

Upphitunarmæling á 780 m dýpi í holu HJ-19
á Arnarnesi við Eyjafjörð og staða borunar
30. maí

**Ólafur G. Flóvenz,
Guðni Axelsson,
Bjarni Gautason,
Þorsteinn Egilsson,
Kjartan Birgisson**

Greinargerð ÓGF-GAx-BG-ÞE-KB-2002-03



2002-05-30

Upphitunarmæling á 780m dýpi í holu HJ-19 á Arnarnesi við Eyjafjörð og staða borunar 30. maí

INNGANGUR

Borun holu HJ-19 með jarðbornum Sleipni stendur nú yfir á Arnarnesi við Eyjafjörð. Forsendum staðsetningar holunnar er lýsti í greinargerð Orkustofnunar (Ólafur G. Flóvenz o.fl., 2002). Þegar holan var komin á liðlega 840m dýpi var gerð upphitunarmæling í holunni. Tilgangurinn var að fá upplýsingar um hita á þessu dýpi til að meta hvort hitnun með dýpi væri í samræmi við væntingar.

MÆLINGARNAR

Mælingabíll var sendur á staðinn og var borun stöðvuð kl 10:15 þann 28.maí 2002. Vegna hruns sem vart hafði orðið við neðst í holunni voru teknar upp tvær stangir. Hitamæli var síðan rennt niður í botn á stöngum og mældur hiti með dýpi. Sú mæling er sýnd á mynd 1. Þar kemur í ljós að einhverjar smáæðar eru hér og hvar í holunni, þar ef er ein nokkuð áberandi á um 810m dýpi. Tilgangslaust er að gera upphitunarmælingar nálægt æðum vegna truflana af völdum skoltaps eða rennslis. Því varð að gera upphitunarmælinguna á um 780 m dýpi. Best mæligögn og áreiðanlegastar niðurstöður fást þó úr upphitunarmælingum sem teknar eru sem næst botni holunnar, þar sem kæling af völdum borunar hefur staðið skemmst.

Hitamælinum var því komið fyrir á 780 m dýpi og upphitun holunnar mæld á 1 sek fresti frá klukkan 11:28 til klukkan 17:51. Mynd 2 sýnir upphitunarferilinn, holan hitnar reglulega á tímabilinu úr 22°C í um 41°C.

Að lokinni upphitunarmælingu var mælinum rennt í botn á stöngunum og síðan mældur hiti upp holuna. Sú mæling er sýnd á mynd 3. Í henni er æð á um 500m dýpi nokkuð áberandi.

ÚRVINNSLA

Unnið var úr upphitunarmælingunum á tvo vegu, annars vegar með aðferð Albrights (Halldór Halldórsson og Ólafur G. Flóvenz, 1981), sem reynst hefur vel við boranir í blágrýtisstafla, einkum í Eyjafirði, og hins vegar með því að nota svokallað Horner graf. (Grant o.fl., 1982).

Aðferð Albrights byggir á því að fella fall á forminu $\phi(t) = \phi_{\infty} - (\phi_{\infty} - \phi_0) e^{-C(t-t_0)}$ að litlum bót upphitunarferilsins í senn og ákvarða stuðlana ϕ_{∞} og C fyrir hvern bót. Stærðin $\phi(t)$ táknar hitann sem fall af tíma. Síðan er teiknað graf sem sýnir C sem fall af ϕ_{∞} fyrir allt punktastafnið. Þá á að koma fram ferill sem er boginn í fyrstu en nálgast síðan beina línu við vaxandi gildi á ϕ_{∞} . Skurðpunktur þessarar línu við ϕ_{∞} ásinn gefur þá jafnvægishitann, þ.e. ótruflaðan berghita í holunni. Reynslan sýnir að bestar niðurstöður fást þegar mælt er strax eftir að skolun er hætt og á stað þar sem kæling vegna skolvatns hefur staðið sem styst. Jafnframt sýnir reynslan að fyrir mjög lág gildi á C fer að gæta óstöðugleika í útreikningum á ϕ_{∞} og C þannig að þá fast mjög lág C gildi og óeðlilega há hitagildi ϕ_{∞} . Aðstæður geta orðið þannig að beini kaflinn á ferlinum sem sýnir C sem fall af ϕ_{∞} verður mjög stuttur og tengist punktum með óeðlilega lág C gildi og óeðlilega há hitagildi ϕ_{∞} . Í slíkum tilvikum getur reynst mjög örðugt að meta hvernig ávarða eigi beina kaflann og finna línu gegnum hann. Í slíkum tilvikum þurfa menn að þreifa sig áfram að þeim punktafjölda sem gefur beina kaflann sem bestan.

