

Örvun og þrepaðæling holu 10 í Hvammsvík

**Grímur Björnsson**

**Greinargerð GrB-92-04**

3. júní 1991

## ÖRVUN OG PREPADÆLING HOLU 10 Í HVAMMSVÍK

### 1. Inngangur

Nú er lokið borun holu 10 í Hvammsvík. Holan var boruð í tveimur áföngum. Í fyrri áfanganum, haustið 1991, var holan boruð í 1098 m dýpi. Loftdæling holunnar eftir þennan áfanga gaf um 8 l/s og sjálfrennsli þremur mánuðum eftir borun var tæpir 3 l/s. Hitamælingar í holunni bentu til þess að hún væri enn í u.þ.b. 90 °C heitu jarðhitakerfi. Var því afráðið að dýpka holuna í þeirri von að fleiri vatnsæðar kæmu. Jarðborinn Narfi mætti því til leiks í Hvammsvík í aprílbyrjun 1992. Byrjað var á að fódra með 10" fóðringu í 190 m dýpi. Að því loknu var tekið til við að dýpkun. Borað var fram að miðnætti 26. maí og varð holudýpið 1464 m. Engin glögg merki nýrra æða komu fram við dýpkunina. Eigi mátti við svo búið sitja. Var ákveðið að reyna örvun holunnar með loftdælingum og kröftugri ádælingu kalds sjávar á holutopp. Undirritaður var fenginn til að fylgjast með örvunaraðgerðunum. Eftirfarandi greinargerð lýsir framkvæmd og árangri aðgerðanna. Jafnframt eru mælingar á borstað nýttar til mats á því hvert vatnsborð verður í holunni við mismikla dælingu.

### 2. Loftdæling eftir borun

Fyrsti liður örvunaraðgerða holu 10 fólst í loftdælingu. Áður var mælt vatnsborð og reyndist það á 14 m dýpi kl 15 þann 27. maí. Endi borstrengsins hafði þá verið hífður upp í ca. 250 m dýpi. Það dýpi reyndist loftpressu borsins um megn þ.a. híft var í 225 m í annari tilraun. Þá réði pressan við mótpýstinginn og blástur hófst kl 17:15. Vatninu sem kom upp var safnað í lón við borinn og rennslið mælt um V-þversnið. Dælt var fram að miðnætti og hafði þá hiti vatnsins aukist úr 45 °C í 69 °C. Rennslið var stöðugt allan tímann, 14-16 l/s. Nokkuð saltbragð var af vatninu við upphaf skolunar, en einungis daufur keimur í lok loftdælingar. Einstefnuloki í borstreng og þéttling stanga á holutoppi kom í veg fyrir að hægt væri að mæla vatnsborð eftir loftdælinguna.

Loftdælingin sýndi að holan var búin að bæta sig um nær helming frá því sem var fyrir dýpkun. Fannst mönnum það gott veganesti í næsta lið aðgerðanna.

### 3. Ádæling á holutopp

Að loftdælingu lokinni voru stangir dregnar úr holunni og lok sett á holutoppinn. Drifskaft borsins var skrúfað í lokið, en áður var skyggst niður í holuna og reyndist vatnsborð þá nærri holutoppi. Var klukkan þá orðin um 7 að morgni 28. maí. Allt var klárt til ádælingar með bordælum Narfa og steypudælu Jötuns. Fæðidæla, sem dæla skyldi sjó til borsins fór hins vegar ekki í gang og reyndist startari bilaður. Hann komst ekki í lag fyrr en eftir hádegið og hófst ádælingin kl 14:57. Samhliða ádælingunni var fylgst með þrýstingi á toppi og jafnframt voru talin slögin á dælum Narfa. Stimplar steypudælnnar gengu hins vegar of hratt að teljanlegt væri. Toppþrýstingur fór í strax um 17 bör en seig síðan jafnt og þétt niður í um 15 bör um kl 17. Þetta sig þrýst-

ings skýrist með kólnun og sjófyllingu holunnar. Klukkan 17 krumpaðist sogbarki fæðudællunnar, minni sjór kom að bor og sló stóra steypudælan út við það. Ólag var síðan á ádælingunni allt til klukkan 17:50 að full dæling hófst á ný og var þá þrýstingurinn um 17,6 bör. Þessi dæling gekk síðan stöðugt fram til klukkan 20:50 að sogbarki fæðidælu gaf sig á nýjan leik. Dælingin komst ekki af stað aftur fyrr en um kl 22. Á meðan gafst tækifæri til að mæla vatnsborð holunnar. Var það orðið stöðugt í 27,5 m dýpi eftir 15 mínútna dælustopp.

