



KRAFLA, hola KJ-27

**3. áfangi:
Fóðrun með 9^{5/8}"
vinnslufóðringu og
borun vinnsluhluta**

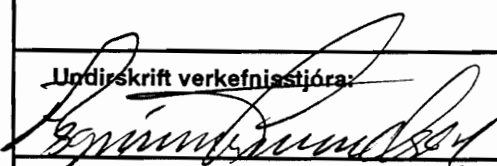
**Ásgrímur Guðmundsson
Benedikt Steingrímsson
Dagbjartur Sigursteinsson
Guðlaugur Hermannsson
Hilmar Sigvaldason
Ómar Sigurðsson
Sigurður Sveinn Jónsson
Sigurður Benediktsson
Sigvaldi Thordarson**

Unnið fyrir Landsvirkjun

**ORKUSTOFNUN**

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Lykilsíða

Skýrsla nr.: OS-97072	Dags.: Desember 1997	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til:
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: KRAFLA, HOLA KJ-27 3. áfangi: Fóðrun með 9 5/8' vinnslufóðringu og borun vinnsluhluta	Upplag: 25	
	Fjöldi síðna: 58	
Höfundar: Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Guðlaugur Hermannsson, Hilmar Sigvaldason, Ómar Sigurðsson, Sigurður Sveinn Jónsson, Sigurður Benediktsson, Sigvaldi Thordarson	Verkefnisstjóri: Ásgrímur Guðmundsson	
Gerð skýrslu / Verkstig: Áfangaskýrsla, 3. verkáfangi	Verknúmer: 630 665	
Unnið fyrir: Landsvirkjun		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Lýst er borun 3. áfanga holu KJ-27 í Kröflu. Holan er í Leirbotnum í línu á milli KJ-11 og KJ-3A. Um er að ræða fóðrun með 9 5/8' vinnslufóðringu og borun vinnsluhluta holunnar. Gerð er grein fyrir undirbúningi og gangi borverksins og birt þau gögn og upplýsingar, sem safnað var meðan á fóðrun, borun og upptekt leiðara stóð. Verkið stóð yfir frá 9. október til 8. nóvember og tók því alls 30 verkdaga. Sjálfri boruninni lauk 3. nóv. á 1771 m dýpi. Upphaflega var gert ráð fyrir að holan ynni vökva úr efra kerfi Leirbotna, en vegna lélegrar gæfni var ákveðið að fóðra af efra kerfið og dýpka síðan holuna með það að markmiði að skera tvær sprungur sem liggja austan holunnar. Gerðar voru hefðbundnar mælingar, þ.e. á hita, halla, vídd, steypugæðum, dæluprófun, svo og greiningar jarðlaga og ummyndunar eftir borsvarfi. Helstu vatnsæðar eða vísbendingar um vatnsæðar fundust á níu stöðum í holunni. Borverkið er unnið af Jarðborunum hf. samkvæmt verklýsingu.		
Lykilorð: Háhitasvæði, nýting, vinnsluhola, borun, borholumælingar, jarðlög, ummyndun, vatnsæðar	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra: 	
	Yfirfarið af:	



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 630 665

Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Guðlaugur Hermannsson, Hilmar Sigvaldason, Ómar Sigurðsson, Sigurður Sveinn Jónsson, Sigurður Benediktsson og Sigvaldi Thordarson

KRAFLA, HOLA KJ-27

3. áfangi: Fóðrun með 9⁵/₈" vinnslufóðringu og borun vinnsluhluta

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS - 97072

Desember 1997

ORKUSTOFNUN: Kennitala 500269-5379 - Sími 569-6000 - Fax 5688896

Netfang os@os.is - Heimasíða <http://www.os.is>



EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR.....	3
2. BORSAGA	3
2.1 Fóðrun með 9 5/8”	3
2.2 Borun vinnsluhluta	8
3. BORHOLUMÆLINGAR.....	16
4. ÞREPADÆLING	20
5. JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR.....	21
5.1 Jarðlög og ummyndun.....	22
5.2 Vatnsæðar	22

Töfluskrá

Tafla 1. Fóðrunarskýrsla.....	6
Tafla 2. Gangur borunar vinnsluhluta með 8 ½” krónu.	8
Tafla 3. Halla- og stefnumælingar í borun	9
Tafla 4. Mælingar á skoli	12
Tafla 5. Fóðrunarskýrsla	14
Tafla 6: Mælingar í holu KJ-27 haustið 1997	18

Myndaskrá

Mynd 1. Afstöðumynd af Kröflusvæðinu	25
Mynd 2. Lega holu KJ-27 með tilliti til nærliggjandi sprungna.....	26
Mynd 3. Viddarmæling fyrir upptekt fôðringar.....	27
Mynd 4. Hitamælingar 1996 og við 8 l/s kælingu 1997.....	28
Mynd 5. Viddarmælingar 1996 og 1997.....	29
Mynd 6. Viddarmælingar fyrir steypingu vinnslufôðringar.....	30
Mynd 7. Viddarmæling og reiknað rúmmál bakvið 9 5/8" fôðringu.....	31
Mynd 8. Hitamælingar fyrir steypingu.....	32
Mynd 9. Hitamælingar - Leitað að steypuborði.....	33
Mynd 10. Steypubinding.....	34
Mynd 11. Steyping 9 5/8" fôðringar í gegnum stengur.....	35
Mynd 12. Hitamælingar fyrir skáborunartæki.....	36
Mynd 13. Hitamælingar vegna niðursetningar borstrengs.....	37
Mynd 14. Hitamælingar eftir upptekt úr 1612 m dýpi.....	38
Mynd 15. Vatnsborðsmæling - holudýpi 1612 m dýpi.....	39
Mynd 16. Þrýstimæling frá 700 m dýpi.....	40
Mynd 17. Dýpi 1669 m og borstrengur fastur.....	41
Mynd 18. Hitamælingar eftir upptekt 1. nóv. 1997.....	42
Mynd 19. Fallmælingar eftir 40 l/s ádælingu, dýpi 1669 m.....	43
Mynd 20. Þrýstimæling - holudýpi 1669 m.....	44
Mynd 21. Einfaldað jarðlagasnið og mælingar á skoli.....	45
Mynd 22. Fallmælingar eftir 40 l/s ádælingu.....	46
Mynd 23. Gangur borunar.....	47
Mynd 24. Hitamæling eftir að borun lauk.....	48
Mynd 25. Þrepaðæling 7.11.97.....	49
Mynd 26. Þrýstingsþrep.....	50
Mynd 27. Breyting þrýstings.....	51
Mynd 28. Nálgun við þrep.....	52
Mynd 29. Fallmælingar.....	53
Mynd 30. Einfaldað jarðlagasnið og jarðlagamælingar.....	54

1. INNGANGUR

Hola KJ-27 var boruð í ágúst 1996 niður á 1104 m dýpi. Hún er í Leirbotnum og var valinn staður sem er nokkurn veginn á línu milli holu KJ-11 og KJ-3A, um það bil 30 m vestan við gufulögna í 486,4 m h.y.s. Staðsetning holunnar er sýnd á mynd 1 og eru hnit hennar:

$$X = 443.303,55$$

$$Y = 579.580,18$$

Tvær skýrslur voru gefnar út ásamt verklýsingu um borun holunnar niður í 1104 m dýpi:

Verklýsing fyrir holur KJ-27 og KJ-28 (OS-96039/JHD-24 B)

Krafla borun KJ-27 - 1. Áfangi 70 - 395 m (OS-96058/JHD-36 B)

Krafla - > Borun vinnsluhluta holu KJ-27 (OS-96061/JHD-37 B)

Í skýrslunum er gerð grein fyrir undirbúningi og gangi borverksins og þeim upplýsingum er féllu til meðan á því stóð. Upphaflega var gert ráð fyrir að holan ynni vökva úr efra kerfi Leirbotna og var hönnuð sem slík. Vegna lélegrar gæfni var ákveðið að fódra af efra kerfið með steyptri 9 5/8" fódningu og dýpka síðan holuna með það að markmiði að skera tvær sprungur, Leirbotna- og Hveragilssprunguna, sem liggja austan holunnar en halla í átt til hennar. Til verksins var notað stefnuborunartæki og var ráðgerð stefna $100^\circ \pm 10^\circ$ og hallaupbygging um $2^\circ/30m$ þar til 30° halla yrði náð. Nánari lýsingu er að sjá á mynd 2.