Horner grafið felst í því að teikna mældan hita í holunni, T , sem fall af hlutfallinu $(t_0 + t)/t$, yfirleitt á lógarítmískum tímaskala. Hér var reyndar gripið til þess ráðs að teikna grafið á tvílógarítmískum skala. Stærðin t_0 táknar kælingartímann en t er tíminn frá því upphitun hófst, þ.e. frá því skolvatnskælingu lauk. Þá kemur fram lína sem sýnir sveigða línu við há gildi á $(t_0 + t)/t$ en

nálgast beina línu þegar gildin lækka (til vinstri á grafinu). Skurðpunktur þessarar línu við lóðrétta ásinn (hitastigsásinn) á þá að vera jafnvægishitinn. Bestar niðurstöður fást þegar upphitunartíminn er hátt hlutfall af kælingartímanum, sem ekki var tilfellið hér.

Áður en aðferð Albrights var notuð voru gögnin grisjuð þannig að notast var við hitamælingar á 3ja mínútna fresti. Mynd 4 sýnir niðurstöður upphitunarmælinga þegar þær eru túlkaðar með aðferð Albrights. Þar má sjá sex aðskilin gröf, hvert um sig sýnir C sem fall af ϕ_{∞} en fyrir mismunandi punktafjölda, N. Talan $i=2$ þýðir að tekinn var annar hver punktur úr gagnasafninu inn í útreikningana. Eins og sjá má á gröfunum eru gögnin sem fengist hafa fremur léleg, beini kaflinn á þeim er stuttur og erfitt að ákvarða hvar honum lýkur, þó eru hér sýnd þau punktastöfn sem hvað best komu út. Skurðpunktarnir við ϕ_{∞} ásinn liggur frá 82°C upp í 93°C, þrír þeirra liggja nærri 87°C. Af þessu er því dregin sú ályktun að líklegur ótruflaður berghiti á 780m dýpi liggi trúlega á bilinu 85-90°C.

Mynd 5 sýnir niðurstöðu úrvinnslu með Horner grafi. Skurðpunkturinn við hitaásinn er þarna um 83°C. Horner gröf hafa tilhneigingu til vanmeta fremur hitann en hitt þannig að hér er dregin sú ályktun að hinn á 780m dýpi sá a.m.k. 83°C samkvæmt Horner grafinu.

NIÐURSTÖÐUR OG ÁLYKTANIR

Meginniðurstaða upphitunarmælingarinnar er sú að líklegast sé hitinn á 780m dýpi á bilinu 85-90°C. Á mynd 6 hefur þessi niðurstaða verið felld inn á mynd sem sýnir hitamælingu í holu HJ-19 rétt fyrir fóðringu og berghita samkvæmt túlkun á hitamælingum úr holu HJ-18. Samanburður á hita í holum HJ-18 og kældri holu HJ-19 ofan 400m sýnir að hola HJ-19 er í raun a.m.k. jafnheit ef ekki ívið heitari en hola HJ-18 á sama dýpi. Með samanburði þessara mælinga við niðurstöður upphitunarmælingarinnar má ætla að hitinn fari enn stígandi með dýpi í holu HJ-19. Það þýðir að eftir því sem borað er dýpra er hola trúlega að nálgast um 90°C heita vatnsæð sem hefur vægan halla frá lóðréttu en er þó ennþá nokkuð frá henni. Þetta er í samræmi við forsendur staðsetningar holunnar.