Full ádæling hófst svo á ný kl 22 og hélst til kl 5 að morgni 29. maí. Var þrýstingur holunnar á bilinu 19,9-20,5 bör allan tímann án nokkurra merkja um að holan byggði upp þrýsting né opnaðist betur.

#### 4. Prepadæling

Ádæling hól 10 sýndi að holan var þokkalega opin út í jarðhitakerfið og að engar breytingar urðu á henni þrátt fyrir langtíma ádælingu. Var því farið í það að morgni föstudagsins 29. maí að minnka ádælinguna í þrepum og fá þannig mat á hvernig vatnsborð verður í holunni við mismikla vinnslu. Dregið var af bordælum Narfa þar sem mun auðveldara er að telja slög þeirra en steypudællunnar. Náðust þannig 4 þrep þar sem ádælingin minnkaði úr fullu rennsli um 10,6, 9,8 og 8,6 l/s. Að því búnu var steypudælan stöðvuð og dælt með Narfa 30,2, 18,5 og 15 l/s. Síðasta dæluþrepið miðaðist við það vatnsmagn sem þurfti til að halda holunni fullri. Rennsli frá steypudælu var síðan metið út frá lækkun vatnsborðs í kari og taldist það um 40 l/s. Vatnsborð holunnar eftir þrepaþrófið reyndist á 26,3 m dýpi. Tafla 1 gefur yfirlit um þrepaþrófið.

TAFLA 1: Yfirlit um þrepaþælingu hól 10.

Ádæling (l/s)	Toppþrýstingur (bör-y)	Tímabil ádælingar
70	20.2	12 klst.
59.4	14.6	30 mín.
49.6	12.4	30 mín.
41.0	9.5	25 mín.
30.2	4.3	30 mín.
18.5	0.7	25 mín.
15.0	0.	5 mín.

Síðasta dæluþrepið, þar sem 15 l/s þurfti til að fylla hóluna, er órækt merki þess að hún opnaðist við ádælinguna, en holan var boruð nánast skoltapslaust. Ekki er hægt að sjá af þrýstisögunni hvenær opnunin varð, en líklegast að hún hafi orðið alveg í byrjun ádælingarinnar.

#### 5. Breytingar í vatnsborði nær og fjær

Jafn stórtæk ádæling og fór fram í hól 10 hefur oft áhrif á hólur í grenndinni. Vatnsborðsmælingar í tveimur grunnum rannsóknarhólum um 50 m NV og SA hól 10 sýndu enga breytingu í vatnsborði (< 1 cm). Eins fylgdust Hvalfjarðarstrendingar með holunni á Hrafnabjörgum og sáu engar breytingar í henni. Síðast en ekki síst má nefna að vatnsborð hól 10 hækkaði einungis um rúman metra frá því snemma í ádælingunni (eftir að holan var orðin köld) og þar til ádælingu lauk. Það bendir til að langtímabreytingar í vatnsborði holunnar í vinnslu verði hægfara.

## 6. Loftdæling eftir þrepaðælingu

Síðasti þáttur örvunaraðgerðanna fólst í þrepaðælingu holu 10. Stöngum var slakað í um 250 m dýpi og blásið frá kl 12:45 til 18:25 föstudaginn 29. maí. Gaf holan þá 23-24 l/s og ljóst að hún hafði bætt sig verulega við ádælinguna (var áður um 15 l/s). Hiti vatnsins sem upp kom steig rólega úr 28 °C í 50,4 °C við lok blásturs. Að loftdælingu lokinni reyndist vatnsborð á 16 m og var holan þá hitamæld. Bormenn komu svo að nýju til vinnu á mánudagsmorguninn 1. júní. Vatnsborð var þá í um 10 m. Lofdælt var fram eftir degi, þá voru stangir híðar í 50 m. Við lok hífingarinnar var vatnsborð í 3 m. Lofdælt var á ný með stangir í þessu dýpi og gaf holan þá 14 l/s af 68 °C vatni með miklu saltbragði. Að því búnu voru stangirnar dregnar upp og borinn tekinn af holunni. Vatnsborðið hafði svo sigið í 4,5 m á þriðjudagsmorguninn 2. júní en rfs um 80 cm/dag þegar þetta er skrifað. Samkvæmt því fer holan í sjálfrennsli í næstu viku.

