

Galtafell hola 4: Túlkun hitamælinga

Grímur Björnsson

Greinargerð GrB-89-01

GALTAFELL HOLA 4: TÚLKUN HITAMÆLINGA

Inngangur

Greinargerð þessi lýsir túlkun fjölmargra hitamælinga sem gerðar hafa verið í holu 4 við Galtafell í Hrunamannahreppi. Mælt var á tímabilinu frá júlí 1988 til 24. maí 1989. Um er að ræða alls 13 mælingar, og eru þær sýndar í töflu 1 og á mynd 1. Að auki styðst greinargerðin við borskýrslur Ýmis (geymdar á Jarðborunum hf).

Hola 4 er staðsett af starfsmönnum Jarðhitadeildar Orkustofnunar. Staðsetningin er byggð á upplýsingum fengnum úr jarðfræðiathugunum, á segulmælingum og hitastigulsborunum (Lúðvík S. Georgsson greinargerðir LSG-84/05 og LSG-85/04). Ef af borun yrði var talið að bora þyrfti í 350-400 m dýpi áður en 60 °C hita væri náð. Einnig þótti líklegt að djúpt yrði á vatnsborð í holunni og hún aðeins nýtt með djúpdælu.

Fyrri boráfangi holu 4

Hola 4 er upphaflega boruð af Hjalta Árnasyni, bónda á Galtafelli, í 205 m dýpi. Borun fór fram með hléum árin 1987-1988 og lauk í nóvember 1988. Boraði bóndi með eigin jarðbor ("Setuliðsbornum"). Fóðrað var með olíutunnum í 3 m dýpi, þaðan borað með 7 3/4" í 50 m dýpi og með 4 3/4" krónu í 205 m.

Á mynd 2 eru sýndar tvær hitamælingar úr holu 4. Sú fyrri var gerð þegar holan var 168 m djúp, en hin síðari 10 dögum eftir að borun lauk í 205 m dýpi. Af henni er ljóst að niðurrennsli á sér stað í holunni, frá æðum ofan ca. 60 m dýpis og virðist það ná dýpst til æðar á um 130 m dýpi. Neðan hennar sýnist holan þétt. Vatnsborð í holunni hélst ofan 10 m dýpis og bendir það til þess að kalda grunnvatnskerfið í yfirborði nái niður til æðarinnar í 130 m.

Síðari boráfangi holu 4

Hola 4 er síðan dýpkuð með Ými, bor Jarðborana hf., frá 2/5 til 4/5 1989. Var holan loftboruð með 7" hamri í 282 m dýpi. Ekki er annað að sjá af borskýrslum, en að borinn hafi fylgt holu Hjalta Árnasonar bónda í 205 m dýpi, en þar fyrir neðan hófst hin eiginlega dýpkun holunnar. Þegar komið var í 235 m dýpi skar holan æð og síðan aðra í 282 m dýpi. Skolaðist töluvert magn af 28 °C heitu vatni úr holunni meðan loftdæling stóð. Þegar loftdælingu var hætt, féll hinsvegar vatnsborð í holunni niður á um 40 m dýpi, og sáu viðstaddir hvernig vatn fossaði úr æðum ofan þess dýpis niður holuna (Hjalti Árnason munnlegar upplýsingar). Því var ljóst að æðarnar á 235 og 282 m dýpi er tengdar þrýstingslágu heitavatnskerfi, miðað við kalda grunnvatnið ofan þess. Ekki er mögulegt að nýta slíkt heitavatnskerfi nema með því að fóðra af köldu vatnsæðarnar efst í holunni með steyptri stálfóðringu. Ella myndi kalt grunnvatn flæða niður holuna til æðanna á 235 og 282 m og valda þar kælingu í heitavatnskerfinu uns þrýstijafnvægi væri náð milli vatnskerfanna tveggja.

Næsti áfangi borunar holu 4 fólst því í að koma slíkri stálfóðringu fyrir í hinni 282 m djúpu holu. Með því átti að tryggja að hægt yrði að nýta vatnið úr æðunum í 235 og 282 m án blöndunar við kalt grunnvatn, jafnframt því sem möguleiki væri á að dýpka holuna með von um fleiri æðar neðar. Fóðra skyldi með 10 3/4" fóðringu og þurfti því fyrst að rýma holu 4 með 12 1/2" hamri. Við þá rýmingu fór hins vegar borinn út úr hinni 282 m djúpu holu 4 og hóf að bora "nýja" holu svo að segja samhliða hinni eldri. Kys höfundur að kalla hana holu 4b, til aðgreiningar frá fyrri holunni (holu 4). Talið er að borinn hafi farið út úr fyrri holunni ofan 20 m dýpis. Hóla 4b var fóðruð í 80 m dýpi og kom steypa til yfirborðs þegar fóðringin var steyppt. Síðan var borað í 400 m dýpi. Æðar ofan 220 m dýpis voru allar steypptar af.

