



ORKUSTOFNUN

Rannsóknasvið

KRAFLA

Holur KG-26, KJ-27 og KJ-28

**Mælingar í upphitun og blæstri
veturinn 1996-97**

**Benedikt Steingrímsson
Ásgrímur Guðmundsson
Ómar Sigurðsson**

Unnið fyrir Landsvirkjun

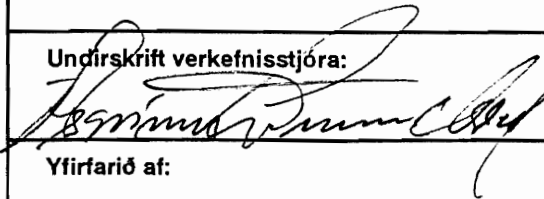
1997

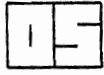
OS-97022

**ORKUSTOFNUN**

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Lykilsíða

Skýrsla nr.: OS-97022	Dags.: Maí 1997	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: KRAFLA, HOLUR KG-26, KJ-27 OG KJ-28 Mælingar í upphitun og blæstri veturinn 1996-7	Upplag: 25	
	Fjöldi síðna: 28	
Höfundar: Benedikt Steingrímsson, Ásgrímur Guðmundsson og Ómar Sigurðsson	Verkefnisstjóri: Ásgrímur Guðmundsson	
Gerð skýrslu / Verkstig: Áfangaskýrsla, prófanir eftir lok borunar	Verknúmer: 630 665	
Unnið fyrir: Landsvirkjun		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Í skýrslunni er yfirlit um mælingar í þrem borholum í Kröflu, KG-26, KJ-27 og KJ-28, gerðar veturinn 1996 til 1997. Allar voru holurnar hita-, þrýsti- og blástursprófaðar í upphitun og blæstri fram til 1. apríl 1997. Hóla KG-26, sem var boruð 1991, er í brekkunni upp úr Hlíðardalnum. Hún var hreinsuð í september 1996 og mæld í þrígang í kjölfarið fram til 1. apríl. Hreinsunin bar lítinn árangur og nýtist holan tæplega sem vinnsluhola. Hóla KJ-27 er innst í Hlíðardalnum og var boruð í ágúst 1996 til að afa lágþrýstigufu. Hún var mæld nokkrum sinnum á tímabilinu. Við blásturspröfun reyndist hún gefa lítið og er mjög slök vinnsluhola. Hóla KJ-28 er innst í Hlíðardalnum, boruð í október-nóvember 1996. Einnig til öflunar lágþrýstigufu. Holan var mæld nokkrum sinnum. Hún er afmikil og skilar allt að 60/kg/s í heildarrensli. Hiti er einnig hærri en í öðrum efrakerfisholum í Leirbotnum.		
Lykilorð: Háhitavæði, nýting, vinnsluholar, borun, upphitun, mælingar	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra: 	
	Yfirfarið af: PI	



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 630 665

**Benedikt Steingrímsson
Ásgrímur Guðmundsson
Ómar Sigurðsson**

KRAFLA

Holur KG-26, KJ-27 OG KJ-28

Mælingar í upphitun og blæstri veturinn 1996-7

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-97022

Júní 1997

EFNISYFIRLIT

1. HOLA KG-26	5
1.1 Inngangur	5
1.2 Hreinsun holu KG-26	5
1.3 Mælingar eftir hreinsun	6
1.4 Niðurstöður	6
2. HOLA KJ-27	7
2.1 Inngangur	7
2.2 Yfirlit yfir tímabilið 5. september 1996 - 1. apríl 1997	7
2.3 Mælingar í upphitun, blæstri og ádælingu	8
2.3.1 Vatnsborð	8
2.3.2 Þrýstingur í upphitun, blæstri og ádælingu	8
2.3.3 Örvunaraðgerðir í febrúar 1997	9
2.4 Hitamælingar og berghiti	10
2.5 Niðurstöður	10
3. HOLA KJ-28	11
3.1 Inngangur	11
3.2 Yfirlit yfir tímabilið 25. nóvember 1996 - 1. apríl 1997	11
3.3 Mælingar í upphitun og blæstri	12
3.3.1 Vatnsborð	12
3.3.2 Þrýstingur	13
3.3.3 Hiti	13
3.4 Niðurstöður	14
4. HEIMILDIR	14
MYNDASKRÁ	
1. Krafla. Afstaða borholna.	15
2. Viddarmæling holu KG-26.	16
3. Hitamælingar í holu KG-26, 1996 og 1997.	17
4. Þrýstimælingar í holu KG-26 1996.	18
5. Vatnsborðsbreytingar í holu KG-26 í upphitun eftir borun.	19
6. Þrýstimælingar í holu KJ-27 í upphitun eftir borun.	20
7. Ýmsar þrýstimælingar í holu KJ-27.	21
8. Ýmsar þrýstimælingar í holu KJ-27.	22
9. Fall vatnsborðs í KJ-27 eftir ádælingu.	23
10. Hitamælingar í holu KJ-27 og berghiti.	24
11. Vatnsborðsbreytingar í KJ-28 í upphitun eftir borun.	25
12. Þrýstimælingar í KJ-28 í upphitun eftir borun og í blæstri.	26
13. Vatnsborðsbreytingar í holu KJ-6 vegna ákælingar eða vinnslu úr holu KJ-28	27
14. Hitamælingar í holu KJ-28 í upphitun og blæstri.	28

TÖFLUSKRÁ

1. Yfirlit um borholumælingar á tímabilinu 96.09.24-97.01.04.	6
2. Yfirlit fyrir tímabilið 96.09.05-97.01.04.	8
3. Vatnsborð í holu KJ-27	9
4. Yfirlit fyrir tímabilið 96.11.25-97.01.04.	12
5. Vatnsborð í holu KJ-28	12

1. HOLA KG-26

1.1 Inngangur

Hola KG-26 er skammt ofan við "Auga við veg" í brekkunni upp úr Hlíðardalnum (mynd 1). Holan var boruð á árinu 1991 í 2127 m dýpi. Frá borun holunnar og blástursprófunum hefur verið greint í nokkrum áfangaskýrslum (Ásgrímur Guðmundsson o.fl 1991a; Ásgrímur Guðmundsson o.fl 1991b; Ásgrímur Guðmundsson o.fl. 1992 og Halldór Ármannsson o.fl. 1993).

Frá miðju sumri 1992 voru gerðar tilraunir með niðurdælingu í holu KG-26 með það fyrir augum m.a. að bæta vinnslueiginleika úr neðra (djúpa) Leirbotnakerfinu (Benedikt Steingrímsson og Grímur Björnsson, 1996). Í fyrstu var tekið vatn úr lóninu í Hlíðardalnum, en síðar úr vatnsveitu virkjunarinnar. Eftir að farið var að nota vatn úr vatnsveitunni kom í ljós að botnfall settist í holuna og fór hún grynnskandi. Strax eftir borun lóðaðist holan 2094 m á dýpt, en haustið 1993 komust mælar ekki dýpra en í 2025 m. Helst var giskað á að drulla bærisk með dæluvatninu, en einnig var talið hugsanlegt að útfellingar t.d. magnesíumsíliköt féllu út neðst í holunni. Haustið 1993 var sett upp gufuskilja við holu KG-24 og um 5 l/s af skiljuvatni veitt ofan í holu KG-26. Enn grynkaði holan og mældist botn hennar í júlí 1996 á 2003 m dýpi. Helsta vinnsluæð holu KG-26 var niður undir 2100 m dýpi, þ.e. mjög nærri holubotni. Drullan sem settist í holubotninn hafði því mikil áhrif á lekt holunnar og sýndi blástursprófun sem gerð var á miðju sumri 1996 að holan væri aflítil og ekki vinnsluhæf, ólíkt því sem hún var við blástursprófun 1992. Því var ákveðið að setja bor á holuna og reyna að ná úr henni leiðaranum og hreinsa hana í botn, annars að hreinsa leiðarann og freista þess að opna botnæðina að nýju.

1.2 Hreinsun holu KG-26

Ákveðið var að hreinsa holu KG-26 með þeim hætti að taka upp leiðarann og jafnvel að dýpka holuna áður en leiðarinn færi aftur niður. Áður en bor var settur á holuna var hún víddarmæld í þeim tilgangi að sjá hvort einhverjar útfellingar væru ofan við leiðarann í vinnslufóðringunni. Mælingin er sýnd á mynd 2. Smánabbar koma fram rétt neðan 950 m dýpis og frá 1000 m niður að leiðara. Víddarmælingin gaf til kynna að fóðringin væri sporöskjulaga á köflum eða að útfelling væri í henni. Jarðborinn Jötunn var fluttur á holuna 11. september 1996. Hans fyrsta verk var að bora botnfallið eða útfellingarnar úr leiðaranum frá 2000 m og niður á 2110 m dýpi, en það var talið auka möguleikana á að ná leiðaranum upp að hreinsa hann fyrst og losa þannig um hann. Samkvæmt fóðringarskýrslum stendur leiðarinn á botnfalli á 2114,4 m dýpi miðað við holuflans eða um 2122 m dýpi miðað við drifborð Jötuns. Eftir leiðara-hreinsun var sett niður 8 1/2" króna og skrapari til að hreinsa vinnslufóðringuna og gera þannig leiðaranum greiðfærari leið upp. Síðan var sett niður fiskitæki, fest í toppi leiðarans og togað rösklega í. Leiðarinn sat hins vegar hinn fastasti og var fiskitækið losað frá og ljóst að leiðarinn var kominn til að vera.

Holan glepti allt skolvatn og náðist því ekkert sýni af botnfallinu (útfellingunum).

Að lokum var holan þrepaðeld til að meta lekt hennar. Samanburður við fyrri prófanir sýndi að holan hefði opnast við hreinsunina en væri þó heldur tregari en eftir örvunaraðgerðir í lok borunar 1991 og tengsl holunnar út í jarðhitakerfið voru ekki eins greið og þá.

1.3 Mælingar eftir hreinsun

Borholumælum hefur verið dýft þrívægis í holuna eftir hreinsunina og fram til 1. apríl 1997, eins og sjá má í töflu 1. Þetta eru þrjár hita- og tvær þrýstimælingar. Niðurstöður hitamælinganna eru sýndar á mynd 3 en þrýstiferlarnir á mynd 4. Á báðum myndunum eru einnig sýndar mælingar frá júlí 1996 og áætlaðir upphafsferlar fyrir holuna.

Fyrst eftir hreinsun komust mælar í 2087 m dýpi, sem er heldur grynna en strax eftir borun holunnar 1991, enda holan ekki hreinsuð í botn. Mældur hiti er lægri en fyrir hreinsun og ræðst það af skolvatnskælingu í hreinsuninn. Þrýstingur í botni er hins vegar svipaður og fyrir hreinsun og bendir það til þess að tekist hafi að opna botnæðina það mikið að sú æð ráði þrýstingi í holunni líkt og fyrst eftir borun.

Tafla 1. Yfirlit um borholumælingar á tímabilinu 96.09.24-97.01.04.

Dags.	Tími	Mælingar	Athugasemdir:
96.09.24			Hreinsun lýkur
96.10.08	12:45-17:15	Mældur hiti og þrýstingur	Botn á 2087 m
96.11.02	14:15-18:15	Mældur hiti og þrýstingur	Botn á 2087 m
97.01.09		Mældur hiti	Botn á 1967 m

Hola KG-26 var blásturprófuð í nóvember 1996. Holan reyndist afllítill og blés hún fullopin við lágan þrýsting. Holan var látin blása fullopin upp í loft í von um að hún mundi ryðja sig. Upp úr henni kom grjót, sem gæti hafa komist í gegnum raufarnar á leiðaranum en ekki er útilokað að hann sé einhvers staðar í sundur. Þessar aðgerðir báru ekki árangur og var holunni því lokað. Hola KG-26 var hitamæld í janúar 1997 (mynd 3). Hiti þá var svipaður, eða heldur lægri en fyrir hreinsun og eru það væntanlega áhrif hreinsunar og síðan blásturs sem valda því. Hitamælirinn settist á 1967 m dýpi og gekk ekki neðar. Þetta er grynna en mælar settust fyrir hreinsun. Hvort hér sé um að ræða botnfall (hrun) í holunni eða skemmd á leiðaranum er ekki hægt að segja til um, en léleg afköst holunnar benda frekar til þess að fyrirstaðan loki botnæðina af. Ljóst er að fyrirstaðan hefur orðið til við blástursprófunina.