## 7. Hitamælingar

Hola 10 var hitamæld föstudagskvöldið 29. maí að aflokinni seinni loftdælingunni. Mynd 1 sýnir niðurstöðurnar. Þar sést að æðar eru í holunni á um 260 m dýpi, á 595 m dýpi, á 1150 m og í 1300 m. eru æðarnar merktar með örvum á myndinni. Smávægilegrar fyrirstöðu varð vart á niðurleið í 635 m dýpi. Líklega er þar skápur í holunni.

Hitamælingarnar gefa mikilsverðar upplýsingar um gæfni æða í holunni. Þannig virðist 260 m æðin gefa óverulega til holunnar. Æðin í tæpum 600 m hefur einnig orðið fyrir líttillí kólnun, því rennslíð úr henni var að minnsta kosti 66 °C heitt í lok ádælingar. Meginhluti vatnsins í ádælingu hefur því haldið áfram niður holuna og til æðarinnar í 1150 m. Með einfaldri varðveislujöfnu hita um æðina á 600 m má áætla að um 80 % vatnsins í síðustu loftdælingu holunnar hafi komið úr neðri æðinni.

Mynd 2 sýnir að lokum allar hitamælingar í holu 10. Jafnframt er dreginn inn á myndina ferill sem sýnir mat á ótrufluðum hita bergsins við holuna. Samkvæmt þessu mati er vatnsmikla æðin á 1150 m dýpi 95-100 °C heit og æðin í 600 m um 88-90 °C heit. Holan mun því skila í dælingu u.þ.b. 95 °C heitu vatni. Hugsanlegt er að neðri mörk jarðhitakerfisins séu á um 1200 m dýpi ef mið er tekið að vaxandi stigli hita neðan þess dýpis.

## 8. Afköst holu 10

Mynd 3 sýnir mat á vatnsborði holu 10 við mismikla dælingu. Myndin byggir á gögnunum í töflu 1. Gert er ráð fyrir vatnsborð holunnar fullheitar af fersku vatni sé um 10 m yfir holutoppi og að rennslisviðnám æðavatnsins á leið til holunnar frá jarðhitakerfinu sé það sama og viðnámið sem sjórinn varð fyrir á leið sinni frá holu til jarðhitakerfis. Þessi forsenda verður þó vafasöm við mjög mikla dælingu því þá getur vídd vatnsæða minnkað og það aukið rennlistregðu hraðar en mynd 3 sýnir. Inn á myndina er dreginn ferill sem sýnir áætlað vatnsborð holunnar við mismikla vinnslu. Af honum má ráða að sjálfrennsli verði á bilinu 6-8 l/s, að 20 l/s vinnsla krefjist 30 m niðurdráttar og 30 l/s vinnsla heimtar tæplega 60 m niðurdrátt.

Afkastaferillinn á mynd 3 innifelur tvo óvissuþætti sem verka hvor í sína áttina. Í fyrsta lagi er lokunarþrýstingur fullheitar holunnar óþekktur. Gæti ferillinn hliðrast upp á við af þeim sökum. Í öðru lagi eru langtímaviðbrögð jarðhitakerfisins við vinnslu óþekkt. Ádælingin sýndi að vatnsborð hækkaði óverulega við hana. Jafnframt er vitað að holan á Hrafnabjörgum lækkar mjög ró-

lega í þrýstingi en hún er líklega í sama vatnskerfi og Hvammsvíkurholan. Því er hægt að leyfa sér að giska á að vatnsborð holu 10 sígi hægt við langtímavinnslu.

## 9. Niðurstöður og umræða

Helstu niðurstöður prófana á holu 10 í Hvammsvík eru eftirfarandi:

