



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

**BORUN OG PRÓFANIR HOLU 1
Í LANDI BAKKA I Í ÖLFUSI**

Jens Tómason
Guðmundur Ingi Haraldsson
Ómar Sigurðsson
Helga Tulinius

Unnið fyrir Vatnarækt hf.

OS-87031/JHD-19 B

Júlí 1987



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknúmer : 687-171

**BORUN OG PRÓFANIR HOLU 1
Í LANDI BAKKA I Í ÖLFUSI**

Jens Tómason
Guðmundur Ingi Haraldsson
Ómar Sigurðsson
Helga Tulinius

Unnið fyrir Vatnaraðkt hf.

OS-87031/JHD-19 B

Júlí 1987

EFNISYFIRLIT

	Bls.
EFNISYFIRLIT	2
1 INNGANGUR	4
2 BORVERK	4
3 JARDFRÆÐI OG MÆLINGAR	6
3.1 Jarðlagasnið	6
3.2 Ummyndun	8
3.4 Mælingar	9
4 VATNSÆÐAR OG HITI	10
5 ÞRÝSTIPRÓFUN	14
6 LOFTDÆLINGAR EFTIR AÐ BORUN LAUK	16
7 AFKASTAMAT	18
8 UMRÆÐA OG NIÐURSTÖÐUR	19
VIÐAUKI I STADSETNING BORHOLU	35
VIÐAUKI II GÖGN UM LOFTDÆLINGAR	41

TÖFLUR

1 Vatnsmagn og hiti meðan borað var með lofti	6
2 Mælingar í holu 1 í landi Bakka I	9
3 Vatnsæðar	12
4 Vatnsborð í holunni meðan á borverki stóð	13
5 Ádælingar	15
6 Loftdælingar	17

MYNDIR

	Bls.
1 Jarðlög, borhraði, vídd og jarðlagamælingar	21
2 Hitamælingar meðan á borun stóð	27
3 Hitamælingar eftir loft- og ádælingu í nóvember 1986 ..	28
4 Hitamælingar eftir loft- og ádælingar í janúar 1987 ...	29
5 Upphitunarmæling 10. júní 1987	30
6 Loftdælingar, afköst og þrýstingur	31
7 Loftdælingar, afköst og hiti	32
8 Ádælingar, afköst og þrýstingur	33
9 Afkastamat	34

1 INNGANGUR

Skýrsla þessi fjallar um borun og prófanir holu l í landi Bakka I í Ölfusi. Fiskeldisfélagið Vatnarækt hf létt bora holuna til að afla heits vatns fyrir seiðaráræktarstöð sem verið er að koma á fót á Bakka I.

Í upphafi stóð til að bora 300-400 m djúpa holu og reyna að fá úr henni volgt vatn. Varðandi staðsetningu holunnar og undirbúnings-athuganir vísast til greinargerðar Kristjáns Sæmundssonar: Greinargerð KS-86/23, Staðsetning borholu í landi Bakka I, Ölfusi, fyrir Vatnarækt hf vegna fiskeldis (sjá Viðauka I).

2 BORVERK

Borun fór fram á tímabilinu 3. september til 5. nóvember 1986. Holan var boruð 15" víð niður í 32,5 m og fóðruð með 14" rörum niður í 23,5 m dýpi. Steypan var boruð út með 12 1/2" krónu niður í 33 m dýpi og 9 5/8" laus fóðring sett niður á sama dýpi. Síðan var borað með lofti og 8 5/8" hamri niður í 347 m. Að loftboruninni lokinni var borað með 6 3/4" hjólakrónu niður í 1045 m dýpi.

Meðan á borun með hjólakrónunni stóð var lofti dælt á milli 14" og 9 5/8" röranna til að létta vatnssúluna, svo að svarfið færi ekki inn í æðar sem kynnu að opnast í boruninni.

Þegar borað var með lofthamrinum kom vatn úr holunni. Var það um 2 l/s 6°C heitt í 49 m dýpi, og fór smáhitnandi. Á 136 m dýpi komu 5 l/s af 10°C vatni (sjá töflu 1), en í 270 m dýpi var hitinn á vatninu orðinn 15°C og hélst óbreyttur niður á 347 m dýpi.

Það magn sem kom í loftboruninni var miklu minna en Vatnarækt þurfti til sinnar starfsemi. Ákveðið var að bora dýpra í þeirri von að hitta á verulega heitari æðar, enda hitinn 90°C í botni í 347 m dýpi þar sem loftborun lauk, og vitað er um 120-140°C heitt vatnskerfi á 500-800 m dýpi á Bakka II og þóroddstöðum.

Ekki varð vart við nein veruleg skoltöp meðan á borun með hjóla-krónunni stóð. Hins vegar breyttist vatnsborð í holunni sem gat gefið vísbindingu um vatnsæðar í holunni (tafla 1). Í lok borunar 6.ll.-10.ll. var loftdælt, þá pakkað á 212 m dýpi og síðan loftdælt aftur. Þann 11.ll. var borinn tekinn af holunni og þar með var lokið

fyrsta hluta borverks fyrir Vatnarækt, en í greinargerð Guðmundar Inga Haraldssonar o.fl. 1986 var lagt til eftirfarandi framhaldsverk við holuna: Að fóðra holuna niður í 200 m dýpi, dæla á fóðurrörið 50 l/s í sólarhring, pakka fyrir neðan 660 m og dæla niður fyrir pakkara í 6-8 klst. og að endingu yrði holan loftdæld í 6-8 klst. til að meta afköst hennar. Þessar tillögur voru samþykktar af Vatnarækt hf.

Rökin fyrir þessum tillögum voru:

1. Óhagkvæmt virðist að dæla úr holunni því vatnsmagni sem Vatnarækt þarfnað, því holan gefur aðeins nokkra sekúndulítra með mjög miklum niðurdrætti vatnsborðs.
2. Vatnsæðar í holunni eru misheitar eða frá 5°C upp í 110-120°C. Sennilega er 5°C vatnið súrefnisríkt og myndi valda tæringu í dælu og hugsanlega útfellingum. Líklegt er að vatnið sé klórríkt líkt og vatnið á Vestri Bakka og Þóroddsstöðum en það myndi flýta fyrir útfellingum og tæringu. Fóðrun niður í 200 m myndi loka mest af þessu vatni úti.
3. Ef gert verður við holuna er líklegt að hún verði sjálfrennandi, þ.e. að hún fari í gos því allar þekktar æðar í holunni neðan við 200 m eru heitari en 100°C og líklega á milli 110-120°C.
4. Með því að þrýstiprófa holuna með meira vatnsmagni og lengri tíma en áður var gert, er talið mögulegt að auka megi vatnsgæfni hennar enn frekar en gert var í lok borunar og þar með bæta vinnslu-eiginleika hennar.

Vatnarækt hf. samdi við Jarðboranir hf. um framkvæmd verksins. Jarðborinn Glaumur var síðan fluttur að holunni þann 10.12 1986. Holan var þá rýmuð niður á 201 m og lauk því verki 15.12. Dagana 16.-18.12 var holan fóðruð með 8 5/8" röri frá yfirborði niður í 86 m dýpi og með 7 5/8" röri þaðan í 200 m og fóðringin steypt, en 19.12 var steypan boruð út. Var þá loftdælt lítilsháttar og komst hitinn á vatninu upp í 75,8°C. Við rýminguna fyrir fóðringuna kom hrún í holuna sem var hreinsað út 5.-6. janúar 1987 og var holan þá hreinsuð niður í 1005 m dýpi.

Dagana 7.-15.1 1987 var dælt á holutopp, pakkað og loftdælt. Eftir dælinguna á holutoppinn var boraður burtu hruntappi á 940 m og holan hreinsuð niður á 1005 m. Síðan var tekið upp og pakkað í 705 m og að endingu loftdælt 15. janúar og var borverki þar með lokið.

TAFLA 1 Vatnsmagn og hiti meðan borað var með lofti

Dýpi (m)	Vatnsmagn (l/s)	Hiti (°C)
49	2	6
74	meira vatn	7
94	svipað magn	8
136	5	10
156	*	10
173	svipað magn	10,5
190	*	12
220	*	12
277	*	15
306	*	15
341	*	15
345	Dregur úr afköstum	

* Ekki mælt

3 JARDFRÉÐI OG MÆLINGAR

3.1 Jarðlagasnið

Á mynd 1 er jarðlagasnið ásamt víddar- og jarðlagamælingum

0 - 4 m. Ekkert svarf er frá þessu dýptarbili en á yfirborði er malarhjalli sem sennilega hefur verið borað gegnum.

4 - 32 m. Svart óummyndað móberg með mismiklu af basalti. Þetta er nokkuð örugglega móbergið sem Kristján Sæmundsson kallar bólstraberg (sjá viðauka I), og á 10 m dýpi var líklega bólstraberg því þar var mikið basalt í svarfinu, en holan sem Kristján talar um var 12 m djúp, svo það er hugsanlegt að efsti hluti þessa túffs sé bólstraberg. Mest er þetta lag úr óummynduðu svörtu gleri með dílum af fersku ólivíni.

32 - 108 m. Basaltlög með millilögum, misjafnlega blöðrótt og fin-kristallað. Blöðrur flestar fylltar kalsíti og leir. Þetta er að mestu leyti þóleiítbasaltlög nema efsta lagið sem gæti verið ólivín-þóleiítbasalt. Ummyndun er talsverð, einkum í millilögum. Hátt viðnám er í kringum 60 m dýpi, við þétt þóleiítbasaltlag, sem er sennilega gangur.

108 - 206 m. Móbergsbreksía, mest grænt túff með mismiklu af basalti og kringum 176 m dýpi er sennilega þóleiítískur gangur. Þar er hátt viðnám og þéttara berg. Á stöku stað er mjög mikið af holufyllingum með kalsíti sem gæti bent til þess að borað hafi verið gegnum holufyllta sprungu á 120 m dýpi.

206 - 316 m. Basaltlög með millilögum bæði kargalögum og túffkenndum millilögum. Basaltlöggin eru misjafnlega grófkristölluð og flest eru þó fersk þóleiítbasaltlög. Efst eru fersk blöðrulaus þóleiítbasaltlög sem ná niður í 240 m, en þau eru misjafnlega grófkristölluð. Efst er fínkristallað basalt svo tekur við meðalgrófkristallað basalt, en þó þóleiítlegt. Þetta gæti verið gangur því að viðnámið er hátt einkum í því fínkristallaða. Frá 240 m niður er allt blöðrótt þóleiítbasalt misjafnlega ummyndað og ófylltar blöðrur finnast.

316 - 348 m. Svart glerjað basalt eða basaltrík móbergsbreksía (bólstraberg). Mjög lítið er af holufyllingum í þessu lagi.

348 - 498 m. Túffrík móbergsbreksía og hlutkristallað basalt. Hlutkristallaða basaltið er dálitið oxáð. Nokkuð er af basalti öðru hvoru oftast með hlutkristallaða basaltinu, en ekki hefur samt verið hægt að staðsetja nein basaltlög í þessu lagi. Móbergið er mjög myndbreytt og holufyllt, mest er af kalsíti en einnig finnst pýrit. Holufyllingar eru oft í æðum sem gætu bent til sprungna.

498 - 588 m. Þetta er sennilega sama móbergsbreksían og fyrir ofan nema nú er hún gegnumstungin af basaltlögum sem eru nokkuð örugglega gangar. Þeir hafa hærra viðnám og nifteindamælingarnar sýna lítið vatnsinnihald í berginu.

588 - 668 m. Langmest rauðbrúnt, mjög blöðrótt fínkristallað basalt með túffkenndum millilögum, löggin eru þunn, 3-4 m þykk. Í þykkstu lögunum er grágrænt þétt fínkristallað og myndbreytt basalt, og innihalda þau minna vatn en blöðróttu löggin. Þessi lög sjást í nifteindamælingum sem þétt lag, stundum er viðnámið einnig hærra. Á einum stað er hátt útslag í gammamælingunni sem bendir til súrs eða ísúrs bergs. Þetta virðist vera í túfflagi, ísúru túfflagi eða að um sé að ræða kalíaukningu vegna ummyndunar. Þetta er mjög myndbreytt og epidót finnst í næstum öllu laginu og sumsstaðar í miklu magni t.d. í 640 m dýpi.

668 - 714 m. Grænt túff gegnumstungið af þremur göngum, misgrófkristölluðum frá fínkristölluðu basalti til dóleríts. Dólerítið gæti verið ísúrt samkvæmt gammamælingunni. Þessir gangar koma fram í nifteindamælingunum og viðnámsmælingunum.

714 - 798 m. Basaltlög með þykkum túffkenndum millilögum. Flest basaltlögin eru ummynduð ólivínþóleiít basaltlög, nokkur lög eru af fremur fersku þéttu þóleiítbasalti. Þetta gætu verið gangar, að minnsta kosti ferskasta lagið kemur vel fram í jarðlagamælingum sem líklegur gangur. Mikil myndbreyting og lítið er eftir af upprunalegum steindum. Ummyndunarsteindir eru kalsít (zeólitar), lámontít, epidót og pýrit.

798 - 1044 m. Móbergsbreksía gegnumstungin af göngum misjafnlega gróf-kristölluðum og myndbreyttum. Gangarnir koma vel fram í nifteinda- og viðnámsmælingum. Móbergsbreksían er misjafnlega glerrík en mest er þó af hlutkristallöðu basalti einkum í kringum 870 m dýpi. Ummyndun er mikil í öllu laginu og mjög mikið af epidóti.

3.2 Ummyndun

Engar sérstakar ummyndunarrannsóknir voru gerðar í þessari holu en í jarðlagagreiningum komu fram nokkur atriði, sem rétt er að ræða aðeins.

Efsta móbergið (4-32 m) er alveg óummyndað en í basaltlögunum fyrir neðan er lítilsháttar ummyndun og er mikið af ófylltum holum í basaltinu. Jarðlögin fyrir neðan 108 m dýpi og niður í 600 m dýpi eru misjafnlega ummynduð mest af móberginu er mjög ummyndað og holufyllt og sumstaðar eru holufyllingar í rásum sem gæti bent til holufylltra sprungna. Innan um eru basaltlög lítið ummynduð og lítið holufyllt og ófylltar holur ná að minnsta kosti niður í 345 m dýpi. Aðal holufyllingarsteindin á þessu dýptarbili er kalsít. Öll þessi ummyndun sem lýst hefur verið hér að ofan gæti skýrst með þeim hita sem nú er á dýptarbilinu 0-600 m. Á 600 m dýpi er komið í háhitaummyndun með miklu af epidóti. Þessi háhitaummyndun er einnig í holunni á Bakka II og í Þóroddstaðaholunni, sem þýðir að það var háhití á stóru svæði á Þóroddstaða- og Bakka-jarðhitasvæðinum. Lítill sem engin ummyndun er í efstu lögunum og þýðir það að efstu jarðlögin eru yngri en háhitasvæðið, en hvar þetta mislægi er nákvæmlega eða hvort það eru fleiri en eitt mislægi verður ekki svarað nema með mun ýtarlegri rannsóknum, en hér hafa verið gerðar. Holufyllingar eru víða mjög áberandi og eru ljóst að margar þessar holufyllingar eru frá sprungum vegna þess mikla magns sem er í einstökum sýnum. Þetta mikla magn af holufyllingum var ein af ástæðunum fyrir því að ráðlagt var að holan væri þrýstiprófuð, því sprungufyllingar þýða sprungur og vatnsæðar sem hafa lokast af sprungufyllingum sem hægt er að opna aftur með þrýstiprófun.