Mynd 3 sýnir hitamælingar gerðar í holu 4b eftir að hún náði 400 m dýpi. Tvær meginæðar eru í holunni, sú efri á um 290 m dýpi, en sú dýpri á 390 m. Þá vottar fyrir smáæðum á 180 og 210 m dýpi. Borun holu 4b lauk föstudaginn 19. maí og var loftdælt úr holunni um hríð þann dag. Um kl 18 þann 20. maí hitamælir Hjalti Árnason holuna og er sú mæling áberandi heitust þeirra mælinga sem gerðar hafa verið í holu 4b. Þar sést að æðin á 390 m er a.m.k. 40 °C heit en æðin á 290 m var enn kæld vegna borunar. Lítið sem ekkert millirennslí virðist þá í holunni.

Næst er mælt í holu 4b sólarhring síðar og er þá komin veruleg kæling í neðri hluta holunnar. Sérstaklega er holan kæld í botni, eða niður í um 25 °C, og hefur þannig kólnað um a.m.k. 15 °C frá því sem var deginum áður. Þessi kólnun er viðvarandi og hefur ekki breyst í þeim 6 mælingum sem gerðar hafa verið síðan.

Hóla 4b var loftdælt í um 4 klst mánudaginn 22 maí. Gerðar voru tvær hitamælingar í og eftir að loftdælingu lauk. Þær eru sýndar á mynd 4. Í upphafi loftdælingarinnar var hitamæli komið fyrir við æðina í 390 m og sýnir tafla 2 hvernig hitastig breyttist við æðina eftir að dæling úr henni hófst.

Tafla 2: Hiti við æð á 390 m dýpi í loftdælingu holu 4b.

| Tími | Hiti °C |
|-------|---------|
| 11:10 | 26.9 |
| 11:40 | 25.7 |
| 12:10 | 25.4 |
| 12:40 | 25.4 |
| 13:10 | 25.1 |
| 15:10 | 25.1 |

Líkleg orsök kælingar holu 4b

Hitamælingin í holu 4b frá 20 maí auk vísbendinga úr hitastigulsborunum, sýna að jarðlög við Galtafell eru um eða yfir 35 °C heit á 300 m dýpi og um eða yfir 40 °C heit á 400 m dýpi. Sú kólnun sem síðan hefur orðið á þessu dýptarbili stafar því af mannanna verkum. Ljóst er af mynd 4 og töflu 2 að æðin á 390 m dýpi í holu 4b kólnar við dælingu. Þá er einnig ljóst af myndum 3 og 4 að kælingin á 390 m dýpi kemur ekki um holuna sjálfa, því lítið sem ekkert millirennslí virðist eiga sér stað í henni. Veldur þar að frágangur fóðringar og steypingar eru vel gerðar og halda köldu grunnvatni tryggilega frá holunni.

Með ofangreind atriði í huga, sýnist höfundum þessarar greinargerðar líkleg skýring á

skyndilegri framrás kalds grunnvatns niður til hins þrýstingslága jarðhitakerfis við Galtafell, að kalt grunnvatn streymi niður um hina 282 m djúpu holu 4. Þaðan streymir vatnið niður um sprungu(r) sem botnæðar beggja holanna tengjast og veldur þannig kælingu í holu 4b. Þessi innrás kalda vatnsins hefst þegar hætt er að loftdæla úr holu 4, eftir að æðin á 282 m er skorin. Þegar hola 4b hittir síðan á æðina í 390 m, er hún enn ekki að fullu kæld og sjást þess merki í hitamælingunni frá 20 maí. Þetta niðurrennsli kalds vatns sýnist enn í gangi, þegar þetta er skrifað.