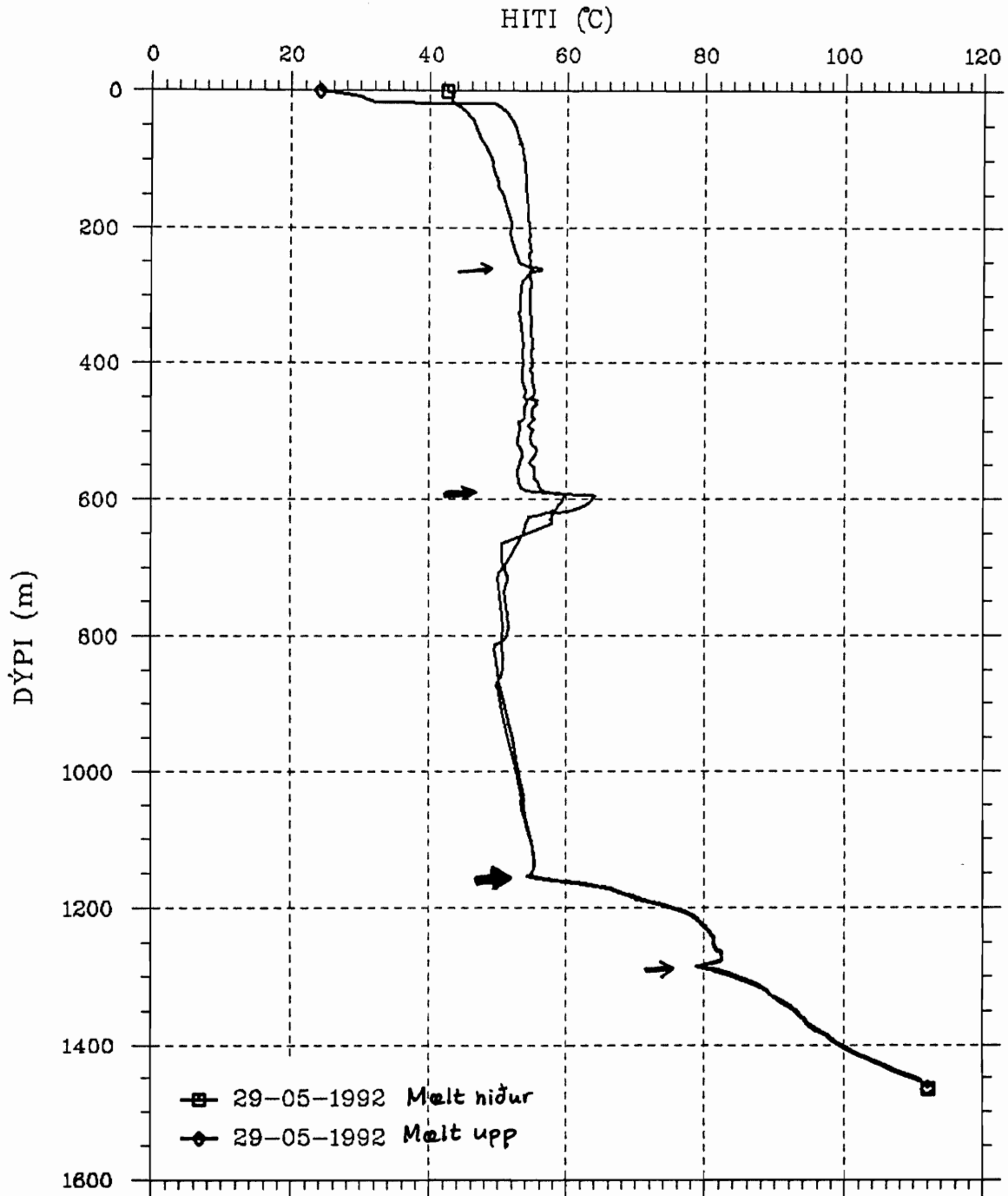
1. Dýpkun holunnar úr 1098 í 1464 m leiddi til þess að rennsli í blæstri í borlok, jókst úr 8 í 15 l/s.
2. Hægt var að dæla um 70 l/s í holuna við 20 bara mótþrýsting á toppi.
3. Prepadæling, sem fram fór í lok ádælingar, sýndi að holan hafði opnast í ádælingunni. Þurfti um 15 l/s til að fylla holuna, en óverulegt skoltap var í holunni í borlok.
4. Engra vatnsborðsbreytinga varð vart í nálægum rannsóknarholum, né í djúpu holunni á Hrafnabjörgum. Þá hækkaði vatnsborð holu 10 einungis um rúman metra í ádælingunni.
5. Loftdæling, sem fram fór að lokinni ádælingu, skilaði 23-24 l/s. Það er 8-9 l/s aukning frá því sem fékkst fyrir örvunaraðgerðir.
6. Hitamælingar í holu 10 sýna að holan vinnur mest af vatni sínu úr æðum á tæplega 600 og á 1150 m dýpi. Neðri æðin virðist skila allt að 80 % rennslis úr holunni.
7. Mat á berghita við holuna spáir um 95 °C vinnsluhita hennar.
8. Afkastaferill, sem byggir á þrepaprófun holu 10, bendir til þess að holan skili 6-8 l/s í sjálfrennsli, og að 20 l/s rennsli megi ná með 30 m niðurdætti. Óvíst er hvernig vatnsborð hegðar sér við langtíma vinnslu, en líklegast að það breytist rólega.