3.3 Mælingar

Upplýsingar um allar mælingar sem til eru úr holunni eru skráðar í töflu 2 og eru þær einnig teiknaðar upp á myndum 1-5. Sex sinnum var hitamælt á meðan á borun stóð eftir helgarfrí bormanna eða að morgni eftir næturfrí (mynd 2). Við lok borunar og þrýstiprófanir var mælt fjórum sinnum (mynd 3). Hitamælt var á undan CBL (steypugæði) mælingu og 4 sinnum við seinni þrýstiprófanirnar (mynd 4). Nýjasta hitamælingin var gerð 10. júní 1987 um 1 1/2 mánuði eftir að holan fór að gjósa (mynd 5). Eftir að hætt var að bora var holan víddarmæld og síðar var mælt viðnám nifteindir og gamma (mynd 1). Fjallað er um þessar mælingar í kafla 3.1. í tengslum við jarðlagalýsingar.

TAFLA 2 Mælingar í holu 1 í landi Bakka I

Dags.	Hvað mælt	Dýptarbil (m)	Athugas.
86.10.13	Hiti	0 - 154	helgarfrí, í stöngum
86.10.14	Hiti	0 - 236	í stöngum, upphitun
86.10.15	Hiti	0 - 347,5	í stöngum
86.10.20	Hiti	0 - 440	eftir helgarfrí, í stöngum
86.10.26	Hiti+dt+CCL	0 - 667	helgarfrí, í stöngum
86.11.02	Hiti+dt+CCL	0 - 871,5	helgarfrí í stöngum
86.11.06	Hiti+dt+CCL	0 - 1018	borlok, 3 1/2 tíma e. loftdæl.
86.11.06	Vídd	0 - 1018	skápar
86.11.06	Viðnám	0 - 1018	jarðlög
86.11.07	Nifteindadreif- ing og gamma	0 - 1018	jarðlög
86.11.07	Hiti+dt+CCL	0 - 1010	1/2 tíma e. pökkun
86.11.10	Hiti+dt+CCL	0 - 1010	e. loftdælingu
86.11.18	Hiti+dt+CCL	0 - 1010	eftir 8 daga mikla upphitun
87.01.05	Hiti+dt+CCL	0 - 210	fyrir CBL-mælingu
87.01.05	CBL	0 - 87	steypugæði
87.01.06	Hiti+dt+CCL	0 - 975	e. loftdælingu
87.01.08	Hiti+dt+CCL	0 - 939	e. pökkun á topp
87.01.14	Hiti+dt+CCL	0 - 987	e. pökkun í 720 m
87.01.15	Hiti+dt+CCL	0 - 987	e. loftdælingu
87.06.	Hiti+dt+CCL	0 - 980	1 1/2 mán. eftir gos

4 VATNSÆÐAR OG HITI

Holan var boruð með geli niður í 44 m dýpi, þaðan var borað með loft-hamri og þegar holan var 49 m djúp (tafla 1) komu 2 l/s af 6°C heitu vatni. Þessi vatnsæð gæti verið hvar sem er á milli fóðurrörsenda á 23,5 m og 49 m dýpi. Í 135 m mældust 5 l/s af 10°C heitu vatni. Þessi viðbót er sennilega frá vatnsæð í 120 m en hún kemur fram í einni hitamælingu. Ekki varð nein frekari aukning á vatnsmagni sem blásið var upp úr holunni meðan borað var með lofti. Hins vegar hækkaði hitinn á vatninu upp í 15°C .

Vatnsborðið var fyrst mælt þegar holan var 160 m djúp og var þá 3,8 m (tafla 2) og hélst það (3,6-3,9 m) niður í 557 m dýpi. Þetta vatnsborð er sennilega grunnvatnsborðið á svæðinu en það er á svipuðu dýpi og hæð köldu lindanna í Bakkalandi.

Meðan á borun stóð með hjóla krónunni varð ekki vart við neinar vatnsæðar en vatnsborðið í holunni breyttist (sjá töflu 2) sem getur bent til vatnsæða með mismunandi þrýstingi. Eins og áður sagði var vatnsborðið stöðugt niður í 557 m dýpi. Þar lækkaði það niður í 10 m. Á 620 m dýpi lækkaði vatnsborðið enn meir eða niður í 22,7 m dýpi, en hækkaði aftur og var 6-14 m (tafla 2) meðan á borun stóð. Þetta má túlka þannig að engar verulegar vatnsæðar hafi opnast fyrir neðan 600 m dýpi og vatnsborðið í holunni hafi að aðallega ráðist af vatnsborði efstu köldu vatnsæðanna, en eftir fyrstu ádælingu (þökkun) lækkaði vatnsborðið í holunni vegna þess að dýpri og heitari vatnsæðar opnuðust. Þann 18. nóvember 1986 var vatnsborðið í holunni 31,8 m. Þetta er líklega raunveruleg lækkun á vatnsborði miðað við þær vatnsborðsmælingar sem gerðar voru meðan á borun stóð, því þó að holan hafi verið mikið keld (sjá mynd 2) þá var hún varla mikið kaldari en meðan á borun stóð. Lægst fór vatnsborðið í holunni eftir ádælinguna á fóðurrörið 6. janúar (mynd 4), en þá fór vatnsborðið niður í 34,3 m, þó var meðalhitinn fyrir ofan neðstu vatnsæð hærri en hann var 18. nóvember svo líklegt er að meðan köldu æðarnar voru ekki fóðraðar af hafi þær hækkað vatnsborðið í holunni um nokkra metra.

Þegar hitamælt var 18. nóvember 1986 rann um 5°C heitt vatn niður holuna frá efsta hluta hennar. Þetta vatn hitnaði smám saman vegna snertingar við heitt berg en á 400 m dýpi hitnaði það um tæpar 5°C , úr 16°C í $20,7^{\circ}\text{C}$. Þetta má túlka þannig að í 400 m dýpi komi inn heitara vatn frá vatnsæð á sama dýpi. Síðan er áfram rennslisferill niður holuna, en í 670 m dýpi kemur annar halli á rennslisferilinn sem túlka má þannig að hluti af vatninu sem rann niður holuna hafi farið inn í æðina á 670 m dýpi, en rennslið heldur síðan áfram niður á 920 m. Í þessari hitamælingu koma fram þrjár vatnsæðar í 400, 660-670 og 920 m

dýpi. Í töflu 3 eru svo taldar upp allar vatnsæðar sem hafa sést í hitamælingum.

Vísbendingar um fjórtán vatnsæðar sjást í hitamælingunum. Þar af sjást 4 aðeins í einni mælingu og því vafasamt að um eininlegar vatnsæðar sé að ræða. Þessar vísbendingar eru á 120 m, 250 m, 310 m og 565 m dýpi. Ein að er á 65 m dýpi og er hún fóðruð af ásamt þeirri á 120 m. Óregla sést í 710 m dýpi, í mælingu eftir að pakkað var, en pakkarinn var á því dýpi og er því óliklegt að þarna sé um að að ræða. Smá óregla kemur í nokkrum mælingum í 840 m dýpi. Það eru því 6 æðar sem sjást í fleiri en einni mælingu fyrir neðan fóðurrör. Stærstu æðarnar eru líklega á 400 m, 600 m og 920 m dýpi. Óreglan í 210-220 m dýpi stafar sennilega af fóðurrörinu, en það endar í þessu dýpi.

Vatnsæðarnar eru ýmist á lagmótum eða í sprungu, t.d. er æðin á 400 m dýpi í sprungu, sú á 660 m í millilagi en æðin á 920 m er í móbergi undir dólerít inniskoti.

Holan var hitamæld nokkrum sinnum í borun og við þrýstiprófanir og eftir að holan gaus. Út frá þessum hitamælingum (myndir 2-5) má gera sér allgóða hugmynd um hitann í því bergi sem borað hefur verið gegnum, því að þó mikil kæling sé á bergeninu meðan borað er, þá er hún misjöfn, t.d. mun minni þegar borað er með lofti en þegar borað er með vatni. Eins minnkar kælingin eftir dýpi og er oftast mjög lítil í botni nema þar sé vatnsæð. Í hitamælingum sem gerðar eru meðan á borun stendur ná mælingarnar ekki alveg niður í botn, oftast 6-12 m frá botni nema mælingin frá 2.11.1986 þegar holan var 347 m djúp, þar er mælt niður á botn og er berghitinn á þessu dýpi mjög nærri því að vera 90°C . Í mælingum eftir síðustu loftdælingu mældust $106,2^{\circ}\text{C}$ í 420 m dýpi og í mælingunni 10.06.87 mældist hitinn á 600 m æðinni $122,7^{\circ}\text{C}$ og í botni (970 m) $118,2^{\circ}\text{C}$. Þessi seinasta mæling bendir til þess að hæsti hitinn í holunni sé við 600 m æðina og lækki þaðan niður í botn, þ.e. að hitaferillinn sé viðsnúinn.

TAFLA 3 Vísbendingar um æðar í holu l í landi Bakka I.

Dýpi m	Jarðlög	Athugasemdir
65	Millilag	Sést í nokkrum mælingum, fóðruð af.
120	Móberg (sprunga)	Sést í einni mælingu 14/11 1986, fóðruð af.
210-220	Basalt	Sést í nokkrum mælingum, líklega áhrif frá fóðurköri.
250	Millilag	Sést í einni mælingu 8/1 1987, eftir dælingu í topp.
310	Basalt	Sést í einni mælingu 7/11 1986, eftir pökkun.
330-350	Glerjað basalt	Sést í flestum mælingum eftir 6/1 1987.
400	Móberg (sprunga)	Sést í öllum mælingum eftir 18/11 1986 (fyrir þrýstiprófanir).
565	Túff/gangur	Sést í einni mælingu 7/11 1986 eftir pökkun.
600	Basalt (sprunga)	Sést í öllum mælingum eftir 6/1 1987 (seinni þrýstiprófanir).
630-670	Basalt (millilög)	Sést í flestum mælingum eftir 7/11 1986.
710	Millilag	Sést í tveim mælingum. Gæti verið áhrif frá pakkara.
840	Basalt/túff	Sést í nokkrum mælingum, líklega óveruleg æð.
920	Basalt/túff	Sést í flestum mælingum.
950-960	Basalt/túff	Sést í flestum mælingum.

TAFLA 4 Vatnsborð í holunni meðan á borverki stóð, mælt á morgnanna
áður en byrjað var að bora.

Dýpi m	Dagsetn.	Vatnsborð m	Athugasemdir
239	14.10.86	3,8	Hiti í botni 73°C
288	17.10.86	3,9	
400	17.10.86		Vatnsborð fellur talsvert við stangaskipti
434	20.10.86	3,9	103°C í botni
478			Hiti Skolvatns 10°C
501	21.10.86	3,9	"
557	22.10.86	10,1	"
618	23.10.86	22,7	
677	24.10.86	8,1	
705	27.10.86	14,6	
742	28.10.86	11,1	
784	29.10.86	10,7	
812	30.10.86	Ekki mælt	
861	31.10.86	6,3	
904	03.11.86	8,6	
934	04.11.86	10,5	
1001	05.11.86	Ekki mælt	
1045	06.11.86	14,05	Eftir upptekt og loftdælingu
1045	07.11.86	9,7	Fyrir pökkun
1045	10.11.86	25,4	Fyrir loftdælingu
1045	11.11.86	30,3	Daginn eftir loftdælingu
1045	18.11.86	31,2	
1045	07.01.87	18,5	Eftir loftdælingu og fyrir pökkun
1045	08.01.87	34,3	Eftir ádælingu
1045	08.01.87	32,3	Fyrir pökkun
1045	08-09.01.87	33-33,4	Vatnsborð fyrir ofan pakkara
1045	09.01.87	32,9	Vatnsborð eftir pökkun

5 PRÝSTIPRÓFUN

Í þrýstiprófunum eru bæði loftdælingar og ádælingar. Yfirlit yfir loftdælingar og ádælingar eru á myndum 6-8 og töflu 5. Vatnsgæfni holunnar eins og hægt er að meta hana út frá loftdælingum er gefin í kafla 7.

Loftdæling 1: Loftdælt var kl. 11:25-15:15 þann 6. nóvember 1986. Vatnið hitnaði smám saman og var 41°C þegar hætt var. Magnið var svipað meðan dælt var ($6,5-6,7 \text{ l/s}$) en vatnsborð fór ört lækkandi því að í byrjun voru stangirnar í 175 m, en í lokin voru þær í 203 m og þrýstingurinn á loftpressunni lækkaði einnig úr $9,5 \text{ kg/cm}^2$ í byrjun dælingar niður í $9,3 \text{ kg/cm}^2$ í lok dælingar (mynd 6).

Ádæling 1: Pakkari var settur niður á 212 m dýpi 7. nóvember 1986 og pakkaður kl. 10:42. Splitti fór úr pakkara við 750 psi. Síðan var dælt niður fyrir pakkarann, þ.e. í bilið 212-1045 m til kl 15:03 nema tveggja mínútna hlé varð um kl. 11:34 þegar kalda vatnið fór af. Klukkan 15:03 var dæling stöðvuð og bakþrýstingur tekinn og féll þrýstingurinn á 9 mínútum. Klukkan 15:14 var byrjað að dæla aftur og dælt til kl 15:25. Dælingarafköstin voru jöfn um 19 l/s og þrýstingur einnig nema allra fyrst, þá fór þrýstingurinn upp í 18 kg/cm^2 en annars var þrýstingurinn um 17 kg/cm^2 (mynd 8).

Loftdæling 2: Þann 10. desember var svo loftdælt aftur. Hófst loftdælingin kl 15 og voru stangir fyrst settar niður á 172 m en síðan niður á 207 m (sjá mynd) og loftdælt til kl. 19. Dælt var um 12 l/s og hitinn á vatninu í lokin var $60,8^{\circ}\text{C}$ (myndir 6-7).

Ádæling 2: Þann 7.1.1987 var byrjað að dæla ofan í holuna, en þá var búið að fóðra niður í 200 m dýpi. Við ofanádælinguna var notuð bordælan í Glaumi eins og áður, en auk þess voru notaðar tvær bordælur Narfa. Dæling hófst kl 20:54 og til að byrja með var aðeins dælt með dælu Glaums til kl 21:51. Þrýstingurinn var ekki nema 6 kg/cm^2 og dæling $17,5 \text{ l/s}$ sem er svipað og í fyrstu ádælingu (1986.11.07). Klukkan 21:51 var önnur dæla Narfa sett í gang og fór þá magnið upp í 27 l/s og þrýstingurinn í 9 kg/cm^2 . Dælt var til kl 22:08. Þá var hin dælan á Narfa einnig sett í gang og afköstin fóru upp í 47 l/s . Síðan var dælt svona samfellt nema vegna smábilana og vatnsskorts til kl 19 þann 8. janúar. Afköstin voru svipuð allan tímann, $45-47 \text{ l/s}$ og þrýstingur fór hæst í 16 kg/cm^2 , en síðustu klst. var þrýstingurinn um 12 kg/cm^2 . Svo virðist að um 4 kg/cm^2 þrýstifall hafi orðið í þessari ádælingu, en þess ber þó að geta að þrýstimælar voru ekki í nægilega góðu lagi til að segja alveg öruggt til um hvert þrýstifallið var. Einnig voru nokkur smærri þrýstiföll (sjá mynd 8). Bakþrýstingur var mældur og var 7 mínútur að falla.