Ef þessi skýring kælingar í holu 4b er rétt, er nauðsynlegt að stöðva niðurrennslið í holu 4 hið fyrsta. Til þess þarf að koma steypu inn í holu 4 með einhverjum ráðum, og mynda þannig vatnspétta tappa ofan æðarinnar á 235 m dýpi. Ef það tekst, stöðvast niðurrennslið og vatnsæðar holu 4b ná með tímanum fyrra hitastigi. Óvarlegt sýnist að búast við hærri vinnsluhita en 40-50 °C ef þessar aðgerðir takast. Ef svo verður, er hinsvegar skilin eftir ágætlega frágengin hola 4b til nýtingar þess vökva sem liggur í heitavatnskerfinu undir Galtafelli.

Reykjavík, 29 maí 1989

Grímur Björnsson

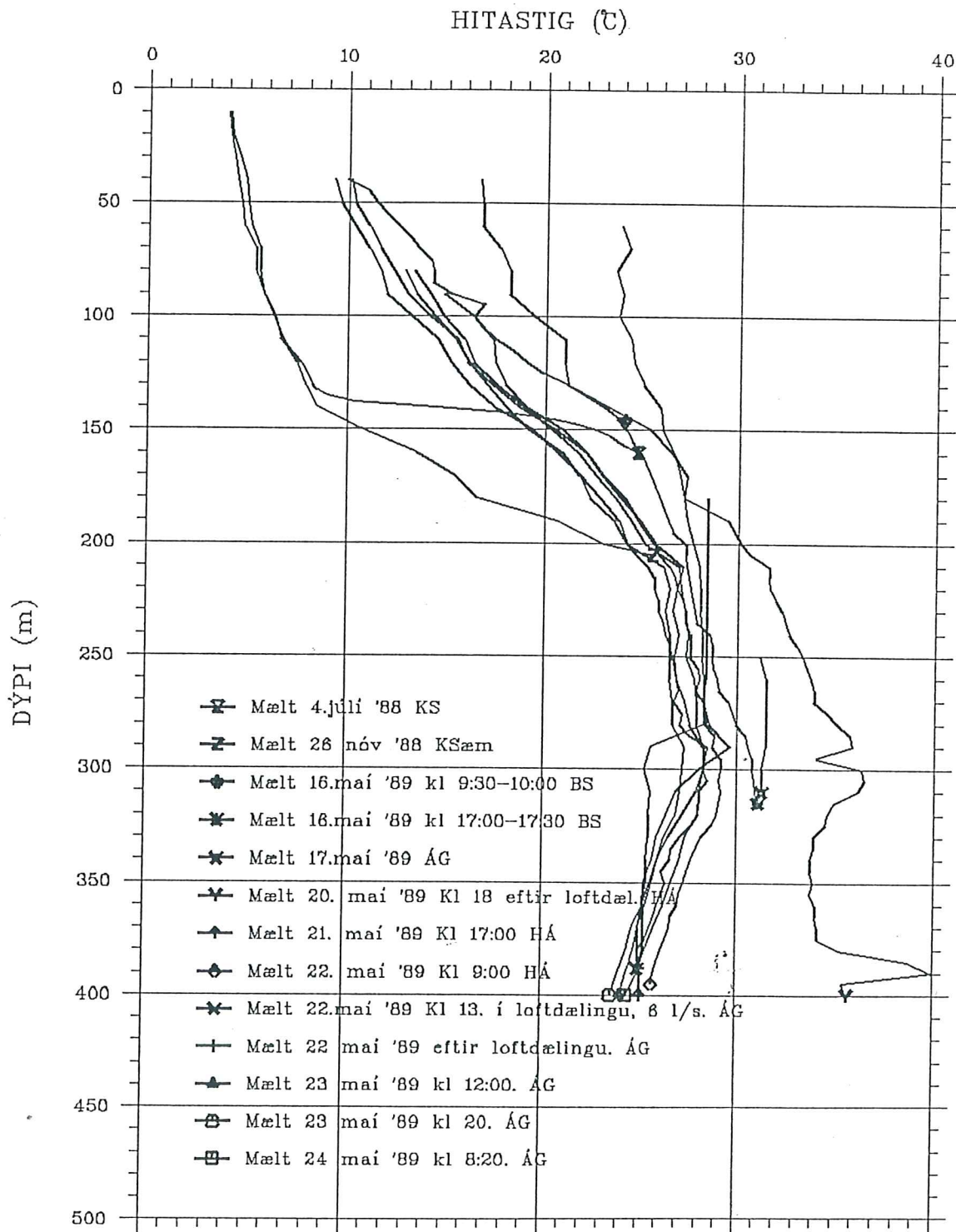
Tafla 1: Framhald

| Mælidagur Tími dags Dýpi (m) | 4/7 '88 (°C) | 26/11 '88 (°C) | 16/5 '89 9:30 (°C) | 16/5 '89 17:00 (°C) | 17/5 '89 (°C) | 20/5 '89 18:00 (°C) | 21/5 '89 17:00 (°C) | 22/5 '89 9:00 (°C) | 22/5 '89 13:00 (°C) | 22/5 '89 15:30 (°C) | 23/5 '89 12:00 (°C) | 23/5 '89 20:00 (°C) | 24/5 '89 8:20 (°C) |
|------------------------------------|-----------------|-------------------|--------------------------|---------------------------|------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 152.5 | 23.4 | | | 24.5 | | 26.6 | 20.7 | 22.2 | | 26.7 | 22.2 | 21.0 | 21.8 |
| 155.0 | 23.8 | | | 25.0 | | 27.4 | 21.9 | 23.1 | | 27.0 | 23.0 | 21.8 | 22.7 |
| 157.5 | 24.2 | 13.6 | | 25.2 | | 27.2 | 22.9 | 24.2 | 28.4 | 27.2 | 24.0 | 22.4 | 23.7 |
| 160.0 | 24.8 | 15.5 | | 25.7 | | 29.5 | 23.9 | 24.9 | | 27.4 | 25.0 | 23.6 | 24.5 |
| 165.0 | | 16.6 | | 26.0 | | 30.2 | 24.3 | 25.7 | | 27.7 | 25.8 | 24.3 | 25.3 |
| 170.0 | | 20.6 | | 26.2 | | 30.7 | 24.8 | 26.0 | | 28.0 | 27.2 | 26.2 | 27.0 |
| 180.0 | | 23.1 | | 26.4 | | 31.6 | 25.4 | 26.5 | | 28.1 | 26.9 | 26.5 | 27.1 |
| 185.0 | | 25.6 | | 26.7 | | 31.6 | 25.7 | 26.8 | | 28.1 | 26.7 | 26.3 | 27.3 |