1.4 Niðurstöður

Hreinsun holu KG-26 bar lítinn árangur. Ekki tókst að losa leiðarann og ná honum upp úr holunni. Þess í stað var leiðarinn hreinsaður niður á 2110 m dýpi, sem er um 12 m yfir botni leiðarans. Holan gleypiti allt skolvatn og skolaðist því efnið sem hreinsað var út í æðar og fengust ekki sýni til efnagreininga. Það er því áfram á huldu hvort það hafi verið leðja eða útfellingar sem settust í holuna og stífluðu botninn á árunum 1992 til 1996.

Holan opnaðist við hreinsunina, en var þó í tregari tengslum við jarðhitakerfið en strax eftir borun 1991. Botnæðin varð á ný helsta vinnsluæðin samkvæmt þrýstimælingum eftir hreinsun.

Blástursprófun sýndi að holan er afllítill og virðist hún hafa stíflast að nýju við prófunina. Eftir blástur lóðaðist holan aðeins 1967 m á dýpt.

Hola KG-26 nýtist Kröfluvirkjun tæplega sem vinnsluhola. Hins vegar er upplagt að nota holuna áfram til niðurdælingar líkt og gert hefur verið undanfarin ár með það fyrir augum að bæta vinnslueiginleika neðra Leirbotnakerfisins.

2. HOLA KJ-27

2.1 Inngangur

Hola KJ-27 er innst í Hlíðardalnum miðja vegu milli holu KJ-11 og KJ-13 (mynd 1). Holan var höggboruð haustið 1976 í 61,8 m dýpi, en ekkert varð um frekari framkvæmdir á borplaninu fyrr en tuttugu árum síðar eða 1. júlí 1996, þegar höggbor kom aftur á staðinn og dýpkaði holuna í 62 metra og fóðraði síðan með 559 mm víðu röri (22") í botn. Jarðborinn Jötunn var þá fluttur á holuna og hóf borun 6. ágúst. Borverkinu lauk réttum mánuði síðar.

Hola KJ-27 varð 1104 m á djúp. Vinnslufóðring, 13 3/8", er steipt í 376 m dýpi, en leiðari (9 5/8") nær frá 346 m í 1078,2 m dýpi. Borun holunnar og rannsóknum á bortíma hefur verið lýst í tveimur áfangaskýrslum (Ásgrímur Guðmundsson o.fl., 1996 og Hjalti Franzson o.fl., 1996). Í eftirfarandi köflum verður fjallað um mælingar í holu KJ-27 fyrstu mánuðina eftir borun. Aðallega er um að ræða mælingar á hita og þrýstingi í holunni, í upphitun eftir borun og mælingar á þessum sömu mælistærðum í holunni blásandi eða í kæfingu. Þá verður og einnig minnst lauslega á vatnsborðsbreytingar í holunni meðan hún var að hitna upp eftir borun. Fjallað er um niðurstöður aflmælinga og athuganir á efnainnihaldi jarðhitavökvans í sérstakri skýrslu (Trausti Hauksson 1997a).

2.2 Yfirlit yfir tímabilið 5. september 1996 - 1. apríl 1997

Upphitun holu KJ-27 eftir borun hófst rétt fyrir miðnætti 5. september 1996, þegar slökkt var á skolvatnsdælum Jötuns. Fylgst var með upphitun holunnar næstu mánuðina, vatnsborð mælt reglulega og hita- og þrýstiferlar mældir. Blástursprófun hófst 28. nóvember og blés holan samfellt til 29. febrúar 1997. Á þessu tíma bili var fylgst reglulega með afköstum holunnar og tekin efnasýni til greininga. Þá var holan hita- og þrýstimæld í blæstri 10. janúar til að ákvarða innstreymishita og niðurdrátt.

Afköst holu KJ-27 voru ekki í samræmi við lektarmælingar sem gerðar voru í lok borunar. Reyndar var holan treg strax eftir borun, en örvunaraðgerðir sem gripið var til og lýst er í skýrslu Hjalta Franzsonar o.fl. virtust mjög árangursríkar og flóðopnaðist holan við þær. Léleg afköst holunnar í blástursprófuninni bentu til þess að þær vatnsæðar (sprungur) sem opnuðust við örvunina hefðu lokast að nýju þegar holan hitnaði upp og fór í blástur. Holan var í raun svo máttlaus að hún kafnaði af sjálfu sér, þegar skipt var um mælistút í lok janúar til að mæla aflferil hennar. Í framhaldi af því var ákveðið að kæla holuna til að freista þess að örva hana að nýju með í von um að örvunin yrði nú varanleg. Aðgerðirnar fóru fram í nokkrum ádælingarskorpum í febrúar. Sem fyrr virtist holan galpnast við ádælinguna. Blástursprófun í mars sýndi hins vegar ekki aukin afköst og virðast æðar holunnar opnast og lokast í takt við hitastig. Árangur örvunaraðgerðanna er því ekki marktækur.

Í töflu 2 er birt yfirlit um borholumælingar sem gerðar voru í holunni eftir að borun lauk fram til 1. apríl 1997.

Tafla 2. Yfirlit fyrir tímabilið 96.09.05-97.01.04.

Dagsetn.	Tími	Mælingar	Athugasemdir
96.09.05	23:00		Upphitun hefst
96.09.07	12:45-16:00	Mældur hiti, þrýstingur og vatnsborð	
96.09.09	10:30-15:00	Mældur hiti, þrýstingur og vatnsborð	
96.09.18		Mældur hiti og vatnsborð	
96.09.19		Mældur þrýstingur	
96.10.07		Mældur hiti og vatnsborð	
96.11.07		Mældur hiti, þrýstingur og vatnsborð	
96.11.28			Holan sett í blástur
97.01.10		Mældur hiti og þrýstingur í blæstri	
97.01.29		Skipt um stút. Hola kafnar	
97.02.04	11:00-11:45	Mældur hiti í ádælingu	
97.02.04	12:20-12:45	Mældur hiti eftir dælingu	
97.02.04	13:15-13:41	Mældur þrýstingur í ádælingu	
97.02.04	13:41-14:13	Mæld þrýstijöfnun eftir dælingu	
97.02.20	09:30-10:30	Mældur hiti í ádælingu	
97.02.20	10:55-11:20	Mældur þrýstingur í ádælingu	
97.02.20	11:20-12:03	Mæld þrýstijöfnun eftir dælingu	
97.02.20	13:15-14:00	Mældur þrýstingur eftir dælingu	
97.03.07		Holan sett í blástur að nýju	
97.03.19		Hert að holu og hún kafnar	

2.3 Mælingar í upphitun, blæstri og ádælingu

2.3.1 Vatnsborð

Í þrepadælingunni við borlok þann 5. september mældist vatnsborð holunnar á 119 m dýpi (125 m m.v. drifborð Jötuns) skömmu eftir að dælingu var hætt. Tveimur dögum síðar (7. september) við fyrstu hita- og þrýstimælinguna var það á 110 m dýpi. Vatnsborðið steig áfram og mældist það á um 74 m undir lok nóvember skömmu áður en blástursprófun hófst.

Niðurstöður vatnsborðsmælinganna eru birtar í töflu 3 og sýndar á mynd 5. Vatnsborðsbreytingin á tímabilinu er fyrst og fremst tilkomin vegna hitaþenslu vatnssúlunnar í holunni, þar sem þrýstingur (vatnsborð) í jarðhitakerfinu var tiltölulega stöðugur á þessu tímabili. Í holu KJ-6 breyttist vatnsborð um innan við 10 m frá septemberbyrjun til nóvemberloka og í holu KJ-3A breyttist vatnsborð um innan við 5 metra á þessu tímabili.

2.3.2 Þrýstingur í upphitun, blæstri og ádælingu

Á mynd 6 eru sýndar þrýstimælingarnar sem gerðar voru í holu KJ-27 í upphitun eftir borun. Mælingarnar sýna ekki glögglega hvar þrýstijafnvægi hefur ríkt í holunni meðan á upphituninni á stóð. Þó er ljóst að jafnvægið hefur verið á dýptarbilinu 400-550 m. Það er í samræmi við önnur gögn, einkum hitamælingar, sem benda til þess að helsta vinnsluæð holunnar sé á um 450 m dýpi. Mældur þrýstingur á 450 m dýpi er um 33,5 bör. Samkvæmt vatnsborði KJ-6 var þrýstingur í efra Leirbotnakerfinu á tímabilinu september-nóvember 1996 um 1,5 börum

Tafla 3. Vatnsborð í holu KJ-27.

Dagsetn.	Tími	Vatnsborð
96.09.05	23:00	119,0 m
96.09.07	12:30	110,25 m
96.09.09	10:30	104,10 m
96.09.19		89,6 m
96.09.21		88,15 m
96.09.23		86,5 m
96.10.07		80,4 m
96.10.25		78,0 m
96.11.04		77,5 m
96.11.05		77,4 m
96.11.07		77,2 m
96.11.16		75,5 m
96.11.19	09:00	74,3 m
96.11.20	08:30	72,5 m
96.11.20	19:00	72,3 m
96.11.21	10:00	71,8 m
96.11.23	19:00	71,9 m
96.11.24	14:00	70,6 m
96.11.25	04:00	71,9 m
96.11.25	11:30	72,6 m
96.11.26	18:00	73,6 m
96.11.27	11:00	73,9 m

undir þrýstingi jarðhitakerfisins áður en vinnsla hófst fyrir um tuttugu árum. Ótruflaður upphafsþrýstingur aðalvinnsluæðar holu KJ-27 er því talinn hafa verið um 35 bör (á 450 m dýpi). Þetta gildi ásamt áætluðum berghita hefur verið notað til að áætla upphafsþrýsting sem fall af dýpi við holu KJ-27.

Upphafsferrillinn er dreginn sem brotin lína á mynd 7 auk þrýstimælingar í holunni blásandi og síðustu þrýstimælingar fyrir blástur. Niðurdráttur í blæstrinum er samkvæmt blástursmælingunni mjög mikill eða um 20 bar. Rennsli úr holunni var 18,4 kg/s sem gefur vinnslustuðul (gæfni) sem samsvarar tæplega 1 kg/s á hvert bar í niðurdrætti. Í lok borunar tókst að örva holuna til að taka við allt að 60 l/s af vatni. Þetta var gert með því að hætta dælingu og leyfa holunni að hitna, en síðan snöggekæla hana með mikilli skolun. Örvunaraðgerðirnar sýndu að ádælingarstuðull holunnar var kominn í um 4 l/s á bar. Það kom því mjög á óvart hversu holan gaf lítið í blæstrinum og hversu lágur vinnslustuðull hennar væri. Þótti sýnt að æðarnar sem opnuðust við örvunina í lok borunar hefðu lokast að nýju þegar holan hitnaði upp.

2.3.3 Örvunaraðgerðir í febrúar 1997

Hola KJ-27 kafnaði 29. janúar 1997, þegar skipta átti um mælistút og ákvarða aflferil hennar. Í febrúarbyrjun var ákveðið að freista þess að örva holuna með ádælingu kalds vatns á holutopp

Í von um að hægt væri að opna vinnsluæðarnar varanlega. Dælt var á holuna nokkrum sinnum og hún látin hitna upp á milli. Við tvær af ádælingarprófununum var þrýstimælt í holunni og fylgst með þrýstijöfnun, þegar dælingu var hætt. Þrýstimælingarnar eru sýndar á mynd 8 ásamt blástursmælingunni, sem gerð var í holunni í janúar. Einnig er áætlaður upphafsþrýstingur holunnar sýndur á myndinni. Mikill munur kemur fram í lekt holunnar við þessar tvær prófanir. Í fyrstu prófuninni sem gerð var í byrjun 3-4. febrúar var dælt 40 l/s í um 20 klukkutíma. Holan fylltist við þessa dælingu og mældist eins bars þrýstingur á holutoppi. Ádæling hófst aftur 18. febrúar og stóð í um tvo sólarhringa. Holan opnaðist við þessa dælingu og gleypti hún auðveldlega 40 l/s. Helstu æðar sem tóku við þessu vatni voru á 400-500 m dýpi og fór tiltölulega lítill hluti ádælingarinnar til dýpri æða. Samkvæmt þrýstimælingu 20. febrúar (mynd 8) var vatnsborð á rúmlega 100 m dýpi, þrátt fyrir 40 l/s ádælingu og holan jafnvel opnari en í lok borunar þegar hún tók við 60 l/s. Þessi breyting á lekt holunnar milli dælinga sést glögglega í þrýstijöfnun hennar. Á mynd 9 er þetta sýnt fyrir báðar ádælingarprófanirnar í febrúar ásamt prófunum við lok borunar í septemberbyrjun.