Samkvæmt bráðabirgðaniðurstöðum svarfgreiningar var borinn á 910m dýpi ekki kominn í þá bergganga sem stefnt er að, en halli þeirra er illa þekktur.

Fyrirliggjandi gögn gefa því ekki tilefni til annars en að halda borun áfram. Hafi vatnsæðar ekki komið fram á 1200m dýpi þegar krónuskípti eru áformuð er rétt að gera aðra upphitunarmælingu.

TILVITNANIR:

Makcolm A Grant, Ian G, Donaldson og Paul F. Bixley, 1982: Geothermal reservoir engineering. Academic press, N.Y. 369s.

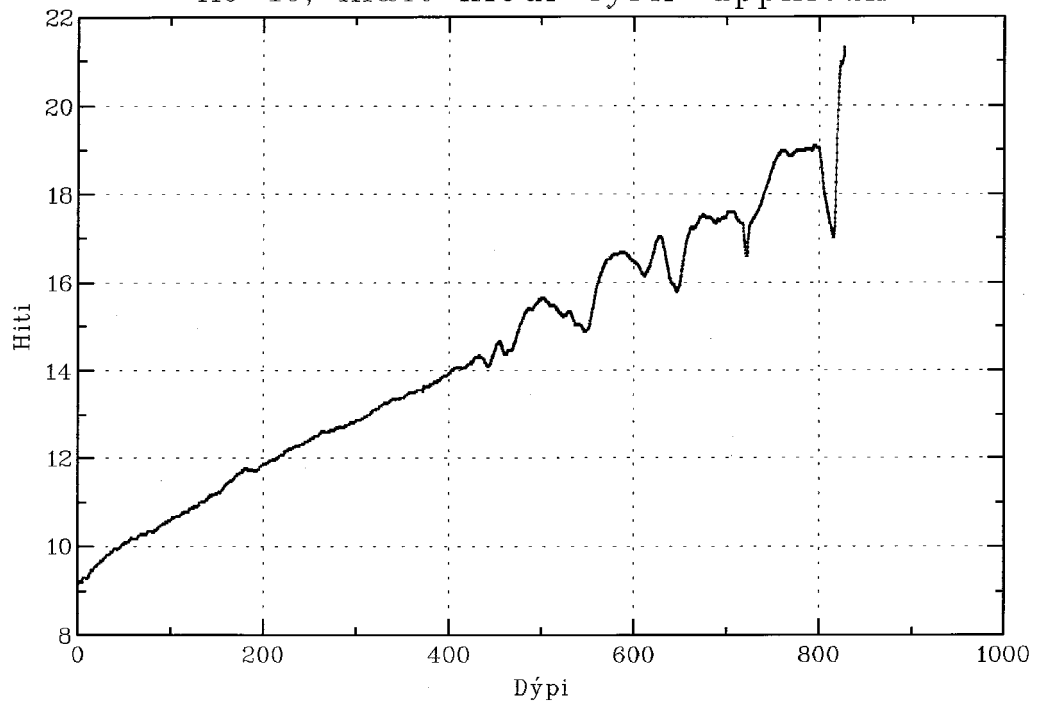
Halldór Halldórsson og Ólafur G. Flóvenz, 1981: Jafnvægishiti bergs reiknaður út frá upphitunarferli borholu. Orkusstofnun, greinargerð, HH-ÓGF-81/01, 4s.

Ólafur G. Flóvenz, Bjarni Gautason og Þorsteinn Egilson, 2002: Staðsetning holu HJ-19 á Arnarnesi við Eyjafjörð. Orkustofnun, greinargerð, ÓGF-BG-ÞE-02/02, 6s.