Áður en borun vinnsluhlutans gat hafist varð að taka upp 9 5/8" leiðara og setja niður 9 5/8" vinnslufódningu og steypa hana. Áætlað var að bora vinnsluhlutann niður á 2100 m dýpi í þeim áfanga sem hér er fjallað um með 8 1/2" krónu og setja niður raufaðann 7" leiðara. Þá voru gerðar nauðsynlegar mælingar bæði fyrir og eftir upptekt 9 5/8" leiðara og fyrir og eftir niðurstetningu og steypingu 9 5/8" vinnslufódningar.

Fjarlægð frá kjallarabrún að efri brún drifborðs er 6,87 m. Allar dýptartölur í þessari skýrslu eru miðaðar við drifborð Jötuns, eins og venja er, nema annað sé tekið fram.

Atburðarás borunarinnar og undanfarandi aðgerða er rakin hér á eftir og greint er frá eða birt öll gögn og upplýsingar, sem fallið hafa til meðan á fódrun, borun og upptekt leiðara stóð. Verkið var unnið af Jarðborunum hf. samkvæmt útboðslýsingu KRA-08 og meðfylgjandi greinargerð um forsendur fyrir hönnun hins nýja vinnsluhluta holu KJ-27 (ÁsG-97/07).

2. BORSAGA

2.1 Fódrun með 9 5/8"

Dýpkun holu KJ-27 hófst með því að 9 5/8 leiðari var tekinn upp. Áður var holan viddarmæld til að kanna, hvort einhverjar útfellingar væru til staðar innan á 13 3/8" fódningunni eftir blástursprófanirnar. Hengistykki fódningar var á 353 m dýpi miðað við drifborð Jötuns og voru efstu 360 m holunnar viddarmældir síðdegis 14. október 1997. Engar útfellingar voru merkjanlegar innan í fódningunni af viddarmælingunni eins og sést á mynd 3 og því ákveðið að fara beint í upptekt leiðarans. Ákveðið var á verkfundi þriðjudaginn 14. október að sleppa því að setja niður 12 1/4" borkrónu í holuna til að hreinsa hugsanlegar útfellingar í henni og viddarmæla hana frekar, en setja krónuna niður ef ástæða þætti til. Engin fyrirstaða virtist í holunni og því var farið með fiskitæki beint niður og fest í leiðara. Að kvöldi 15. október var leiðarinn kominn upp og leit hann vel út. Útfellingarskæni var sjánlegt efst í leiðaranum og var sýni skafið af hengistykkinu. Það var greint í XRD-tæki Orkustofnunar og reyndist vera kalsít (OS-XRD 30550). Þar neðan við var nánast engin oxunarskán merkjanleg.

Að kvöldi 15. október var leiðarinn kominn upp og holan þá hita- og viddarmæld. Hitamælingin er sýnd á mynd 4 ásamt völdum mælingum frá borun holunnar 1996 og má þar greina niðurrennsli frá vatnsæð á um 453 m dýpi og allt niður í æð á um 1010 m dýpi. Dýpra óx hitinn í holunni og var um 153°C við botn holunnar á 1098 m dýpi. Vegna hita þótti ekki ráðlegt að fara með viddarmælinn dýpra en í 1040 m. Holan var því viddarmæld þaðan og upp. Viddarmælingin er sýnd á mynd 5 ásamt mælingum frá 1996. Mynd 6 sýnir svo mælinguna nú og þann mismun í þvermáli holunnar sem reiknast milli mælingarinnar nú og frá 1996. Þar sést að skápur kringum 750 m dýpi kemur ekki eins vel fram nú, en víðast hvar reyndist munurinn milli mælinganna mjög lítill. Vegna þessa þótti óhætt að notast við mælinguna frá 1996 til að reikna út steypumagn fyrir neðstu 60 m holunnar. Reiknað jafnaðarþvermál holunnar og áætlað steypumagn er svo sýnt á mynd 7, en samkvæmt því er rúmtakið utan fódningar rúmlega 60 m³.

Þegar leiðarinn var kominn á geymsluplan við holu KJ-23 var 9 5/8" fódringu komið fyrir á rekka og byrjað að setja hana niður að morgni fimmtudagsins 16. október og var lokið við það rétt fyrir hádegi föstudaginn 17. október. Þá voru stangir settar niður og tengdar við stungustykki og holan kæld frá klukkan 02:15. Að morgni 18. október var holan hitamæld innan í borstreng til að kanna hvort hún væri orðin nógu köld fyrir steypingu. Hitamælingarnar eru sýndar á mynd 8 og ná niður að stungustykki á 1069 m. Mælingarnar sýna að holan var orðin nægilega köld.

Steyping hófst laugardaginn 18. október klukkan 10:32 þegar steypa fór að renna í blöndunarker. Eðlisþyngd steypunnar var mæld á 2-3 mínútna fresti og var meðaleðlisþyngd 1,61 g/cm³. Alls var mælt 18 sinnum. Lægst var eðlisþyngdin 1,55 g/cm³ og hæst 1,67 g/cm³. Steypingu var hætt klukkan 11:26 og vatni dælt á eftir steypunni. Eftirdæling varði í um 17 mínútur. Gert var ráð fyrir því að dæla þar til lækkað hefði um 53 cm í keru. Dælingu var hins vegar hætt eftir 17 mínútur eins og áður sagði, en þá var þrýstingur á dælulögn kominn í 80-100 bar. Hafði þá lækkað um 45 cm í keru en það samsvarar um 10.000 lítrum. Fyrstu steypingu fódningar lauk um kl. 11:45 án þess að nokkuð kæmi upp, en niður fóru um 78 tonn af G-sementi. Rúmum fimm tímum síðar var holan hitamæld til að kanna hvort greina mætti steypuborð utan fódningar, og eins til að kanna hvort lekinn utan með fódringu næði niður að því steypuborði. Hitamælingarnar sem sýndar eru á mynd 9 bentu til að steypuborð væri á um 470 m dýpi nálægt vatnsæðum sem tóku við utan á dælingunni. Þegar steypan hafði harðnað meira var hægt að ákvarða betur steypuborð og steypubindingu fódningar. Skömmu fyrir kl. 23 um kvöldið var hitamæli rennt niður holuna til að sjá kælinguna af utanadælingunni og til að kanna hversu djúpt væri hægt að fara með CBL-mælinn en hitaþol hans er takmarkað (mynd 9). Unnt reyndist að fara með hann niður að steypueðju sem sest hafði og harðnað á 1033 m dýpi innan fódningar. Mæling á steypubindingu fódningar er sýnd á mynd 10. Má þar greina að steypuborð utan fódningar er á um 474 m dýpi, á móts við vatnsæð, og að bindingin væri mjög góð þaðan og til botns holunnar, þó aðeins um 13 tímar væru liðnir frá steypingu.