Ádæling 3: Pakkað var á 720 m kl 19:30 þann 13. janúar 1987 og fór pinni við 110 kg/cm² þrýsting. Pakkaðist því vel og vatnsborðið sem mælt var fyrir ofan pakkarnn meðan dælt var niður fyrir hann var allan tímann rúmlega 33 m en vatnsborð í holunni áður en pakkað var 34,3 m.

Dælt var niður fyrir pakkarnn til kl 2:00 87.01.14. Dæling var 18-22,5 l/s og þrýstingur 46-61 kg/cm². Lítilsháttar þrýstifall varð í þessari ádælingu eða 2-3 kg/cm². Mest af þessum mælda þrýstingi er móttstaða í stöngum, en þrýstingurinn á holunni gæti verið 25-27 kg/cm.

Loftdæling 3: Aftur var loftdælt 87.01.15 kl 8:55-17:00. Eins og sést á mynd 6 voru stangir fyrst á 100 m dýpi, en síðan á 150 m dýpi og að lokum á 200 m dýpi. Dælan afkastaði 18-24 l/s og fór hitinn á vatninu fljótt upp í 80°C og var 83°C í lok dælingarinnar. Samkvæmt hitamælingunni sem gerð var eftir loftdælinguna virðist mest af vatninu koma frá 600 m dýpi, en samfara hitamælingum eftir ádælinguna virðast æðarnar á 660 og 920 m dýpi taka við mestu vatni. Líklegast er þetta vegna þess að æðarnar í 400 og 600 m eru sprunguæðar og hafa hærri þrýsting en lagamóta æðarnar sbr. bls 11 og töflu 2.

TAFLA 5 Ádælingar

Dagsetning	Kl.	Þrýstingur (kg/cm ²)	Vatnsmagn (l/s)	Magn í tonnum
7.nov. 1986				
Dælt undir pakkara	10:42-15:03	16,9	19	297
í 212 m				
7.8.jan. 1987				
Dælt á holutopp	21:30-21:50	6	17,5	21
	21:50-22:08	9	27	29
	22:08-19:00	12-13	47-48	3550
13. jan. 1987				
Dælt undir	19:45-20:30	47	18	48
pakkara á 720 m	20:30-01:30	60	22,5	405
Samtals				4350

6 LOFTDAELINGAR EFTIR AÐ BORVERKI LAUK

Eftir að borverki lauk fékk Vatnarækt hf. lánuð tæki hjá JHD gufuskilju og rennslismælikar til að mæla afköst. Vatnarækt setti þessi tæki upp og byrjaði að loftdæla 27. janúar. Í töflu 6 eru þær upplýsingar sem Vatnaræktarmenn söfnuðu um þessa loftdælingu sem stóð til 27. apríl en þá fór holan í samfellt gos. Atriðin sem voru mæld eru tími, loftdæling, afköst í l/s, dýpi á slöngu, vatnsborð fyrir og eftir loftdælingu og hiti vatnsins sem upp kom. Hitinn var mældur á tveimur stöðum, í mælikari og á legg áður en vatnið fór inn í gufuskilju. Þó að mælingarnar séu ekki alltaf alveg samfelldar er hægt að fá nokkuð heilstæða mynda af þessum dælingum.

Byrjað var að dæla 27. janúar 1987 og var vatnsborðið í holunni 19 m, dælt var í 9 klst., en ekki voru tilgreind afköst eða hiti vatnsins sem upp kom. Vatnsborðið í lok dælingar var 11 m.

Dagana 28-30 janúar stóð til að dæla samfellt, en loftpressa bilaði eftir 15 klst. dælingu. Þá varð 12 klst hlé meðan önnur loftpressa var fengin en síðan dælt samfellt í 25 klst. Samtals var því dælt í 40 klst. í þessari lotu. Dælingar var 5,2-8,1 l/s, dýpi á slöngu 25-37 m og vatnsborð í lokin 10 m. Hitinn var 90-93,7°C og var talsvert rokkandi sem bendir til að inn hafi komið nýir kaldir pollar öðru hvoru, eins og vanalegt er þegar verið er að loftdæla eftir þrýstiprófun.

Dagana 31. janúar til 4. febrúar var dælt í 6-10 klst. á daginn, alls um 44 klst. Slanga var höfð á 25-33 m dýpi, dæling var 6-7,3 l/s, og hiti í kari 90-93°C. Þann 4. febrúar var farið að mæla hitann einnig á legg og var hitinn þar 95°C. Vatnsborð áður en dælingar byrjuðu var um 13 m en í lok dælinga 9-10 m.

Dagana 5. febrúar til 2. mars var dælt 1-10 klst. á daginn. Oftast var hlé um helgar nema 12.-13.2., en þá var dælt samfellt í 32 klst. og dagana 23.-24.2. var dælt samfellt í 22 klst. Samtals var dælt þennan tíma í 128 klst., eða í rúma 5 sólarhringa. Þann 5. febrúar var slangan síkkuð niður í 43 m dýpi, jukust þá afköstin upp í 10,2 l/s og vatnið hitnaði einnig upp í 97°C á legg og 95°C í kari. Þessi sídd var nánast óbreytt til 11. febrúar, þá var síkkað niður á 60 m dýpi. Jukust þá enn afköstin upp í rúma 12 l/s og hitinn á legg jókst úr 98 í 100°C og í kari úr 95 í 96,7°C. Þessi stilling var svo óbreytt í 32 klst. dælingunni 12.-13. febrúar og hiti og afköst nánast óbreytt. Þann 19. febrúar var slangan aftur hækkuð upp í 40 m, minnkuðu þá afköst og hiti lækkaði, en eftir 19. febrúar var slangan á 34-40 m dýpi og í 22 klst. dælingunni (23.-24.2.) var slangan á 34 m

dýpi, var þá dælt upp 12 l/s en afköst virðast hafa minnkað með tíma, voru 8 l/s í lok dælingar en hitinn var þá 101°C á leggnum en 98°C í kari. Eftir þetta var slangan á 37 m dýpi og afköstin í kringum 10 l/s, hiti á legg sveiflaðist á milli 99-101°C og í kari 97-98°C. Vatnsborðið í holunni áður en byrjað var að dæla var misjafnt frá 12-15 m og var lægst þegar lengstur tími leið frá síðustu dælingu. Vatnsborð í lok dælingar fór hækkandi með tíma frá 10 m og upp í 7 m. Alls hefur verið dælt í þessari dælingarlotu 4600 tonnum.

Dagana 3. mars til 27. apríl var dælt með rafmagns loftdælu með kút þannig að dælan var í gangi eina til tvær mínútur og stopp í 2-3 mínútur. Þessi dæla var í gangi allan sólarhringinn nema þegar hún bilaði, t.d. virðist hún hafa verið biluð fra 4. - 9. mars og ekkert dælt, en frá 27. mars var dælan samfellt í gangi þangað til holan fór í gos. Dælt var samtals í 1160 klst. eða samtals í 48 daga. Afköstin voru oftast í kringum 7 l/s. Samtals hefur verið dælt úr holunni í þessari dælingarlotu 28000 tonnum. Hitinn fór hækkandi og var um 103°C á legg þegar holan fór í gos. Dýpi slöngu virðist hafa verið 45 m en það er lítið tilgreint nema í lokin var slangan á 10 m dýpi. Vatnsborð fór hækkandi, var í 3 m rétt áður en holan fór í gos.

Þann 23. apríl var slangan hækkuð upp í 10 m og þegar slökkt var á dælunni seinna um daginn fór holan í gos og var slangan tekin upp og farið frá holunni í gosi. Þegar komið var að holunni morguninn eftir hafði hún dottið niður og var vatnsborðið í 5,5 m. Byrjað var að loftdæla aftur kl. 8:10 þann 24. apríl og kl. 14 þann sama dag var holan komin í gos. Var þá reynt að tempra gosið en hefur sennilega verið hert of mikið að holunni þannig að hún datt niður. Var þá loftdælan sett aftur í gang og slanga sett niður á 10 m og var látin ganga yfir helgina, en mánudaginn 27. apríl gaus holan aftur. Tókst þá að tempra rennslið úr holunni þannig að hún hefur verið í gosi síðan. Þann 24. maí var holan rennslismæld og gaf þá 8 l/s af vatni og hitinn á legg var þá 107°C með 0,1 kg/cm² móþrýstingi.

Tafla 6 Yfirlit yfir loftdælingu til að ná holunni í gos.

Dags.	1/s	Klst.	Hiti °C	Magn tonn	Athugas.
27.01-04.02.87	5-8	93	90-95	2100	Dælt á daginn, lengsta dæling 15 klst.
05.02-02.03.87	7-12	128	95-101	4600	Oftast dælt á daginn en lengst 32 klst.
03.03-27.04.87	7	1160	100-103	28000	Dælt með rafmagns loftpressu Dælt samfellt frá 23. mars
Samtals					34700

7 AFKASTAMAT

Hola l við Bakka I í Ölfusi var loftdæld 15. janúar 1987. Frá því að síðast var loftdælt úr holunni var búið að steypa fóðringu í 201 m dýpi. Auk þess var holan pökkuð á holutoppi og á 720 m dýpi. Fyrir loftdælingu var vatnsborð á 23,1 m dýpi. Loftdælt var úr holunni í þrepum með stangir á 100 m, 150 m og 200 m dýpi. Fyrstu 2 þrepum stóðu um klukkustund hvort en síðasta þrepinn rúmar 5 klukkustundir. Rennsli upp í lok hvers þreps var 19,5 l/s, 22,0 l/s og 22,7 l/s en vatnsborðslækkun er óljós þar sem þrýstímælir á loftpressu virðist vera vitlaus auk þess sem þrýstifall í leiðslum og stöngum er ekki óþekkt. Fyrir síðasta þrepinn er áætlað að vatnsborð hafi verið á 130 m til 140 m dýpi. Mynd A sýnir gæfni holunnar eftir fyrri loftdælingar (Greinargerð GIH, JT, Ómar-86/06) og samsvarandi áætlun fyrir þessa loftdælingu. Samkvæmt mynd A hefur gæfni holunnar nærri tvöfaldast við síðustu aðgerðir frá því sem var þar á undan.

Þar sem skekkja í þrýstímæli á loftpressu virðist veruleg og þrýstifall í leiðslum og stöngum er óþekkt var ekki hægt að áætla vinnsluferil fyrir holuna út frá þessum gögnum. Vatnsborðshækken var mæld eftir loftdælinguna og tók það holuna rúman hálftíma að ná jafnvægi. Vatnsborðsjöfnunin er verulega háð rýmd holunnar sjálfrar þannig að gögnin gefa ekki einhlítt mat á vatnsleiðninni við holuna. Líklegt er að vatnsleiðnistuðullinn (T) sé á bilinu $(2,4-6,5) \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ og að tregðustuðullin sé +1 til +2. Þessi vatnsleiðni er í meðallagi en tregðustuðullinn er í hærra lagi borin saman við vinnsluhæfar jarðhitaholur almennt. Hugsanlegt er að rennslistregðan sé ofmetin vegna skekkju í mælingum sem aftur gefa ranga áætlun á vatnsborðsstöðunni í holunni. Það er því rétt að fylgjast mjög vel með hegðun holunnar þegar byrjað verður að vinna úr henni.

Með loftdælingum frá 27. janúar til 27. apríl 1987 tíkst að hita holuna nægilega svo hún varð sjálfrennandi. Aðal vatnsæðar holunnar eru á um 400 m og um 600 m dýpi. Hitinn á 600 m æðinni er rúmar 122°C , þannig að upphitun vatnssúlunnar í holunni frá köldu ástandi, eins og eftir borun eða pökkun í holutopp og í rennsli þenur súluna um 25-36 m. Þetta er nægilegt til að lyfta vatnsborðinu 3-14 m upp fyrir holutoppinn þannig að holan verði sjálfrennandi. Sjálfrennsli hefur verið úr holunni frá 27. apríl og sá Vatnarækt hf. um eftirlit með holunni. Þann 24. maí 1987 var það mælt 8 l/s við $0,1 \text{ kg/cm}^2$ mótmót-þrýsting og hitinn á legg 107°C . Þar sem ekki eru fyrirriggjandi upplýsingar um lokunarþrýsting holunnar eða hvort rennslið hafi breyst þennan tíma sem holan hefur verið í sjálfrennsli er ekki hægt að setja fram afkastamat fyrir holuna. Af sömu ástæðum er ekki hægt að leggja mat á viðbrögð jarðhitakerfisins við vinnslu né hvernig vinnslueiginleikar holunnar munu verða í framtíðinni.

8 UMRÆDA OG NIÐURSTÖÐUR

Upphoflega var áætlað að bora um 400 m djúpa holu til að fá 40-60°C heitt vatn í nægilegu magni fyrir starfsemi Vatnaræktar hf., en það var einnig haft í bakhöndinni að bora dýpra ef ekki heppnaðist að fá vatn fyrir ofan 400 m. Þegar holan var orðin 400 m djúp voru komnir 3 l/s af 12°C heitu vatni. Það var langt undir þeim mörkum sem áætlað var að Vatnarækt þyrfti til sinnar starfsemi. Forsenda staðsetningar stóðst ekki. Að vísu var holan ekki staðsett þar sem mestar líkur voru á vatni vegna kostnaðar við vegagerð (sjá Viðauka I). Það var því ákveðið að bora dýpra án mikilla umræðna, enda hafa þrjár holur á þessu svæði sem eru djúpar (475-1740 m) gefið 20-40 l/s af 100-140°C heitu vatni, t.d. gaf hola 1 á Bakka II mikið vatn milli 600 og 900 m dýpis. Holan var svo boruð áfram niður í 1045 m dýpi, sem er nærrí því að vera hámarksdýpi sem Glaumur gat borað. Ekki varð vart við neinar vatnsæðar meðan á borun stóð nema vatnsborðsbreytingar urðu á 400 og 620 m dýpi. Loftdælt var úr holunni eftir borun og gaf hún rúma 6 l/s við 140 m niðurdrátt og eftir þrýstiprófun gaf holan um 12 l/s með sama niðurdrætti.

Bessi góði árangur af þrýstiprófuninni varð ásamt fleiru til þess að ákveðið var að fóðra holuna niður í 200 m dýpi, en fóðurrorið sem var í holunni náði aðeins niður á 23,5 m. Einig var ákveðið að þrýsti-prófa holuna aftur til að auka vatnsgæfni hennar. Rökin fyrir þessari ákvörðun eru rakin í kafla 2. Árangur af þessum aðgerðum var góður. Holan er sjálfrennandi og gefur nú 8 l/s af 107°C heitu vatni. Þetta gæti verið 10-föld aukning á vatnsgæfni frá borlokum.

Til að ná holunni í gos þurfti að dæla 8 sinnum meira magni upp úr henni en dælt var niður í hana í þrýstiprófuninni. Þetta er engan veginn óalgengt þegar holur eru þrýstiprófaðar, sérstaklega þar sem margar æðar eru í holunum og miskaldar eins og þær voru í þessari holu.