Hola KJ-27 var látin hitna upp að örvunaraðgerðum loknum og henni síðan hleypt í gos þann 7. mars. Blástursprófunin sýndi óbreytt afköst frá fyrri blástursprófun, en heldur lægri holutoppsprýsting, eða 0,8 bar-g í stað 2,0 bar-g. Lægri holutoppsprýsting milli prófananna má hugsanlega skýra með niðurdrætti í jarðhitakerfinu vegna blásturs holu KJ-28, en hins vegar er ljóst að örvunaraðgerðirnar höfðu engin varanlega áhrif og þær vatnsæðar sem opnuðust í örvuninni hafa lokast aftur þegar holan hitnaði upp.

2.4 Hitamælingar og berghiti

Mynd 10 sýnir hitamælingarnar sem gerðar voru í holu KJ-27 meðan á upphitun stóð auk mælingarinnar sem gerð var 10. janúar í holunni blásandi. Ekki er einhlítt hvernig draga skuli berghitaferil út frá þessum mælingum. Þetta var þó gert og var fyrst og fremst tekið mið af blástursmælingunni og berghita í nálægum holum (KG-3, KJ-7, KG-5, KJ-11 og KG-24). Samkvæmt þessu mati er efrakerfishiti holunnar um 207°C. Holan fer ekki niður úr efrakerfinu, en hiti fer hækkandi þegar nálgast botninn (1075 m dýpi) og gæti berghiti þar verið um 220°C. Nákvæmari upplýsingar um berghitann við holu KJ-27 munu væntanlega liggja fyrir með haustinu, og verður þá ferillinn á mynd 10 endurskoðaður.

2.5 Niðurstöður

Hola KJ-27 var boruð í 1104 m dýpi til að afla lágþrýstigufu. Helsta vinnsluæð eru á um 450 m dýpi. Holan var nokkuð treg í lok borunar, en opnaðist við örvun og var þá talið hún yrði þokkaleg vinnsluhola. Annað kom á daginn þegar hún var blástursprófuð og reyndist hún gefa aðeins um 18 kg/s í heildarrennsli við 1-2 bar mótþrýting. Reynt var að örva holuna enn frekar með ádælingu kalds vatns. Holan flóðopnaðist, við ádælinguna, en var hins vegar jafntreg þegar hún fór aftur í blástur. Talið er að æðarnar sem opnast í ádælingunni lokist að nýju þegar holan hitnar upp. Niðurstaðan er sú að holan er mjög slök vinnsluhola og spurning hvernig gengur að reka hana á veitunni.

Hola KJ-27 tengist efra Leirbotnakerfinu. Hiti efrakerfisins við holuna er 207°C og nær holan ekki niður úr kerfinu, enda þótt hiti sé heldur farinn að stíga þegar nálgast holubotninn.

Þrýstingur efrakerfisins sveiflast yfir árið í takt við vinnsluna, þrýstingur vinnsluæðarinnar á um 450 m dýpi er því breytilegur. Síðastliðið haust mældist þrýstingur við æð um 33,5 bör.

Niðurdráttur í blæstri er um 20 bör þegar rennsli úr holunni er 18,4 kg/s. Þetta þýðir að gæfni holunnar er aðeins um 1 kg/s fyrir hvert bar í niðurdrætti, sen staðfestir hversu treg holan er í raun.

3. HOLA KJ-28

3.1 Inngangur

Hola KJ-28 er innst í Hlíðardalnum. Hún er tæplega 200 m suðaustur frá holu KJ-27 og nokkru fyrir vestan holu KG-12, þar sem fyrrum nefndist Herbertstrasse (mynd 1). Hæð á kjallarabrún er um 480 m y.s. Holan var höggboruð í 56,6 m dýpi í júlí 1996, en í lok október sama ár var Jötunn fluttur á holuna og hófst snúningsborun hinn 3. nóvember. Verkinu lauk síðan 26. nóvember, þegar mastur Jötuns var fellt.

Hola KJ-28 varð 1003 m á dýpt. Vinnslufóðring, 13 3/8", var steipt í 376 m dýpi, en leiðari (9 5/8") nær frá 352,3 m í 973,5 m dýpi. Borun holunnar og rannsóknnum á bortíma hefur verið lýst í tveimur áfangaskýrslum (Ásgrímur Guðmundsson o.fl., 1996b; Hjalti Franzson o.fl., 1996b). Hér á eftir verður fjallað um mælingar í holunni fyrstu mánuðina eftir borunina. Fyrst og fremst er um að ræða mælingar á hita og þrýstingi í holunni, í upphitun eftir borun og mælingar á þessum sömu mælistærðum í holunni blásandi. Þá verður einnig minnst lauslega á vatnsborðsbreytingar í holunni á meðan hún var að hitna upp eftir borun. Hita- og þrýstimælingarnar voru gerðar af mælingamönnum Orkustofnunar, en virkjunarmenn fylgdust með hækkun vatnsborðs í holunni í upphitun. Fjallað er um niðurstöður aflmælinga og athuganir á efnainnihaldi jarðhitavökvans í holu KJ-28 í sérstakri skýrslu (Trausti Hauksson 1997b).

3.2 Yfirlit yfir tímabilið 25. nóvember 1996 - 1. apríl 1997

Upphitun holu KJ-28 hófst klukkan 20:00 þann 25. nóvember 1996, þegar bormenn slökktu endanlega á skolvatnsdælum Jötuns. Fylgst var með upphitun holunnar næstu vikurnar, vatnsborð mælt reglulega og hita- og þrýstiferlar mældir tvívegis. Að kvöldi 9. janúar var dælt lofti á holuna og hún látin standa undir þrýstingi yfir nótt. Blástursprófun hófst að morgni 10. janúar og lauk henni 19. mars 1997. Fylgst var reglulega með aflí holunnar og aflferill mældur undir lok prófunarinnar. Þá voru og tekin sýni af renni holunnar (vatn, þéttivatn og gas). Í byrjun febrúar var hita- og þrýstimælum dýft í holuna til að ákvarða innstreymishita og þrýstiniðurdrátt í blæstri.

Í töflu 4 er birt yfirlit um borholumælingar sem gerðar voru í holunni eftir að borun lauk fram til 1. apríl 1997.

3.3 Mælingar í upphitun og blæstri

3.3.1 Vatnsborð

Í prepadælingunni við borlok þann 25. nóvember mældist vatnsborð holunnar á 160 m dýpi (167 m.v. drifborð) skömmu eftir að dælingu var hætt. Tveimur dögum síðar (27. nóvember) við fyrstu hita- og þrýstimælinguna var það á 133 m dýpi. Vatnsborðið steig áfram og mældist það á 92,5 m 2. janúar 1997. Vatnsborðið var ekki mælt samhliða hita og þrýstingi þann 9. janúar, en þrýstimælingin þá bendir ekki til þess að vatnsborð hafi hækkað svo neinu nemur frá

Tafla 4. Yfirlit fyrir tímabilið 96.11.25-97.01.04.

Dagsetn.	Tími	Mælingar	Athugasemdir
96.11.25	20:00		Upphitun hefst
96.11.27	17:30-20:00	Mældur hiti, þrýstingur og vatnsborð	
96.11.28	16:40	Mælt vatnsborð	
96.12.02	13:00	Mælt vatnsborð	
96.12.04	11:30	Mældur hiti og vatnsborð	
96.12.16		Mælt vatnsborð	
97.01.02		Mælt vatnsborð	
97.01.09	13:30-16:00	Mældur hiti og Þrýstingur	
97.01.10			Holan sett í blástur
97.02.04		Mældur hiti og þrýstingur í blæstri	
97.03.19		Holu lokað	

2. janúar.

Niðurstöður vatnsborðsmælinganna eru birtar í töflu 5 og sýndar á mynd 10. Vatnsborðsbreytingin á tímabilinu er fyrst og fremst tilkomin vegna hitapenslu vatnssúlunnar í holunni, þar sem vatnsborð í jarðhitakerfinu var tiltölulega stöðugt á þessu tímabili. Í holu KJ-6 lækkaði t.d. vatnsborð um 10 m frá lokum nóvember til 10 janúar og í holu KJ-3A féll vatnsborð um 6 metra á þessu tímabili.

Tafla 5. Vatnsborð í holu KJ-28.

Dagsetn.	Tími	Vatnsborð
96.11.25		160,0 m
96.11.27	17:30	133,0 m
96.11.28	16:40	129,0 m
96.12.02	13:00	118,2 m
96.12.04	11:30	113,0 m
96.12.16		99,5 m
97.01.02		92,5 m
97.01.09		92,0 m

3.3.2 Þrýstingur

Á mynd 12 eru sýndar þrýstimælingarnar sem gerðar voru í holu KJ-28 í upphitun eftir borun og í blæstri í byrjun febrúar. Mælingarnar í upphitun sýna þrýstjafnvægi á rúmlega 800 m dýpi í holunni. Þetta kemur ekki á óvart þar sem algjört skoltap varð í borun á 809 m dýpi (m.v. drifborð Jötuns). Þar er aðalvatnsæð holunnar og hefur sú æð stjórnað holuþrýstingi í upphitun. Samkvæmt mælingunum var þrýstingur á 800 m dýpi í jarðhitakerfinu við holu KJ-28 um 61 bar nú í nóvember-janúar. Samkvæmt vatnsborði holu KJ-6 var þrýstingur í efra Leirbotnakerfinu á þessu tímabili 2-3 börum undir þrýstingi kerfisins áður en vinnsla hófst fyrir um tuttugu árum. Ótruflaður upphafsþrýstingur aðalvinnsluæðar holu KJ-28 er því talinn

hafa verið um 63,5 bör. Þetta gildi ásamt áætluðum berghita hefur verið notað til að áætla upphafsþrýsting sem fall af dýpi við holu KJ-28. Ferillinn er dreginn sem brotin lína á mynd 12.

Hola KJ-28 er í greiðum þrýstitengslum við nálægar holur. Því var fylgst með vatnsborði nágrannanna, KJ-6 og KJ-3A, á meðan upphitun KJ-28 stóð og sérstaklega eftir að holan fór í blástur. Mæliniðurstöður í holu KJ-6 eru sýndar á mynd 13. Þar kemur fram að vatnsborð holunnar fellur mjög hratt eftir að blástur holu KJ-28 hefst. Í holu KJ-6 féll vatnsborðið um 45 metra fyrsta mánuðinn sem KJ-28 blés eða úr 64 m í um 110 m dýpi og um miðjan mars var vatnsborðsbreytingin í KJ-6 orðin um 65 m. Vatnsborð breyttist einnig í holu KJ-3A en minna en í KJ-6. Breytingin í KJ-3A var orðin um 25 m um miðjan febrúar, en þá var þeirri holu hleypt í gos. Þrýstimælingin sem gerð var 4. febrúar í holu KJ-28 blásandi er sýnd á mynd 12. Samanburður við fyrri þrýstimælingar bendir til niðurdráttar um 10 bar við 800 metra æðina, en rennsli var um 30 kg/s. Hluti af þessum niðurdrætti hefur breiðst út um kerfið, eins og vatnsborðsmælingarnar í grannholunum sýna og er greinilegt að hola KJ-28 dregur verulega niður í holum á áhrifasvæði sínu. Ef tekið er tillit til vatnsborðsbreytinganna í grannholunum sést að staðbundinn niðurdráttur við helstu vinnsluæð holu KJ-28 er u.þ.b. 5-6 bar þegar 30 kg/s eru tekin úr holunni. Vinnslustuðull æðarinnar er samkvæmt þessu 5-6 kg/s á bar.