| 190.0 | | | | 27.3 | | 31.7 | 25.9 | 27.2 | 28.4 | 28.1 | 26.7 | 26.5 | 27.5 |
| 195.0 | | | | 27.3 | | 32.0 | 26.2 | 27.3 | | 28.2 | 27.0 | 26.5 | 27.4 |
| 200.0 | | | | 27.3 | | 32.3 | 26.5 | 27.6 | | 28.2 | 26.8 | 26.5 | 27.4 |
| 205.0 | | | | 27.3 | | 32.5 | 26.7 | 27.6 | | 28.2 | 26.8 | 26.5 | 27.4 |
| 210.0 | | | | 27.4 | | 32.7 | 26.3 | 27.6 | | 28.2 | 26.8 | 26.5 | 27.4 |
| 215.0 | | | | 27.5 | | 33.1 | 26.5 | 27.6 | | 28.2 | 26.8 | 26.5 | 27.4 |
| 220.0 | | | | 27.6 | | 33.4 | 26.7 | 27.6 | | 28.2 | 26.8 | 26.5 | 27.4 |
| 225.0 | | | | 27.7 | | 33.6 | 26.8 | 28.0 | | 28.2 | 26.8 | 26.5 | 27.4 |
| 230.0 | | | | 27.8 | | 33.8 | 26.9 | 28.1 | 28.4 | 28.3 | 26.9 | 26.5 | 27.8 |
| 235.0 | | | | 27.9 | | 34.0 | 27.0 | 27.9 | 28.3 | 28.3 | 27.3 | 26.7 | 27.9 |
| 240.0 | | | | 28.6 | | 34.0 | 26.8 | 28.3 | 28.3 | 28.3 | 27.3 | 26.7 | 27.9 |
| 245.0 | | | | 28.7 | | 34.7 | 27.2 | 28.4 | 28.3 | 28.6 | 27.6 | 26.7 | 27.9 |
| 250.0 | | | | 28.7 | 31.2 | 35.2 | 27.1 | 28.4 | 28.3 | 28.6 | 27.6 | 26.7 | 27.9 |
| 255.0 | | | | 28.8 | | 35.8 | 27.6 | 28.9 | 28.3 | 29.7 | 28.3 | 27.3 | 28.3 |
| 260.0 | | | | 29.0 | 31.5 | 35.9 | 28.5 | 28.8 | 25.6 | 29.7 | 28.3 | 27.3 | 28.3 |
| 265.0 | | | | 29.1 | | 34.1 | 28.4 | 29.2 | 25.3 | 28.1 | 28.3 | 27.2 | 28.3 |
| 270.0 | | | | 29.6 | 31.5 | 36.4 | 28.3 | 29.2 | | 28.1 | 28.3 | 27.2 | 28.3 |
| 275.0 | | | | 29.8 | | | 28.3 | 29.2 | | 28.1 | 28.3 | 27.2 | 28.3 |
| 280.0 | | | | 30.0 | 31.5 | | 27.6 | 28.9 | | 28.1 | 28.3 | 27.2 | 28.3 |
| 285.0 | | | | 30.5 | | | 28.5 | 28.8 | | 28.1 | 28.3 | 27.2 | 28.3 |
| 290.0 | | | | 30.6 | 31.5 | | 28.4 | 29.2 | | 28.1 | 28.3 | 27.2 | 28.3 |
| 295.0 | | | | 30.8 | | | 28.3 | 29.2 | | 28.1 | 28.3 | 27.2 | 28.3 |
| 300.0 | | | | 30.8 | 31.3 | | 28.3 | 29.2 | | 28.1 | 28.3 | 27.2 | 28.3 |