Jarðlögin skiptast í basalt og móbergslög og einnig er talsvert af innskotslögum (göngum) einkum í móbergslögunum. Ummyndunin fyrir neðan 600 m dýpi er háhita ummyndun, sem þýðir að þetta svæði var einu sinni háhita svæði. Þetta svæði náði til Þóroddstaða og Bakka II. Það sýnir ummyndun sem finnst í holunum sem þar eru.

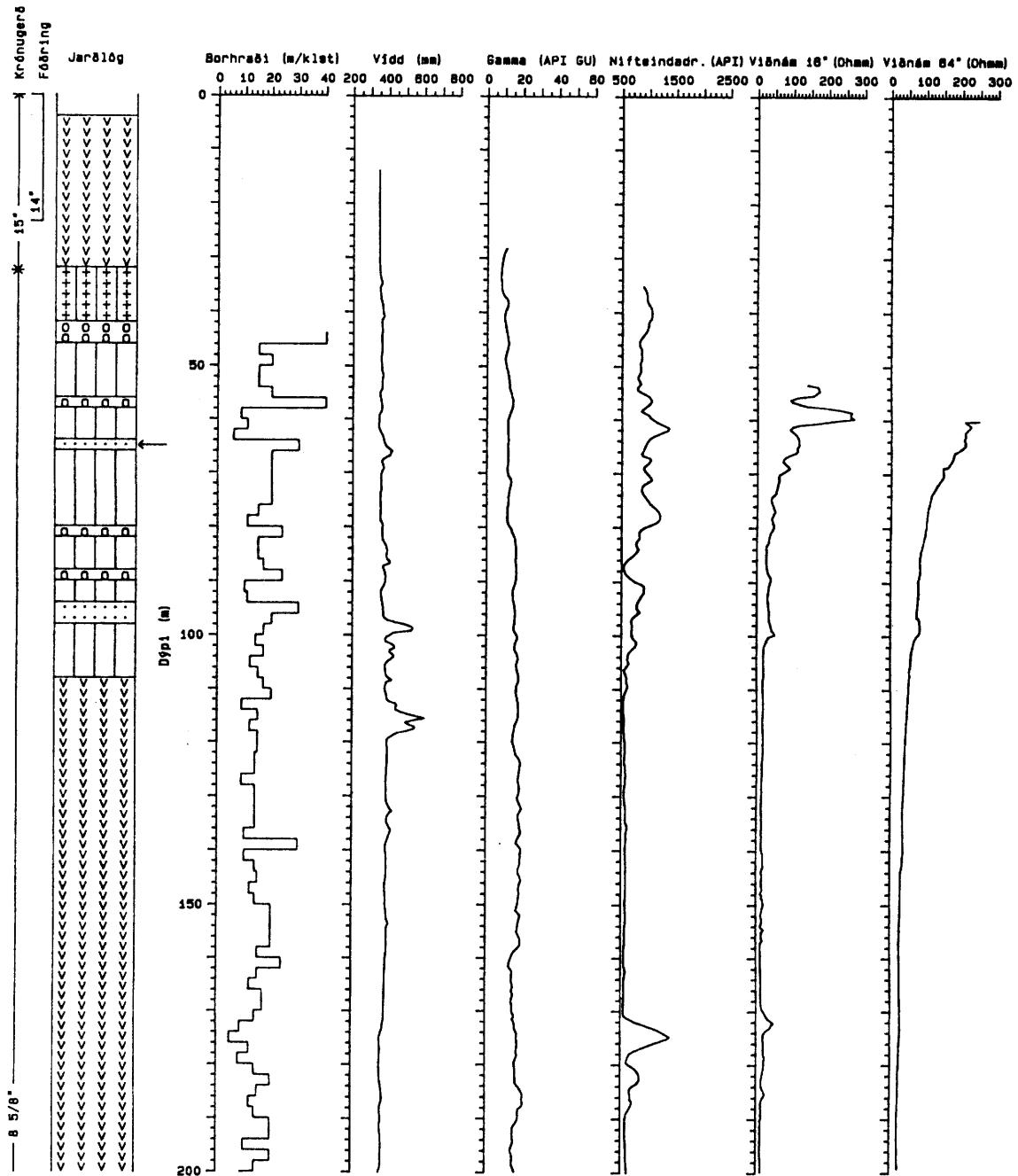
Fyrir ofan 600 m er meira samræmi milli núverandi hita og ummyndunar. T.d. er enginn ummyndun í efsta móberginu, en þar er 5°C heitt vatn. Þar fyrir neðan er ummyndun ekki rannsökuð nægilega vel svo hægt sé að sjá samræmi á milli mælds hita og ummyndunarhita fyrr en komið er

niður í háhitauummyndun. Mikið var um holufyllingar og er ljóst að þær eru að verulegu leyti sprungufyllingar. Er því mikið af sprungum í holunni. Vatnsæðar eru bæði tengdar sprungum og lagmótum. Hugsanlegt er að sprungu vatnsæðarnar hafi hærri þrýsting en lagmóta vatnsæðarnar.