3.3.3 Hiti

Mynd 14 sýnir hitamælingarnar sem gerðar voru á meðan á upphitun stóð auk mælingarinnar sem gerð var 4. febrúar í holunni blásandi. Erfitt er að ákvarða berghita við holu KJ-28 út frá þessum mælingum. Tilraun var þó gerð í þá átt og var m.a. stuðst við hita í grannholunum, KW-1, KJ-6 og KG-12. Samkvæmt þessu mati fylgir berghiti suðumarki frá vatnsborði á 40 metrum í 300 m dýpi og hækkar hiti á þessu dýptarbili úr 100 í 220°C. Á 300 m er gert ráð fyrir að komið sé í efra Leirbotnakerfið og helst hiti stöðugur í 700 m dýpi, en hækkar þaðan og í botn (1000 m) í tæplega 300°C.

Samkvæmt hitamælingunni 4. febrúar er innstreymishiti við æðina á 800 m dýpi um 235°C og er áætlaður berghiti á því dýpi felldur að því gildi. Botnhiti holunnar í síðustu mælingu er um 220°C, sem er langt undir áætluðum berghita. Þar er stuðst við hita á 1000 m dýpi í holu KW-1 og má vera að ofhátt sé áætlað. Gögnin til að meta berghitann við holu KJ-28 eru hins vegar léleg og þarf að endurskoða matið, þegar holan hefur jafnað sig eftir blástur. Væntanlega liggja þær mælingar fyrir næsta haust.

3.4 Niðurstöður

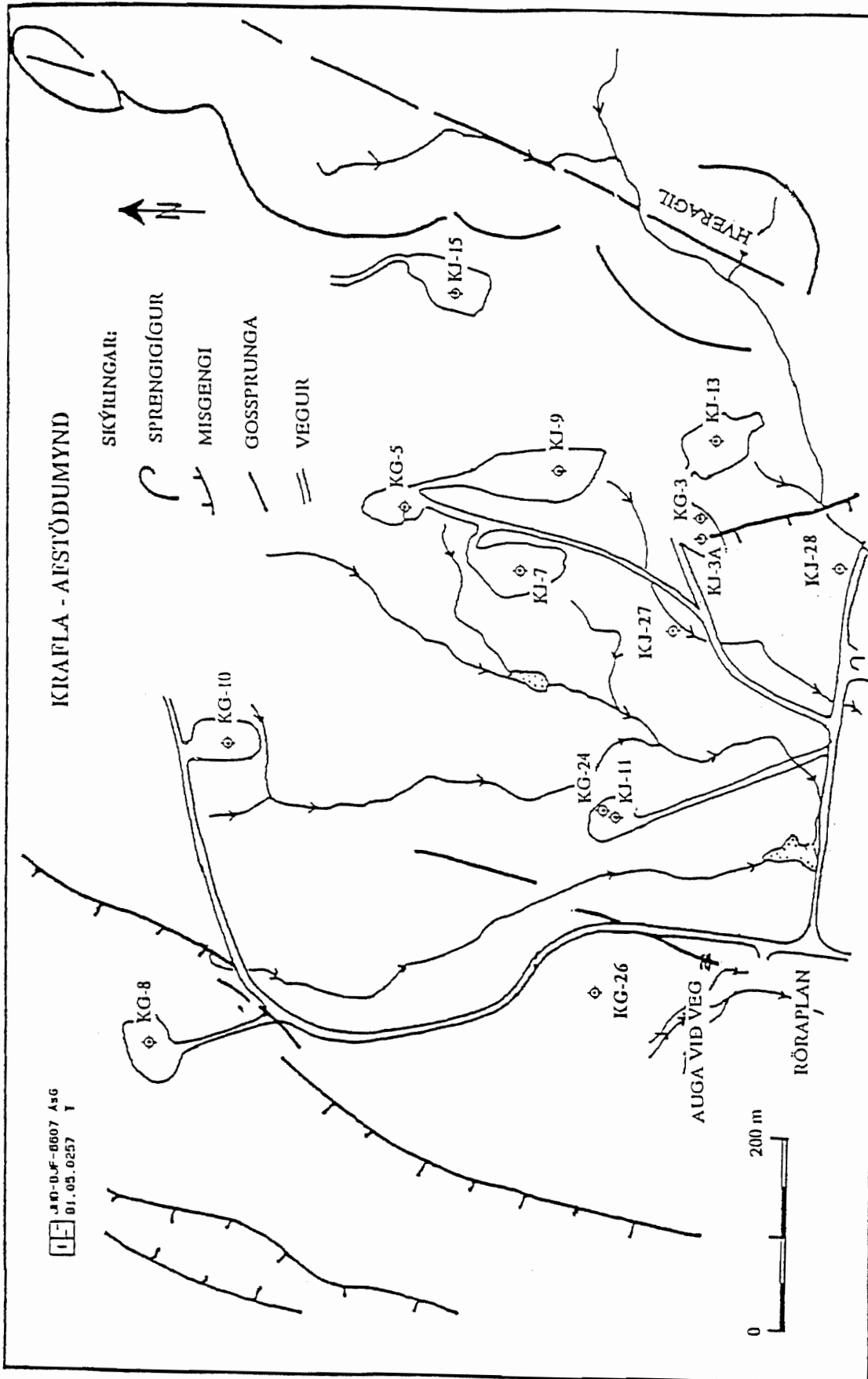
Hola KJ-28 var boruð í 1003 m dýpi til að afla lágþrýstigufu. Helsta vinnsluæð holunnar er á 800 m dýpi, þar varð algjört skotap í borun og þrýstijafnvægi ríkti við æðina á meðan upphitun stóð. Hola KJ-28 er aflmikil hola sem skilar allt að 60 kg/s í heildarrennsli.

Innstreymishiti vinnsluæðarinnar er 235°C sem er um 15-30°C hærri hiti en mælist á sambærilegu dýpi í öðrum efrakerfisholum í Leirbotnum.

Vatnsborð í holu KJ-6 bregst mjög við vinnslu (eða ádælingu) úr holu KJ-28. Þetta sterka þrýstisamband er milli holnanna, gefur til kynna að sprungan sem KJ-28 vinnur úr liggji ekki fjarri holu KJ-6.

4. HEIMILDIR

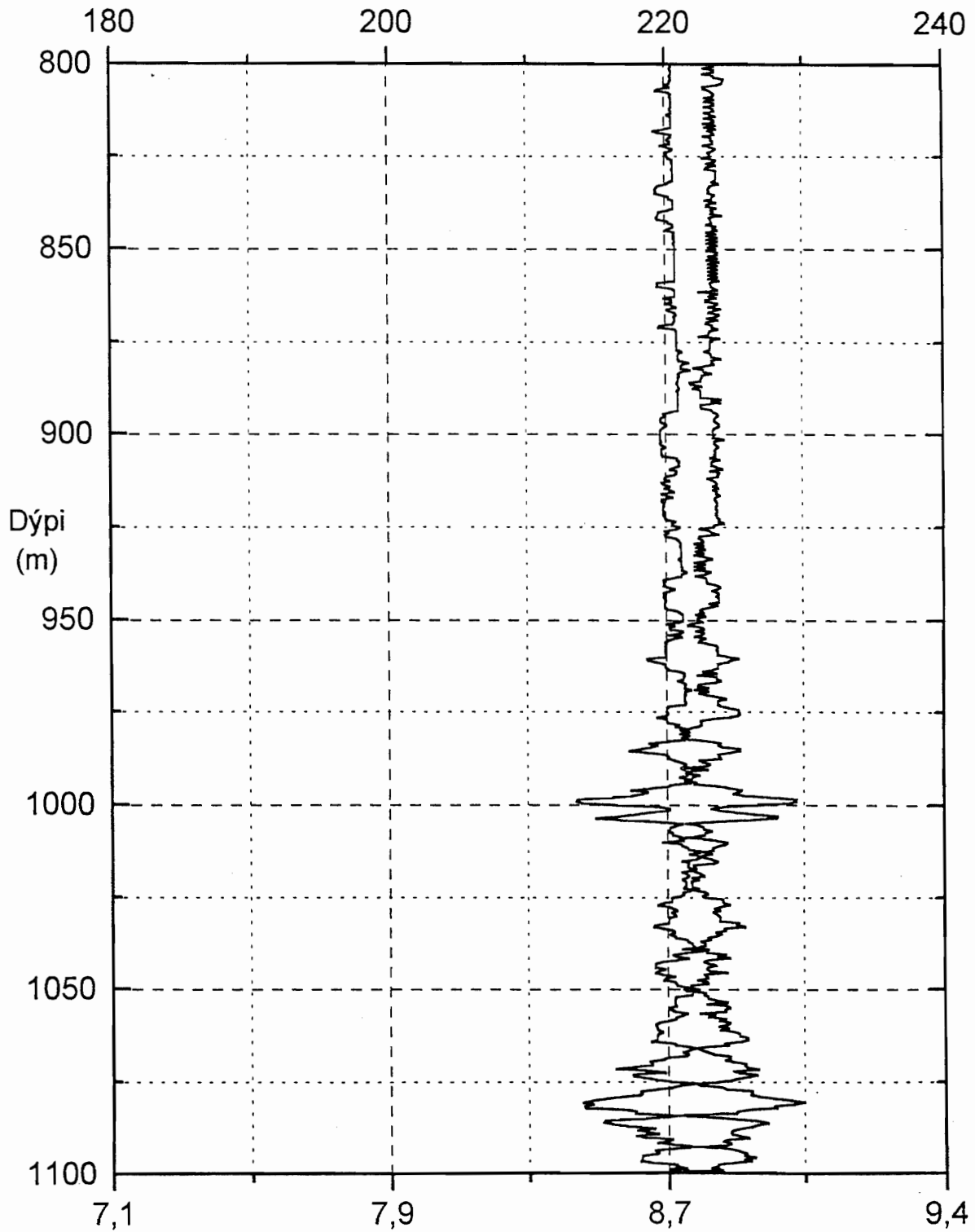
- Ásgrímur Guðmundsson, Ómar Sigurðsson, Sigurður Benediktsson, Jósef Hólmjárn og Dagbjartur Sigursteinsson 1991: Krafla. Borun 2. áfanga holu KG-26. Orkustofnun, OS-91041/JHD-24 B. Unnið fyrir Landsvirkjun. 24 s.
- Ásgrímur Guðmundsson, Sigurður Benediktsson, Hilmar Sigvaldason og Dagbjartur Sigursteinsson, 1991: Krafla. Borun 1. áfanga holu KG-26. Orkustofnun, OS-91041/JHD-23 B. Unnið fyrir Landsvirkjun. 26 s.
- Ásgrímur Guðmundsson, Hjalti Franzson, Ómar Sigurðsson, Sigurður Benediktsson, Jósef Hólmjárn og Dagbjartur Sigursteinsson, 1992. Krafla. Borun 3. áfanga holu KG-26. Orkustofnun, OS-92009/JHD-03 B. Unnið fyrir Landsvirkjun. 46 s.
- Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Guðlaugur Hermannsson, Jósef Hólmjárn, Dagbjartur Sigursteinsson og Sigurður Benediktsson, 1996. Krafla borun holu KJ-27, 1. áfangi (70 - 395 m). Orkustofnun, OS-96058/JHD-36 B, Unnið fyrir Landsvirkjun.
- Ásgrímur Guðmundsson, Guðmundur Ó Friðleifsson, Jósef Hólmjárn, Ómar Sigurðsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Sverrir Þórhallsson og Sigurður Benediktsson, 1996. Krafla, borun holu KJ-28. 2. áfangi (67 - 392 m). Orkustofnun, OS-96069/JHD-39 B. Unnið fyrir Landsvirkjun. Nóvember.
- Benedikt Steingrímsson og Grímur Björnsson 1996: Borholumælingar í Kröflu og Bjarnarflagi árið 1995. Orkustofnun, OS-96025/JHD-14 B.
- Halldór Ármannsson, Grímur Björnsson og Ásgrímur Guðmundsson, 1993. Krafla - KG-26. Upphitun Upphleying og blástur. Orkustofnun, OS-93033/JHD-16 B. Unnið fyrir Landsvirkjun. 36 s.
- Hjalti Franzson, Ásgrímur Guðmundsson, Guðmundur Ómar Friðleifsson, Jósef Hólmjárn, Ómar Sigurðsson, Sigurður Sveinn Jónsson og Dagbjartur Sigursteinsson, 1996. Krafla. Hola KJ-28, 3. áfangi. Borun Vinnsuhluta holunnar frá 392 m í 1003 m. Orkustofnun, OS-96079/JHD-46 B. Unnið fyrir Landsvirkjun.
- Hjalti Franzson, Hilmar Sigvaldason, Ómar Sigurðsson, Sverrir Þórhallsson, Dagbjartur Sigursteinsson, 1996. Krafla. Borun Vinnsuhluta holu KJ-27. Orkustofnun, OS-96061/JHD-37 B. Unnið fyrir Landsvirkjun.
- Trausti Hauksson, 1997: Blástursprófun holu KJ-27 í Kröflu. Afköst og styrkur efna í vatni og gufu. Unnið fyrir Landsvirkjun.
- Trausti Hauksson, 1997: Blástursprófun holu KJ-28 í Kröflu. Afköst og styrkur efna í vatni og gufu. Unnið fyrir Landsvirkjun.