*Ólafur G. Flóvenz
Guðni Axelsson
Bjarni Gautason
Þorsteinn Egilson
Kjartan Birgisson*

29 May 2002 ÓGF
xy V1.0

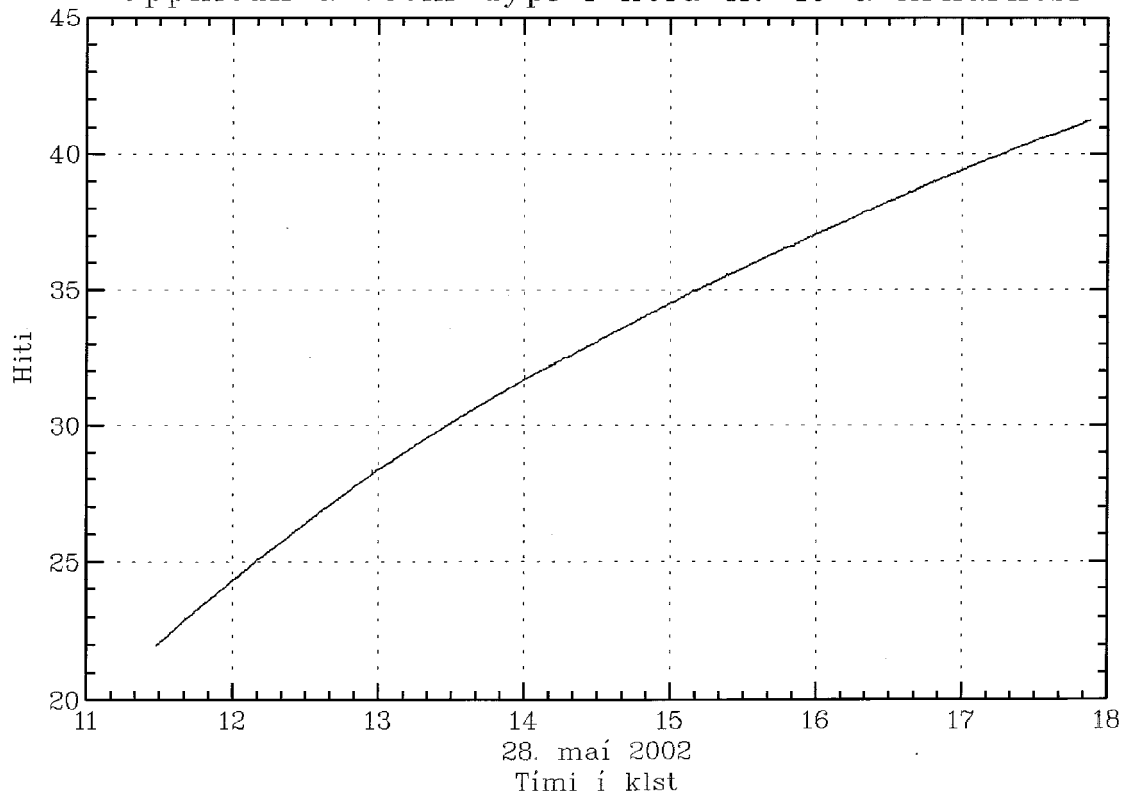
HJ-19, mælt niður fyrir upphitun



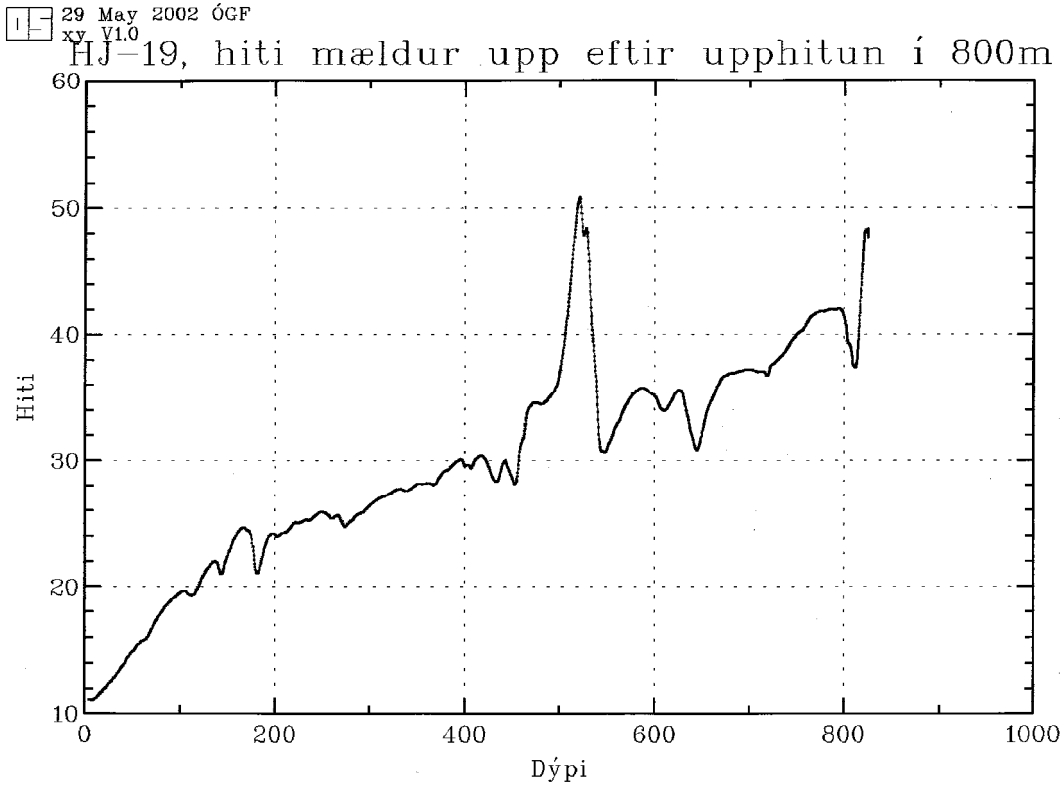