JHD-BM-8717 GuH
87.05.0425 T

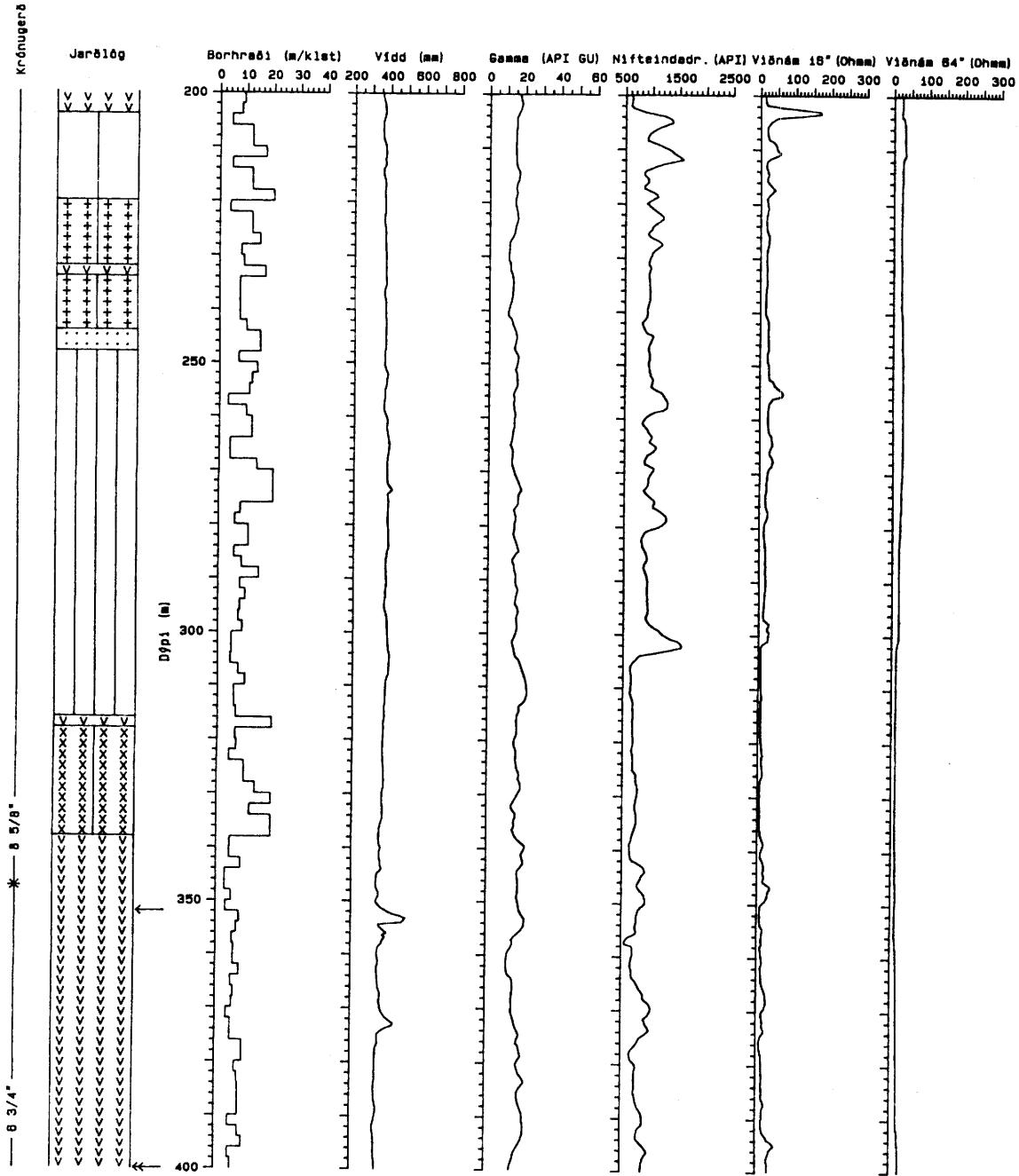
Mynd 1

BAKKI I ÖLFUSI HOLA 1
JARDLAGASNÍÐ OG MÆLINGAR



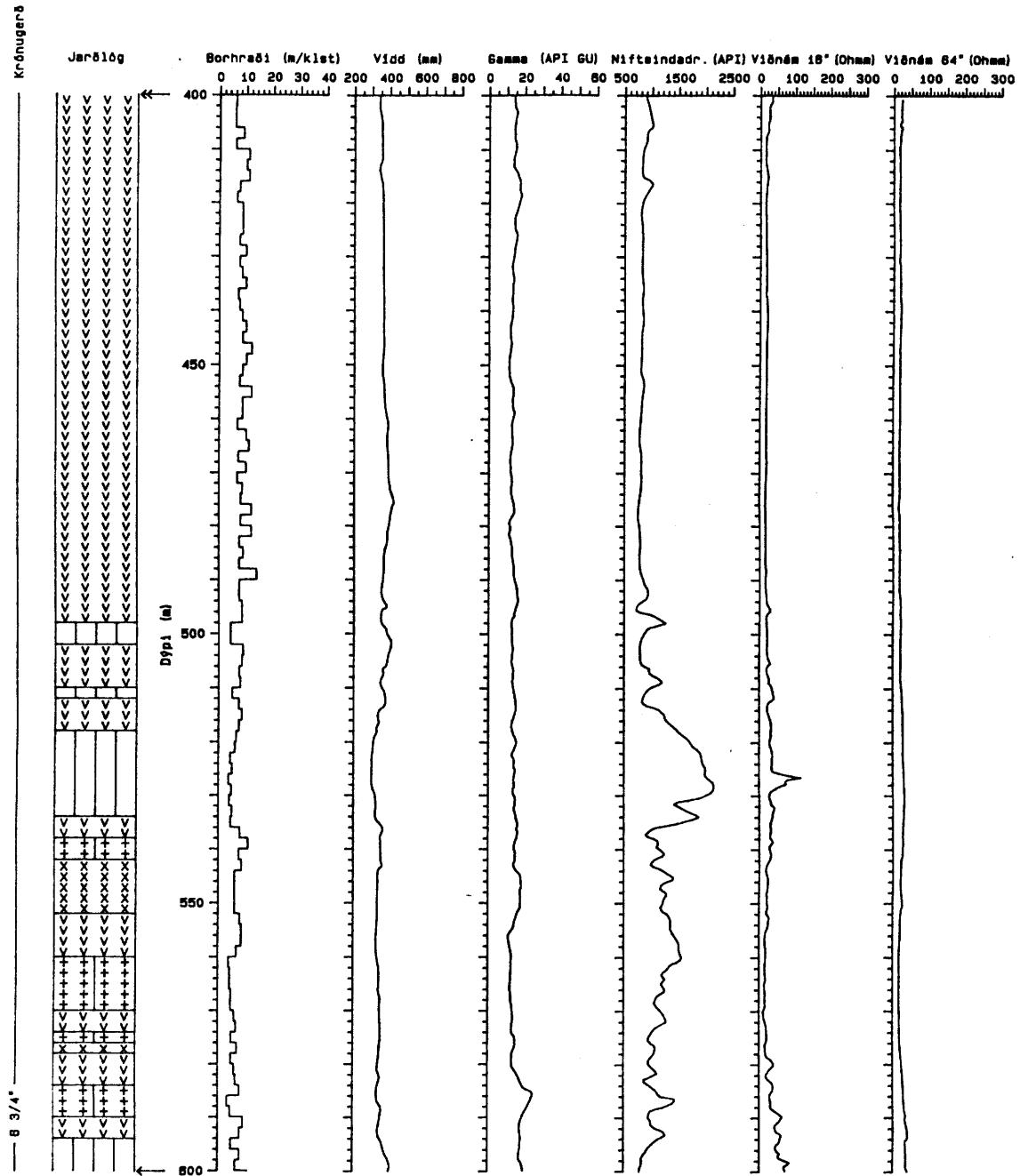
JHD-BM-8717 GuH
87.05.0425 T

BAKKI I ÖLFUSI HOLA 1 JARDLAGASNÍÐ OG MÆLINGAR



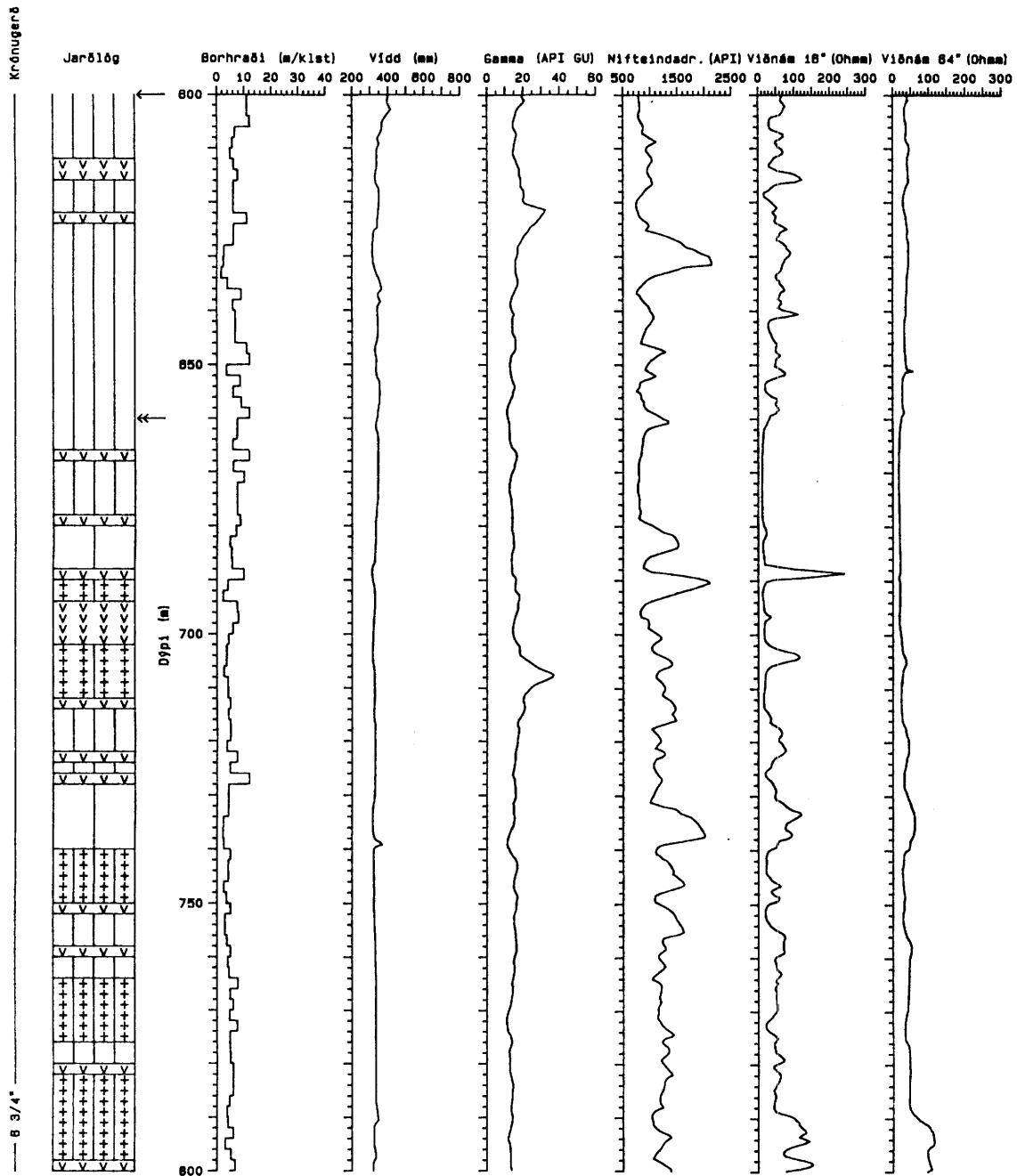
JHD-BM-8717 GuH
87.05.0425 T

BAKKI I ÖLFUSI HOLA 1
JARDLAGASNID OG MÆLINGAR



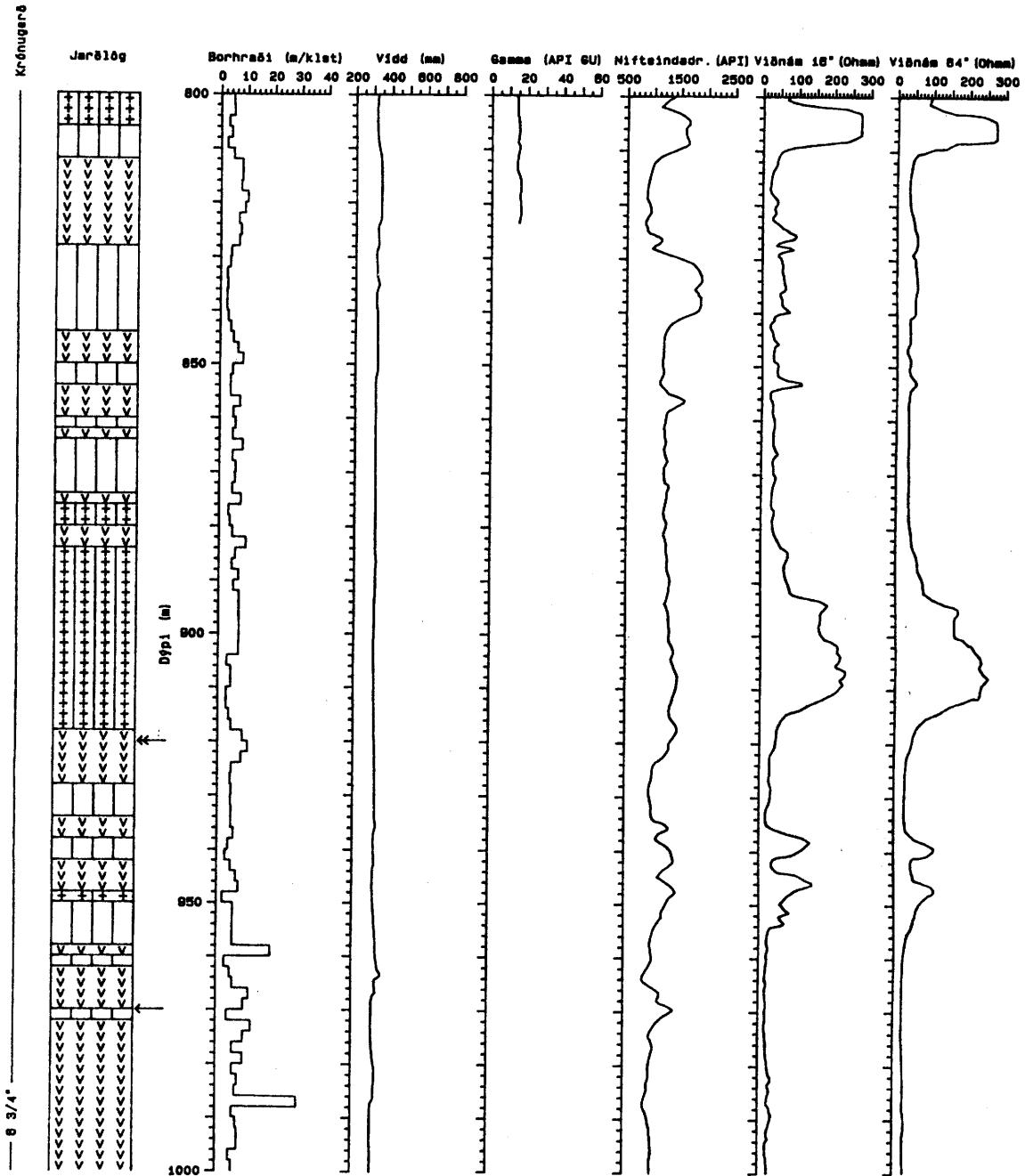
JHD-BM-8717 GuH
87.05.0425 T

BAKKI I ÖLFUSI HOLA 1 JARDLAGASNID OG MÆLINGAR



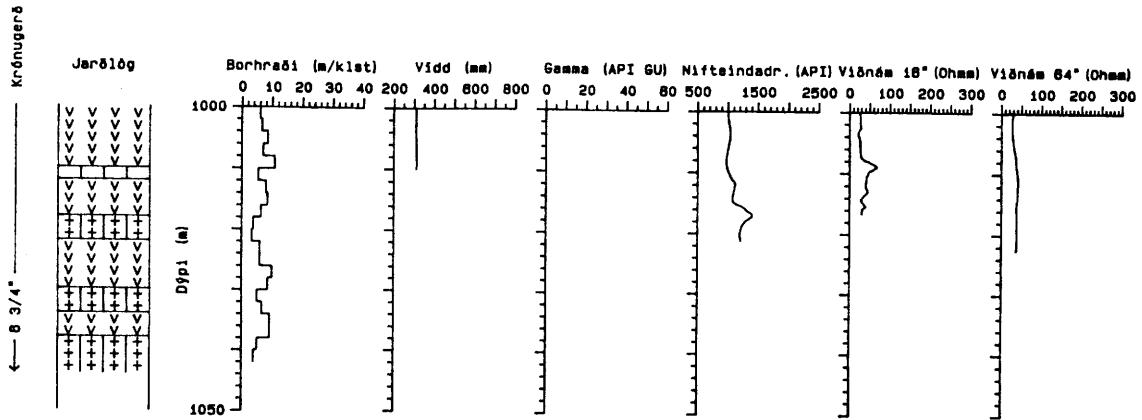
OS JHD-BM-8717 GuH
87.05.0425 T

BAKKI I ÖLFUSI HOLA 1 JARDLAGASNÍÐ OG MÆLINGAR



JHD-BM-8717 GuH
87.05.0425 T

BAKKI I ÖLFUSI HOLA 1
JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



Skýringar við jarðlagasnið



Fersklegt fin-meðalkorna basalt



Basaltrík breksia



Ummynðað fin-meðalkorna basalt



Tóff



Fersklegt meðal-grófkorna basalt



Finkornótt set



Ummynðað meðal-grófkorna basalt



Grófkornótt set



Fersklegt glerjað basalt

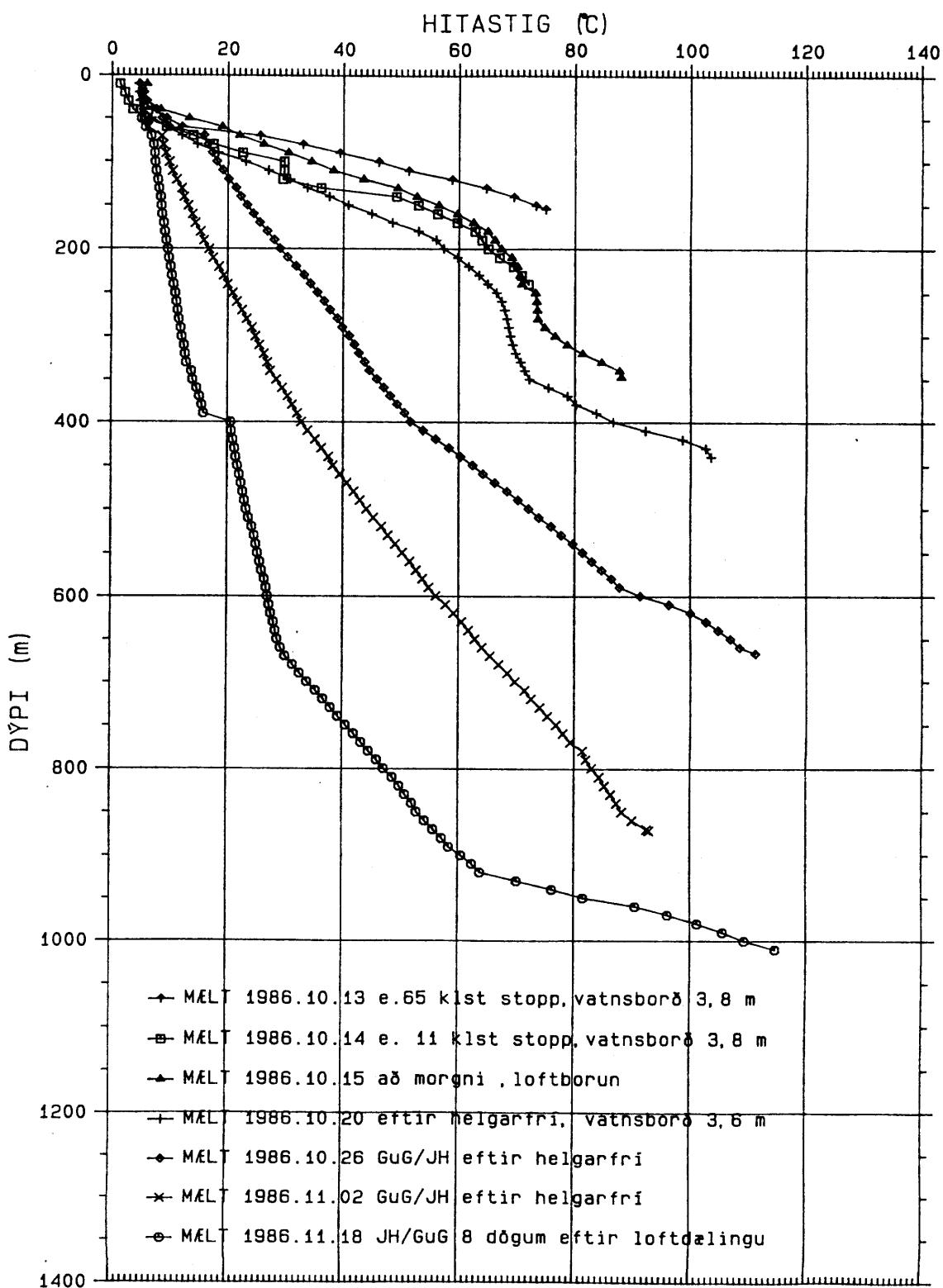
<-- = Litil vatnseð

<<-- = Stórr vatnseð

JHD-BM-8717-GuG/JH
87-07-0222 T

BAKKI I HOLA 1
HITAMÆLINGAR

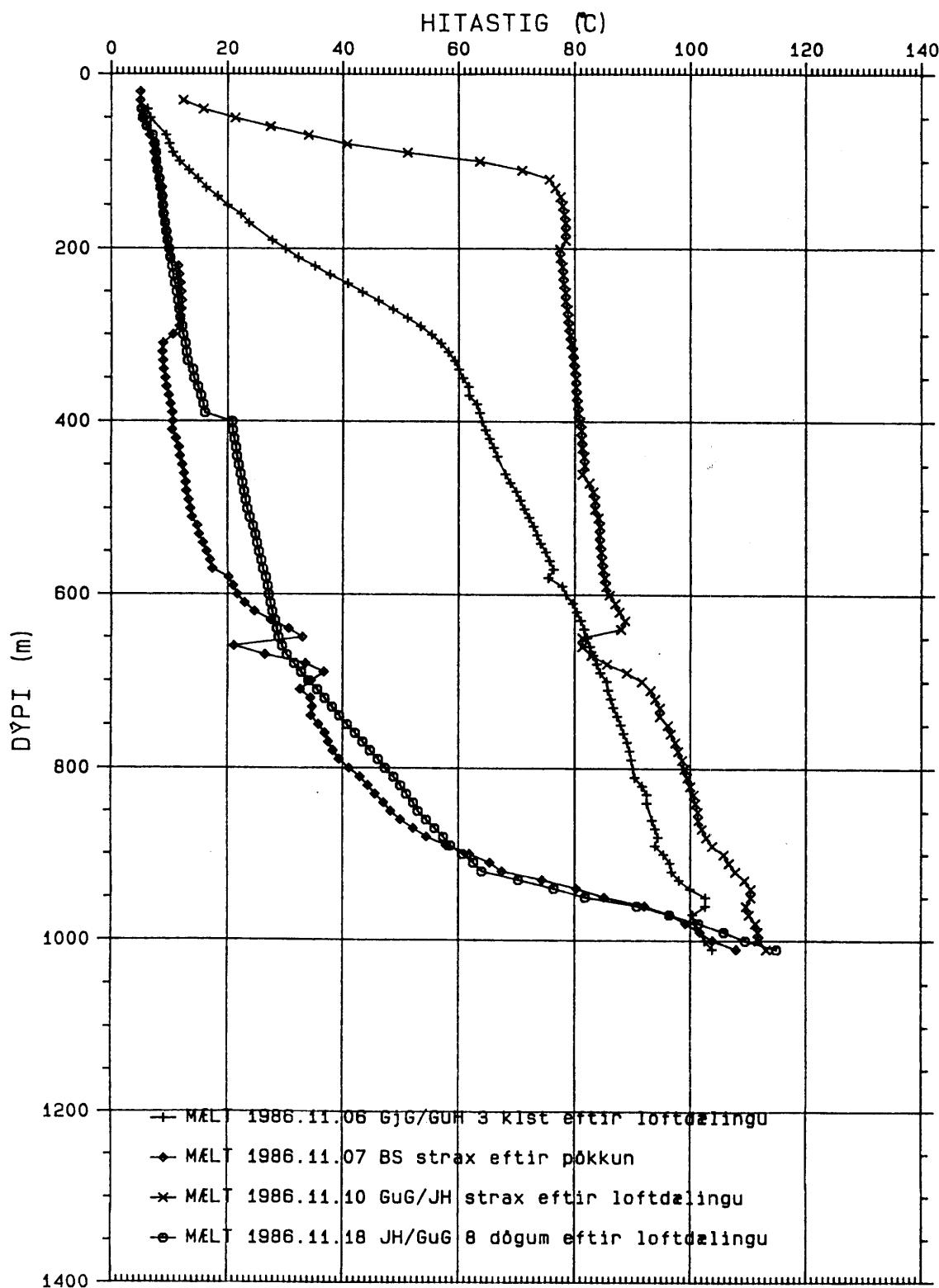
Mynd 2



Mynd 3

JHD-BM-8717-GuG/JH/BS
87-07-0223-T

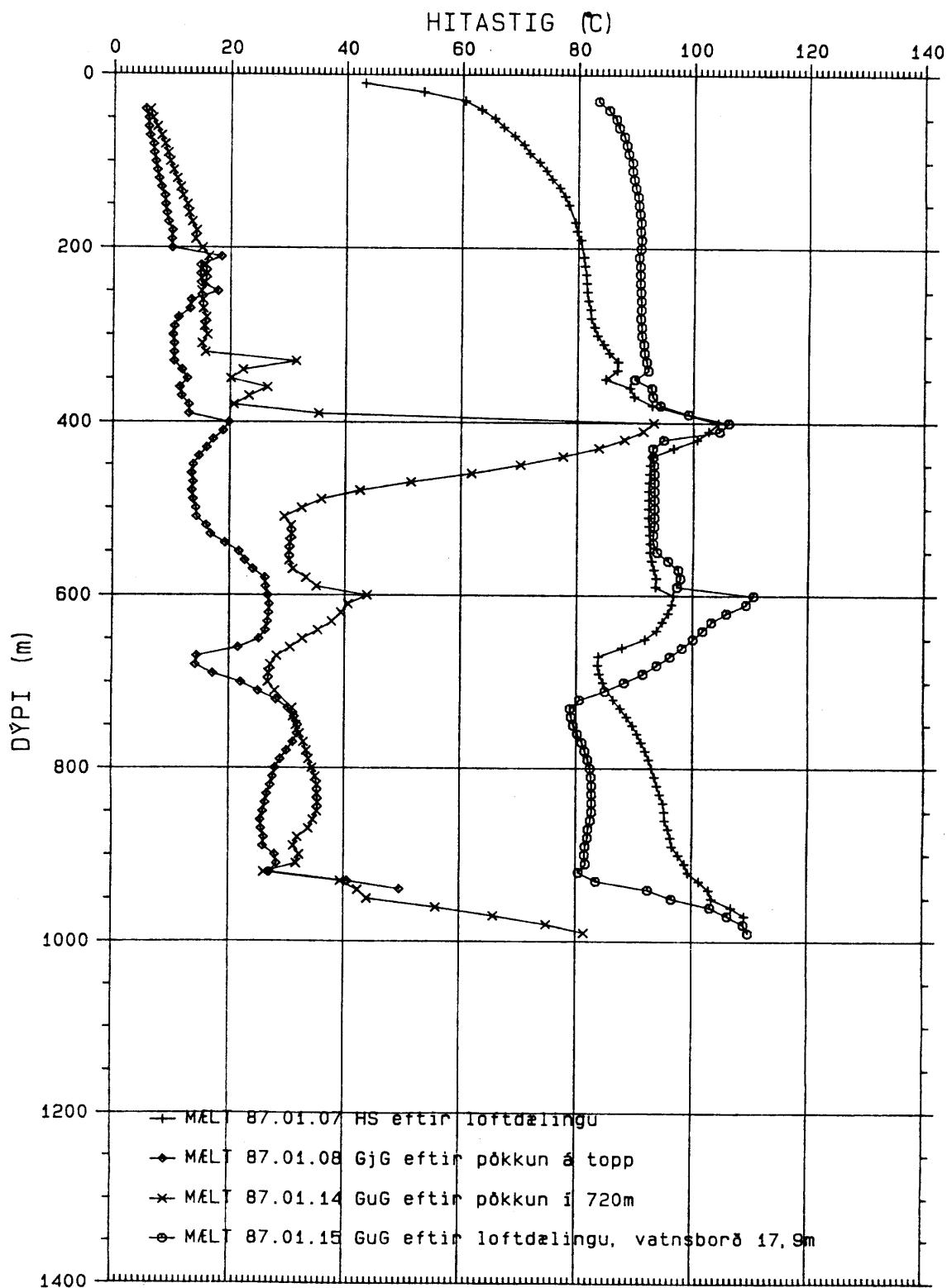
BAKKI I HOLA 1 HITAMÆLINGAR



Mynd 4

JHD-BM-8717-HS/GjG/GuG
87-07-0224-T

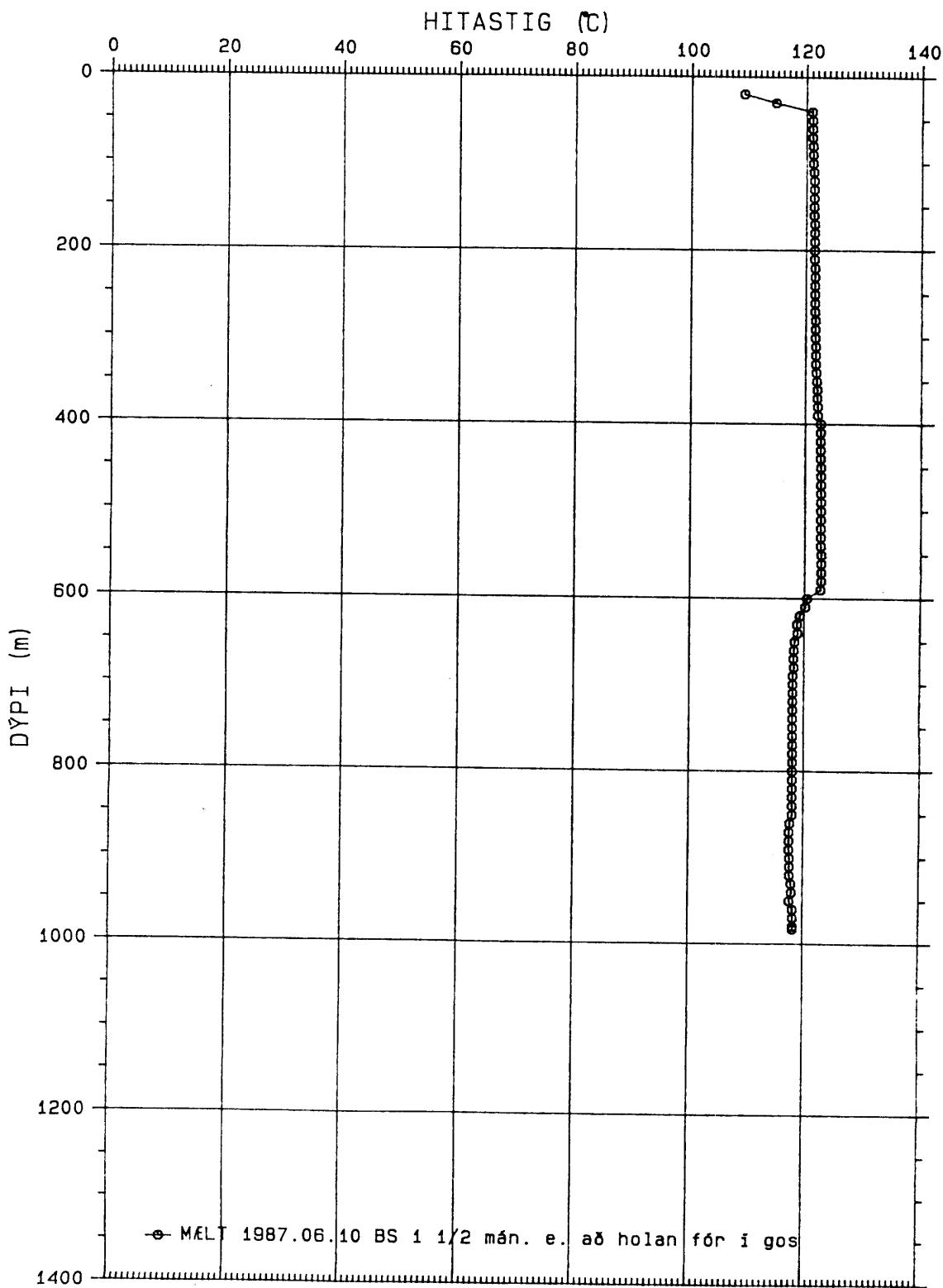
BAKKI I HOLA 1
HITAMÆLINGAR

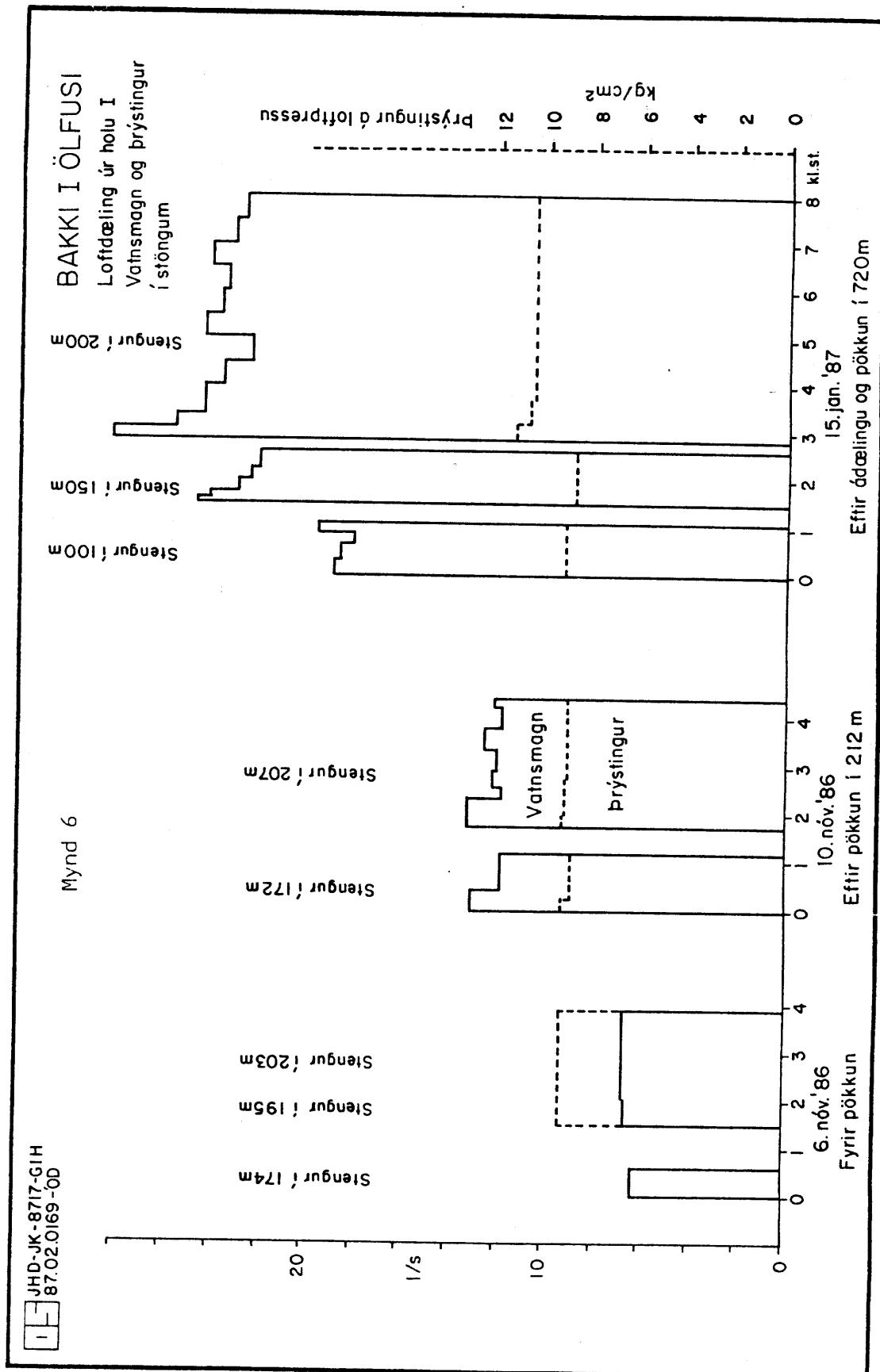


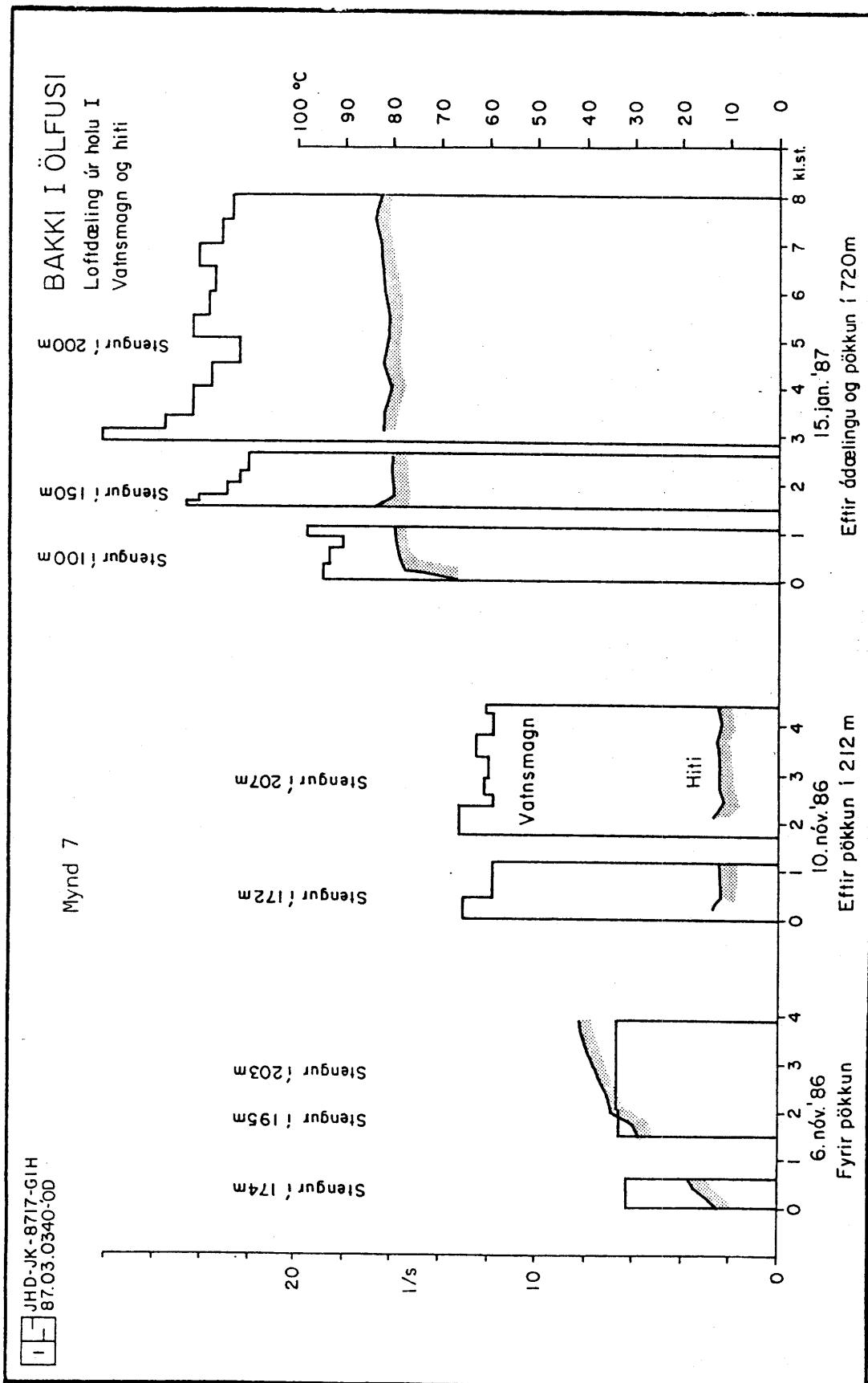
Mynd 5

15 JHD-BM-8717-BM
87-07-0221-T

BAKKI I HOLA 1
HITAMÆLING



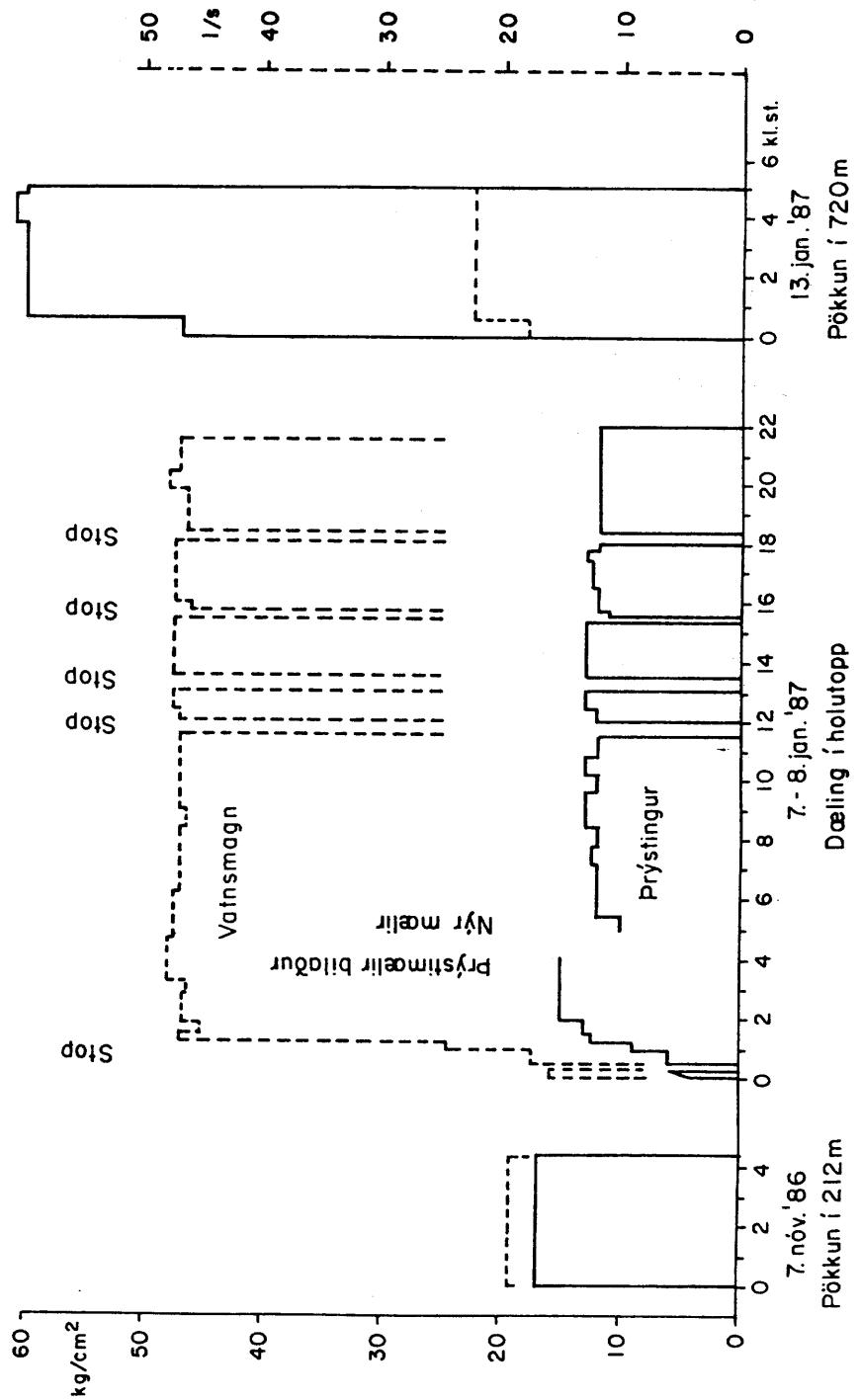


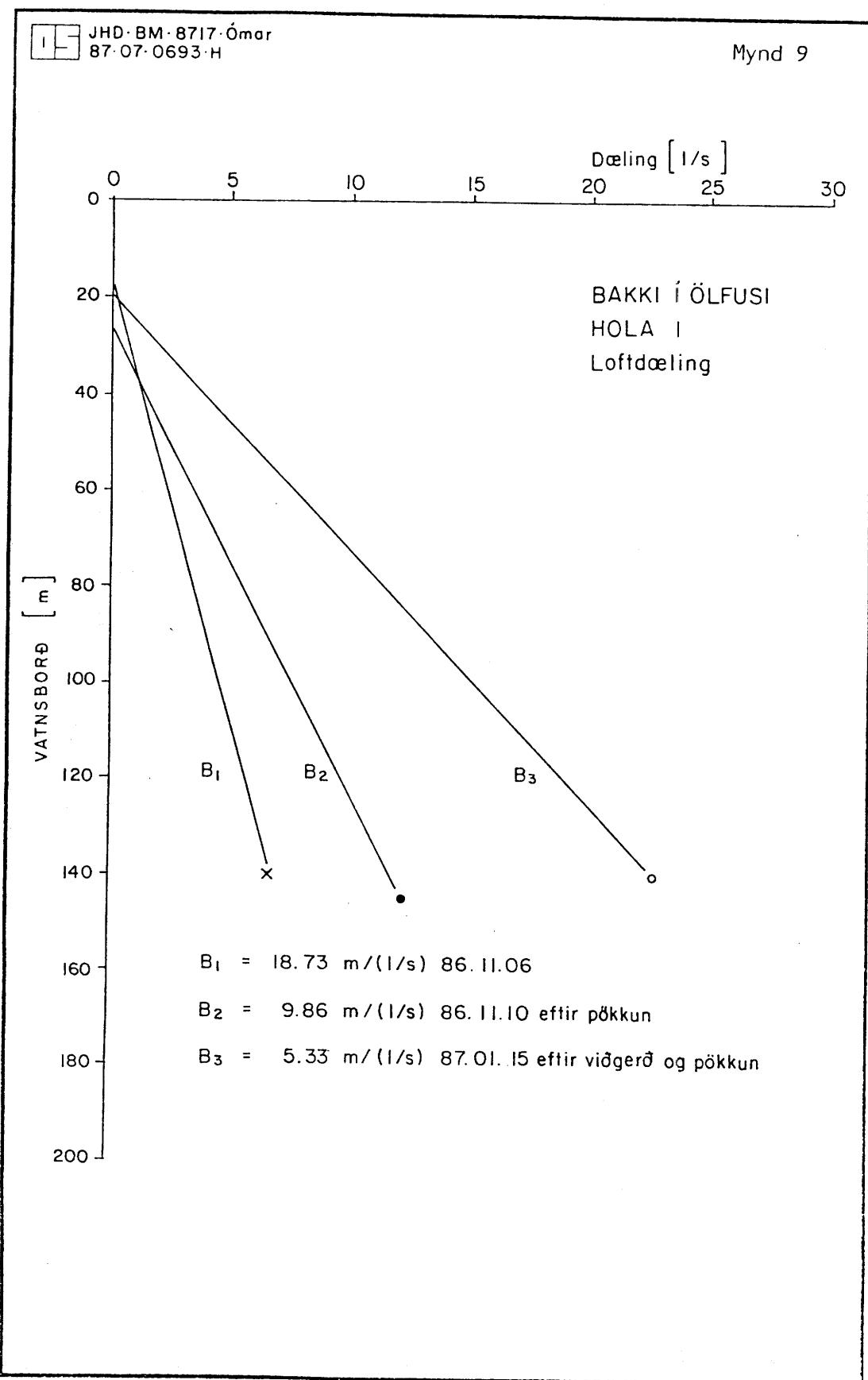


JHD-JK-8717-GH
87.02.0170-0D

Mynd 8

BAKKI I ÖLFUSI
Prýstíprófun holu I
Prýstingur og vatnsmagn