Mynd 1. Krafla. Afstaða borholna.

Krafla - Hola KG-26
Viddarmæling 24. ágúst 96

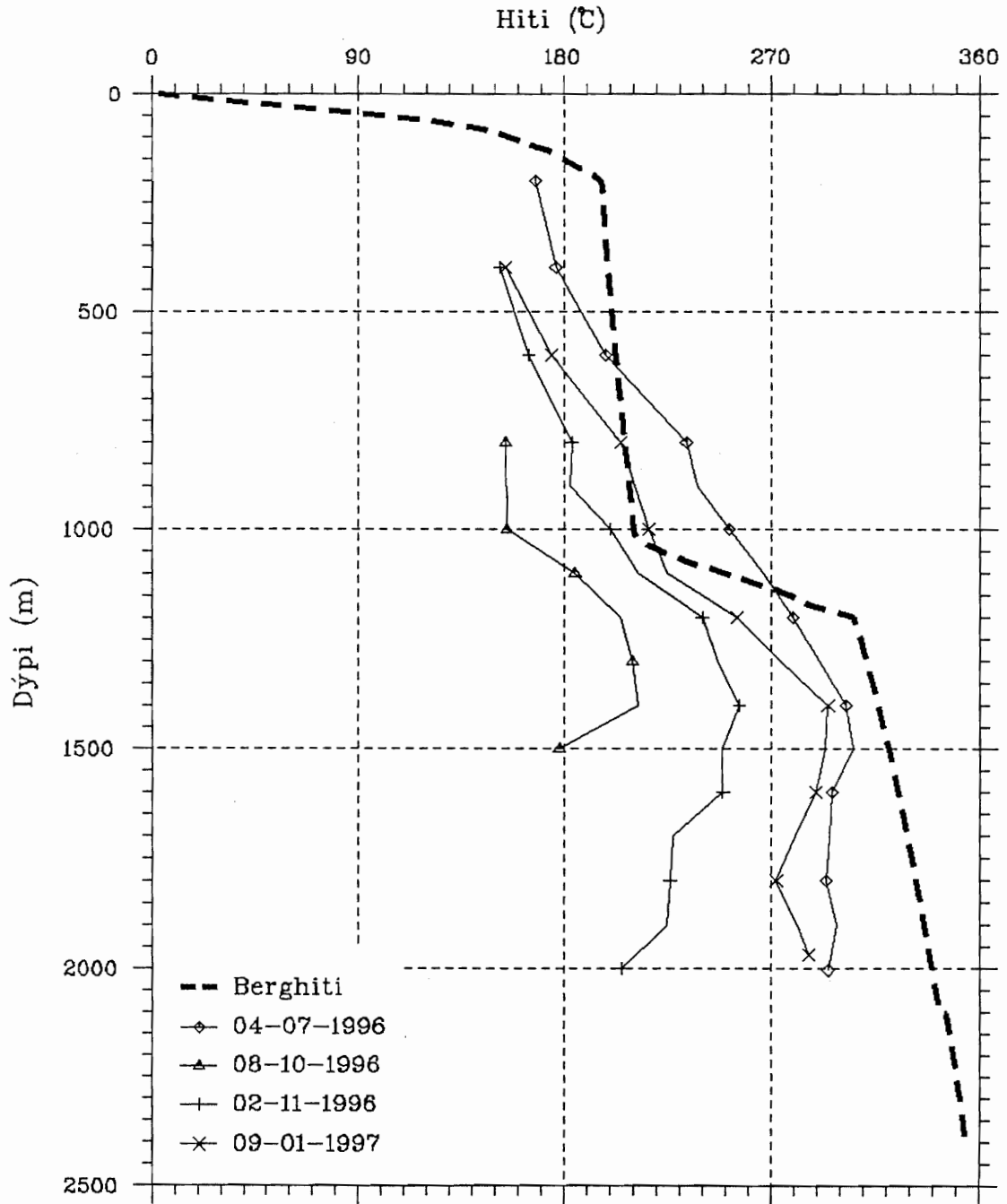
Vidd mm
240



Mynd 2. Viddarmæling holu KG-26.

23 Apr 1997 bs
L= 58026 Oracle

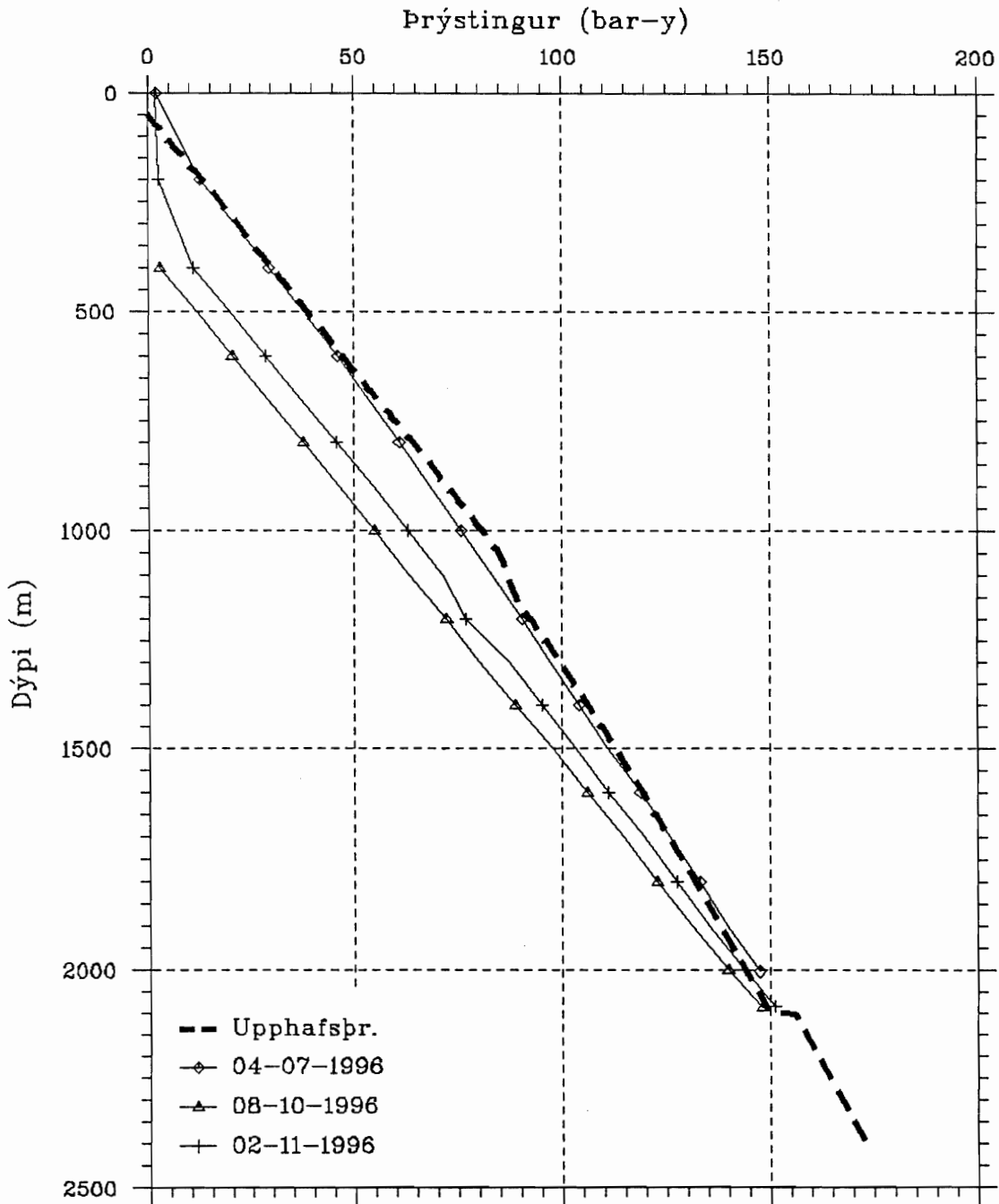
KRAFLA HOLA KG-26 Hitamælingar á árunum 1996-7



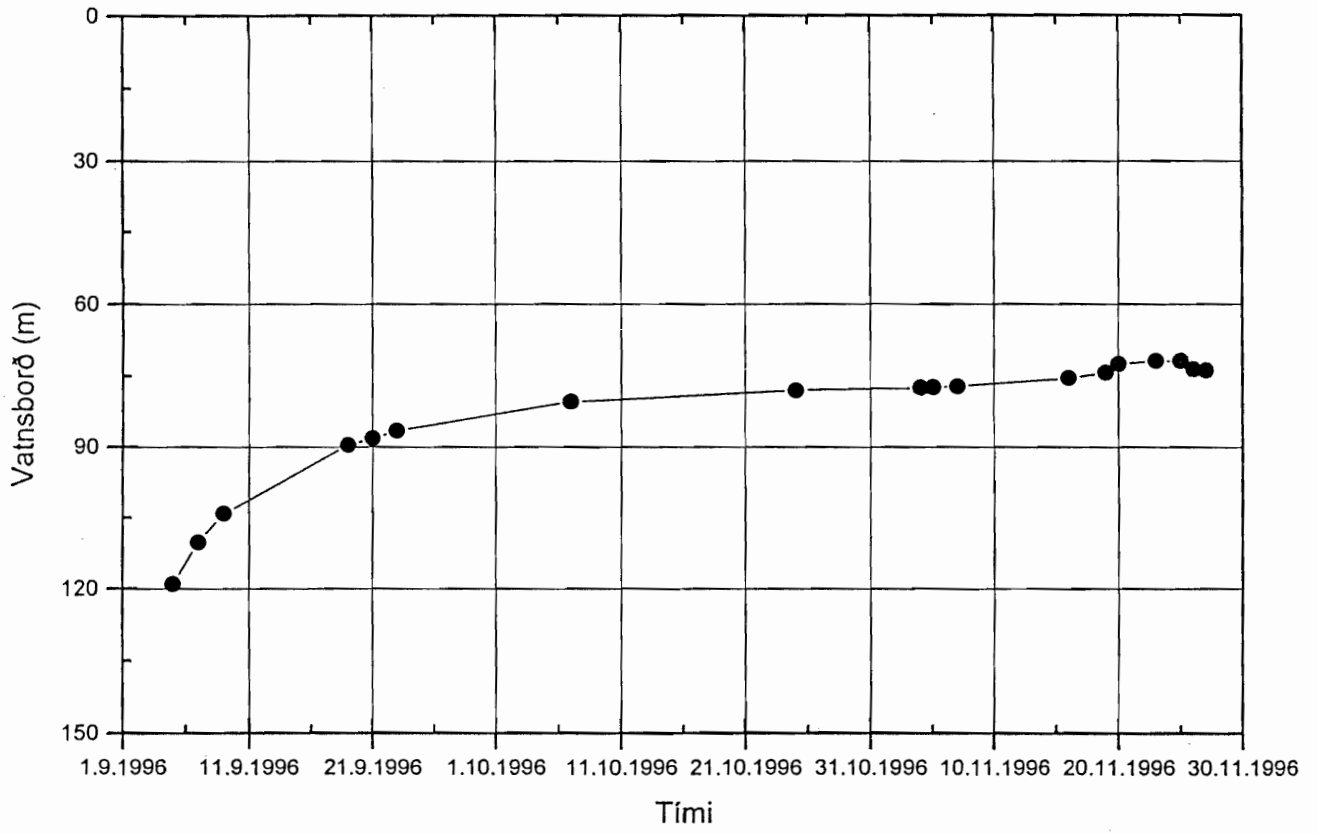
Mynd 3. Hitamælingar í holu KG-26, 1996 og 1997.