Steyppt var milli fódringa sunnudagsmorguninn kl. 9:00 úr 25 tonnum af sement og tók það 16 mínútur. Eðlisþyngd var mæld á um þriggja mínútna fresti og var hún á bilinu 1,52-1,56 g/cm³. Snarlega var hætt þegar steypa hafði fyllt á milli fódringa. Beðið var með að þrifa steyputæki og um klukkan 10:02 var steyppt úr 7 tonnum niður á milli fódringa þar sem fyrri steypa hafði sigið. Þrem klukkustundum síðar var steyppt úr örlitlu magni en þá voru aðeins rúmir 4 m niður á steypu. Þessu var öllu lokið um kl. 13 þann 19. október. Um kl. 21:40 var byrjað á að hitamæla holuna til að skoða hve djúpt væri óhætt að fara með steypumælinn. Hitamælingin er sýnd á mynd 9, en á henni sést hitaferill í holunni um 12 klst eftir að steyppt var ofan frá á milli fódringa. Hitinn er víðast um og innan við 70 °C en á 240 m fer hitinn yfir 100 °C. Byrjað var á steypumælingu um kl. 23:40. Mælingin er sýnd með slitróttum ferli á mynd 10 ásamt fyrri steypumælingu. Fram kemur að steypa númer tvö er byrjuð að harðna en ekki orðin fullhörð

ennhá. Steypan nær niður að fyrra steypuborði í 474 m og er fódningin vel steypd á þessu dýpi. Allar nánari upplýsingar um fódninguna og steypingu hennar er að finna í fódrunarskýrslu í töflu 1 og á mynd 11.

Meðan steypa var að harðna sunnudaginn 19. október var lokið við frágang 10” WKM-loka og lauk því verki um kvöldmat.

Tafla 1. Fóðrunarskýrsla



FÓÐRUNARSKÝRSLA

Eyðublað nr. 68-051

Verk nr. 420-661	Hola nr. KJ-27	Borstaður Krafla	Bor Jötunn	Verkkaupi Landsvirkjun
Vídd holu 12 1/4"	Dýpt holu mv. drifborð 1.103,84	Fóðring nr. 3	Fóðrun framkv. dags.	Utfyllt af: D.Sig

Holudýpi frá flangsi				Fóðringard. frá fl.				Röretalning				
1.096,48 m				1.093,84 m								
FÓÐRING	Gerð	K-55		Þyngd		47 lbs/ft		LENGD	NR	MS	ALLS m	
	Utanmál	9 5/8"		Innanmál		220,5 mm						
	Veggþykkt	12 mm		Pontunarnr.								
	Tengi	Skrúfuð Buttress						11,61	1		11,61	
	Flangsi	Í slif í holuflangsi						13,77	2	X	25,38	
	Stungutengi	Float Collar						14,17	3		39,55	
	Skór	Float Shoe						12,91	4		52,46	
STEYPING	Miðjustillar	15	stk	Steyputappar	0	stk	13,75	5	X	66,21		
							13,98	6		80,19		
	Steypa 1 þurrefni	78.000	kg	Tafefni	280	kg	13,57	7		93,76		
	Eðlisþyngd	1,6	kg/l	Steypingartími	56	min	14,16	8	X	107,92		
	Steyputæki	Jet Mixari og Halliburton steypudæla						13,92	9		121,84	
	Steypa kom upp	?	Nei	Eðlisþyngd steypu upp		kg/l	13,72	10		135,56		
	Eftirdæling	8.400	ltr	Eftirdæling	16	min	14,13	11	X	149,69		
FRÁGANGUR	Steypa 2 þurrefni		kg				14,02	12		163,71		
							12,56	13		176,27		
	Dýpi á steypu utan róra	470	m	Steypt utan með eftir	20	klist	14,20	14	X	190,47		
	Steypa þurrefni	32.000	kg	Skorið ofan af eftir	25	klist	13,81	15		204,28		
	Dýpi á steypu í róri	1.047	m	Steypa boruð eftir	53	klist	14,14	16		218,42		
							14,09	17	X	232,51		
							14,26	18		246,76		
ATHUGASEMDIR							14,01	19		260,77		
Steypa kom ekki upp. Eftir að steypa var sest til tók holan við 12 - 13 l/sek.							14,09	20	X	274,86		
Steypt var utanmeð eftir 20 klist. Úr 25.000 kg af G-blöndu, 40 mín seinna úr 7.000 kg. Og							14,14	21		289,00		
3 kist seinna úr örtiltu magni en þá voru aðeins rúmir 4 m. niður á steypu.							13,80	22		302,80		
Slífin milli 13 3/8" fóðurrörsins og 9 5/8" rörsins gekk mjög illa niður á milli röranna og							12,89	23	X	315,69		
þurfti að slípa mikið af henni svo hún kæmist.							13,67	24		329,36		
							13,72	25		343,08		
							13,53	26	X	356,61		
							13,50	27		370,11		
							14,15	28		384,26		
							13,43	29	X	397,69		

Tafla 1. Fóðrunarskýrsla (framhald)



JARÐBORANIR HF
SKIPHOLTÍSD - 105 REYKJAVÍK

FÓÐRUNARSKÝRSLA

Framhaldseyðublað nr. 68-051

Verk nr. 420-661	Hola nr. kj-27	Borstaður Krafla	Fóðring nr. 3	Blaðsíða nr. 2
---------------------	-------------------	---------------------	------------------	-------------------

RÖRATALNING				RÖRATALNING				RÖRATALNING			
LENGD	NR.	MS	ALLS m	LENGD	NR.	MS	ALLS m	LENGD	NR.	MS	ALLS m
13,90	30		411,59	14,04	62		856,50				
13,78	31		425,37	14,05	63		870,55				
14,08	32		439,45	13,72	64		884,27				
13,76	33		453,21	14,06	65		898,33				
13,65	34		466,86	14,03	66		912,36				
13,84	35		480,70	13,70	67		926,06				
14,02	36		494,72	13,58	68		939,64				
13,58	37		508,30	13,60	69	X	953,24				
13,65	38		521,95	13,47	70		966,71				
14,18	39		536,13	14,26	71		980,97				
13,88	40		550,01	13,72	72	X	994,69				
13,72	41		563,73	13,85	73		1.008,54				
14,22	42		577,95	13,84	74		1.022,38				
14,17	43		592,12	14,18	75	X	1.036,56				
14,01	44		606,13	14,21	76		1.050,77				
14,04	45		620,17	14,05	77		1.064,82				
13,97	46		634,14	0,75	Colli		1.065,57				
13,98	47		648,12	13,93	78	X	1.079,50				
14,00	48		662,12	13,93	79	X	1.093,43				
13,87	49		675,99	0,41	Skór		1.093,84				
14,05	50		690,04								
13,49	51		703,53								
13,71	52		717,24								
14,16	53		731,40								
13,41	54		744,81								
13,57	55		758,38								
14,14	56		772,52								
13,75	57		786,27								
14,11	58		800,38								
14,09	59		814,47								
13,79	60		828,26								
14,20	61		842,46								