VIÐAUKI I

STADSETNING BORHOLU Í LANDI BAKKA 1, ÖLFUSI FYRIR VATNARÆKT HF VEGNA FISKELDIS

Fyrirhuguð fiskeldisstöð Vatnaræktar hf er við veginn niður Ölfusið um 500 m norðvestur af Bakkalaugum (nú horfnar). Kalt vatn ($4-4,5^{\circ}\text{C}$) fyrir fiskeldið er hægt að taka úr lindum ($35-40 \text{ l/s}$, md 1) og grunnum borholum eða brunnum skammt neðan við eldishúsið. Lindirnar koma upp neðst í bakkanum og rétt ofan við þær hefur verið boruð 12 m djúp hola með mjóum loftbor. Hún gaf mikið vatn í blæstri. Svarf úr holunni sýnir að hún hefur náð niður í ferskt bólstraberg (neðansjávar ásýnd Hjallagrágrýtisins), en það hefur reynst mjög vel vatnsleiðandi, og nær um það bil niður á 40 m dýpi.

Mynd 2 sýnir jarðhita á yfirborði í grennd við landspildu Vatnaræktar hf. Þar sést, að hitinn er á svæði sem nær frá þurárnúp suðvestur á móts við Grímslæk. Vafalítið er uppstreymið tengt sprungum með NA-SV og N-S stefnu. Báðar þær sprungustefnur sjást í fjallinu ofan við Núpa, þurá og þóroddstaði. Ekki hefur tekist að finna nákvæmlega, hvar sprungur liggja um jarðhitasvæðið niðri á flatlendinu. Á mynd 2 er gerð tilraun til að fella helstu uppstreymisstaði heits og volgs vatns að sprungumynstrinu með hliðsjón af hita í borholum.

Viðnámsmælingar gefa svipaða mynd, og benda til að jarðhitinn sé mestur á NA-SV-spildunni sem liggar frá þóroddstaðalaugum um Bakka að Bjarnastaðalaugum. Innan þess svæðis eru vinnsluholur hitaveitu þorláks-hafnar.

Allmargar holur hafa verið boraðar eftir heitu eða volgu vatni suðvestur og norðaustur af landspildu Vatnaræktar (md 2). Þær hafa allar skilað árangri, en hitastig og vatnsmagn er breytilegt. Þrjár af þessum holum eru djúpar $475-1740 \text{ m}$. Þær gefa $20-40 \text{ l/s}$ hver af $100-140^{\circ}\text{C}$ heitu vatni. Hinar eru grynnri, eða á bilinu $100-350 \text{ m}$. Litlar prófanir hafa verið gerðar á þeim, þannig að ekki er vitað um afköst og hita. Skammtíma prófanir í lok borunar benda þó til, að dæla megi 10 og jafnvel einhverjum tugum l/s úr þessum holum og að hitastig sé því lægra sem holurnar gefa meira vatn. Þær sem taka vatnið grynnst úr mjög lekum berglögum eða sprungum gefa mest vatn og kaldara en hinar sem dýpri eru, eða dýpst fóðraðar. Tvær af grynnri holunum sem næstar eru landspildu Vatnaræktar eru mjög líkar með tilliti til hita (Riftún hola 1 og þurá hola 1). Í þeim er hiti lágur þ.e. undir 15°C í efstu

100 m en hækkar ört þar fyrir neðan. Hola 1 á þóroddstöðum gæti verið álíka köld ofantil, en hún er fóðruð í 173 m og engar hitamælingar til úr henni fyrir fóðrun. Þessar holur allar lento í vatnsmiklum æðum ofan 100 m. Þær æðar yrðu ráðandi um hita á því vatni sem fást myndi úr holum sem væru stutt fóðraðar. Í þóroddstaðaholunni voru þær lokaðar frá með fóðringu. Hola 3 á þóroddstöðum (ofan vegar) er heitari og því líklega nær jarðhitauppstreymi. Í henni nær volga vatnskerfið ($10-15^{\circ}\text{C}$) niður í ca 35 m. Þar fyrir neðan hitnar holan ört og er 45°C í 100 m dýpi. Einnig í þeirri holu eru aðalvatnsæðarnar í kalda hlutanum og koma til með að ráða hitastigi þess vatns sem upp yrði dælt.

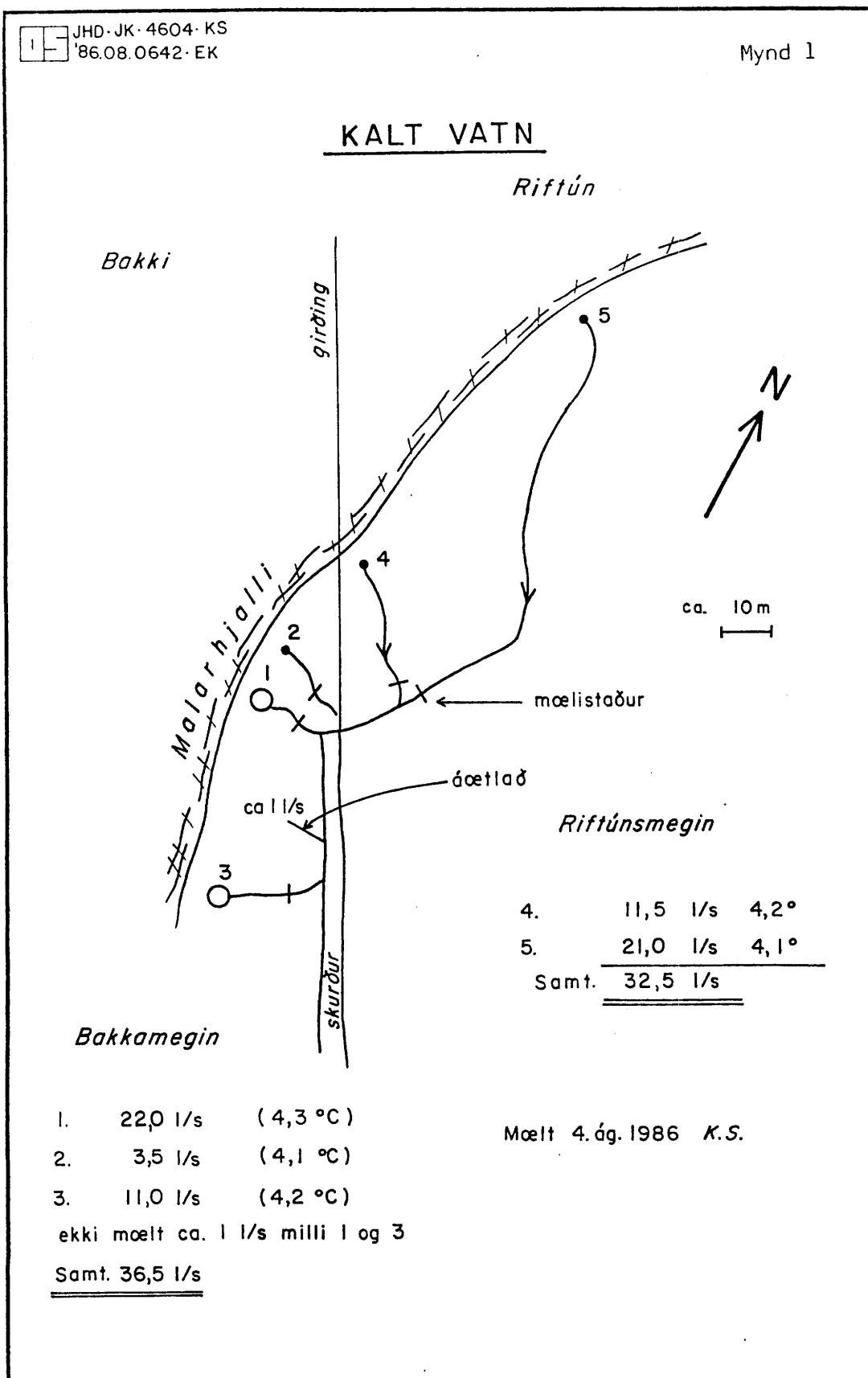
Neðan $5-15^{\circ}\text{C}$ vatnskerfisins hefur einungis ein af grunnu holunum hitt á verulegar vatnsæðar, þ.e. Riftúnsholan í 300-320 m dýpi. Ljóst virðist því að vatnsgæfni borhola sem verða fóðraðar niður fyrir $5-15^{\circ}\text{C}$ vatnskerfið í efsta bólstraberginu ræðst af því, hvort þær hitta í vatnsleiðandi sprungur.

