul holunnar og afliferil hennar. Þessar

mælingar þarf að gera hið fyrsta, með eða án aðstoðar manna frá Orkustofnun. Aðeins þarf örfáar klukkustundir í mælingarnar.

2. Mælingar á heildarrennsli (m^3) og augnabliksrennsli (l/s) holunnar með tímanum. Slíkar mælingar er auðvelt að gera ef rennslismælir er tengdur holunni. Heimamenn munu sjá um aflestrana og yrði þá lesið af einu sinni í viku. Gögnin sem safnast með þessu hætti munu skera úr um hvort nýta má holuna í fyrirhugaða hitaveitu. Jafnframt munu þau sýna hvort virkja þarf holuna með djúpdælu.

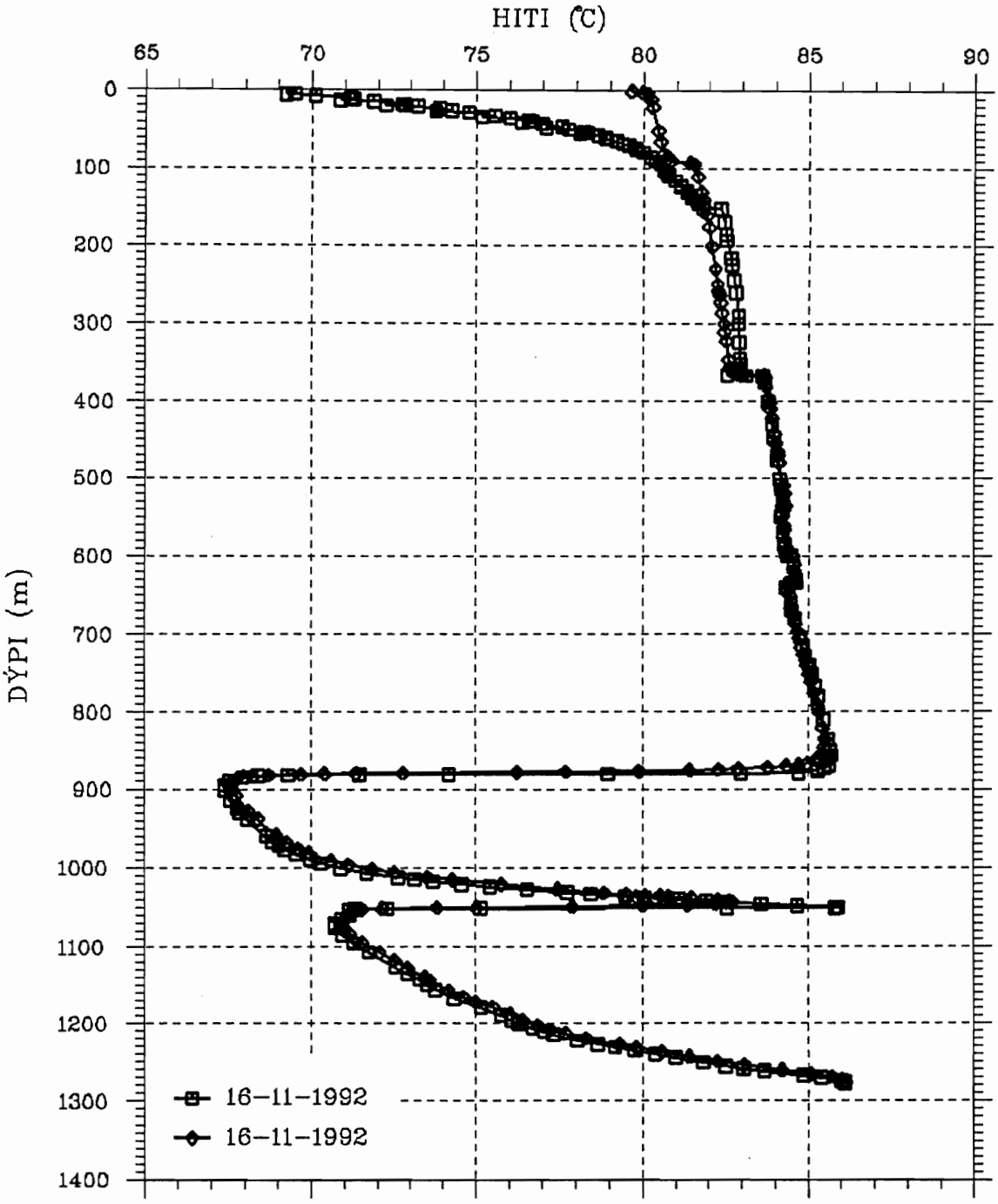
7. Niðurstöður

Helstu niðurstöður mælinganna í holu 9 eru eftirfarandi.

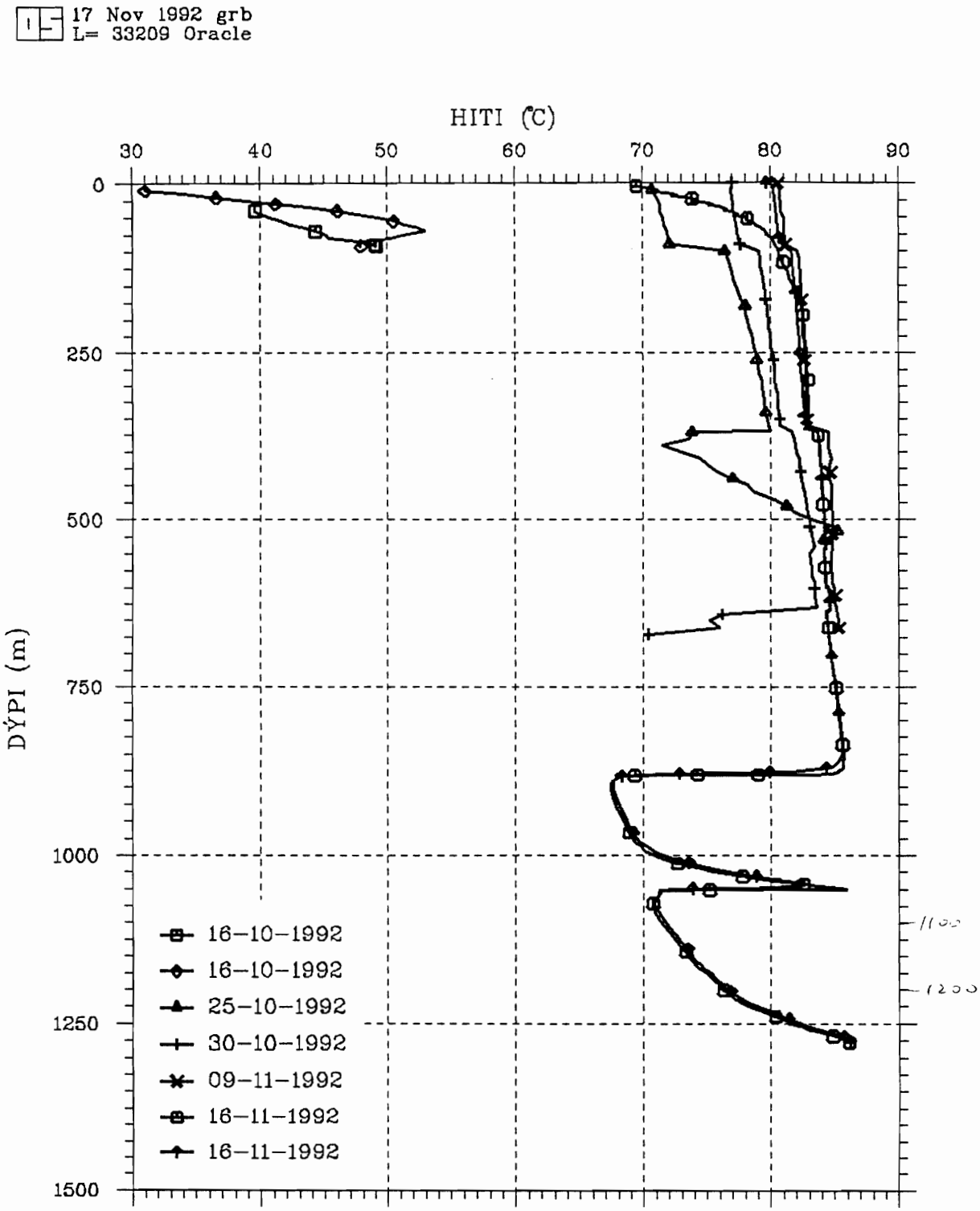
1. Hola 9 vinnur vatn úr æðum á 94, 150, 365, 545, 600, 635, 860-880 og á 1050 m dýpi. Stærsta æðin er á 635 m.
2. Um 4 % af núverandi sjálfrennsli holunnar koma úr æð á 94 m dýpi. Þessi æð getur orðið til vandræða ef dælt verður úr holunni.
3. Búast má við 81-84°C vinnsluhita holu 9.
4. Sjálfrennsli holu 9 er nú um 21 l/s. Ef vatnsborð holunnar er dregið niður undir 60 m eykst rennslið í 26 l/s og í 31 l/s ef vatnsborð lækkar í rúmlega 100 m. Virðist þurfa um 10 m niðurdrátt fyrir hvern sekúndulítra sem bætt er við vinnsluna.
5. Stutt dæling úr holu 9 og vatnsborðsmælingar í holu 8 sýna að lekt jarðhitakerfisins næst holunum er lág. Þá virðist hár þrýstingur einkenna jarðhitakerfið. Hann gæti numið allt að 150 m yfir holutoppi.

