



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

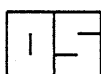
**Langtímaprófun holu 2 í Norður-Vík  
Mýrdal veturinn 1995-1996**

Grímur Björnsson  
Guðni Axelsson

Unnið fyrir Mýrdalshrepp

OS-96026/JHD-15 B

Máí 1996



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 610 851

**Langtímaprófun holu 2 í Norður-Vík  
Mýrdal veturinn 1995-1996**

Grímur Björnsson  
Guðni Axelsson

Unnið fyrir Mýrdalshrepp

OS-96026/JHD-15 B

Maí 1996

## **EFNISYFIRLIT**

Inngangur	3
Framkvæmd langtímadælingar	3
Afferill holu 2	5
Þjöppuð geymislíkön og langtímavatsborð holu 2	7
Vinnsluhiti holu 2	10
Orkuvinnsla úr holu 2	11
Niðurstöður og umræða	11

## **TÖFLUSKRÁ**

Tafla 1: Gögnin sem söfnuðust í dæluþrófun holu 2	5
Tafla 2: Áætlað rennsli og varmaorka úr holu 2 við mismikinn niðurdrátt	11

## **MYNDASKRÁ**

Mynd 1: Dæluþrófun holu 2 í Norður-Vík	4
Mynd 2: Mælt rennsli og vatnsborð holu 2 (kassar) ásamt áætluðum afferli holunnar	2
Mynd 3: Samræmi mælds og reiknaðs vatnsborðs holu 2 í þjöppuðum geymislíkönum	3
Mynd 4: Stuðlar þjöppu geymislíkananna sem herma vatnsborð holu 2	8
Mynd 5: Spár um vatnsborð holu 2 í 2 l/s stöðugri dælingu	9
Mynd 6: Samband rennslis og hita vatns úr holu 2	10

## 1. Inngangur

Skýrsla þessi er unnin að beiðni Mýrdalshrepps. Hún fjallar um langtímadælingu holu 2 í Norður-Vík, sem stóð yfir frá því í lok nóvember 1995 og fram í aprílbyrjun 1996. Á grunni þeirra gagna sem safnað var í dælingunni er gerður aflferill fyrir holuna, sem sýnir hvaða vatnsmagns megi vænta eftir því sem vatnsborð er dregið neðar. Eins er metið hvernig hiti dælda vatnsins breytist með rennsli og ávinningurinn af hækkuðum vatnshita borinn saman við aukna rafmagnsnotkun holudællunar. Þá er í skýrslunni umfjöllun um vatnsborð holunnar í langtímadælingu.

Hola 2 var upphaflega boruð í 947 m dýpi snemmsumars 1986. Góður árangur af borun í Skógum sumarið 1995 varð svo til þess að Mýrdalshreppur hófst handa við dýpkun holunnar í september 1995, með það að markmiði að afla vatns til hitunar sundlaugar. Alls var borað í 1351 m, en þá var komið svo mikið svarf í holuna að borstjóri Narfa taldi óráðlegt að bora dýpra án sérstakra aðgerða. Var holan þá örvuð í framhaldinu (pakkari á 665 m). Skoðun mælinga sem safnað var í kringum pökkunina sýndi að holan stæði undir 1-3 l/s vinnslu af kringum 40 °C heitu vatni ef fóðrað yrði niður fyrir 450 m dýpi og holan síðan dæld með 100-300 m niðurdrætti. Lauk borverkinu með því að holan var fóðruð með 7" fóðringu í 482 m.

Skýrslunni fylgja tveir viðaukar. Í viðauka 1 er birt greinagerð frá 22. október 1995 um afköst holu 2, en hún byggir á upplýsingum sem söfnuðust í örvun holunnar haustið 1995. Viðauki 2 inniheldur hins vegar vangaveltur um hita holunnar í mismikilli dælingu. Þessir textar voru skrifaðir samhliða borverkinu. Eiga spárnar, sem þar eru birtar, stóran þátt í þeirri ákvörðun Mýrdælinga að hola 2 var fóðruð í rúmlega 450 m eftir dýpkun í 1351 m. Með þessari skýrslu er því búið að safna í einn stað nærfellt öllum þeim upplýsingum sem öfluðust í tengslum við dýpkun og prófun holu 2 veturinn 1995-1996.

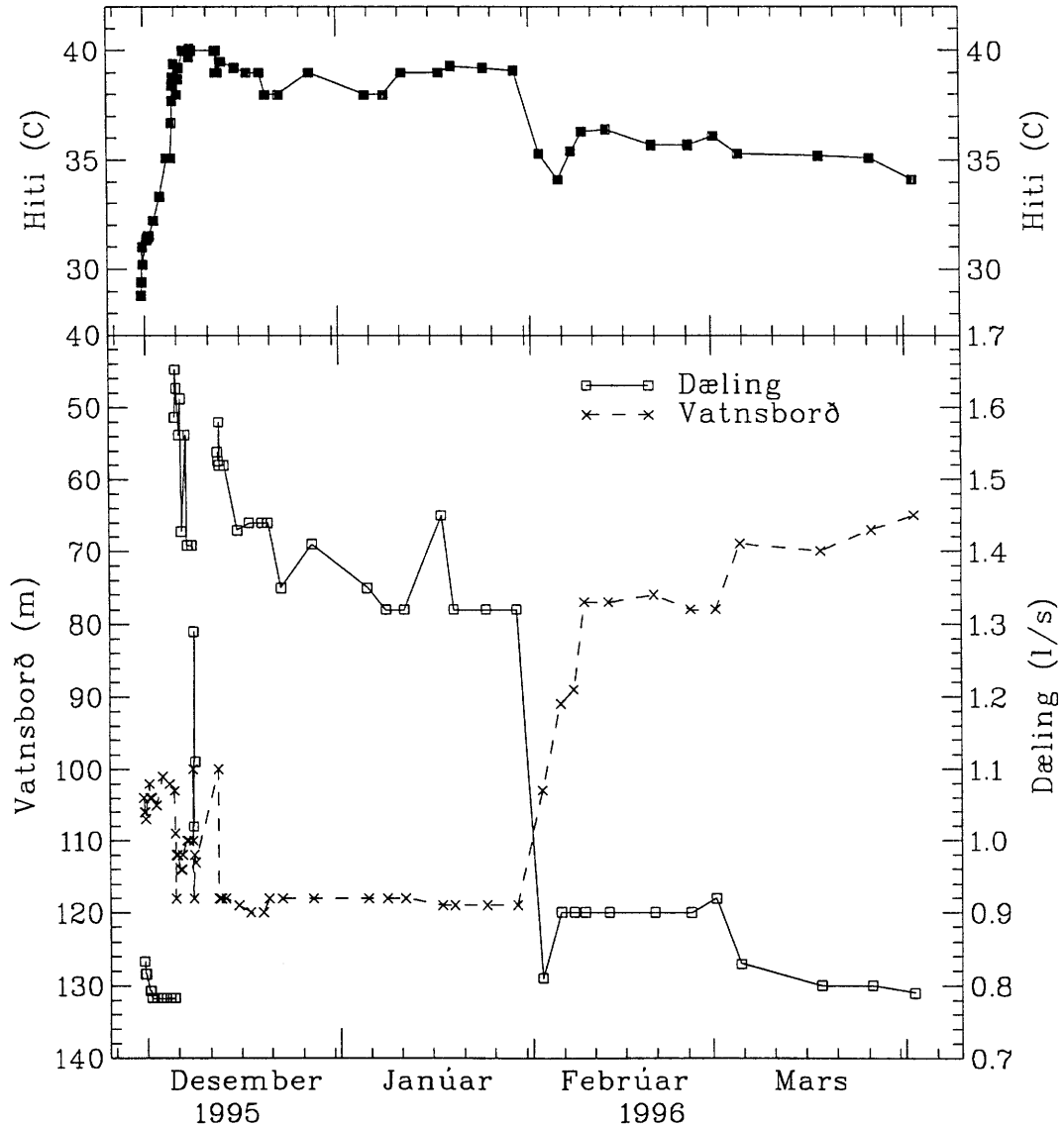
## 2. Framkvæmd langtímadælingar

Hola 2 var prófuð með sambyggðum rafmótor og dælu, sem upphaflega var slakað á 120 m dýpi. Starfsmenn Mýrdalshrepps önnuðust prófunina. Lítið magn fékkst úr holunni fyrstu viku dælingarinnar, en það stafaði af því að dælan snerist öfugt. Eftir að það var lagað skilaði holan á bilinu 1,3-1,5 l/s af 39-39½ °C vatni í tæpa tvo mánuði. Í millitíðinni reyndist nauðsynlegt að síkka dæluna í 138 m dýpi þar sem vatnsborð var farið að nálgast 120 m dýpi. Þar á eftir var afráðið að taka annað, mánaðarlangt dæluþrep með því að draga úr rennslinu frá dælunni. Þriðja þrepið í dælingunni stóð svo einnig í tæpan mánuð, með enn minnkuðu rennsli. Mynd 1 sýnir gögnin sem söfnuðust í prófuninni.