2.2 Borun vinnsluhluta

Steypa í fódningu var boruð út með gamalli 8 ½" (216 mm) borkrónu af gerðinni EHP-61-A og var ætlunin að bora niður í 1200 m dýpi, áður en tekið yrði upp úr holunni og stefnuborunartækin sett niður. Var vonast eftir að holan yrði orðin lek, þannig að hægt væri að kæla hana niður undir botn þegar stefnuborunartækin færu niður. Þar með væri tryggt að þau yrðu ekki í hættu í niðursetningu vegna hita. Komið var í steypu á um 1044 metra dýpi en stungustykki var á um 1072 metra dýpi. Steypa var boruð fram á kvöld og að auki stungustykki og flotskór. Áður en borað var niður úr fódningu voru öryggislokar prófaðir. Komið var í berg á 1104 metra dýpi um klukkan 21:30 að kvöldi mánudagsins 20. október. Áætlað var að bora beint niður á 1200 m dýpi en sveigja þaðan til S80A eða 100° ±10°. Miðað var við að bora þar til leki kæmi inn í holuna eða að allt að 1200 m dýpi, en að taka þá upp. Borun var hætt um klukkan 17:00 þriðjudaginn 21. október á um 1180 metra dýpi, en leki hafði mælst skömmu áður. Þegar búið var að taka upp kom í ljós að lekinn hafði að mestu þéttst. Því var hitamælt áður en byrjað var að setja stefnubortækin niður. Byrjað var að hitamæla kl. 20:00 þann 21-10-1997 og fylgst með hita í botni holunnar í rúma hálfu klukkustund áður en hitamælt var upp aftur. Hitamælingarnar eru sýndar á mynd 12 og sýna að holan hitnar um nálægt 5 °C á klukkustund og neðan 1000 m hitnar holan nokkuð hratt með dýpi.

Byrjað var að taka upp og setja niður skáborunartæki frá Halliburton. Hófst það verk um klukkan 21:30 að kvöldi þriðjudagsins 21. október. Skáborunartækin voru sett saman og var uppbygging strengsins með þeim hætti að neðst var 8 ½" borkróna frá Reed af gerðinni EHP-61-A þar ofan við er 6 ¾" Dynadrill F2000S bormótór, MWD-tæki (measure while drilling), stýring, "Monel" álagsstangir, stýringar, álagsstangir Jötuns, tengistykki og borstangir Jötuns. Settir voru niður standar aðfaranótt miðvikudagsins niður í rúmlega 1000 metra dýpi en þaðan voru stangir settar niður ein og ein og dælt á milli. Gangur borunar er sýndur í töflu 2. Eins og þar kemur fram var hann nokkuð skrykkjóttur.

Tafla 2. Gangur borunar vinnsluhluta með 8 ½" krónu.

Dagur	Borun á dag (m)	Bortími (klst)	Meðalborhr. (m/klst)	Tími á borkrónu (klst)	Dýpi (m)
20. 11 97	11	3	3,7	3*	1115
21. 11 97	65	15,5	4,2	18*	1180
22. 11 97	80	5	16	5	1260
23. 11 97	126	7,5	16,8	12,5	1386
24. 11 97	216	13,5	16	21	1602
25. 11 97	10	1	10	22	1612
26. 11 97	57	3	19	3	1669
27. 11 97	0	0	0	3	1669
28. 11 97	0	0	0	3	1669
29. 11 97	0	0	0	3	1669
30. 11 97			0	0	1669
31. 11 97			0	0	1669
01. 11 97	3	1	3	1	1672
02. 11 97	62	15,5	16,5	16,5	1734
03. 11 97	37	12	3,1	28,5	1771

Þegar borað hafði verið í um 1260 m var ákveðið að taka upp borstreng vegna þess að boðmerki úr stefnubúnaði skiluðu sér illa til yfirborðs. Mótórin var í góðu lagi en skipt var

um MWD-tæki. Áður en borstrengur var settur niður aftur var hitamælt til að kanna hve djúpt væri óhætt að fara með borbúnaðinn vegna hita. Byrjað var á hitamælingu kl. 04:30 þann 23. október og var mælingum lokið fyrir kl. 06. Hitamælt var bæði á niður- og uppleið og eru hitaferlarnir sýndir á mynd 13. Ádæling var 3-4 l/s þegar byrjað var á mælingum en fór vaxandi. Stærstur hluti ádælingar fór niður í 1220 m samkvæmt mælingum og þar neðan við reis hiti hratt með dýpi, enda engan leka þar að finna. Borun var síðan haldið áfram. Bergið sem borað var í var að mestu basalthraunlög og basaltinnskot. Frá rúmlega 1400 - 1640 m dýpi var borað í finkorna, fersklegt basaltinnskot. Borað var í gegnum sprungu á 1573 m dýpi, sem líklega er umrædd Leirbotnasprungu, en hún var annað meginkotmarkið í boruninni. Allt skol tapaðist eða yfir 40 l/s. Smám saman þéttist lekinn þannig að tapið fór niður í um 20 l/s. Á föstudeginum 25. október, þegar komið var niður í 1612 m var ákveðið að taka upp vegna erfiðleika við hallaupbyggingu eins og fram kemur í töflu 3, en í töflunni eru sýndar niðurstöður halla- og stefnumælinga meðan á borun stóð. Ekki var ljóst hvað olli því að mótorinn "datt" stundum og virtist hættu að byggja upp. Eina ráðið til að breyta þessu að mati sérfræðinga Halliburton var að breyta uppsetningu á strengnum eins og með því að færa krónustýringu upp fyrir MWD mælikolla. Þannig skyldi borað þar til nægum halla væri náð, en þá mundi verða tekið upp á ný og settur niður "læstur" strengur.

Tafla 3. Halla- og stefnumælingar í borun

Mælt dýp (m)	Halli (°)	Stefna (°)	Raundýpi (m)	Hliðrun (m)	Hnit m		DLS (°/30m)	Halla-upbygging (°/30m)	Ráp (°/30m)
0,00	0,00	0,00	0,00	-0,00	107,93N	100,90E	0,00	0,00	0,00
1094,00	0,00	0,00	1094,00	-0,00	107,93N	100,90A	0,00	0,00	0,00
1174,00	2,30	5,10	1173,98	-0,14	109,53N	101,04A	0,86	0,86	0,00
1203,00	2,60	39,60	1202,95	0,14	110,62N	101,51A	1,53	0,31	35,69
1231,00	5,90	91,20	1230,88	1,87	111,08N	103,36A	5,08	3,54	55,29
1260,00	6,60	96,20	1259,71	5,01	110,86N	106,51A	0,92	0,72	5,17
1288,00	7,20	112,00	1287,51	8,33	110,03N	109,73A	2,13	0,64	16,93
1316,00	8,80	99,20	1315,24	12,19	109,03N	113,47A	2,56	1,71	-13,71
1346,00	10,10	101,30	1344,83	17,12	108,15N	118,32A	1,34	1,30	2,10
1375,00	12,10	97,10	1373,29	22,69	107,28N	123,83A	2,23	2,07	-4,34
1403,00	14,60	103,00	1400,53	29,15	106,07N	130,17A	3,15	2,68	7,18
1450,00	14,30	111,90	1446,05	40,74	102,49N	141,31A	1,30	-0,19	5,17
1478,00	16,20	107,30	1473,06	48,00	100,04N	148,25A	2,41	2,04	-4,93
1507,00	18,70	105,50	1500,72	56,64	97,60N	156,59A	2,65	2,59	-1,86
1535,00	22,20	102,40	1526,96	66,40	95,26N	166,09A	3,92	3,75	-3,32
1594,00	23,80	101,30	1581,26	89,44	90,53N	188,65A	0,84	0,81	-0,56
1623,00	25,00	87,80	1607,69	101,29	89,62N	200,52A	5,86	1,24	-13,97
1652	25,70	88,40	1633,90	113,43	90,03N	212,93A	0,77	0,72	0,62