Mynd 1. Hitamæling niður holu HJ-19 stuttu (1 klst.) eftir að skolun var hætt. Mælt í stöngum.

30 May 2002 ÓGF
tp V2.3

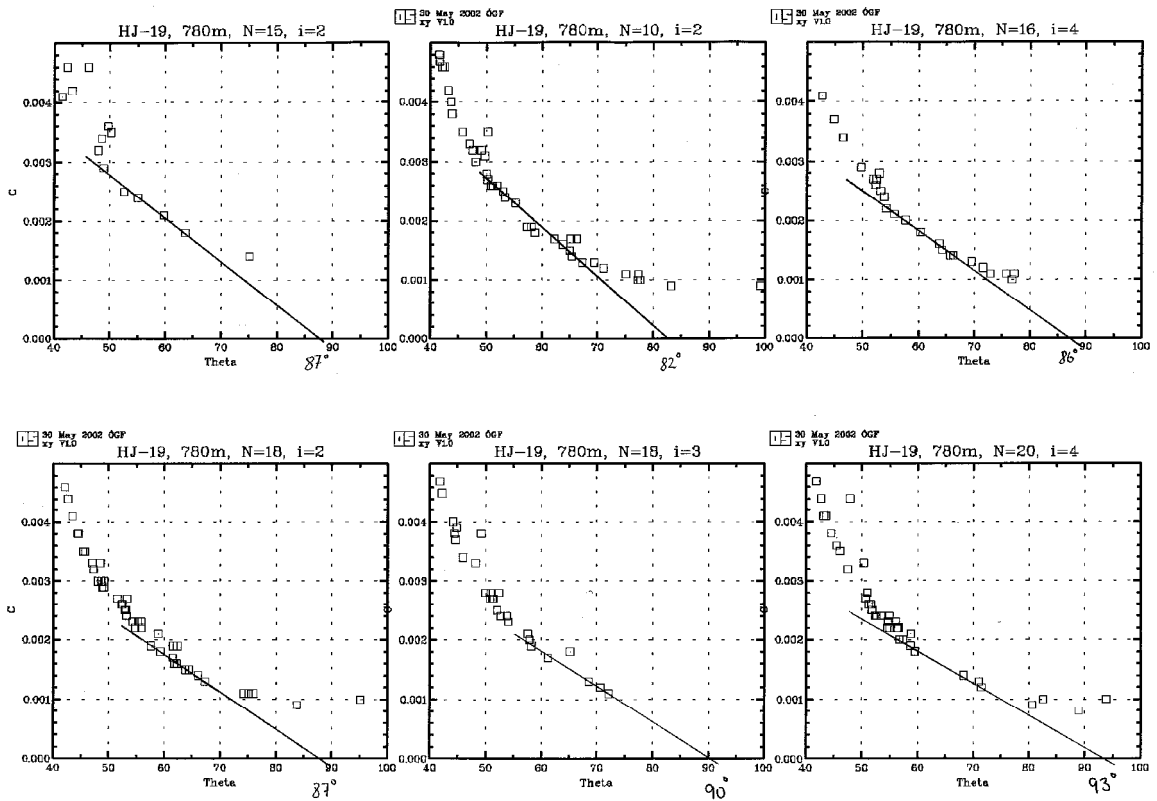
Upphitun á 780m dýpi í holu HJ-19 á Arnarnesi