Tafla 1: Framhald

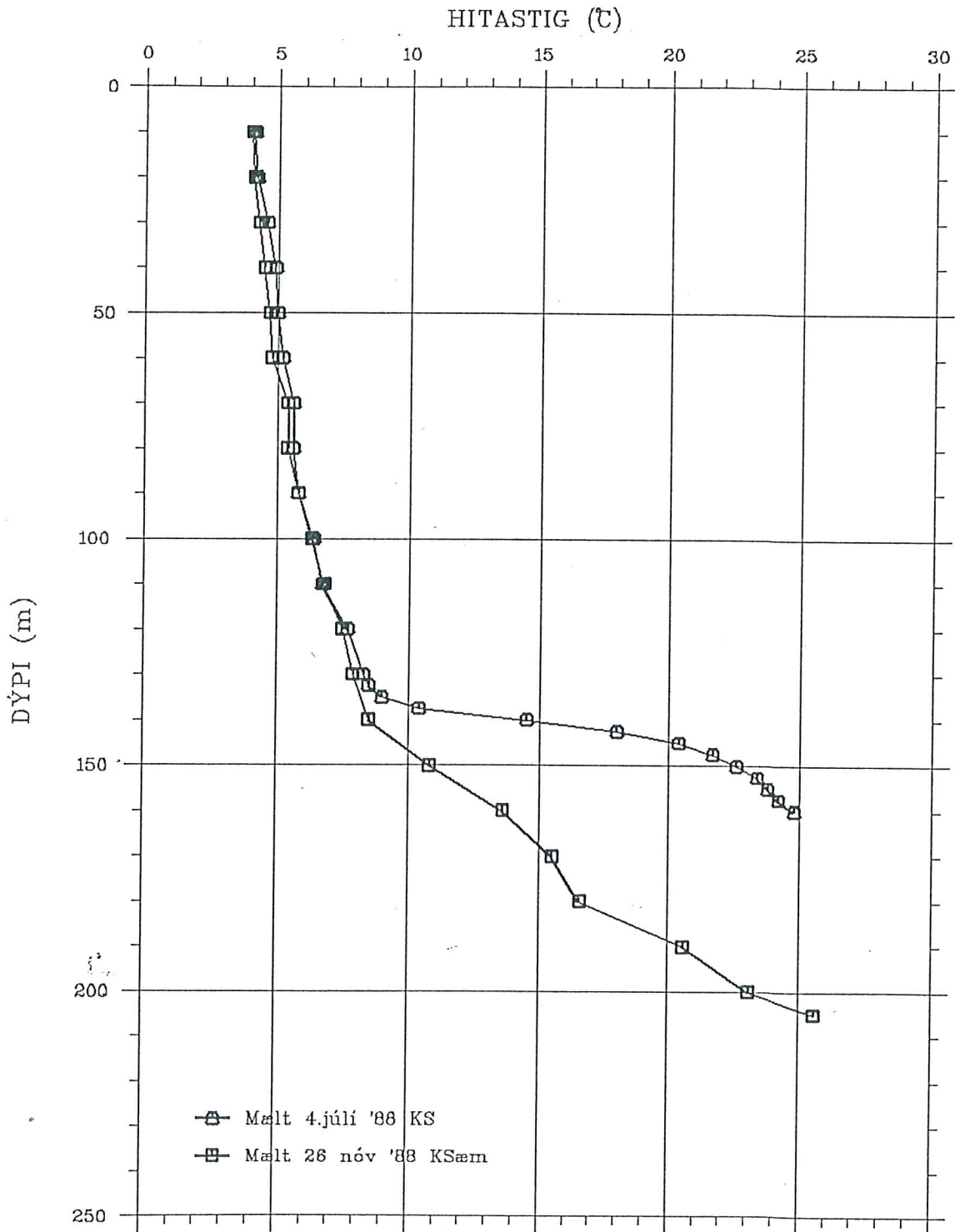
| Mælidagur Tími dags Dýpi (m) | 4/7 '88 | 16/5 '89 | 16/5 '89 | 17/5 '89 | 20/5 '89 | 21/5 '89 | 22/5 '89 | 22/5 '89 | 22/5 '89 | 23/5 '89 | 23/5 '89 | 23/5 '89 | 24/5 '89 |
|------------------------------------|---------|--------------|---------------|----------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|----------|
| | (°C) | 9:30 (°C) | 17:00 (°C) | (°C) | 18:00 (°C) | 17:00 (°C) | 9:00 (°C) | 13:00 (°C) | 15:30 (°C) | 12:00 (°C) | 20:00 (°C) | 8:20 (°C) | |
| 305.0 | | 30.9 | | | 36.5 | 28.5 | 29.1 | 25.6 | 26.9 | 27.9 | 27.1 | 28.1 | |
| 310.0 | | 31.0 | | 31.3 | 36.2 | 28.1 | 29.2 | 25.6 | 26.9 | 27.9 | 27.1 | 28.1 | |
| 315.0 | | 31.1 | | | 35.0 | 28.1 | 29.1 | 25.5 | 26.4 | 27.2 | 26.9 | 28.0 | |
| 320.0 | | | | | 34.7 | 28.0 | 29.0 | 25.5 | 25.9 | 26.5 | 26.3 | 27.4 | |
| 325.0 | | | | | 34.6 | 27.7 | 28.7 | 25.5 | 25.9 | 26.5 | 26.3 | 27.4 | |
| 330.0 | | | | | 34.0 | 27.1 | 28.2 | 25.4 | 25.7 | 26.0 | 26.0 | 27.1 | |
| 335.0 | | | | | 34.0 | 26.7 | 27.9 | 25.4 | 25.7 | 26.0 | 26.0 | 27.1 | |