23 Apr 1997 bs
L= 58026 Oracle

KRAFLA HOLA KG-26 Prýstimælingar á árinu 1996



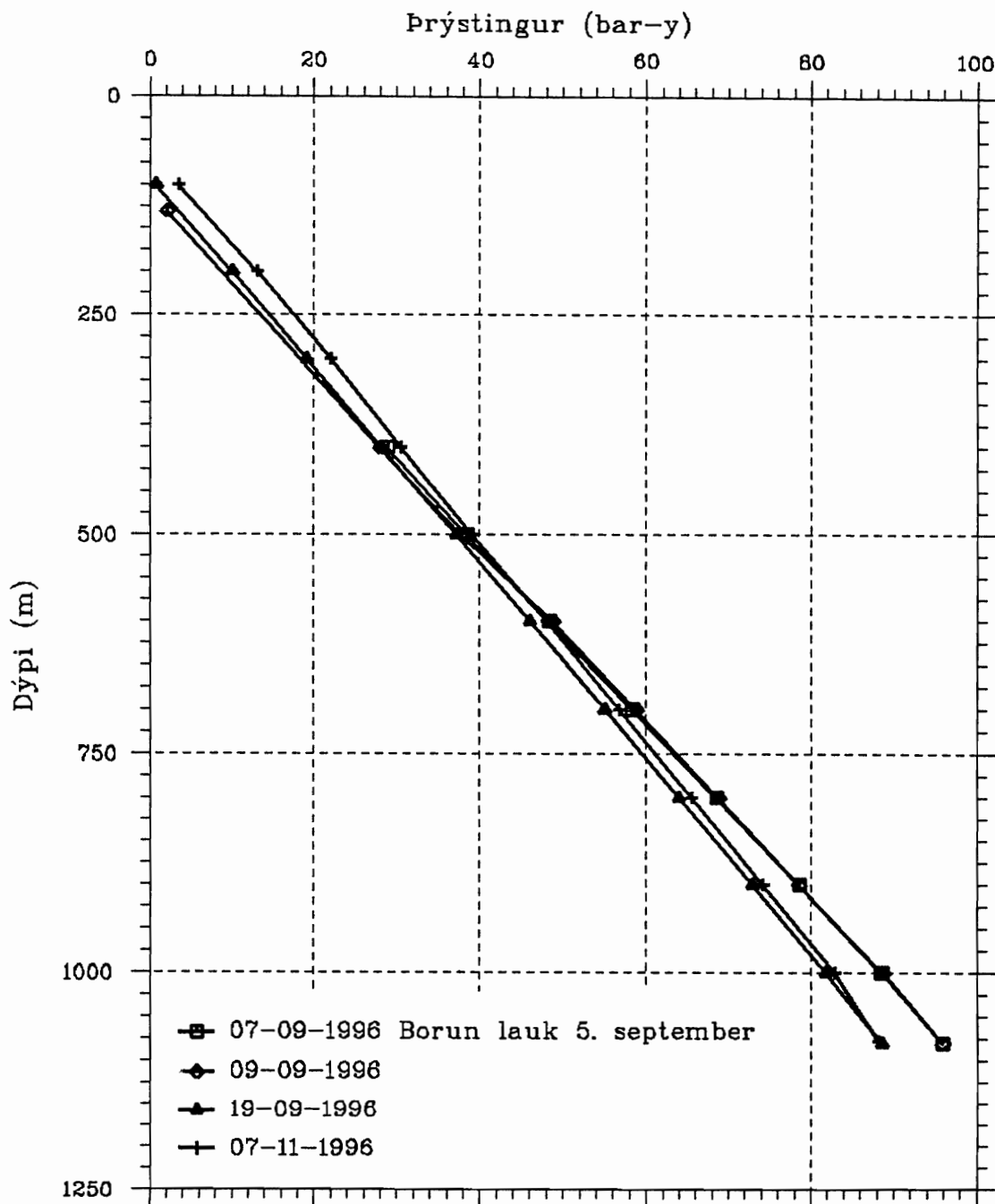
Mynd 4. Prýstimælingar í holu KG-26 1996.



Mynd 5. Vatnsborðsbreytingar í holu KG-26 í upphitun eftir borun.

IE 22 Apr 1997 bs
L= 58027 Oracle

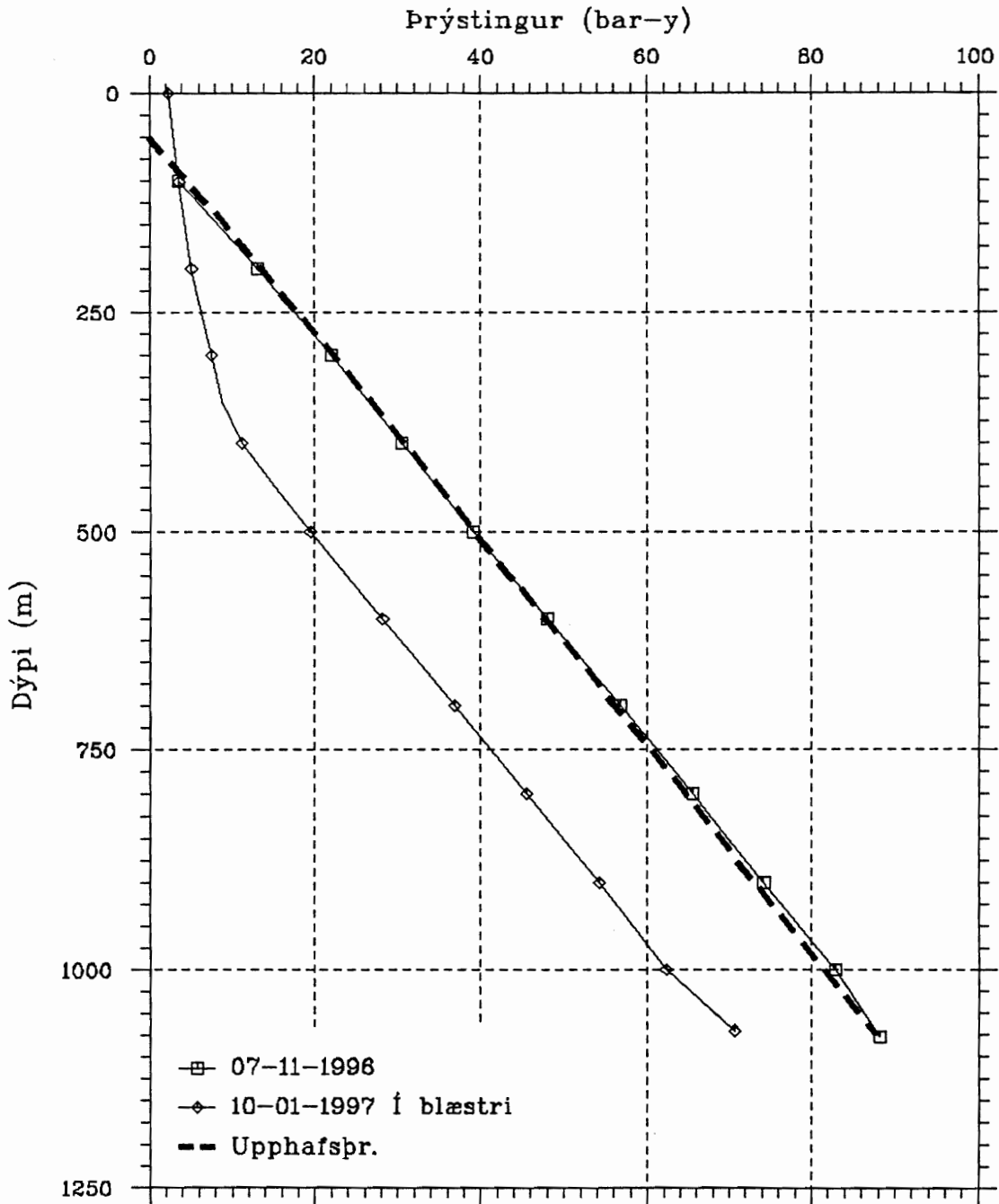
KRAFLA HOLA KJ-27 Prýstímælingar í upphitun



Mynd 6. Prýstímælingar í holu KJ-27 í upphitun eftir borun.

22 Apr 1997 bs
L= 58027 Oracle

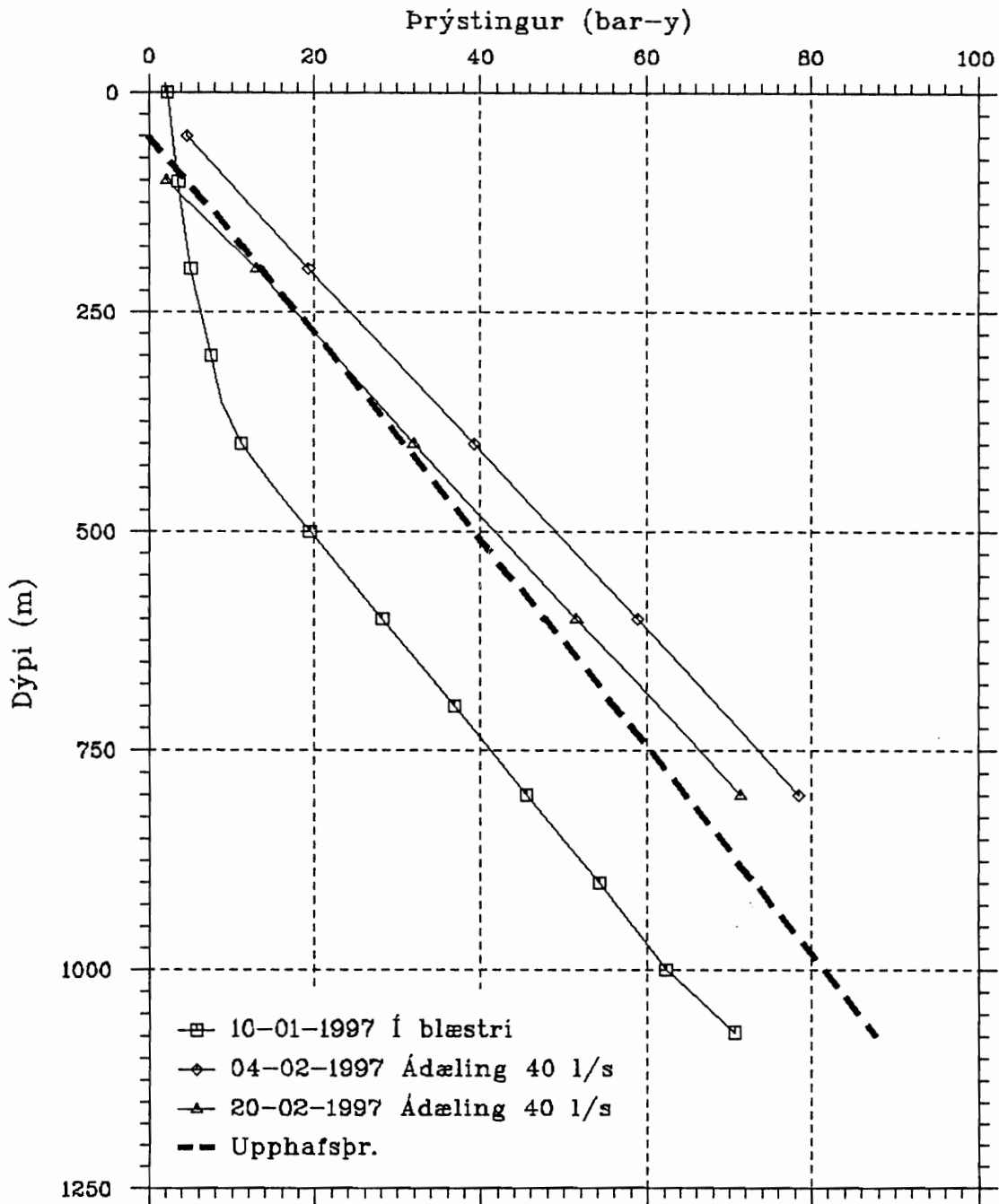
KRAFLA HOLA KJ-27 Ýmsar þrýstimælingar



Mynd 7. Ýmsar þrýstimælingar í holu KJ-27.