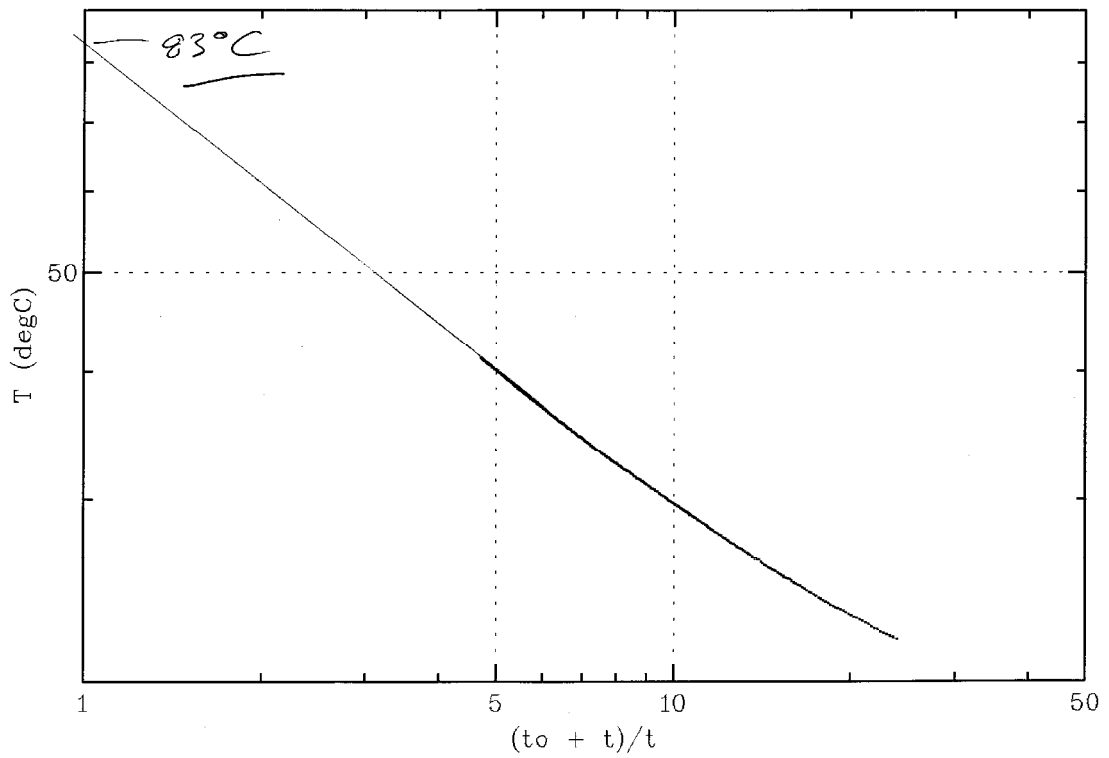
Mynd 2. Upphitun á 780m dýpi í holu HJ-19 sem fall af tíma.