| 340.0 | | | | | 33.8 | 26.6 | 27.7 | 25.4 | 25.7 | 26.0 | 26.0 | 27.1 | |
| 345.0 | | | | | 33.8 | 26.2 | 27.5 | 25.4 | 25.3 | 25.7 | 25.6 | 26.7 | |
| 350.0 | | | | | 34.0 | 26.4 | 27.3 | 25.4 | 25.3 | 25.7 | 25.6 | 26.7 | |
| 355.0 | | | | | 33.8 | 26.2 | 27.1 | 25.3 | 25.2 | 25.4 | 25.2 | 26.3 | |
| 360.0 | | | | | 34.1 | 26.0 | 27.0 | 25.3 | 25.2 | 25.4 | 25.2 | 26.3 | |
| 365.0 | | | | | 34.1 | 25.8 | 26.7 | 25.3 | 25.0 | 25.0 | 24.7 | 25.8 | |
| 370.0 | | | | | 34.2 | 25.6 | 26.6 | 25.3 | 25.0 | 25.0 | 24.7 | 25.8 | |
| 375.0 | | | | | 34.2 | 25.4 | 26.4 | 25.3 | 25.0 | 24.8 | 24.4 | 25.4 | |
| 380.0 | | | | | 35.3 | 25.0 | 26.2 | 25.3 | 25.0 | 24.8 | 24.4 | 25.4 | |
| 385.0 | | | | | 38.7 | 25.0 | 26.0 | 25.0 | 25.1 | 24.4 | 24.0 | 25.0 | |
| 388.0 | | | | | 40.0 | 25.1 | 25.8 | 25.0 | 25.1 | 24.4 | 24.0 | 25.0 | |
| 390.0 | | | | | 35.5 | 25.1 | 25.7 | 25.0 | 25.1 | 24.1 | 23.6 | 24.4 | |
| 395.0 | | | | | 35.7 | 25.1 | 25.7 | 25.0 | 25.1 | 24.1 | 23.6 | 24.4 | |
| 400.0 | | | | | 35.7 | 25.1 | 25.7 | 25.0 | 25.1 | 24.1 | 23.6 | 24.4 | |