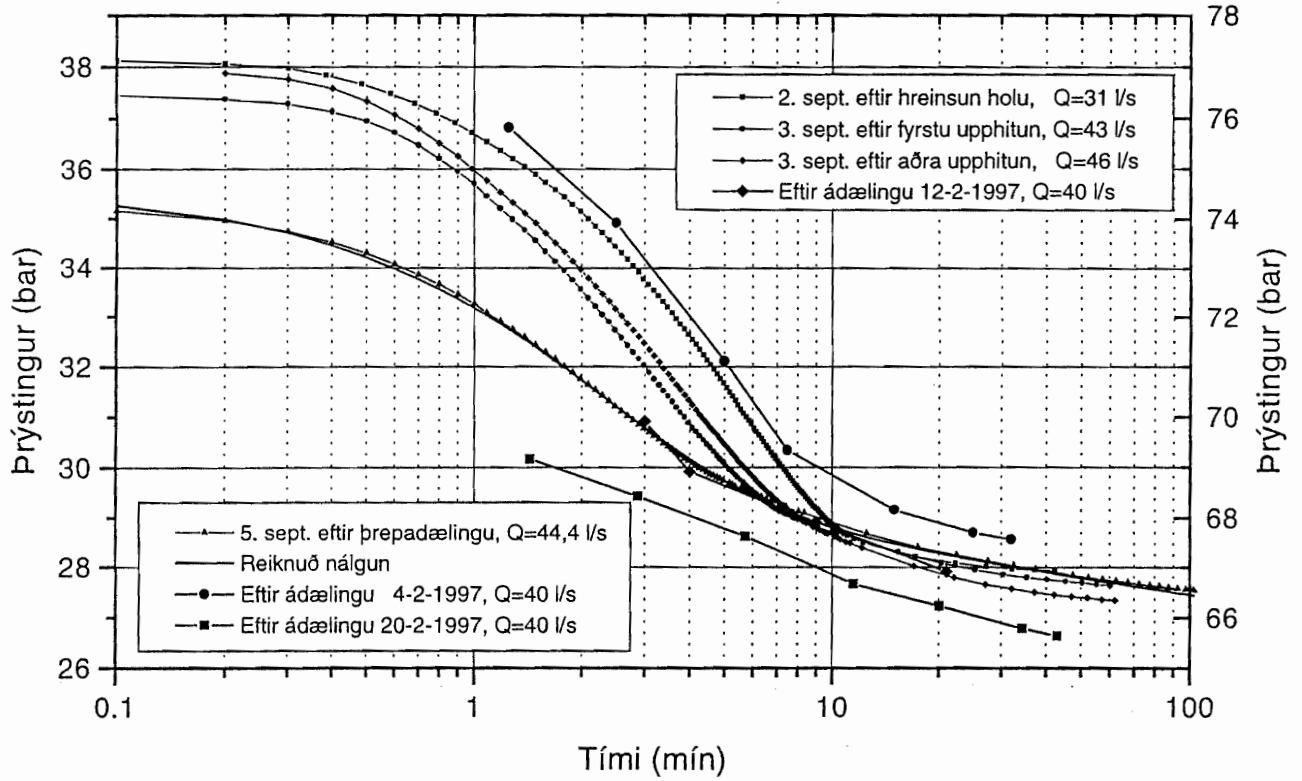
22 Apr 1997 bs
L= 58027 Oracle

KRAFLA HOLA KJ-27 Ýmsar þrýstimælingar



Mynd 8. Ýmsar þrýstimælingar í holu KJ-27.

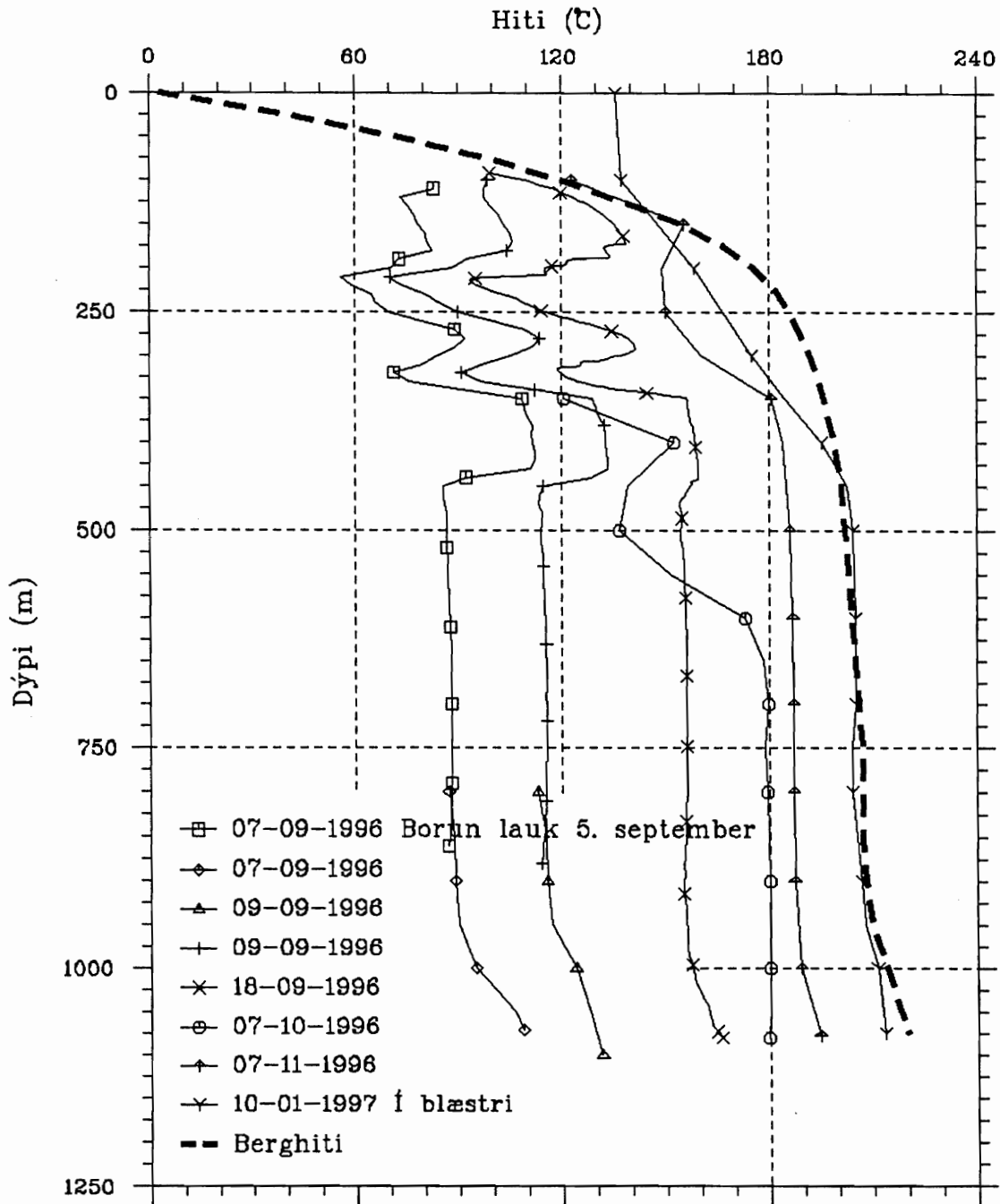
Fall vatnsborðs KJ-27 Þrýstingur á 400 m og 800 m



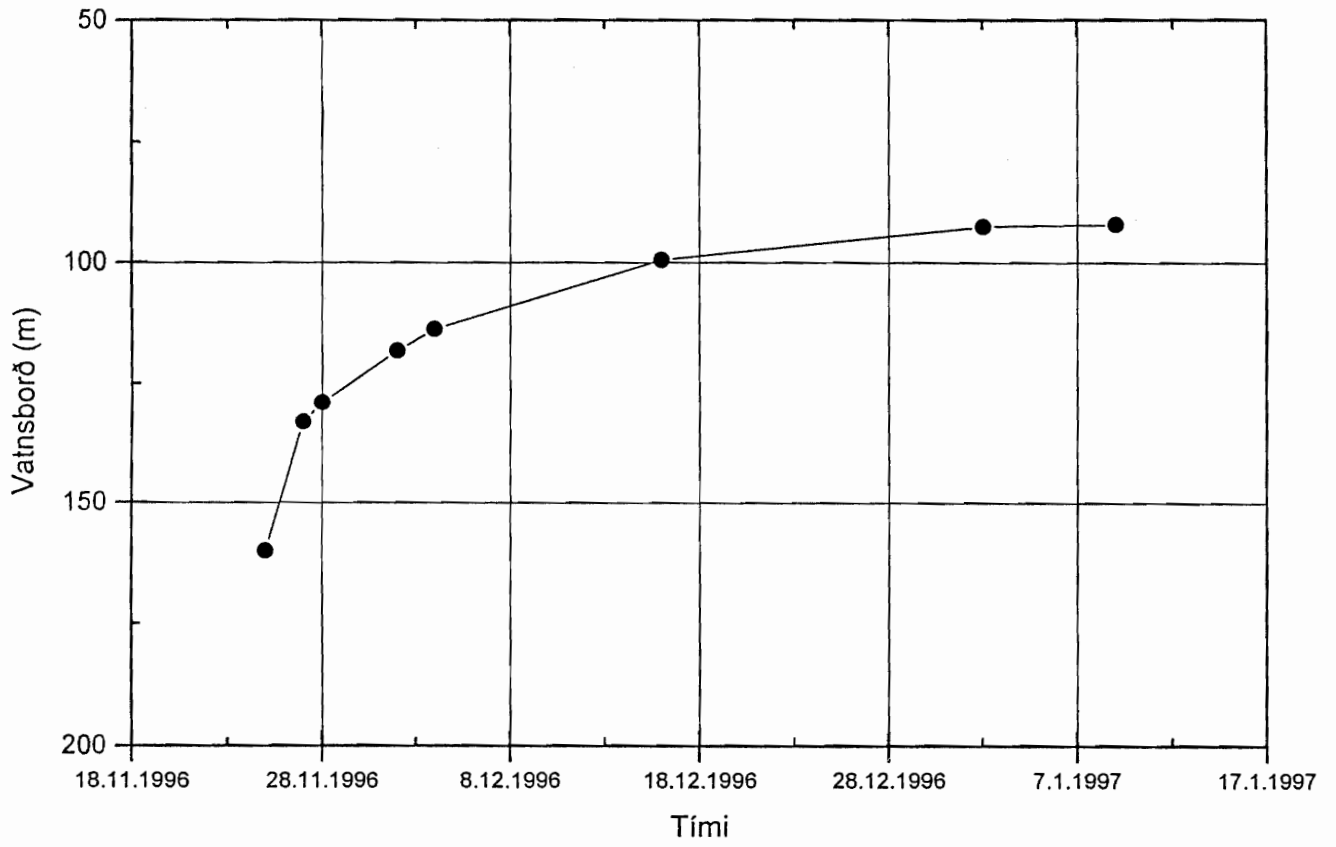
Mynd 9. Fall vatnsborðs í KJ-27 eftir ádælingu.