Skoðun myndar 1 sýnir að hola 2 er geysinæm fyrir minnstu breytingu í rennsli, bæði vatnsborð og vinnsluhiti sveiflast verulega milli þrepanna þriggja í prófuninni. Einkum er athyglisvert hve hitinn er viðkvæmur. Ef gengið er út frá því að vatnið úr holunni verði

nýtt niður að 30 °C hita, má sjá af myndinni að 1,5 l/s dæling skilar u.þ.b. fjórfalt meiri varmaorku en 0,8 l/s dæling. Aukin varmaorka stafar að hluta af hraðara rennsli en einnig spilar inn í að lækkað vatnsborð minnkar varmatap í efsta hluta holunnar.

14 May 1996 GrB  
tp V2.3



Mynd 1: Dæluþrófun holu 2 í Norður-Vík.

Ekki var fylgst sérstaklega með jöfnun vatnsborðs holu 2 eftir að dæluþrófuninni lauk í aprílbyrjun 1996. Þó má geta þess að vatnsborð holunnar var komið á 8 m dýpi strax að lokinni upptekt dælu, en það var væntanlega innan sólarhrings frá því að dælingu lauk.

Gögnin úr dæluþrófun holu 2 eru einnig birt í töflu 1. Vatnsborðið var mælt með því að þrýsta lofti niður um plastslöngu utan með dælu, rennslið var tímamælt í fötu framan af prófinu, en í síðasta dæluþrepinu var þó notaður rúmmetramælir. Vatnshitinn var í byrjun

mældur með rafeindamæli. Hann safnaði síðan inn á sig raka sem olli of háum hitaaflestri. Notkun mælisins var því hætt þann 15. desember 1995 og eftir það var notaður kvikasilfursmælir. Skráð hitagildi ofan 40 °C eru því færð að 40 °C í töflunni.

**Tafla 1:** Gögnin sem söfnuðust í dæluþrófun holu 2.

Dags	Vatns- borð (m)	Rennsli (l/s)	Hiti (°C)	Dags	Vatns- borð (m)	Rennsli (l/s)	Hiti (°C)
30-Nóv-95 11:30	104	0.833	28.8	12-Des-95 10:30	118	1.538	40.0
30-Nóv-95 13:10	106	0.816	29.4	12-Des-95 13:30	118	1.526	39.0
30-Nóv-95 15:30	106	0.816	31.0	12-Des-95 16:15	118	1.580	40.0
30-Nóv-95 16:45	107	0.816	30.2	12-Des-95 19:00	118	1.52	39.0
01-Des-95 08:10	102	0.793	31.3	13-Des-95 12:00	118	1.52	39.5
01-Des-95 10:15	104	0.793	31.4	15-Des-95 13:00	119	1.43	39.2
01-Des-95 14:20	104	0.783	31.4	17-Des-95 12:00	120	1.44	39.0
01-Des-95 16:35	104	0.783	31.5	19-Des-95 13:00	120	1.44	39.0
02-Des-95 11:25	105	0.783	32.2	20-Des-95 11:30	118	1.44	38.0
03-Des-95 11:10	101	0.783	33.3	22-Des-95 14:00	118	1.35	38.0
04-Des-95 14:40	102	0.783	35.1	27-Des-95 13:00	118	1.41	39.0
05-Des-95 07:30	103	0.783	35.1	05-Jan-96 13:00	118	1.35	38.0
05-Des-95 11:50	109	2.040	36.7	08-Jan-96 13:00	118	1.32	38.0
05-Des-95 13:10	118	1.709	37.7	11-Jan-96 13:00	118	1.32	39.0
05-Des-95 14:20	112	1.587	38.4	17-Jan-96 13:00	119	1.45	39.0
05-Des-95 16:15	112	1.587	38.4	19-Jan-96 13:00	119	1.320	39.3
05-Des-95 16:50	112	1.652	38.8	24-Jan-96 17:30	119	1.320	39.2
05-Des-95 20:55	112	1.626	39.4	29-Jan-96 14:30	119	1.320	39.1
06-Des-95 07:30	114	1.562	38.0	02-Feb-96 14:00	103	0.810	35.3
06-Des-95 11:50	114	1.612	38.7	05-Feb-96 13:00	91	0.900	34.1
06-Des-95 16:10	112	1.428	39.2	07-Feb-96 15:30	89	0.900	35.4
07-Des-95 07:45	110	1.562	40.0	09-Feb-96 11:00	77	0.900	36.3
07-Des-95 11:50	110	1.408	40.0	13-Feb-96 09:30	77	0.900	36.4
07-Des-95 16:00	110	1.408	40.0	20-Feb-96 15:30	76	0.900	35.7
08-Des-95 07:40	110	1.408	39.7	26-Feb-96 13:30	78	0.900	35.7
08-Des-95 07:45	100	1.886	39.7	01-Mar-96 13:30	78	0.920	36.1
08-Des-95 09:20	118	1.020	40.1	05-Mar-96 13:00	69	0.830	35.3
08-Des-95 13:10	112	1.290	40.0	18-Mar-96 10:30	70	0.800	35.2
08-Des-95 16:15	113	1.111	40.0	26-Mar-96 14:30	67	0.800	35.1
12-Des-95 09:05	100	2.597	40.0	02-Apr-96 08:30	65	0.790	34.1

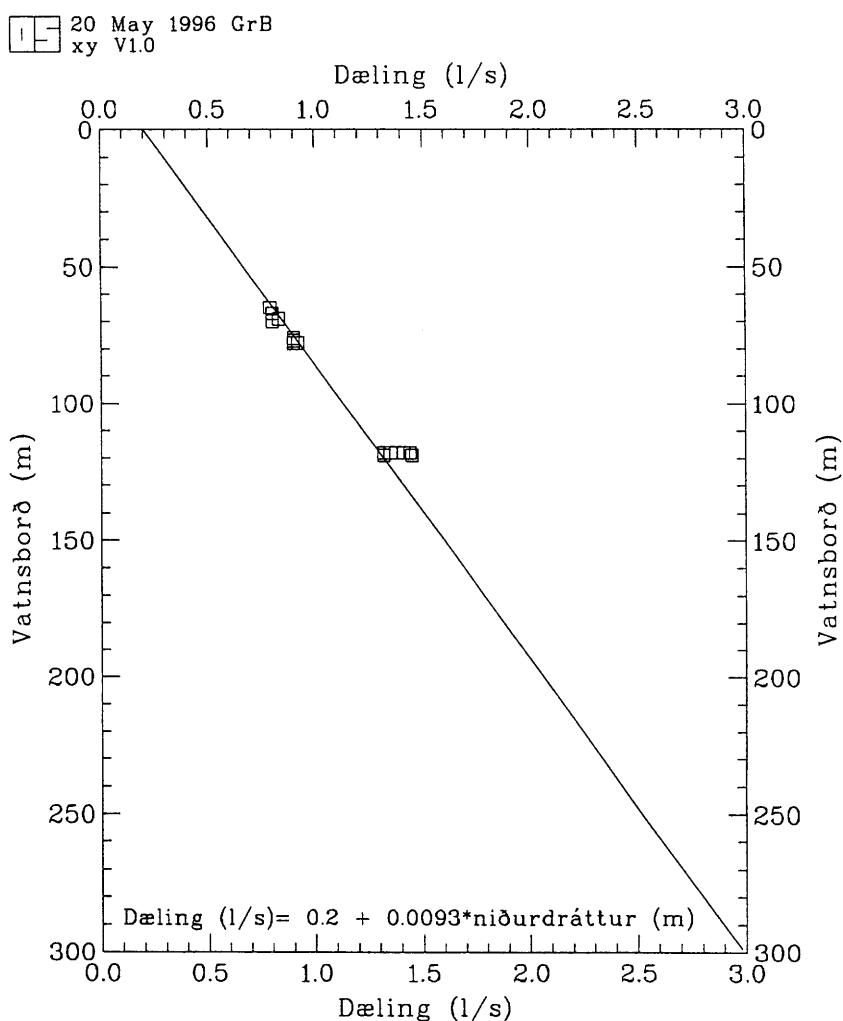
### 3. Afiferill holu 2

Höfuðtilgangur prófunarinnar á holu 2 var annars vegar að afla upplýsinga um hve mikið og heitt vatn kæmi úr holunni fyrir hvern metra sem vatnsborðið lækkaði (afiferill), en hins vegar að sjá hvort vatnskerfið sem holan vinnur úr sé nægilega stórt til að þola langtímaþvingu. Mynd 2 sýnir samband vatnsborðs og rennslis úr holunni. Eru þá eingöngu teiknaðar vatnsborðsmælingar eftir a.m.k. vikulanga stöðuga dælingu í hverju þrepi prófunarinnar.