Reynsla af öðrum jarðhitakerfum hérlendum sýnir að ástæða er til að óttast minnkun í sjálfrennsli holu 9 á næstunni. Brýnt er að fylgjast vel með og skrá vinnsluna á meðan. Þau gögn munu skera úr um hvort og hvernig best verði staðið að virkjun holunnar. Undirritaðir leggja eindregið til að slíkt eftirlit byggi á rennslismæli sem tengist holunni. Með því móti fæst mest nákvæmni í mæligildum.

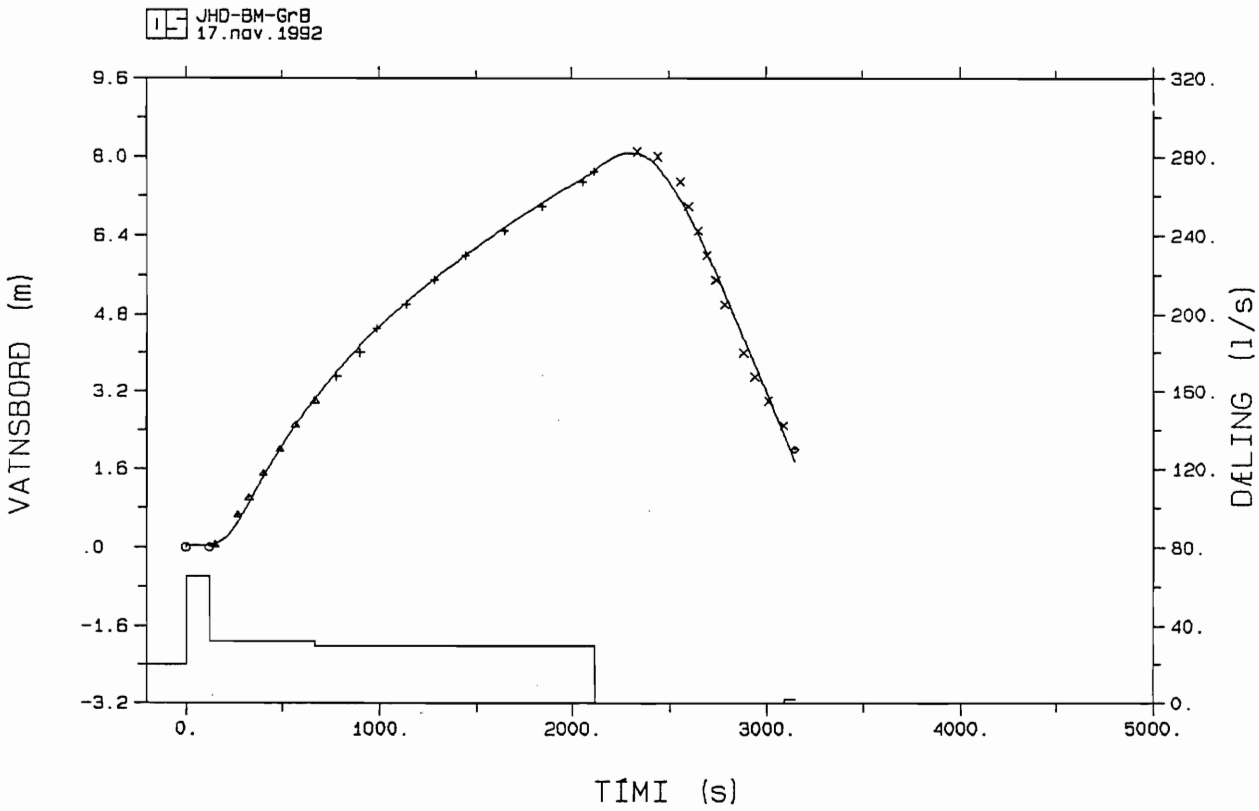
Reykjavík, 20. nóvember 1992
Grímur Björnsson, Kristján Sæmundsson
og Jósef Hólmjárn