Í heild má segja að borun og örvun holu 10 hafi verið árangursrík og að eftir standi þrýðisvinnsluhola fyrir hitaveitu. Helstu óvissuþættir í vinnslueiginleikum holunnar felast í óþekktri efnasamsetningu vatnsins í neðri æðinni og í vatnsborði svæðisins í langtímavinnslu. Á þessari stundu bendir flest til að þessir þættir verði ekki til trafala við nýtingu holunnar.

Reykjavík 3. júní 1992  
Grímur Björnsson

3 Jun 1992 grb  
L= 24308 Oracle

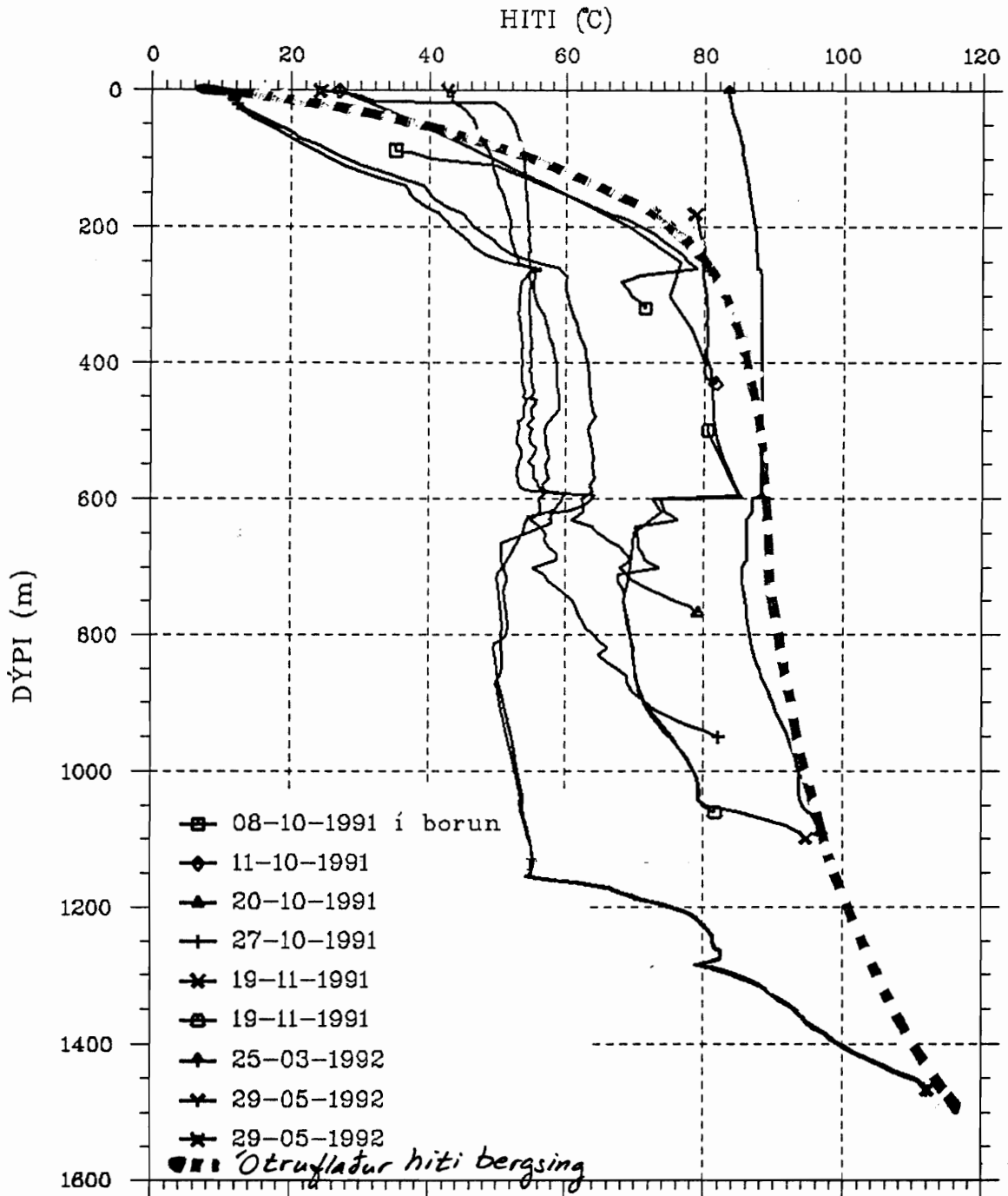
HVAMMSVÍK HOLA 10



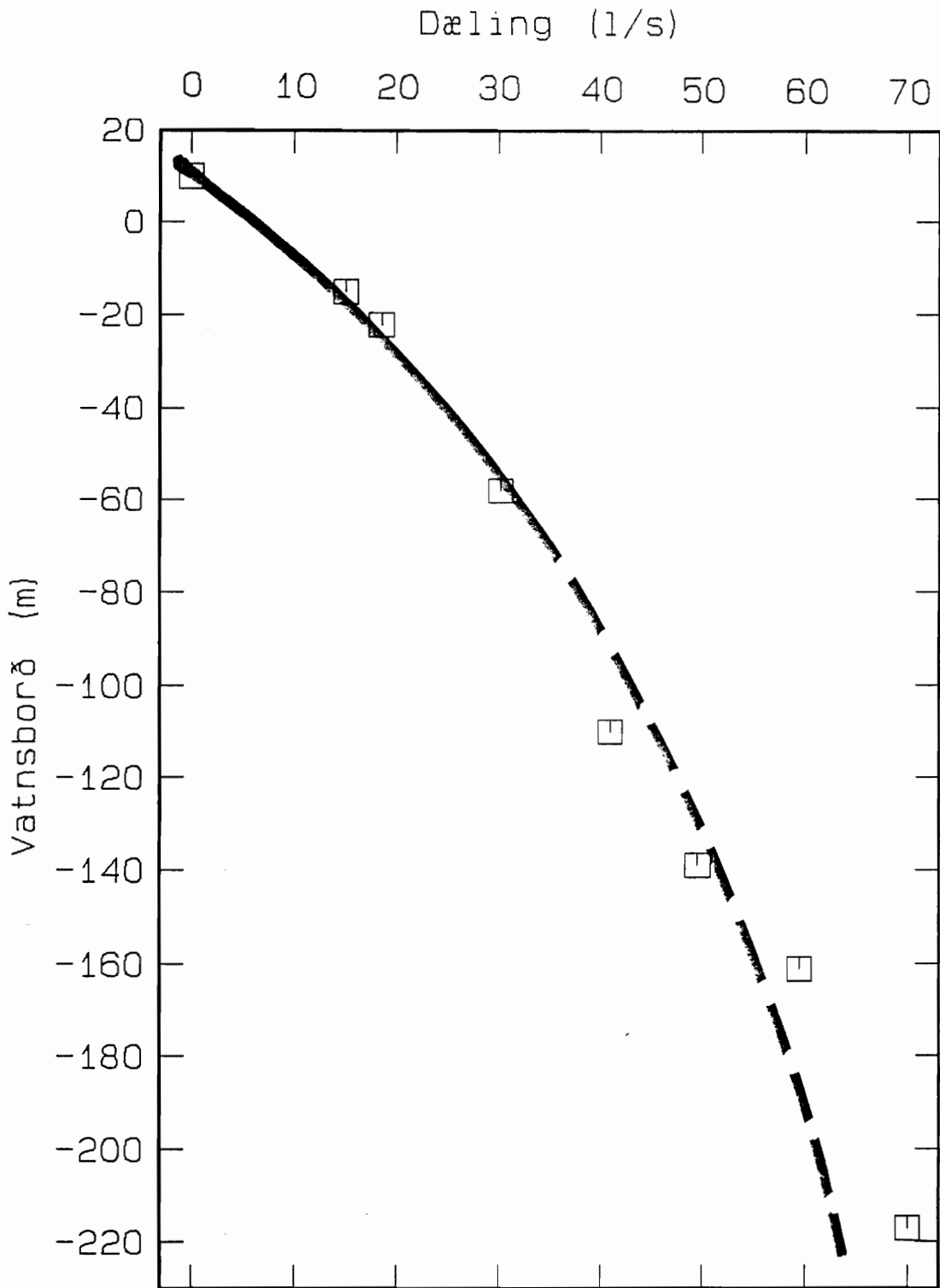
Mynd 1: Hitamælingar í holu 10 eftir ádælingu og loftdælingu.

3 Jun 1992 grb  
L= 24308 Oracle

HVAMMSVÍK HOLA 10



Mynd 2: Allar hitamælingar í holu 10 og áætlaður berghiti.



Mynd 3: Afkastaferill holu 10, byggður á niðurstöðum ádælingar kalds sjávar í þrepum.