Inn á myndina er færð bein lína sem sýnir áætlaðan affferil holunnar. Hún byggir einfaldlega á því að sjálfrennsli holu 2 sé 0,2 l/s og að línan fari síðan í gegnum það tiltölulega stöðuga vatnsborð sem mældist í dæluþrepunum þremur. Taka verður neðri hluta ferilsins með fyrirvara þar sem algengt er að iðustreymistöp valdi því að afferlarnir steypast hraðar niður en myndin sýnir. Hvað um það þá virðist sú einfalda niðurstaða liggja fyrir um afköst holu 2 að hún bæti u.þ.b. 1 sekúndulíttra við rennslið fyrir hverja 100 m sem vatnsborðið lækkar. Nánar tiltekið er jafna afferilsins:

$$\text{Dæling (l/s)} = 0,2 + 0,0093 \times \text{niðurdráttur (m)}$$

Þannig skilar holan rúmlega 1 l/s við 100 m niðurdrátt, rúmlega 2 l/s við 200 m niðurdrátt og rétt um 3 l/s við 300 m niðurdrátt.

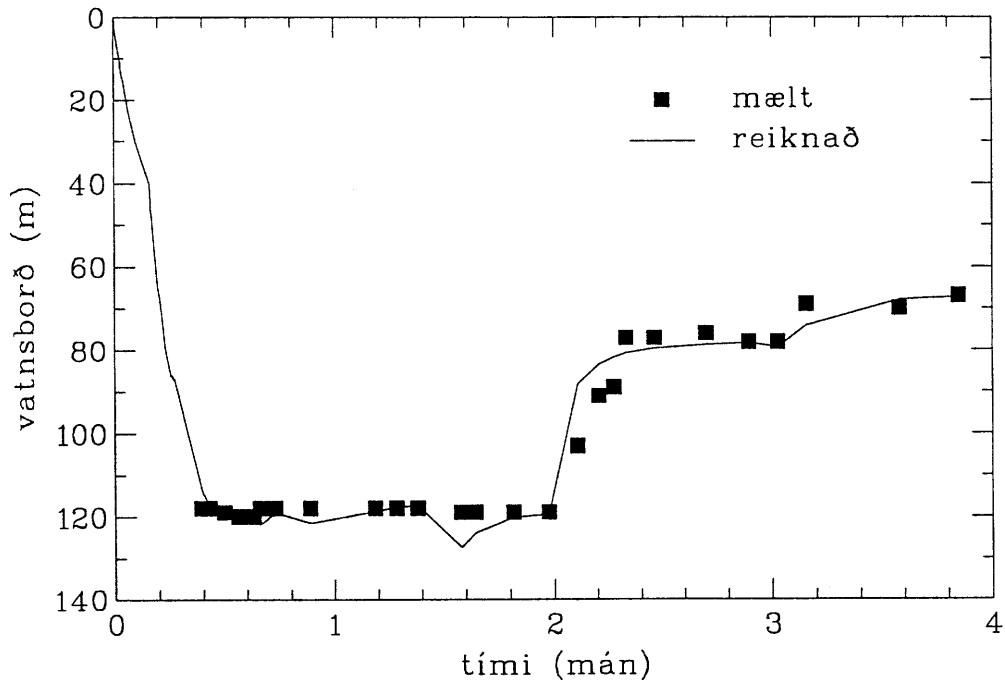


**Mynd 2:** Mælt rennsli og vatnsborð holu 2 (kassar) ásamt áætluðum affferli holunnar (bein lína). Eingöngu eru sýndar vatnsborðsmælingar sem söfnuðust eftir meir en einnar viku, stöðuga dælingu.

#### 4. Þjöppuð geymslíkön og langtíma vatnsborð holu 2

Mynd 2 sýndi hvernig aflferill holu 2 er áætlaður út frá því tiltölulega stöðuga vatnsborði sem náðist í þrepaprófun holunnar. Þessi úrvinnsla tekur ekki tillit til hugsanlegrar, hægfara dölunar í afköstum vatnskerfisins sem holan vinnur úr. Því afréðu höfundar að herma viðbrögð holunnar við dælusögunni á mynd 1 með tveimur, þjöppuðum geymslíkönum og fá þannig tilfinningu fyrir því hvernig vatnsborð holu 2 komi til með að haga sér í langtímadælingu.

Mynd 3 sýnir hvernig samræmi fékkst milli mælds og reiknaðs vatnsborðs holu 2 og mynd 4 sýnir stuðla líkananna sem lágu til grundvallar. Skoðuð voru tvö líkön. Það fyrra var haft opið til vatnskerfis með stöðugan þrýsting (t.d. grunnvatnið í yfirborði). Spáir það því ætíð stöðugu vatnsborði í langtímadælingu. Síðara líkanið var hins vegar haft lokað, sem aftur þýðir að spár þess sýna óhjákvæmilega sílækkandi vatnsborð í langtímadælingu. Má líta á opna líkanið sem bjartsýnisspá um afköst holunnar en það lokaða sem mikla svartsýnisspá.

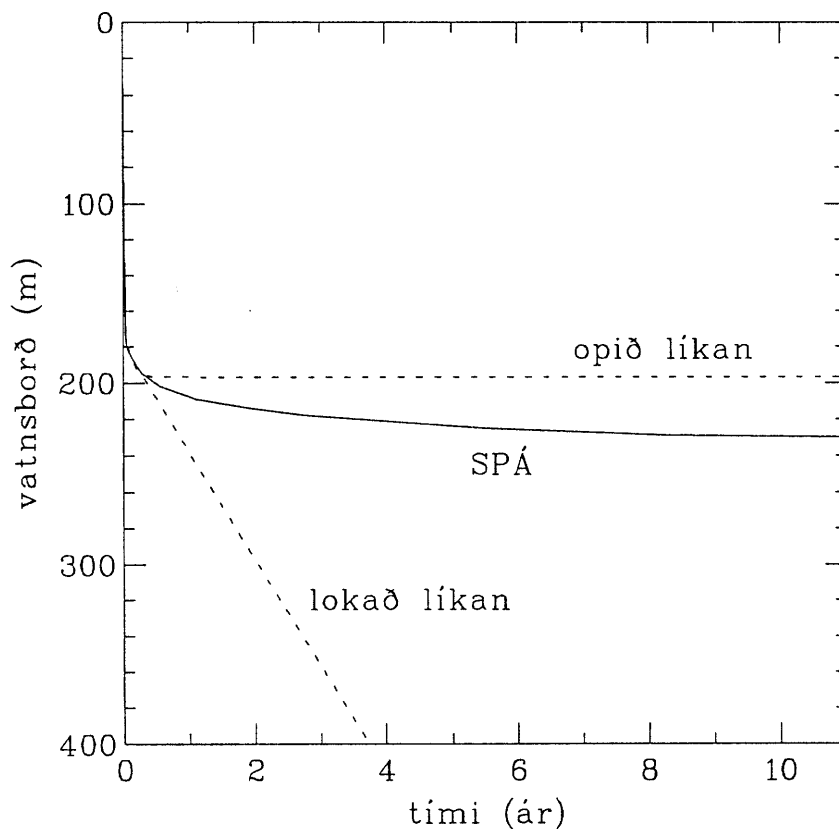


Mynd 3: Samræmi mælds og reiknaðs vatnsborðs holu 2 í tveimur þjöppuðum geymslíkönum.