Mynd 3. Hitamæling upp holu HJ-19 um sjö klukkustundum eftir að skolon var hætt. Mælt í stöngum.

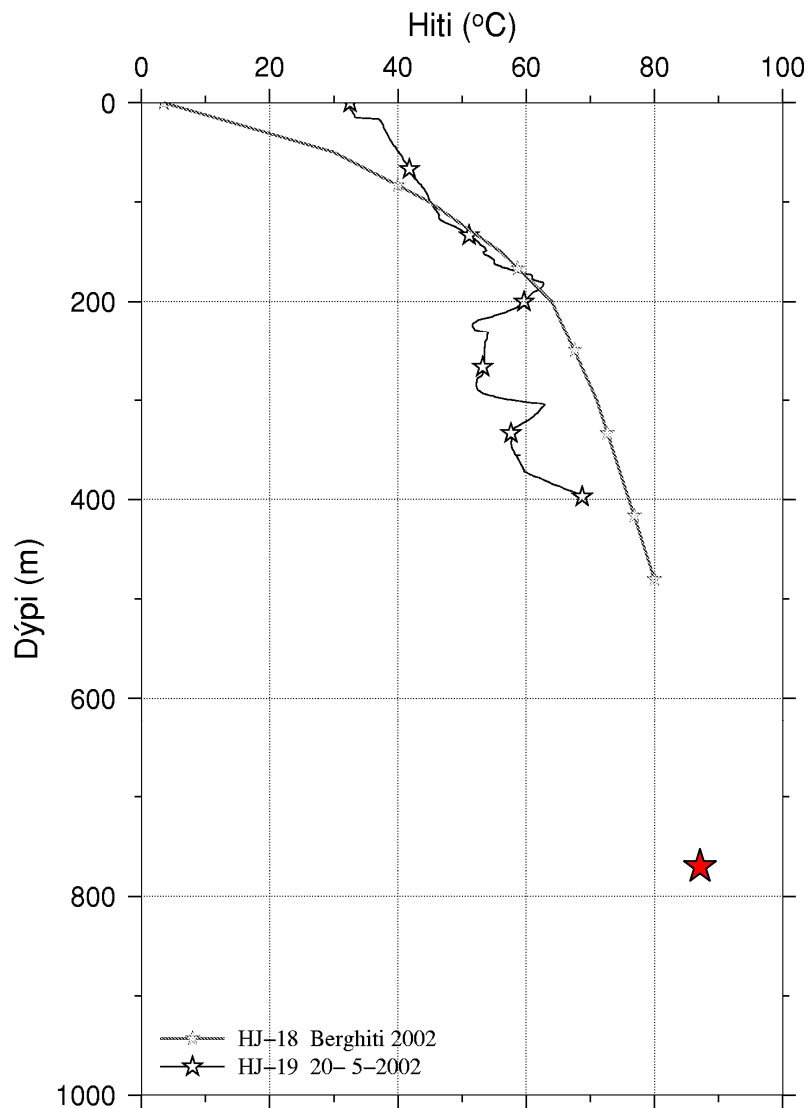


Mynd 4. Niðurstöður mats á ótrufluðum berghita með aðferð Albright. Mæligögnin eru fremur léleg en benda þó til 85-90°C hita á 780m dýpi þar sem upphitunin var mæld.



Mynd 5. Horner graf sem bendir til þess að hitinn á 780m sé um 83°C.

Hiti í holum HJ-18 og HJ-19 á Arnarnesi



Mynd 6. Samanburður á hitamælingu í HJ-19 sem gerð var eftir að komið var í fóðringardýpi, áætluðum berghita úr holu HJ-18 og niðurstöðu upphitunarmælingar á 780m dýpi í HJ-19. Ef upphitunarmælingin er rétt sýnir hún að hiti fer enn vaxandi í holunni og að holan sé líklega að nálgast hallandi vatnsleiðara með um eða yfir 90°C vatni í, en eigi samt ennþá nokkuð í land með að ná honum.