Tekin var því ákvörðun að taka upp úr holunni. Þegar eftir voru 11 standar í holunni var blökk borsins hífð af slysi upp í blakkarhjól í masturstoppi. Var af því allnokkur skellur og splundraðist tréklossi sem varna á því að blökkinn fari of nærri hjólunum í masturstoppnum. Upptekt var haldið áfram eftir þetta atvik og þegar stengurinn var allur kominn úr holunni voru skemmdir kannaðar. Eftir skoðun og yfirlegu var talið að sprungur hefðu komið fram á hjólum og vírinn hefði marist lítilega, en skemmdirnar voru metnar á þann veg að í lagi væri að halda áfram borun ef ekki kæmi til mikilla átaka.

Eftir upptekt var hitamælt og er mælingin sýnd á mynd 14. Þar kom fram að holan kældi sig vel niður í 1573 m dýpi og hitnaði hægt upp þar fyrir neðan. Ennfremur var mælt þrýstifall (vatnsborð) eftir 27,5 l/s dælingu og er fallið sýnt á mynd 15. Þrýstineminn var hafður á 700 m dýpi. Eftir fallmælinguna var þrýstimælt á uppleiðinni og reyndist vatnsborð samkvæmt því vera á 253 m dýpi (mynd 16).

Borun hófst á nýjan leik rétt fyrir miðnætti aðfaranótt laugardagsins 25. október. Aðeins hafði verið borað í tæpa 3 tíma þegar borinn festist á 1669 m dýpi. Tildrög þess voru þau að þegar mæla átti halla og stefnu þurfti að stöðva dælingu um stundarsakir eins og alltaf í sambærilegum tilvikum. Vegna vandamála við aflestur á tækjum á halla og stefnu þurfti að endurtaka mælinguna. Dæling hafði þá verið að mestu stöðvuð í 8 mínútur eða mun lengur en vanalega og þegar snúa átti strengnum eftir mælingar þá var hann orðinn fastur og hreyfðist ekki þó vel væri tekið á. Hafa verður samt í huga að varasamt var að beita of miklu álagi á mastrið vegna skemmda frá deginum áður. Dælingin var hindrunarlaus áfram í gegnum borstrenginn og hélt holunni og öllum tækjum í holunni köldum. Meðan á borun stóð tapaðist allt skol til að byrja með, en eftir 15 m borun fór skol að koma upp eða um 10 l/s af 35 - 40 l/s sem fóru niður. Eftir festu var dælt um 35 - 40 l/s í gegnum strenginn til að byrja með og síðan 27 l/s við aðeins um 300 PSI þrýsting á dælum og tapaðist allt skol. Þegar dæling var minnkuð í gegnum streng var dælt utan með ofan frá. Til að byrja með töpuðust um 10 l/s utan með og jókst tapið smám saman upp í 16 l/s. Upplýsingar úr mælingum, sem safnað hafði verið meðan á borun stóð, voru settar saman eins og sýnt er á mynd 17. Þar er um að ræða tvær hitamælingar Orkustofnunar, hitamælingar úr MWD tækjum Halliburton meðan á borun stóð og skoltapsmælingar bormanna. Niðurstöður úr þessari samantekt gáfu sterklega til kynna að sest hafði að borstreng ofan við stóru æðina í 1573 m, sennilega við samskeytin á álagsstöngum og borstöngum. Allan daginn og fram á mánudagsmorgunn var unnið við að losa úr festu en án árangurs. Strax á sunnudeginum voru gerðar ráðstafanir til að fá sérfræðing og nauðsynleg tæki erlendis frá til að losa borstrenginn. Haft var samband við Smith Red Baron í Aberdeen í Skotlandi og varð niðurstaðan sú að miðvikudaginn 29. október voru tækin og sérfræðingurinn komin til landsins.

Biðtíminn var notaður til viðgerða á mastri. Það var felld á mánudagsmorgninum og toppurinn losaður frá og síðan fluttur til Húsavíkur til viðgerðar. Viðgerð var lokið á fimmtudeginum 31. október og var toppurinn kominn aftur í Kröflu skömmu eftir hádegi. Hann var kominn á og búið var að draga í vírinn um kvöldmatarleytið, en ekki var talið skynsamlegt að reisa mastrið fyrr en í björtu daginn eftir.

Breytingar áttu sér stað í holunni á biðtímanum. Vélstjóri borsins tók eftir því að álag hafði aukist á vélunum. Þegar betur var að gáð þá kom í ljós að þrýstingur á dælum hafði aukist úr um 300 í 900 PSI. Hér var um að ræða umtalsverða breytingu sem mátti að því er virtist skýra á tvo vegu. Önnur er sú að losnað hafi um það sem fallið hafði að strengnum líklega á mótum álagsstanga og stanga og það færst neðar t.d. niður á stýringarnar. Hin skýringin gæti verið sú að mótórin niðri í holunni hafi hætt að snúast og þrýstiviðnámið hafi aukist þess vegna. Mastrið var reist fyrir hádegi föstudaginn 31. október og losunaraðgerðir hófust strax eftir hádegismat eða klukkan 13:30. Áður en reynt var að slá í sundur var fyrst togað í strenginn

með rúmlega 300 þúsund punda togi. Vildi svo vel til að strengurinn fór að togast upp. Fyrst var tekin úr stangarbútur og ein stöng eftir allt að 370 þúsund punda tog. Þegar önnur stöngin var rétt kominn á stað var allt fast aftur en hægt var að snúa strengnum. Vatnsgangurinn stíflaðist algjörlega við það að slökkt var á dælum og strengnum síðan snúið. Eftir það var dæling sett á aftur og steig þrýstingurinn þá snögglega upp í 1500 pund. Honum var hleypt af út á byssur áður en haldið var áfram. Önnur stöng var mjötluð upp með togi og snúningi þar til hún var laus rétt við samskeytin. Eftir það var strengurinn laus. Upptekt lauk um kl 1 aðfaranótt laugardagsins 1. nóvember. MWD tækið var í góðu lagi en svarf hafði farið inn í mótörinn (sennilega þegar dælingin var tekin af við losun), en ekki var vitað hvort það hafði valdið skemmdum á tækjum. Þá var komið að mælingum. Klukkan 1:40 var hitamæli rennt niður við 26 l/s ádælingu og fann hann botn á 1636 m dýpi, sem þýddi að botnfall var 33 m. Mælingin er sýnd á mynd 18 ásamt mælingu, sem gerð var 25. október. Greinilegt er að samkvæmt mælingunni að leki er niður í botnfallið. Ádæling var þá aukin í 40 l/s og mælir hafður á 1620 m dýpi. Eftir stutta dælingu var hún stöðvuð og fylgst með þrýstifallinu. Eftir stutta mælingu var ákveðið að hífa mælinn upp í 1100 m dýpi og endurtaka mælinguna þar á sama hátt og eru niðurstöður sýndar á mynd 19. Síðan var þrýstingur mældur upp til yfirborðs til þess að fá mælingu á vatnsborði, sem reyndist vera á 160 m dýpi, og er sýnt á mynd 20. Athyglisvert er hvað loft léttir vatnssúluna í efstu 300 metrunum. Ef tillit er tekið til þess hve loftið léttir vatnssúluna sést að “raunverulegt” vatnsborð hefur verið á 240 m.