JHD-BM-8710 GrB
89.05.0246 T



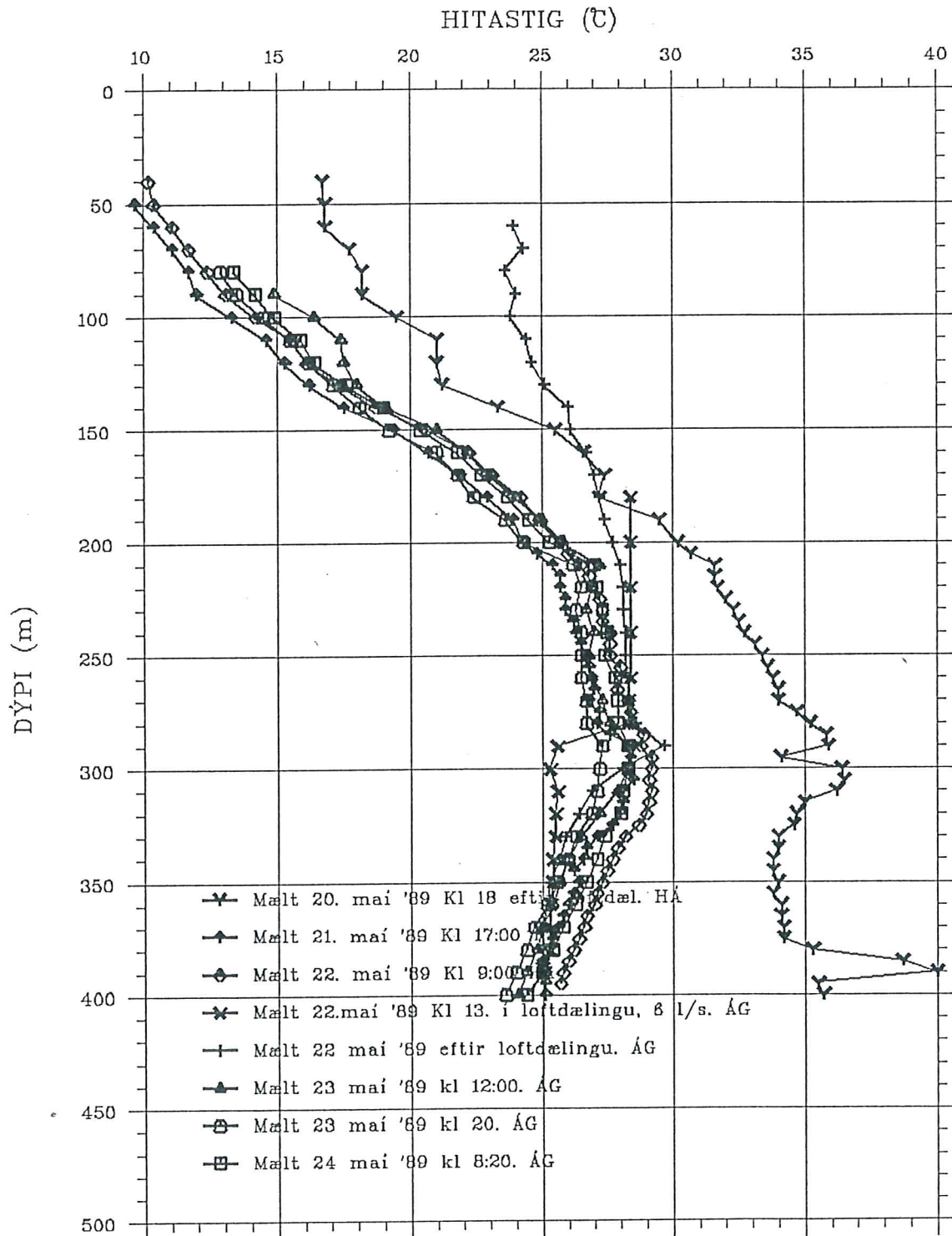
Mynd 1: Allar hitamælingar í holum 4 og 4b.