Því er líklegast skv. spánum á mynd 5 að hola 2 muni tiltölulega fljótlega ná stöðugu vatnsborði eftir að dæling hefst, en að samt verði að gera ráð fyrir hægfara lækkun vatnsborðs sem nemur e.t.v. 2-5 m á ári. Auðvelt er tæknilega að bregðast við þessari lækkun, annað hvort með því að síkka dæluna á fárra ára fresti, eða einfaldlega með því að minnka dælinguna örlítið (e.t.v. um 1-2 % á ári).

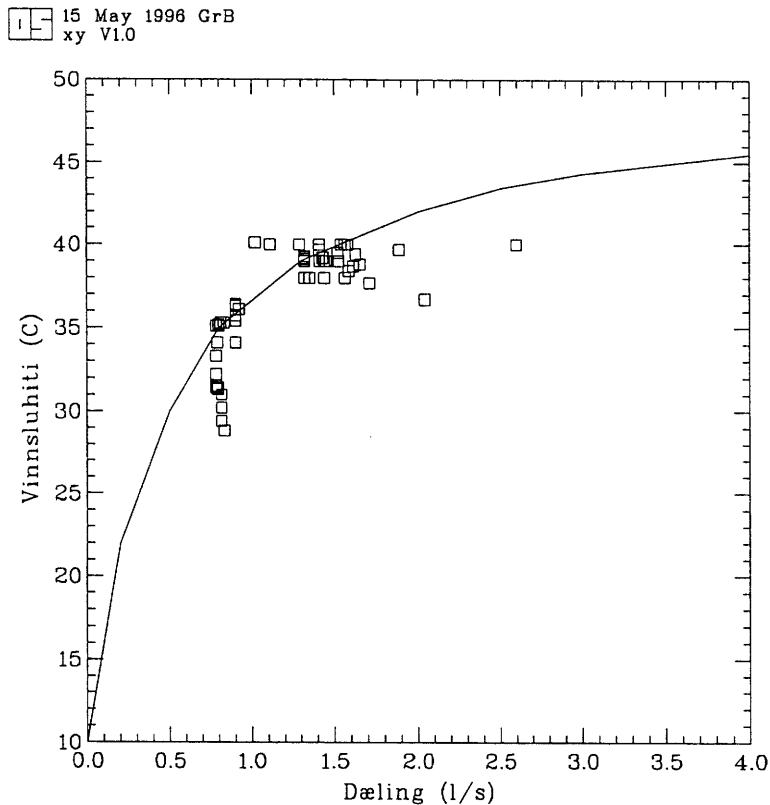


**Mynd 5:** Spár um vatnsborð holu 2 í 2 l/s stöðugri dælingu.

Fróðlegt er að bera saman afköst holu 2, eins og þau eru sýnd á mynd 5, saman við áætlaða gæfni holunnar eins og hún var metin út frá pökkuninni haustið 1995. Tafla 2 í Viðauka 1 sýnir þetta gæfnismat. Samanburðurinn sýnir, í stuttu máli, að langtímahegðun holu 2 er í stórum dráttum nærri bjartsýnustu spánni í töflu 2, þ.e. 1 l/s aukning fyrir hverja 100 m sem niðurdráttur vex. Hægt var að túlka mælingar í pökkuninni á þann veg að holan myndi dala í afköstum með tímanum, og lá þar til grundvallar að holan smábyggði upp þrýsting eftir því sem pökkunin stóð lengur. Liggur nú helst fyrir að skýra þrýstihækkunina með áhrifum mishárrar seigju vatnsins sem dælt var niður og vatnsins í jarðhitakerfinu.

## 5. Vinnsluhiti holu 2

Eins og áður hefur komið fram er vinnsluhiti holu 2 mjög næmur fyrir rennsli. Mynd 6 sýnir vinnsluhita holunnar teiknaðan á móti dælingu. Þá er færður inn á myndina ferill sem sýnir líklegan hita holunnar í langtímadælingu. Til grundvallar ferlinum liggja eftirtaldar forsendur: 1) að vatnshitinn sé nærri 10 °C við hverfandi rennsli, 2) að við „mikla“ dælingu fari holuhitinn upp í 45-46 °C, 3) að við 0,8 l/s dælingu sé hitinn um 35 °C og 4) við 1,3-1,4 l/s dælingu sé hitinn milli 39 og 40 °C.



**Mynd 6:** Samband rennslis og hita vatns úr holu 2. Mæld gildi eru sýnd með punktum og áætlaður langtímahiti með heildregnum ferli.

Í Viðauka 2 eru sýndar nokkrar spár um vinnsluhita holu 2 frá því áður en holan var fóðruð. Myndir 1 og 2 í viðaukanum sýna spár um holuhitann við þá fóðringu sem nú er í holunni. Þar sést að við 1-1,5 l/s dælingu er spáð 37-40 °C hiti á holutoppi. Það er í góðu samræmi við melda vatnshitann á mynd 6.

Þá má geta þess að hinar fræðilegu hitaspár í Viðauka 2 gera ráð fyrir hægri hitnun vatns úr holunni í langtímadælingu, sem næmi e.t.v. 0,1-0,2 °C á ári. Þessi hitnun skilar aukinni varmaorku og getur þannig vegið á móti þeirri 1-2 % árlegu skerðingu í rennsli sem spáð er í langtímavinnslu holunnar (kaffi 4).

## 6. Orkuvinnsla úr holu 2

Fróðlegt er að skoða hvaða orku er hægt að ná upp úr holu 2 við mismikið rennsli, og bera ávinninginn af auknu rennsli saman við aukna orkuþörf í dælingu. Tafla 2 sýnir þetta. Til grundvallar töflunni liggja ferlarnir tveir á myndum 2 og 6, sem sýna rennsli og hita við mismikinn niðurdrátt í holunni. Þá er gert ráð fyrir að holuvatnið sé annars vegar nýtt niður að 30 °C hita í varmaskipti sundlaugar, en hins vegar að varmadæla taki við 30 °C heitu affallsvatninu og kæli það áfram niður í 20 °C. Nýtni varmadælu er áætluð 25 % en nýtni holudælu 50 %. Nákvæmni gildanna í töflunni má almennt áætla 10-20 %.

**Tafla 2:** Áætlað rennsli og varmaorka úr holu 2 við mismikinn niðurdrátt.

Niðurdráttur (m)	Rennsli (l/s)	Vinnslu-hiti (°C)	Orka að 30 °C (kW)	Orka að 20 °C (kW)	Aflþörf holudælu (kW)	Aflþörf varmadælu (kW)	Hlutfall varmaorku/ raforku
100	1.1	37.5	35	81	2.2	11	6.6
150	1.6	40.3	69	136	4.8	17	6.2
200	2.1	42.2	108	196	8.2	22	6.5
250	2.5	43.4	141	246	12.6	26	6.4
300	3.0	44.3	180	306	18.0	31	6.2

Skoðun töflu 1 sýnir að gróft séð tífaldar hola 2 hvert kílóvatt sem holudælan notar (miðað við kælingu að 30 °C). Áframhaldandi nýting holuvatnsins að 20 °C með varmadælu sexfaldar hins vegar þá raforku sem holudælan og varmadælan nota samanlagt.

## 7. Niðurstöður og umræða

Helstu niðurstöður langtímaprófunar holu 2 í Vík eru eftirtaldar:

1. Hóla 2 bætir sig um 1 l/s fyrir hverja 100 m sem niðurdráttur er aukinn.
2. Vatnskerfið við holuna virðist þola vel langtíma vinnslu og má búast við að vatnsborð hennar þurfi einungis örfáar vikur til að ná tiltölulega stöðugu vatnsborði. Að þeim tíma liðnum má búast við hægfara niðurdrætti sem næmi e.t.v. 2-5 m á ári í 2 l/s dælingu.
3. Vinnsluhiti holu 2 er mjög næmur fyrir magninu sem dælt er. Þannig þarf rúmlega 1 l/s til að vatnið nái baðhita. Hámarkshiti vatns úr holunni verður hins vegar vart hærri en 45-46 °C (3-4 l/s dæling).
4. Afköst og hiti holu 2 í dælingu eru í samræmi við spár sem gerðar voru meðan á dýpkun holunnar stóð.