Undir morgun að mælingum loknum var haldinn fundur um áframhald verksins. Þar var ákveðið að dýpka holuna um 100 m, sem gæti orðið ágætur sokkur fyrir væntanlegt botnfall. Einnig var ákveðið að setja niður borstreng án stýringa með það í huga að minni hætta væri þá á festum. Þannig var fallið frá upphaflegri áætlun um að bora niður fyrir 2000 m dýpi og byggðist sú ákvörðun fyrst og fremst á því hve mikill leki væri þegar kominn í holuna. Þá lá einnig ljóst fyrir að skáborunartæki mundu ekki verða notuð frekar að þessu sinni á Kröflusvæðinu á árinu og héldu því starfsmenn Halliburton til síns heima á laugardeginum.

Sett var niður til borunar á laugardeginum 1. nóvember og var byrjað á því að hreinsa botnfall. Borinn fann botnfallið á 1643 m dýpi eða 7 m neðar en kom fram í síðustu hitamælingu. Botnfallinu var eytt og klukkan 23 hófst borun í berg. Hún gekk áfallalaust fyrir sig og var endanlegu dýpi náð á 1771 m klukkan 15:25 mánudaginn 3. Nóvember. Ekki kom upp dropi allan tímann. Botnfall mældist 4 - 6 m við stangaribætingar þar til komið var í 1734 m dýpi, en þá voru í holunni 17 metrar. Lítil töf var af því og gekk vel að hreinsa botnfallið og var holan nánast hrein eftir það. Holan var síðan skoluð.

Fylgst var með skoli eins kveðið var á um og það mælt á fjögurra tíma fresti og skráð. Á mynd 21 eru niðurstöður skráningar teiknaðar upp samhliða jarðlagasniði. Mælingarnar eru ennfremur sýndar í töflu 4. Rétt neðan fóðringar mældist 2 l/s tap og á um 1160 m var það komið í um 7 l/s, sem varð til þess að tekið var upp og stefnuborunartæki sett niður. Þegar holan var 1256 m djúp mældist tapið tæpir 8 l/s og jókst síðan rólega upp í 10 l/s þar til komið var á 1573 m dýpi að allt skol tapaðist. Eftir að borun hófst eftir festu kom ekkert skol upp og var því fylgst með dælingu og þrýsting og það skráð niður.

Gert var ráð fyrir að hitamæla um klukkan 20 að kvöldi mánudagsins 3. nóvember, en þá tafði veður upptekt og var mælingum frestað fram til morguns og holan kæld og skoluð á meðan. Morguninn eftir voru teknar 5 stangir upp úr holu ásamt drifskafli og byrjað var að hitamæla kl. 8:50 við 27 - 28 l/s ádælingu. Mælir komst ekki neðar en á 1621 m dýpi þar sem einstefnuloki var ofan við fyrstu stöng ofan álagsstanga. Hitaferillinn er sýndur á mynd 18 ásamt næstu hitamælingum á undan. Þar er um að ræða beinan kældan feril eins langt niður og mæling náði, þannig að neðstu æðar voru neðan við 1621 m dýpi. Þá var reynt að meta lekt holunnar með því að mæla fall vatnsborðs eftir að slökkt hafði verið á dælunum. Fallið var

mælt eftir að vatnsborð hafði nokkurn veginn náð jafnvægi við 40 l/s dælingu og var þrýstiskynjari hafður á 1100 m dýpi.

Tafla 4. *Mælingar á skoli*

Króna 8 1/2"																	
Dagsetning	Tími	Dýpi m	þrýstingur PSI	Dæla 1 slög	Dæla 1 l/s	Dæla 2 slög	Dæla 2 l/s	Dæling alls l/s	Tap cm	Tap l/s	Skolhraði m/min	Tími frá botni mín	Svarf m/min	TFB min	Hiti niður °T	Hiti upp °T	diff.hiti °T
21.10.1997	01:00	1120	440	91	16,86	92	17,05	33,91	7	2,21	79,46	14,09	72,46	15,46	20,3	26,8	6,5
21.10.1997	04:00	1149	460	94	17,42	92	17,05	34,47	14	4,41	75,33	15,25	68,33	16,82	20,2	27,2	7,0
21.10.1997	09:50	1160	450	90	16,68	92	17,05	33,72	26	8,19	64,00	18,13	57,00	20,35	18,2	25,3	7,1
21.10.1997	13:50	1173	420	87	16,12	91	16,86	32,98	15	4,73	70,82	16,56	63,82	18,38			0,0
22.10.1997	14:15	1212	1000	100	18,53	100	18,53	37,06	0	0,00	92,88	13,05	77,88	15,56	25,7	34,6	8,9
22.10.1997	17:40	1244	1000	93	17,23	95	17,60	34,84	12	3,78	77,84	15,98	62,84	19,80	22,2	31,0	8,8
22.10.1997	19:03	1256	1000	93	17,23	95	17,60	34,84	24	7,56	68,36	18,37	53,36	23,54			0,0
23.10.1997	13:40	1275	950	91	16,86	91	16,86	33,72	17	5,36	71,10	17,93	64,10	19,89	26,0	32,3	6,3
23.10.1997	18:50	1338	1000	91	16,86	91	16,86	33,72	8	2,52	78,21	17,11	71,21	18,79	25,1	31,7	6,6
23.10.1997	22:00	1354	950	87	16,12	87	16,12	32,24	8	2,52	74,49	18,18	67,49	20,06	26,0	34,5	8,5
24.10.1997	02:00	1406	1000	96	17,79	94	17,42	35,21	26	8,19	67,71	20,76	60,71	23,16	27,0	31,1	4,1
24.10.1997	06:00	1440	1000	94	17,42	92	17,05	34,47	30	9,45	62,70	22,97	55,70	25,85	23,3	29,9	6,6
24.10.1997	10:50	1480	1000	91	16,86	91	16,86	33,72	36	11,34	56,10	26,38	49,10	30,14	22,7	28,5	5,8
24.10.1997	15:45	1528	1050	93	17,23	91	16,86	34,10	36	11,34	57,03	26,79	50,03	30,54	25,4	30,7	5,3
24.10.1997	18:25	1558	1050	88	16,31	88	16,31	32,61	32	10,08	56,47	27,59	49,47	31,49	25,2	30,8	5,6
24.10.1997	19:30	1573	1050		0,00		0,00	0,00		40,00							
24.10.1997	22:00	1588	1050	96	17,79	96	17,79	35,58		40,00							
26.10.1997	02:00	1663	1100	80	14,82	81	15,01	29,83	64	20,16	24,24	68,59	17,24	96,44			
2.11.1997	10:00	1700	380	98	18,16	94	17,42	35,58		35,58							
2.11.1997	13:45	1712	390	94	17,42	94	17,42	34,84		34,84							
2.11.1997	15:30	1716	370	95	17,60	90	16,68	34,28		34,28							
2.11.1997	16:30	1720	400	96	17,79	90	16,68	34,47		34,47							
2.11.1997	17:30	1724	410	96	17,79	90	16,68	34,47		34,47							
2.11.1997	19:00	1726	430	95	17,60	94	17,42	35,02		35,02							
2.11.1997	20:00	1728	450	96	17,79	94	17,42	35,21		35,21							
2.11.1997	22:15	1734	440	95	17,60	93	17,23	34,84		34,84							
3.11.1997	02:00	1736	730	117	21,68	117	21,68	43,36		43,36							
3.11.1997	03:00	1739	390	89	16,49	91	16,86	33,35		33,35							
3.11.1997	04:00	1742	390	89	16,49	91	16,86	33,35		33,35							
3.11.1997	05:00	1744	630	114	21,12	117	21,68	42,80		42,80							
3.11.1997	06:00	1746	710	114	21,12	116	21,49	42,62		42,62							
3.11.1997	07:00	1748	400	92	17,05	92	17,05	34,10		34,10							
3.11.1997	08:00	1752	410	92	17,05	92	17,05	34,10		34,10							
3.11.1997	09:00	1754	390	93	17,23	92	17,05	34,28		34,28							
3.11.1997	10:00	1757	390	94	17,42	92	17,05	34,47		34,47							
3.11.1997	11:00	1760	400	94	17,42	92	17,05	34,47		34,47							
3.11.1997	13:00	1765	420	94	17,42	93	17,23	34,65		34,65							
3.11.1997	14:00	1768	420	95	17,60	93	17,23	34,84		34,84							
3.11.1997	16:30	1771	500	100	18,53	102	18,90	37,43		37,43							
3.11.1997	17:30	1771	500	100	18,53	102	18,90	37,43		37,43							