Í umræðum við Bjarna Jónsson forsvarsmann Vatnaræktar hefur komið fram að borun við Bakkalaugar kemur ekki til greina á þessu stigi vegna kostnaðar við veg, lagnir og rafmangsleiðslu. Volgt vatn ef fengist úr tiltölulega grunnri holu nær fjalllinu var talinn betri kostur. Slík hola hefur verið staðsett í NA-horninu á landspildu Vatnaræktar. Staðurinn er í jaðrinum á sprungubelti sem stefnir suðvestur frá Þurárnúp (md 2), en vestan við N-S-læga jarðhitarák sem liggur frá Bakka-laugum um Riftúnslaug og holu 3 á þóroddstöðum. Hiti á þessum stað verður sennilega líkur og í Riftúni, þ.e. hitnandi upp í 15°C kringum 100 m en örari hitnun þar fyrir neðan. Kalt vatn ($4-5^{\circ}\text{C}$) verður líklega í efstu 30-40 m holunnar og góð vatnsleiðni. Þar fyrir neðan verður vatnsleiðnin trúlega minni, en æðarnar heitari (allt að 15°C í 100 m).

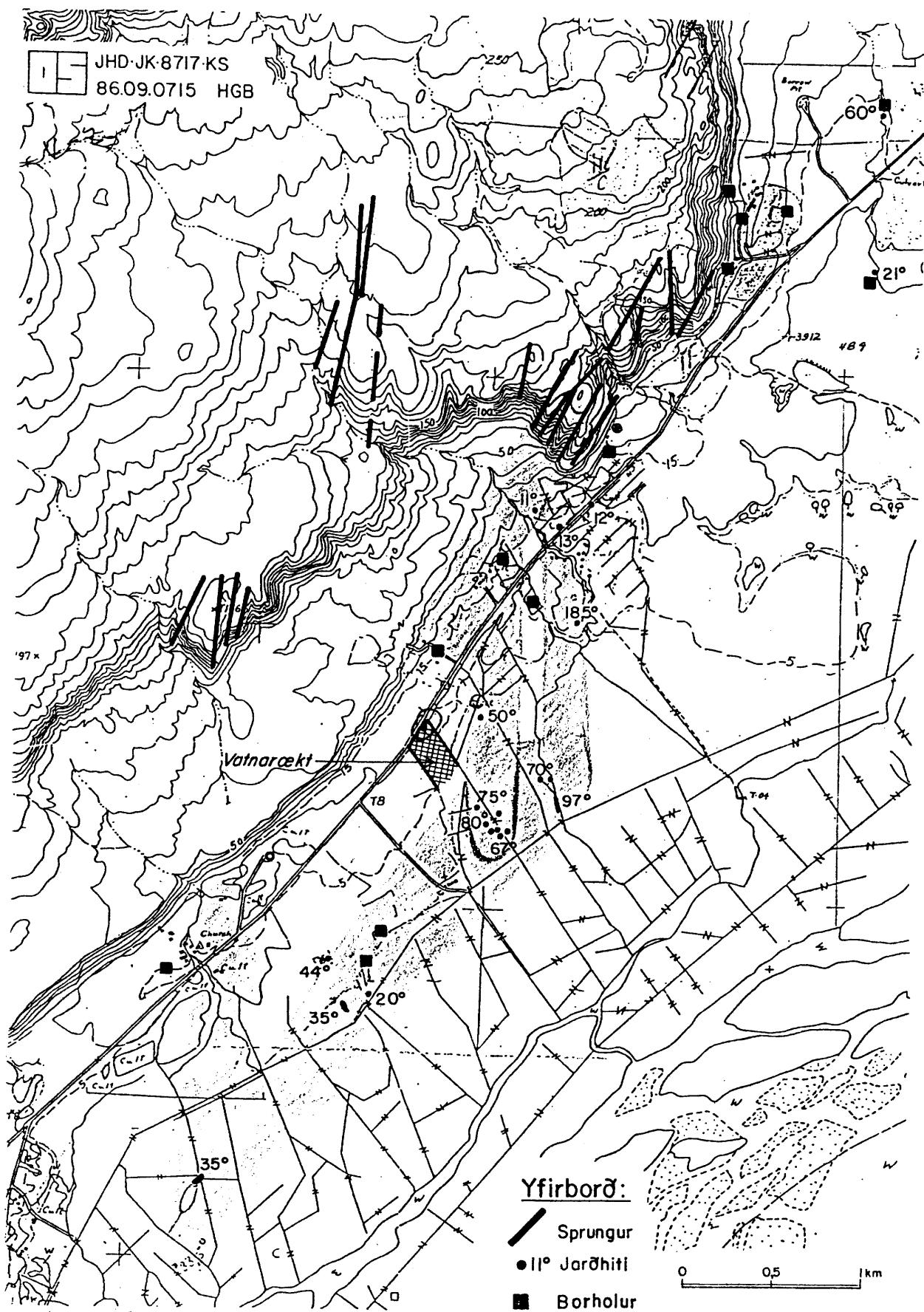
Lagt er til að miðað verði við a.m.k. 40 m fóðringu, heilt ll 3/4" rör steypt. Miðað verði við 300-400 m djúpa holu, en endanlegt bordýpi og frágangur hlýtur þó að ráðast af þeim upplýsingum sem fást við borunina.

JHD-JK-4604-KS
'86.08.0642-EK

Mynd 1



Mynd 2



VIÐAUKI II

Gögn um loftdælingar

27. janúar – 24. apríl 1987

Dags.	Vatnsb.	Dæling	Vatnsb.	Dýpi á Mæling	Magn	Hiti	Hiti	Aths.
	f.dæl.	hefst lýkur	e.dæl.	slöngu		á legg í kari		
	(m)	(kl.)	(kl.)	(m)	(kl.)	(1/s)	°C	°C
27.01.87	19	08:30	17:30	11				
28.01.87	16,3	09:10			10:05	7,3		
					11:30	7,3		
					13:30	7,3	92	
			10,5		16:10	8,1	92,5	
							Stoppaði í 15 mín.	
					18:45	7,3	92,5	
					20:20	8	92,5	
			10,2	30	21:00		Stoppaði í 30 mín	
					22:30	7,3	92,8	
29.01.87				36	00:35	6,6	92,1	
					01:30	8,1	93	
					03:30	8,1	93	
		04:50	9,3		04:50			
							Brætt úr pressunni	
29.01.87	14,5	17:10			18:00	7,3	90	
			Stopp frá	18:30-20:00				
					20:50	8,1	93	
					23:00	8	92,5	
30.01.87					01:00	8,1	92,7	
					03:00	8	92,7	
					05:00	8	92,8	
					07:00	8	92,8	
				36	09:00	5,2	91,1	
					11:00	5,2	91,0	
			12:00	9,5	12:00	5,2	91,0	
	13:50	14:40			37		Vandræði með slöngu	
	15:30	16:25				16:15	8,1	93,2
	17:25				25	18:20	7,3	93,7
			18:35	10				
1.01.87	13,5	11:22		25-30		þrýstingur á pressu	5,5 kg/cm ²	
					12:15	7,3	90	
					13:36	7,3	92	
					16:05	7,3	92	
					17:00	7,3	92	
			18:45	9			92,5	
01.02.87	13	10:54			11:30	6,5	82	
					11:50	7,3	91-92	
					12:50	7,3	91-92	
						þrýstingur á pressu	5,5 kg/cm ²	

Dags.	Vatnsb.	Dæling	Vatnsb.	Dýpi á	Mæling	Magn	Hiti	Hiti	Aths.
f.dæl.	hefst	lýkur	e.dæl.	slöngu		á legg	í kari		
(m)	(kl.)	(kl.)	(m)	(m)	(kl.)	(l/s)	°C	°C	
					13:55	7,3		92,8	
					15:00	7,3		92,5	
					16:00	7,3		92	
					17:00	7,3		92	
					18:00	7,3		92	
					19:00	7,3		92	
									19:30
02.02.87	13,6	09:00			26	09:50	6,9	89	
						11:20	7,3	91,9	
						12:00	7,3	92,2	
						13:45	7,3	92,2	
						16:00	6,6	91,5	Nýr hitamælir
						17:45	7,3	91,5	
						18:50	7,3	91,5	
									19:00 10
03.02.87	13,2	09:20			26	10:55	7,3	91,3	
						12:00	7,0	91,1	Stopp kl 13-13:30
						14:30	5,9	90	Stopp kl 15-16:30
					33	17:10	8,2	92,5	Stopp kl 17:30-18
					29	19:10	7,3	92,0	
04.02.87	13	10:45			33	12:00	4,8	90,5	
						13:00	4,4	90	Stopp 13:10-13:25
						14:40	6,9 95,5	93	
						16:30	6,6 95	93	
						17:10	6,6 95	93	
05.02.87	13,5	10:15			26	11:30	6,6	93	
						13:30	6,6	93	Stopp 14-15:45
					43	16:00	10,2 97	95,5	
						17:00	10,2 97	95	
						17:30	10,2 97	95	
						18:15	10,2 96	94,5	
						19:20	10,4 96,5	94,5	
						20:30	9,8 96,5	94,5	
06.02.87	12,75	09:10			43	10:20	9,8 96	95	
									líkl 12:50
09.02.87	15,2	09:15			39	10:30	9,8 97	94,5	
						11:50	9,8 97	94,6	
						14:30	10,1 98	94,8	
						16:15	10,2 98,3	95,0	
						17:23	9,8 98,3	95,0	
10.02.87	13,6	10:20			39	12:00	9,6 98,5	95	
						14:00	9,4 98,8	95,1	
						17:10	9,8 98,0	95,0	

Dags.	Vatnsb. f.dæl. (m)	Dæli hefst (kl.)	Vatnsb. e.dæl. (m)	Dýpi slöngu (m)	Mæling á legg (kl.)	Magn Hiti (1/s)	Hiti °C	Aths. í kari °C
				7,15				Stopp 14:25-14:50
				6,8	20	16:05	7,2	98
					34	21:00	12,1	100
24.02.87						00:00	12,1	100
						03:20	10,1	101
		a bili	nu 05:20-08:20			05:20	8,1	101
				8,15		08:20		98
25.02.87	13,3	12:05			37	13:15	10,9	99
						16:45	10,7	100
				16:45	9,6			
				7,05		16:55		
26.02.87		08:30			37	09:30	11,1	100
						12:30	8,8	101
				15:45	9,9	15:45	9,4	101
				7,0		15:55		
27.02.87	11,3	09:30			37	11:25	10,4	100
						15:45	10,4	100
				17:45		17:45	10,4	100
				6,65		18:00		
02.03.87	13,95	08:45	13:00		37	10:45	10,3	101
03.03.87		11:45				13:30		Stopp 13:30-15:40
				Pressa gengur	2:10	mín en er stopp á milli í 1 1/2 mín		
						17:10	9,8	100
							97,8	
								bilaði einhverntíma í nótt
09.03.87		14:20						
10.03.87		08:10:						Pressan hefur stoppað í nótt
				08:15	6	15	11:40	
					5,6		18:40	
11.03.87					5,7	35		100
12.03.87	8,3	09:00	12:35		5,9		12:00	102
13.03.87			11:40		5,25		13:25	98
								96
								Pressan gengur í 2 mín stopp í 3 1/2 mín
14.03.87								Stopp 14:40-15:00
								Pressa gengur 3 mín stopp 2 1/2 mín
15.03.87				11	30	12:20	Pressan í gangi en ekkert vatn kemur upp	
					35	14:00	Slanga síkkuð og upp kemur smávatn	
								gruggugt
					30	17:40	Pressan gengur 2:45 mín stopp 2:45 mín	
16.03.87				5,5		16:40		
17.03.87		16:00	23:10			16:00		Díselpressa sett við
18.03.87			11:00					Stopp kl 12:30-13:30

Dags.	Vatnsb.	Dæling	Vatnsb.	Dýpi á Mæling	Magn	Hiti	Hiti	Aths.
f.dæl.	hefst lýkur	e.dæl.	slöngu		á legg í kari			
(m)	(kl.)	(kl.)	(m)	(m)	(kl.)	(l/s)	°C	°C
19.03.87	10:00	12:00	5,5		10:00		Pressan hefur stoppað í nótt	
	12:30			45	14:40	9,8 101	98,8	
20.03.87					04:30	102		
			5,2		09:30	11,5 102	98	Stopp 17:00-17:45
21.03.87								Pressan í gangi
22.03.87								Stoppaði í nótt
23.03.87	09:00		5,15		10:00		Gengur 2:10 stopp 1:30	
					12:00	5,6 103	98	Stoppaði í nótt
					13:00	5,5 103	98	
					16:45		Pressa gengur 1:10 stopp 2:16	
24.03.87	09:00				17:00		Pressa gengur 2 mín stopp 1:30	
					08:15		Pressa stoppaði í nótt	
					13:20		Pressa gengur 1:35 mín	
25.03.87					08:45		Stopp 1:20 mín	
26.03.87					08:45	6,9 103	98	Pressa gekk í alla nótt
27.03.87	04:00	4,8			10:20	6,9 103	98	Pressan gekk í alla nótt
	4,8	08:00			08:00			
28.03.87				(kl.14:00)	12:00	103	98	
30.03.87					02:00	102-103		
31.03.87					16:10	7,0 101	98,2	
							Pressan hefur gengið áfallalaust síðan kl.8 27.mars	
							Gengur 1:10 mín stopp 2:35 mín	
01.04.87	11:00	4,45			09:15	7,2 101	98,2	
	11:30							
02.04.87							Pressan gengur 1:16 stopp 1:58 mín	
06.04.87							Pressan hefur gengið síðan 1. apr.	
07.04.87		4,17			09:30	7,8 103	99	
11.04.87							Pressan stoppuð til að mæla	
23.04.87			10				Pressan í gangi 2:40 mín stopp í 1:00 mín	
24.04.87	5,05	08:10		Seinna um daginn prófað að slökkva á pressu, holan gýs			Skugan hækkuð í 10 m	
			10	10	08:10		Holan hefur dottið niður í nótt	
					09:20		Slanga sett á 10 m	
							Pressa gengur 1:30 stopp í 2 mín	
		14:00					Slökkt á pressu og slangan tekin úr	
							Holan gýs.	