5. Hóla 2 skilar varmaorku sem er u.þ.b. tífalt meiri en rafmagnspörf holudællunnar. Er þá miðað við nýtingu vatnsins að 30 °C hita. Hins vegar má gera ráð fyrir að hlutfall varmaorku/raforku sé 6:1 í varmadællukerfi sem nýtti holuvatnið að 20 °C.

Á þessari stundu sést fátt því til fyrirstöðu að hóla 2 verði virkjuð varanlega með djúpdælu. Ekki er hér lagt mat á hvaða magni sé heppilegast að dæla, þar ráða nýtingaráformin. Þannig er tæknilega hægt að sökkva dælu og vatnsborði allt niður undir 480 m dýpi og vinna þannig 4-4,5 l/s af um og yfir 46 °C heitu vatni, ef menn eru tilbúnir að eyða allt að 40 kW í dællinguna.

Enn á eftir að taka efnasýni úr hólú 2. Er lagt til að það verði gert hið fyrsta svo ekki leiki vafi á gæðum vatnsins inn á dreifikerfi og sundlaug. Eins væri áhugavert að hitamæla hóluna við tækifæri, helst í dællingu, og meta þannig mögulegan hámarkshita vatns úr hólunni.

## **Viðauki 1:**

*Greinargerð Gríms Björnssonar og Guðna Axelssonar  
um mat á afköstum dýpri æða holu 2 í Vík, Mýrdal.*

22. október, 1995

---

## **MAT Á AFKÖSTUM DÝPRI ÆÐA HOLU 2 Í VÍK, MÝRDAL**

### **Inngangur**

Greinargerð þessi er unnin að beiðni Mýrdalshrepps. Henni er ætlað að gefa mat á þeirri vatnsvinnslu sem dýpri æðar holu 2 í Norður-Vík geta staðið undir til langframa. Hafist var handa við dýpkun holunnar í september 1995, úr 947 m dýpi. Á þessari stundu hefur alls verið borað í 1351 m dýpi. Er svo komið að mikið svarf hefur safnast í holuveggina og telur borstjóri Narfa að óráðlegt sé að bora dýpra án sérstakra aðgerða.

Hugmyndin með dýpkun og örvun Víkurholunnar var að ná sundlaugarvatni úr henni (1-2 l/s af 35-40 °C heitu vatni). Þar sem æð var í blábotni holunnar (930-940 m) þótti rétt að bora niður fyrir hana. Upphaflega var ætlunin að bora ca. 100 m og pakka síðan á dýpri hluta holunnar. Þessari áætlun var fylgt utan hvað borað var 300 m dýpra en upphaflega var ráðgert.

Holan var hitamæld þann 15. október 1995 og sama dag var boðaður opinn fundur af hálfu Mýrdalshrepps þar sem staða og horfur í borun holunnar voru ræddar. Á fundinn mættu hreppsnefndin, áhugamenn um dýpkun holunnar og tveir starfsmenn Orkustofnunar. Eftir framsögu þeirra og nokkrar umræður var ákveðið að hætta við frekari dýpkun og fara frekar í að reyna örvun holunnar með endurteknum loftdælingum og pökkun.

Örvunaraðgerðirnar hófust með loftdælingu þriðjudaginn 17. október. Stangir voru hafðar í 170 m, sem er 10 m uppi í vinnslufóðringu holunnar. Mikið vatn kom úr holunni og mældist það um og yfir 20 l/s. Kemur það mjög á óvart því fyrri prófanir bentu til miklu minni vatnsgæfni. Blásið var í rúma 3 tíma, eða þangað til að skolið virtist nokkuð hreint af svarfi. Þann 18. október var holan hitamæld og síðan var pakkara slakað í 665 m og hann þaninn þar. Við það minnkaði sjálfrennsli holunnar úr 0,6 l/s í 0,3 l/s, og er það magn væntanlega sjálfrennslið úr neðri æðunum. Síðan var byrjað að dæla á holuna á hádegi og stóð ádælingin nánast sleitulaust fram til miðnættis. Holan reyndist treg í pökkuninni og var holutoppsprýstingur að jafnaði 100-110 bör. Ádælingin var í byrjun um 20 l/s en fór síðan hægminkandi og endaði í 12,5 l/s. Holan var látin standa lokuð fram til morguns, þann 19. október. Þá var afpakkað og hitamælt í botn. Um kaffileytið var búið að hífa pakkarann úr holunni og setja stangir niður í 170 m. Síðan var blásið í rúmar 3 klst og hiti og þrýstingur niðri í holunni mældur á meðan. Lauk svo örvunaraðgerðum um kvöldmat þann 19. október 1995.

## Úrvinnsla hitamælinga

Mynd 1 sýnir hitamælingarnar sem safnað var í borun og örvun holu 2. Myndin sýnir að margar æðar eru í holunni á u.þ.b. 250-450 m dýpi. Síðan eru æðar áberandi í 700 m, 930 m, 1000 m og á u.þ.b. 1220 m dýpi. Æðarnar í 700 og 930 m voru þegar komnar í holuna fyrir dýpkun, en æðin á 1220 m bættist við í dýpkuninni. 1000 m æðin er hins vegar talin hafa bæst við í örvuninni.

Talið er að berghiti holu 2 fylgi línulegum stigli upp á 47°C/km og taki hitagildið 10 °C í yfirborði. Auðvelt er að áætla hvaða magn grynri æðar holunnar gáfu í loftdælingunni eftir pökkun, með orkujafnvægisreikningum við hverja æð. Hiti vatnsins í holunni ofan og neðan við hverja æð er mældur, og hiti vatnsins sem kemur úr æðinni inn í holuna er áætlaður út frá ofannefndum hitastigli. Tafla 1 sýnir gróflega niðurstöður reikninganna.

**Tafla 1:** Áætluð gæfni æða holu 2 í Vík í blæstri.

Dýpi (m)	Hiti æðar (°C)	Hlutfall á blandstað (%)	Magn úr æð (l/s)	Magn undir æð (l/s)	Hlutfall af heildarrennsli (%)
0	22			18	100
205	19.6	5	0.9	17.1	5
255	22.0	28	4.8	12.3	26
305	24.2	32	3.9	8.4	21
340	25.9	13	1.1	7.3	6
385	28.0	89	6.5	1.4	35
450	31.0	50	0.7	0.7	4
>450	>40			0.7	4

Þrýstingur holunnar í loftdælingunni féll um hátt í 10 bör. Það þýðir að ofangreindar tölur eiga við um ástand holunnar ef vatnsborð í dælingu er á 100 m dýpi. Ekki er tekið tillit til langtímaniðurdráttar í töflunni. Hins vegar má gera ráð fyrir að vatnsborðið nái fyrir eða síðar jafnvægi ef mið er tekið af reynslu fiskeldismanna af langtímadælingu úr holunni.

## Spár um vatnsborð ef djúp fóðring er sett í holu 2

Nú er uppi sú hugmynd að setja djúpa fóðringu í holu 2 og loka þannig úti kaldara vatnið sem kemur úr æðum ofan 500 m dýpis. Hægt er að nota þrýstinginn sem mældist í pökkun holu 2 til að meta langtímaviðbrögð holunnar. Mynd 2 sýnir gögnin sem úrvinnslan byggir á. Notaðar voru hvoru tveggja hefðbundnar aðferðir grunnvatnsfræðinnar sem byggja á hinu klassíska Theis líkani, en einnig voru vinnsluviðbrögð holunnar felld að þjöppuðu geymslískani.



Túlkun á þrýstibreytingunum sem urðu í pökkuninni sýnir að lekt bergsins neðan 665m er mjög lág. Margfeldi lektar og þykktar jarðlaganna (kh) var áætluð um  $0,5 \times 10^{-12} \text{ m}^2$  eða 0,5 Darcymetrar. Þetta er með því lægsta sem áætlað hefur verið fyrir jarðhitaborholur á Íslandi. Í tregum jarðhitaholum er margfeldið oft af stærðargráðunni 1 Darcymetri. Þetta þýðir að mikill niðurdráttur verður í holunni við vinnslu úr neðri hluta hennar og jafnframt að niðurdrátturinn mun halda áfram að vaxa nokkuð hratt með tíma. Spár um niðurdráttinn við mismikla dælingu (1, 2 og 3 l/s) og hvernig hann muni aukast með tímanum eru birtar í töflu 2.