Þessi háttur var hafður á í öllum sambærilegum mælingum sem komu á eftir m.a. til að auðvelda innbyrðis samanburð og samanburð við mælinguna strax eftir að losað var úr festu. Mælingin var síðan borin saman við mælingu sem gerð var eftir að borinn losnaði úr festunni. Ljóst var að nokkuð vantaði upp á að holan væri eins lek og þá. Það var í raun eðlilegt, þar sem boraðir voru 100 m til viðbótar og allt svarf fór út í æðar. Þegar þannig stendur á þarf venjulega að skola í dágóða stund til þess að hrekja svarfið lengra út í æðarnar og opna betur flæðið um þær. Ákveðið var halda áfram skolun holunnar í gegnum borstrenginn fram á kvöld og kanna þá hvort einhver árangur hefði náðst. Um kl. 21 var þrýstiskynjara komið fyrir á 1100 m dýpi eins áður og dæling tekin af. Samkvæmt fallmælingum hafði holan opnast um nóttina og var því ákveðið að halda skolun áfram fram á miðvikudagsmorgun. Dælt var á holuna allan miðvikudaginn fram að miðnætti og sýndu þrýstimælingar að holan hafði lítið breyst við þá skolun. Því var ákveðið að hætta örvunaraðgerðum og taka borstrenginn upp úr holunni. Á mynd 22 eru fallmælingarnar sýndar saman ásamt fallmælingu við þrepaðælingu í borlok.

Byrjað var að taka upp um miðnætti og var allt komið upp úr holunni um kl. 9, en þá hófst hefðbundið mælingaprógram, sem stóð til kl. 17:30. Undirbúningur á niðursetningu leiðara var þá hafinn og var leiðarinn allur kominn niður undir morgun föstudagsins 7. nóvember. Þrepaðæling hófst á hádegi sama dag og var lokið um miðnætti nánar verður fjallað um hana hér aftar. Dæling var síðan sett á holuna og höfð á þar til flutningur á bortækjum hófst laugardaginn 8. nóvember 1997 og er það síðasti verkdagurinn á holunni og jafnframt síðasti verkdagur Jötunnis á þessari borvertíð í Kröflu.

Verkið stóð yfir frá 9. október til 8. nóvember 1997 og tók í allt 30 verkdaga eins og sést á mynd 23.


Tafla 5. Fóðrunarskýrsla.

	JARÐBORANIR HF	FÓÐRUNARSKÝRSLA	Eyðublað nr. 68-051
	SKIPHOLTI 50D - 105 REYKJAVÍK		

Verk nr. 420 661	Hola nr. KJ-27	Borstaður Kraffa	Bor Jötunn	Verkkaupi Landsvirkjun
Vídd holu 8 1/2"	Dýpt holu mv. drifborð 1771	Fóðring nr. 4	Fóðrun framkv. dags. 1997.11.6-7.	Utfyllt af: D.Sig

Holudýpi frá flangsi .763,64 m. m				Fóðringard.frá fl. 1.744,52 m				Röretalning					
FÓÐRING	Gerð	K-55	byngd	26	lbs/ft	LENGD	NR	MS	ALLS m				
	Utanmál	7"	Innanmál	159,4	mm	Upphengi		er	i	1666,83			
	Veggþykkt	9,2	mm	Pöntunar nr.		0,85	Upp	he.	1067,68				
	Tengi	Skrúfuð "Buttress"				11,60	1		1079,28				
	Flangs	Fóðringin hangir í "Bums" upphengi í 1.066.83 m. frá flansi.				11,78	2		1091,06				
	Stungutengi					11,70	3		1102,76				
	Skór	Stýriskór.				13,25	4	R	1116,01				
	Miðjustillar		stk	Steyputappar	stk	13,52	5	R	1129,53				
STEYPIG	Steypa 1 þurrefni	kg	Tafefni	kg	13,37	6	R	1142,90					
	Eðlisþyngd	kg/l	Steypingartími	min	13,13	7	R	1156,03					
	Steyputæki				13,18	8	R	1169,21					
	Steypa kom upp ?		Eðlisþyngd steypu upp	kg/l	13,43	9	R	1182,64					
	Eftirdæling	ltr	Eftirdæling	min	13,66	10	R	1196,30					
	Steypa 2 þurrefni	kg			13,15	11	R	1209,45					
FRÁGANGUR	Dýpi á steypu utan röra	m	Steypt utan með eftir	klst	14,00	13	R	1237,51					
	Steypa þurrefni	kg	Skorið ofan af eftir	klst	13,98	14	R	1251,49					
	Dýpi á steypu í röri	m	Steypa boruð eftir	klst	14,03	15	R	1265,52					
					13,79	16	R	1279,31					
ATHUGASEMDIR					13,16	17	R	1292,47					
Botnfall var upp í 1757,16 .					13,40	18	R	1305,87					
Talsverðar þrengingar voru ér skórin var í 1681 m.					13,47	19	R	1319,34					
Öll rör eru raufuð nema 3 þau efstu.					13,91	20	R	1333,25					
Raufuð rör eru merkt með R í MS reit á skýrslunni.					13,41	21	R	1346,66					
					14,14	22	R	1360,80					
					13,92	23	R	1374,72					
					13,40	24	R	1388,12					
					13,47	25	R	1401,59					
					13,87	26	R	1415,46					
					13,69	27	R	1429,15					
					13,45	28	R	1442,60					

Tafla 5. Fóðrunarskýrsla (framh.)