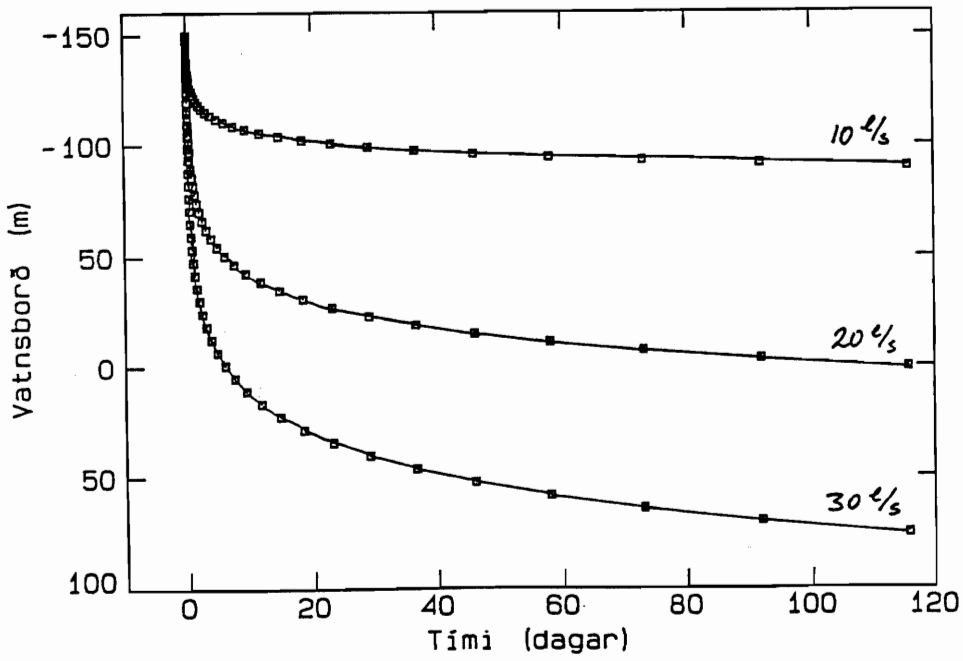
Mynd 1: Hitamælingar í holu 9 eftir lofdælingu þann 16. nóvember 1992. Fyrri hitamælingin er merkt með kössum og sú síðari með tíglum.



Mynd 2: Allar tiltækar hitamælingar í holu 9.



Mynd 3: Mælt og reiknað vatnsborð holu 8 samkvæmt Theis líkani. Reiknað vatnsborð er sýnt með heildregnum ferli.



Mynd 4: Gróf spá um lækkun vatnsborðs holu 8 við mismikla vinnslu úr holu 9.