**Tafla 2.** Spár um niðurdrátt vegna vinnslu úr neðri hluta holu 2 (> 665 m).

Eftir	Dæling		
	1 l/s	2 l/s	3 l/s
1 dag	85-90m	170-180m	255-270m
10 daga	90-110m	180-220m	270-330m
3 mánn.	95-130m	190-260m	285-390m
3 ár	100-155m	200-310m	300-465m

Af töflunni má ljóst vera að djúpu æðar holu 2 eru mjög tregar og krefjast mikils niðurdráttar í vinnslu. Þar að auki er óljóst hve heitt vatnið úr neðri hlutanum verði þegar það nær til yfirborðs. Skoðun á mynd 1 sýnir að vatnið, sem streymdi upp holuna að æðunum kringum 400 m dýpi, var rétt um 40 °C heitt. Óvíst er að hiti þess vaxi mikið meir en í 50 °C við 1-2 l/s dælingu. Þá á vatnið eftir um 400 m leið í víðri holu og kaldara bergi áður en það nær til yfirborðs og má gera ráð fyrir margra gráðu kólnun á þeirri leið.

Augljóst er að útiloka þarf efri æðar holu 2 til að ná settu marki um 35-40 °C vatnshita í sundlaug. Það sýnist best gert með því að fódra holuna í minnst 400 m dýpi og þá með hæfilega víðu röri fyrir 1-3 l/s dælingu.

### Botnfall í holu 2

Endurteknar hitamælingar í holu 2 sýna að jafnt og þétt bætist í botnfallið sem situr neðst í holunni. Þannig voru 30 m af botnfalli við lok borunar, um 60 m áður en fyrri loftdælingin var gerð, um 100 m eftir fyrri loftdælinguna og um 150 m eftir síðari loftdælinguna. Botndýpið breyttist hins vegar ekki við pökkunina. Æðin á 1220 m telst samt enn virk því rennsli virðist upp um núverandi holubotn á 1200 m dýpi, samkvæmt hitamælingunni á mynd 1.

## Niðurstöður og umræða

Helstu niðurstöður greinargerðarinnar eru þessar:

1. Dýpkun holu 2 úr 947 m í 1351 skilaði 66-68 ° heitri smáæð á u.þ.b. 1220 m dýpi.
2. Örvun holunnar bætti við annarri smáæð á 1000 m dýpi.
3. Hiti og þrýstingur í holunni í loftdælingu sýna að rúmlega 95 % rennslisins koma úr æðum ofan 500 m dýpis.
4. Holan skilar miklu meira vatni en fyrri prófanir bentu til.
5. Besta æð holunnar, miðað við magn og hita, er á 385 m dýpi. Hún er talin 28 °C heit.
6. Ef ákveðið verður að síkka fóðringu holu 2 niður undir 400 m dýpi, sýna vatnsborðsspár að þá megi búast við verulegum niðurdrætti í langtímadælingu. Þannig er spáð 100-150 m dýpi á vatnsborðið eftir 3 ár ef dæla á samfellt 1 l/s. Þetta dýpi fer hins vegar í 300-470 m ef dæla á 3 l/s.
7. Til viðbótar miklum niðurdrætti við dælingu úr djúpu æðunum þarf að gera ráð fyrir varmatapi vatnsins á leið til yfirborðs. Gera má ráð fyrir nokkurra gráða kólnun vegna þessa og fer varmatapið vaxandi eftir því sem vatnsmagnið er minna.

Í heild má því segja að kostnaðarsöm dýpkun fóðringar holu 2 sé alveg á mörkum þess að skila nægri varmaorku til fullrar hitunar sundlaugar í Vík. Hins vegar sýna gögnin sem söfnuðust í örvunaraðgerðunum að besta æð holunnar er um 28 °C heit og þannig nærri venjulegum sundlaugarhita. Eins virðist sem útfellingar hrjái ekki vatnið úr þessari æð, því útfellingar voru ekki boraðar neðan 320 m í dýpkuninni. Því er lagt til að kannaður verði möguleikinn á þéttingu æða ofan 380 m, einkum æðanna á 305 m og 255 m. Það ætti eitt og sér að ná holuhitanum rétt að 30 °C, auk þess sem líkur á útfellingum minnka. Er þá ótalinn varminn sem þrátt fyrir allt berst frá dýpri æðum holunnar, en rennslíð þaðan telst a.m.k. 0,3 l/s og gæti hafa vaxið eitthvað við þökkunina.

Ljóst er að dýpkun og örvun holu 2 hefur verið tímafrek og kostnaðarsöm. Í hana var ráðist eftir góðan árangur holunnar að Skógum, og þá bjartsýnisbylgju sem hljóp um jarðhitageirann í kjölfarið. Vonbrigði eru að ekki tækist betur til, en áminnt að óvíða hérlendis virðast minni líkur á fundi jarðhitavatns en einmitt í Vík. Gögnin sem söfnuðust við dýpkun og örvun holu 2 sýna að tæknilega er vinnanlegt heitt og volgt vatn úr berginu undir Vík, en fjárhagslega ekki vegna mikils fóðrunar- og dælingarkostnaðar. Vel er hugsanlegt að sú tækni komi í ljós á næstu árum sem geri jarðhitavirkjun hagkvæma í Vík.