22 Apr 1997 bs
L= 58027 Oracle

KRAFLA HOLA KJ-27 Hitamælingar og berghiti



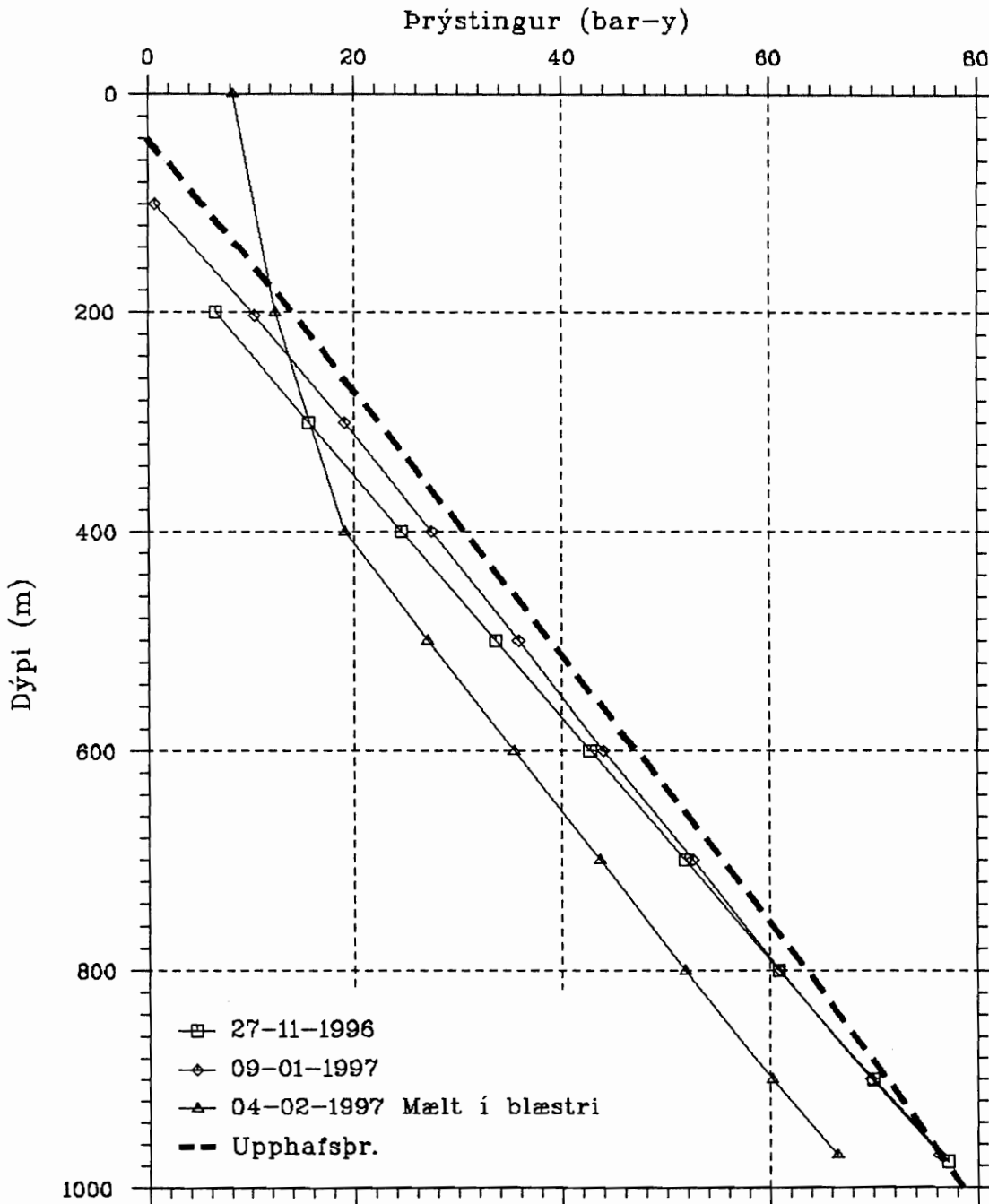
Mynd 10. Hitamælingar í holu KJ-27 og berghiti.



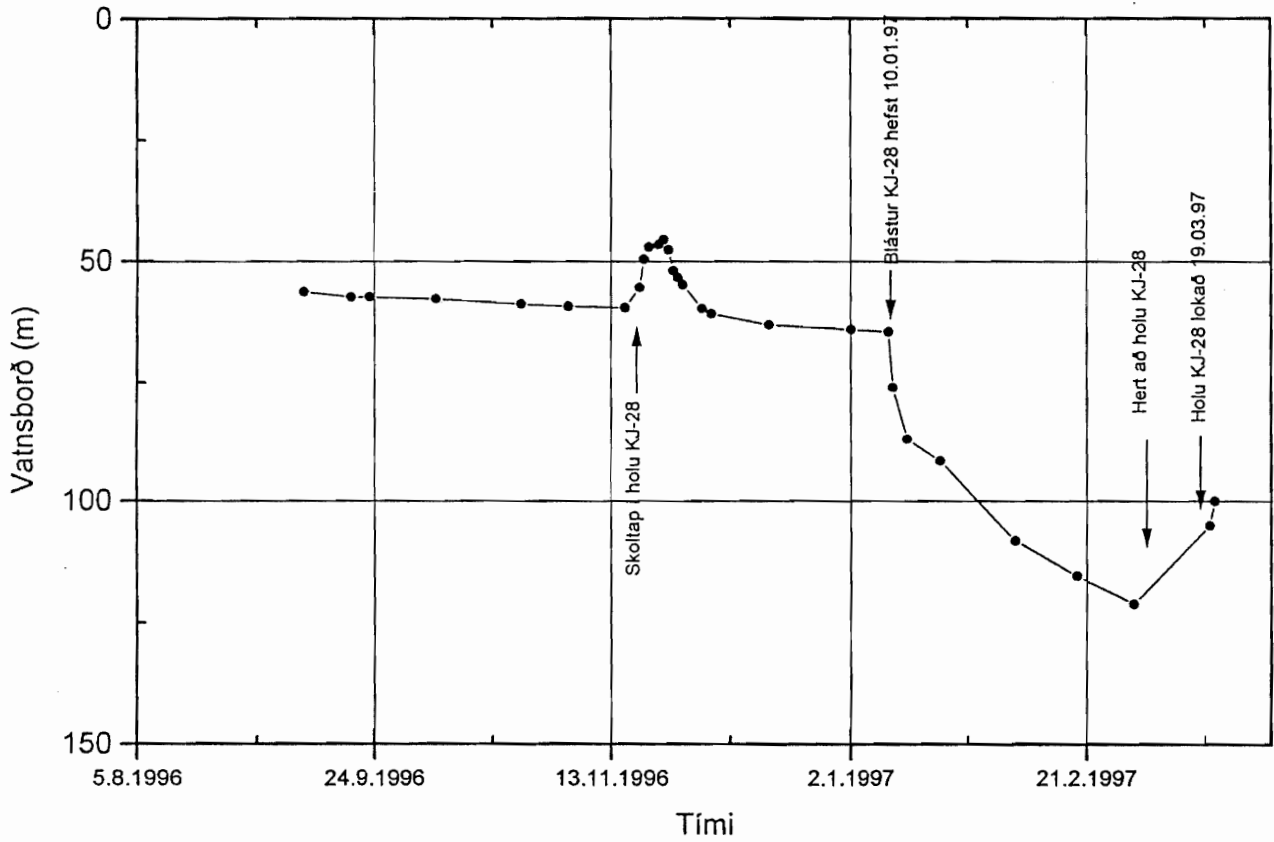
Mynd 11. Vatnsborðsbreytingar í KJ-28 í upphitun eftir borun.

1 Apr 1997 bs
L= 58028 Oracle

KRAFLA HOLA KJ-28 Þrýstimælingar



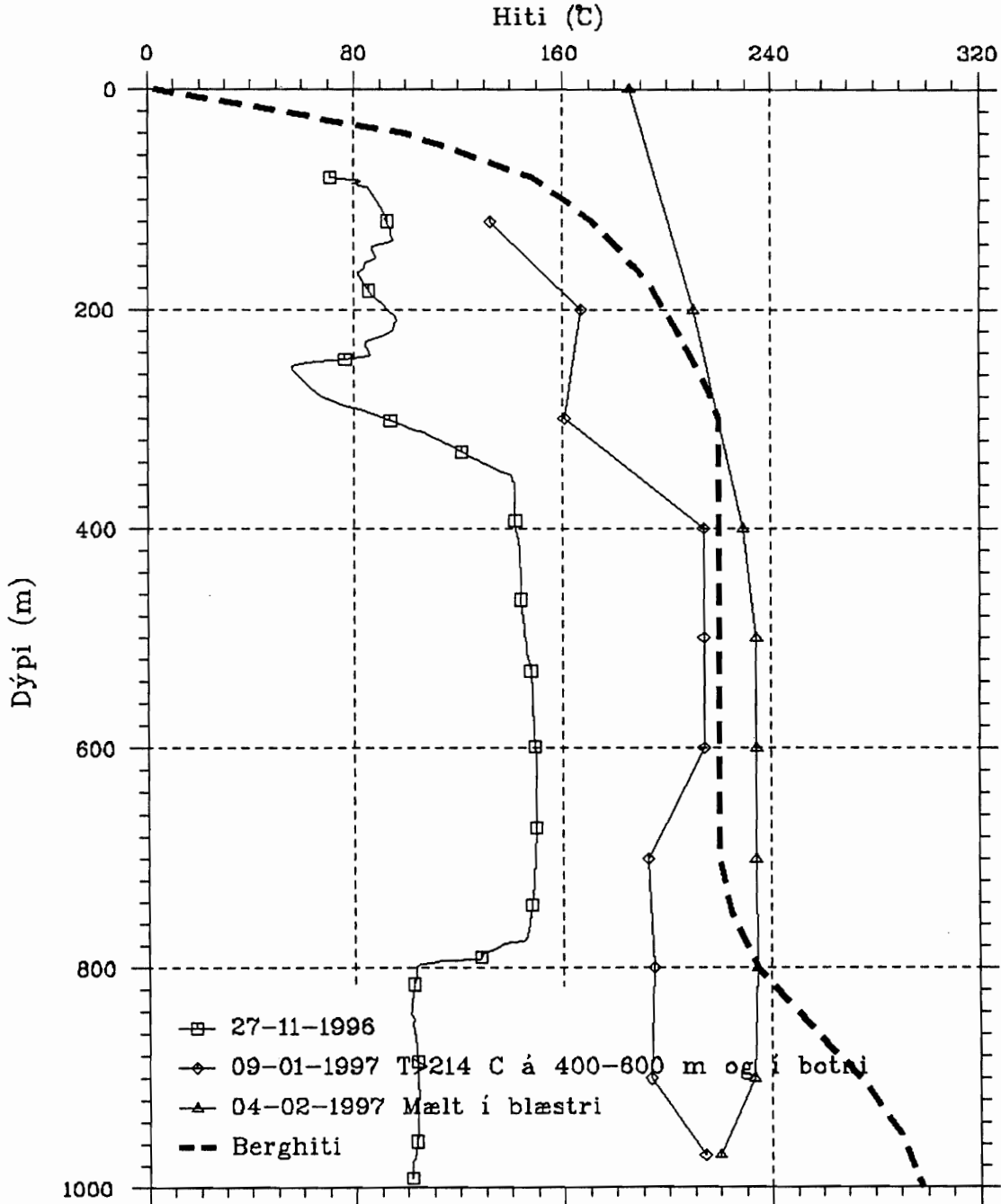
Mynd 12. Þrýstimælingar í KJ-28 í upphitun eftir borun og í blæstri.



Mynd 13. Vatnsborðsbreytingar í holu KJ-6 vegna ákælingar eða vinnslu úr holu KJ-28

17 Apr 1997 bs
L= 58028 Oracle

KRAFLA HOLA KJ-28 Hitamælingar



Mynd 14. Hitamælingar í holu KJ-28 í upphitun og blæstri.