JHD-BM-8710 GrB
89.05.0247 T



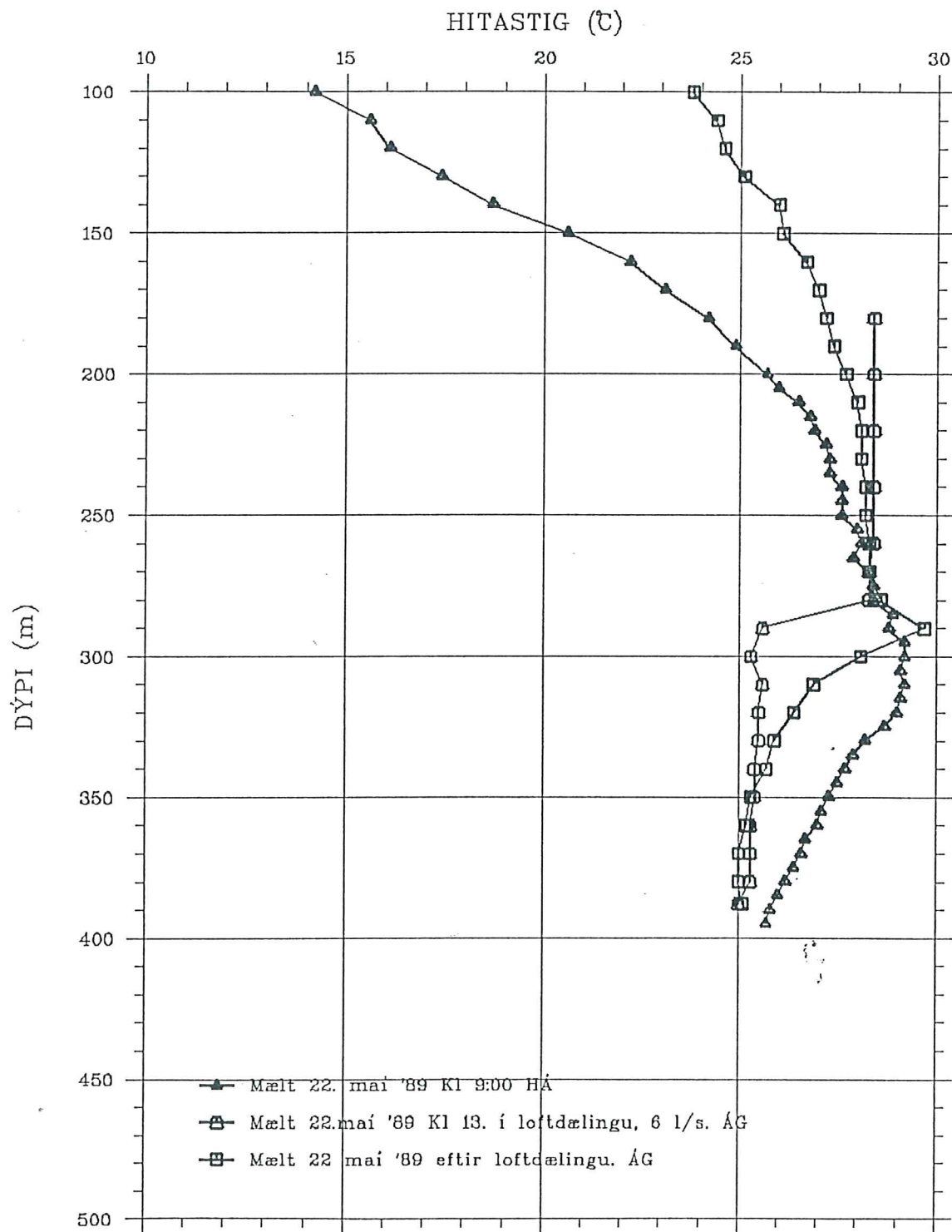
Mynd 2: Hitamælingar í holu 4.

JHD-BM-8710 GrB
89.05.0248 T



Mynd 3: Hitamælingar í holu 4b.

JHD-BM-8710 GrB
89.05.0249 T



Mynd 4: Hitamælingar í holu 4b; fyrir, í og eftir loftdælingu.