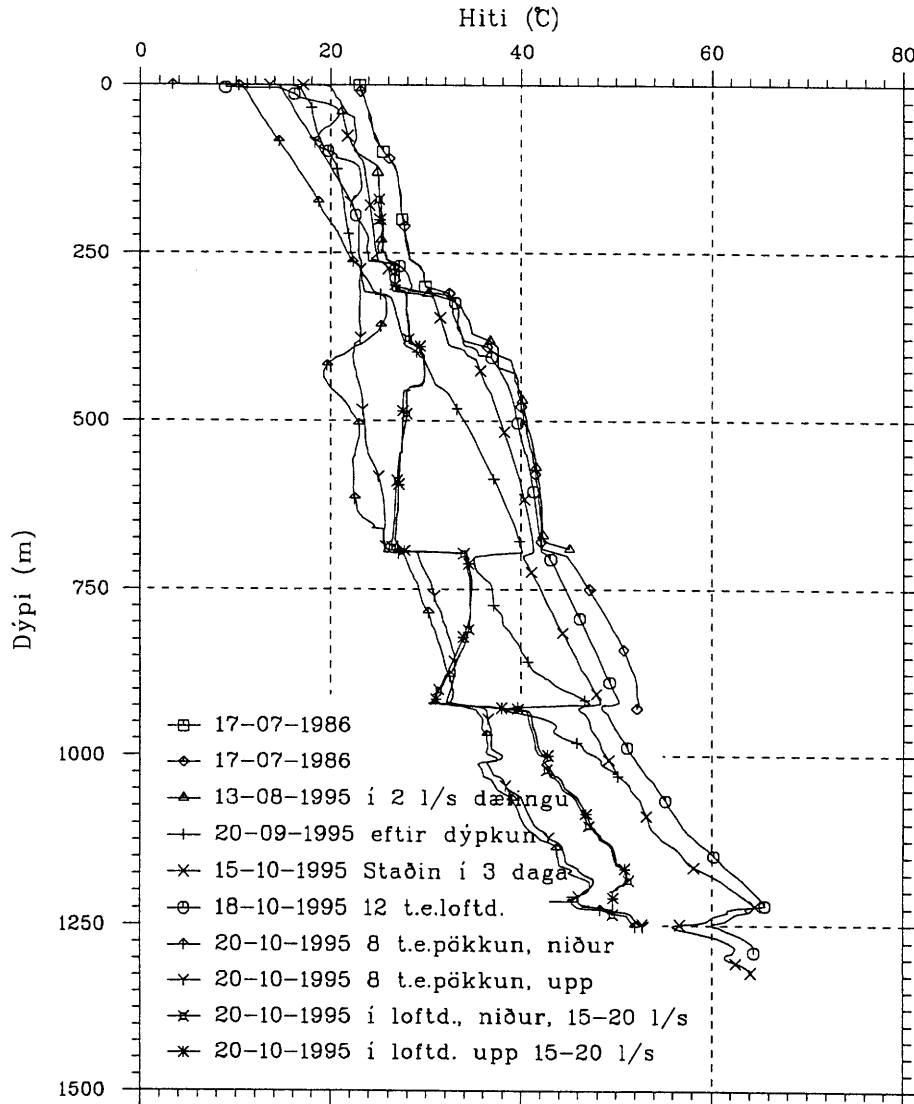
*Orkustofnun, 22. október, 1995.*

*Grímur Björnsson*

*Guðni Axelsson.*

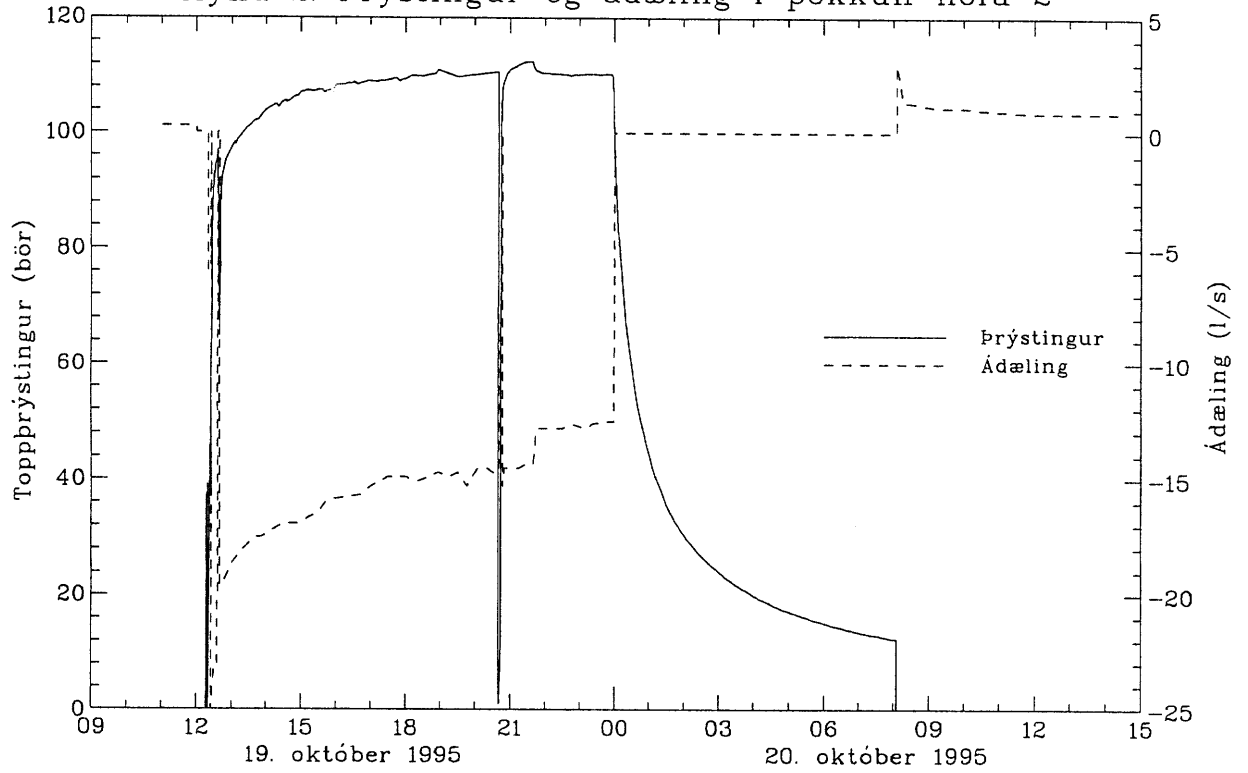
21 May 1996 grb  
L= 76002 Oracle

Mynd 1:  
Hitamælingar í holu 2, Vík



21 May 1996 GrB  
tp V2.3

Mynd 2: Þrýstingur og ádæling í pökkun holu 2





## Viðauki 2:

### *Hugleiðingar um vatnshita úr holu 2 í Vík.*

Skoðaður er fræðilega sá vatnshiti sem búast má við að hola 2 í Vík gefi eftir síkkun fódðringar. Eftirtaldar forsendur liggja til gundvallar:

1. Að berghiti fylgi línulegum stigli frá yfirborði, þar sem berghiti er 10°C. Stigullinn er áætlaður 47°C/km.
2. Að eðliseiginleikar bergsins sem stela varma frá rennandi holuvatninu séu á móta og í venjulegu basalti, þ.e. 2,5 W/m°C varmaleiðni, 1000 J/kg°C varmarýmd og 2600 kg/m<sup>3</sup> eðlisþyngd.
3. Að ef einungins verði sett stutt fódðring í holuna (350 m), þá muni blandast til helminga á 450 m dýpi, 31 °C og rétt rúmlega 40 °C vatn, sem endi í 35 °C blandhita.
4. Að ef löng fódðring verði sett í holuna (450 m), þá leggi 45 °C heitt vatn af stað við 700 m æðina.
5. Að ýmist renni 1, 1½ eða 2 l/s upp holuna.
6. Að í boði sé annaðhvort 5½" (grönn) eða 11" (víð) fódðring.

Myndir 1,2,3 og 4 sýna hvernig vatnshiti er reiknaður á holutoppi út frá ofangefnum forsendum. Meginniðurstöður eru:

1. Vídd fódðringar hefur lítil áhrif á vinnsluhita á yfirborði, og virðist víða fódðringin gefa að jafnaði ½-1 °C lægri hita en sú granna.
2. Lengd fódðringar skiptir hins vegar verulegu máli þar sem yfirborðshiti verður í öllum tilvikum yfir 37 °C í löngu fódðringunni eftir 1 árs vinnslu, og allt upp undir 42 °C ef 2 l/s jafnaðardæling næðist úr holunni. Sambærilegar hitatölur fyrir stuttu fódðringuna eru hins vegar 31-33 °C.
3. Ef miða á við að vatnið úr holunni verði kælt að 30 °C hita í sundlaug, má búast við að síða fódðringin gefi um helmingi orkurikara vatn en sú stutta.

Komi til fódðrunar holu 2 í Vík sýnist því langvænlegast að æðin á 450 m verði fódðruð af ásamt efri æðunum.

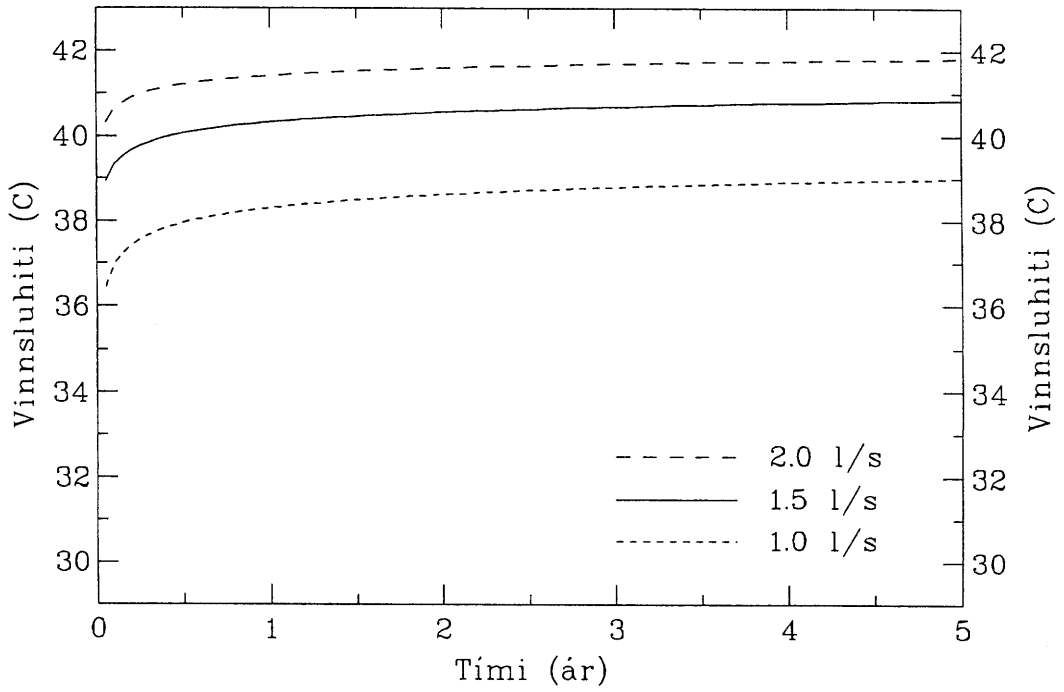
Mynd 5 var að lokum gerð til að kanna áreiðanleika þeirra fræðilegu reikninga sem hér eru sýndir. Myndin sýnir reiknaðan og mældan hita holu 2 á Þorvaldseyri síðustu 8 árin. Skoðaður er hiti á 100 m dýpi og er gert ráð fyrir að holan kólni um 5 °C milli mælds yfirborðshita og hitans á 100 m. Kælingin stafar að mestu leyti frá kaldri æð sem gefur inn í holuna þarna á milli. Niðurstaðan er að reikningsaðferðin, sem hér er notuð, skili góðu samræmi milli mælds og reiknaðs hita.

*Orkustofnun, 23. október, 1995*

*Grímur Björnsson*

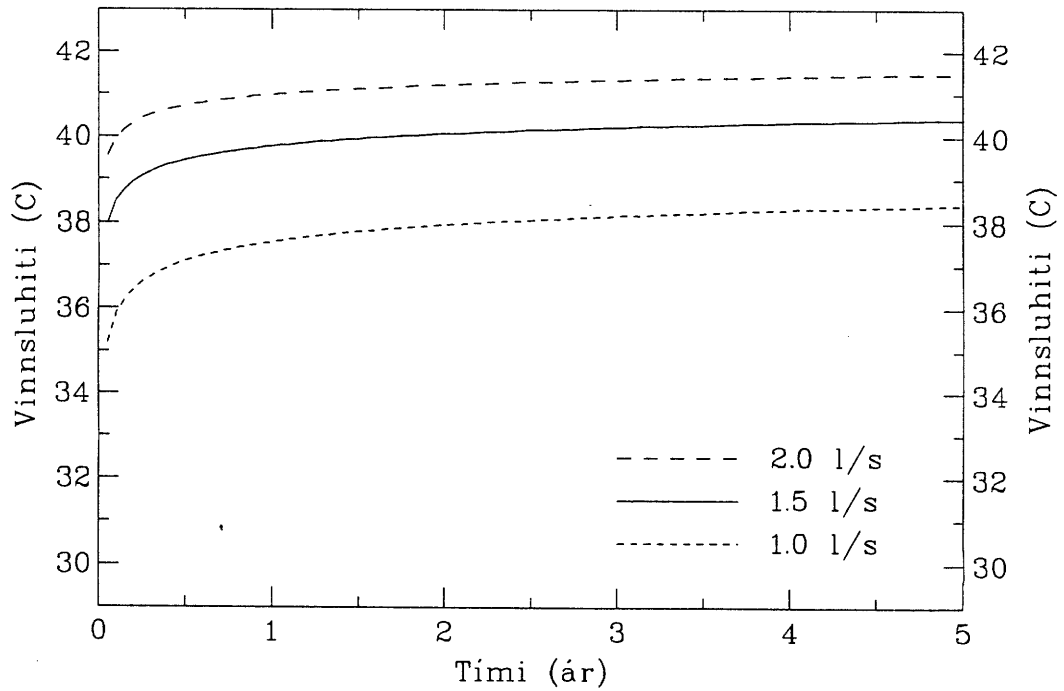
23 Oct 1995  
xy V1.0

Mynd 1: Grönn fóðring í 450 m dýpi



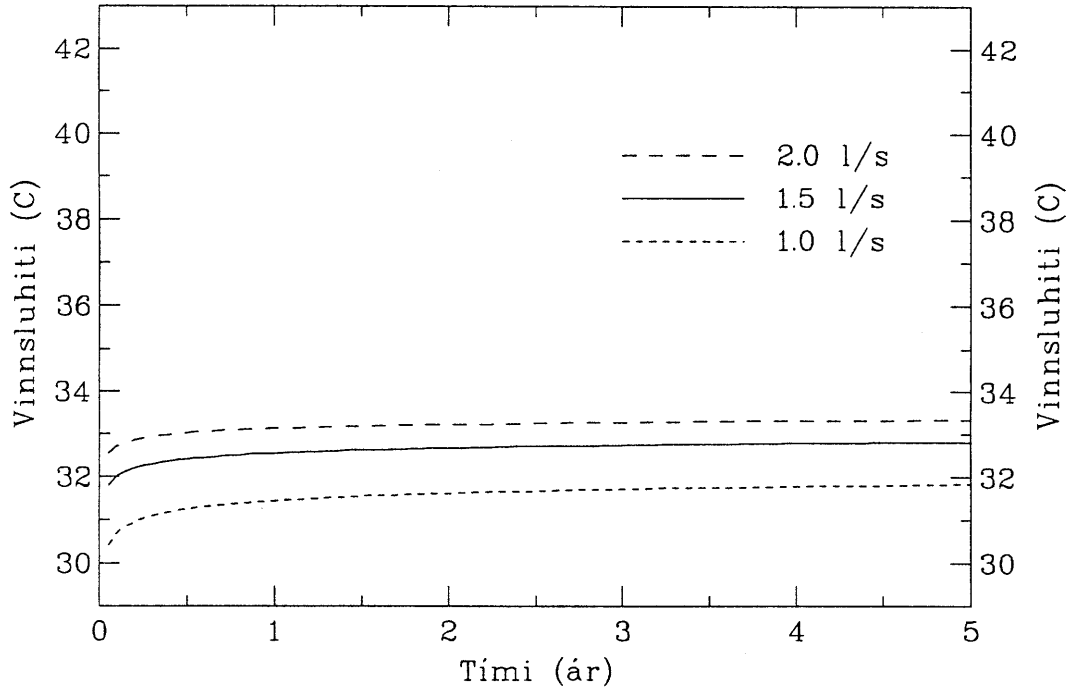
23 Oct 1995  
xy V1.0

Mynd 2: Víð fóðring í 450 m dýpi



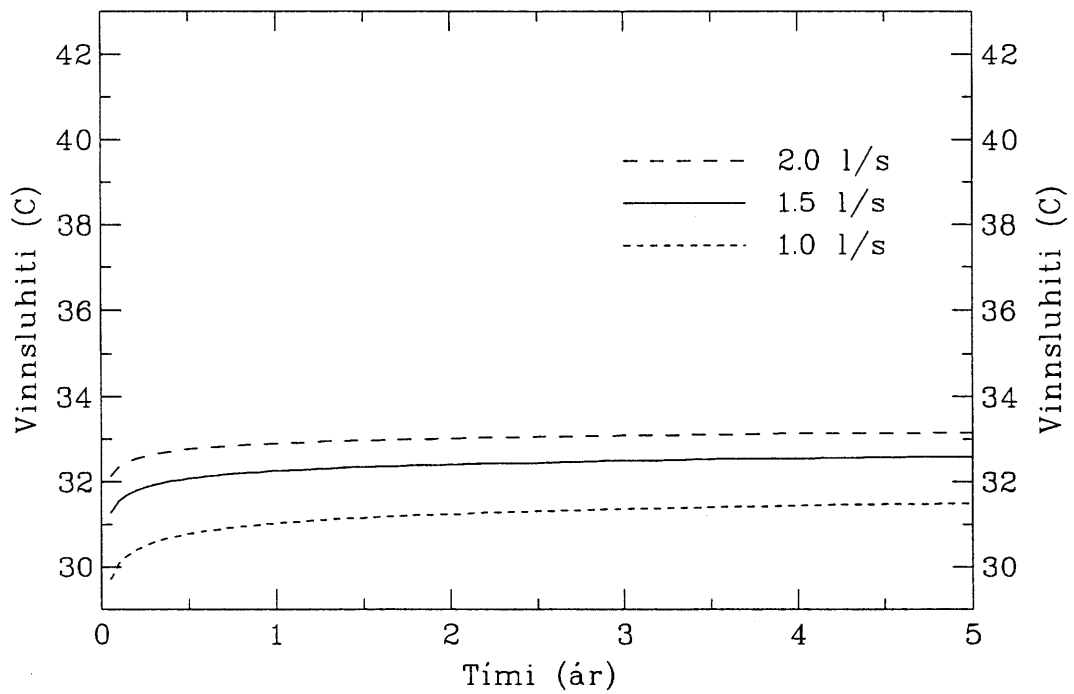
23 Oct 1995  
xy V1.0

Mynd 3: Grönn fóðring í 350 m dýpi



23 Oct 1995  
xy V1.0

Mynd 4: Við fóðring í 350 m dýpi





23 Oct 1995  
xy V1.0