	JARÐBORANIR HF SKIPHOLTÍ 50D - 105 REYKJAVÍK	FÓÐRUNARSKÝRSLA	Framhaldseyðublað nr. 68-051
---	--	------------------------	------------------------------

Verk nr. 420 661	Hóla nr. KJ-27	Borstaður Krafla	Fóðring nr. 4	Blaðsíða nr. 2
----------------------------	--------------------------	----------------------------	-------------------------	--------------------------

RÖRATALNING				RÖRATALNING				RÖRATALNING			
LENGD	NR.	MS	ALLS m	LENGD	NR.	MS	ALLS m	LENGD	NR.	MS	ALLS m
14,00	29	R	1.456,60								
13,53	30	R	1.470,13								
12,80	31	R	1.482,93								
13,42	32	R	1.496,35								
13,92	33	R	1.510,27								
13,73	34	R	1.524,00								
13,35	35	R	1.537,35								
13,94	36	R	1.551,29								
13,81	37	R	1.565,10								
13,79	38	R	1.578,89								
13,84	39	R	1.592,73								
13,88	40	R	1.606,61								
13,95	41	R	1.620,56								
13,40	42	R	1.633,96								
13,42	43	R	1.647,38								
14,04	44	R	1.661,42								
13,66	45	R	1.675,08								
14,07	46	R	1.689,15								
13,50	47	R	1.702,65								
13,50	48	R	1.716,15								
13,99	49	R	1.730,14								
14,03	50	R	1.744,17								
0,35	Skór		1.744,52								

3. BORHOLUMÆLINGAR

Mælingar voru gerðar samkvæmt áætlun um verkið en einnig þegar nauðsyn bar til vegna sérstakra aðstæðna sem upp komu. Í töflu 6 eru tilgreindar allar þær mælingar sem gerðar voru vegna föðringar holunnar með 9 5/8" vinnsluföðringar og dýpkunar holunnar í 1771 m.

Byrjað var á viddarmælingu 14. október niður á topp á 9 5/8" leiðara í þeim tilgangi að kanna hvort útfellingar hafi sest inn á 13 3/8" föðringuna. Engin merki um það fundust og því ekkert að vanbúnaði að taka leiðarann upp. Ekki þótti ástæða til að renna niður hitamæli á undan viddarmælinum þar sem vitað var að kælingarvatnið fór niður fyrir mælingarsvæðið.

Eftir upptekt þann 15. október var holan hita- og viddarmæld (myndir 4 og 5). Báðar mælingar voru gerðar vegna niðursetningar 9 5/8" vinnsluföðringar. Hitamælingin til að sjá hversu djúpt kælingin náði. Viddarmæling var gerð til að áætla rúmtak föðringarsteypu og til að sjá hvort geometrían hafi breyst frá árinu áður með því að bera saman eldri mælinguna við þá nýju.

Þann 18. október var holan kæld í gegnum borstangir sem þá var búið að tengja við stungustykki í föðringunni. Dælingin var síðan tekin af og holan hitamæld til þess að meta hvenær óhætt væri að byrja á föðringarsteypingu. Mælingin sýndi að holan var orðin nægilega köld (mynd 8). Að steypingu lokinni var vatni dælt utan föðringar og hitamælt til að sjá hvar vatnið færi út (mynd 9) og benti það till að steypuborð gæti verið á 470 m dýpi. Skömmu fyrir kl. 23 um kvöldið var hitamæli rennt niður holuna til að sjá kælinguna af utaná dælingunni og til að kanna hversu djúpt væri hægt að fara með CBL-mælinn, en hitaþol hans er takmarkað (mynd 9). Unnt reyndist að fara með hann niður að steypueðju sem sest hafði og harðnað á 1033 m dýpi innan föðringar. Mæling á steypubindingu föðringar er sýnd á mynd 10. Má þar greina að steypuborð utan föðringar var á um 474 m dýpi og að bindingin er orðin mjög góð þaðan og til botns holunnar um 13 tímum eftir steypingu. Föðringarsteypingum var lokið kl. 13 þann 19. október og um kl. 21:40 var byrjað á að hitamæla holuna til að skoða hve djúpt væri óhætt að fara með steypumælinn. Hitamælingin er sýnd á mynd 9 en á henni sést hitaferill í holunni um 12 klst eftir að steipt var ofan frá á milli föðringa. Hitinn er víðast um og innan við 70 °C en á 240 m fer hitinn yfir 100 °C. Byrjað var á steypumælingu um kl. 23:40. Mælingin er sýnd með slitróttum ferli á mynd 10 ásamt fyrri steypumælingu. Fram kom að steypan var byrjuð að harðna en ekki orðin fullhörð. Steypan nær niður að fyrri steypuborði í 474 m og er föðringin vel steipt á þessu dýpi.

Þegar 1180 m dýpi var náð þann 21. október var ákveðið að taka upp og breyta um bortækni. Hitamælt var kl. 20 áður en stefnuborunartæki voru sett niður og fylgst var með upphitun í rúma hálf klukkustund við botn áður en hitamælt var upp aftur. Hitamælingarnar eru sýndar á mynd 12 og sýna að holan hitnar um nálægt 5 °C á klukkustund og neðan 1000 m hitnar holan nokkuð hratt með dýpi. Þegar borað hafði verið í um 1260 m var ákveðið að taka upp borstreng vegna þess að boðmerki úr stefnubúnaði skiluðu sér illa til yfirborðs. Áður en borstrengur var settur niður aftur var hitamælt til að kanna hve djúpt væri óhætt að fara með borbúnaðinn vegna hita. Byrjað var á hitamælingu kl. 04:30 þann 23. október og var mælingum lokið fyrir kl. 06. Hitamælt var bæði á niður- og uppleið mælis í holu og eru hitaferlarnir sýndir á mynd 13. Ádæling var 3-4 l/s þegar byrjað var á mælingum en fór vaxandi. Fram kemur að stærstur hluti ádælingar fer niður í 1220 m og þar ofan breytist hiti lítið.

Þegar borað hafði verið í um 1612 m var enn einu sinni ákveðið að taka upp borstreng þar sem ekki gekk nógu vel að byggja upp halla í borun. Áður en sett var niður aftur var hitamælt um kl. 08:50 þann 25. október. Ádæling var um 27 l/s sem öll tapast í holu. Hitaferillinn er sýndur á mynd 14 en á honum sést að holan kælist niður í 1580 m dýpi en hitnar þaðan um tæpar 30 °C og nær 53 °C í botni.

Einnig var fylgst með breytingum á þrýstingi á 700 m dýpi eftir að slökkt var á dælingu sem var 27 l/s. Ferillinn er sýndur á mynd 15. Vatnsborð var á 253 m dýpi eftir að mælingu lauk. Þrýstingur var síðan mældur meðan mælir var hífður úr holu til að finna hvar vatnsborð væri. Það mælist vera á 253 m dýpi og var það mælt um 5 mínútum eftir að fyrri þrýstimælingu í 700 m dýpi lauk. Ferillinn er sýndur á mynd 16. Strax eftir mælingarnar var borstrengur settur niður í holuna og borun hafin á 1612 m. Hún hafði hins vegar staðið í aðeins nokkra tíma þegar borinn festist. Dýpi holunnar var þá 1669 m. Tók um viku að losa úr festunni og er aðgerðum lýst í kaflanum um borsöguna hér að framan.

Uppteikt borstrengsins úr festunni lauk skömmu eftir miðnætti þann 1. nóvember. Holan var þá hitamæld og viðbrögð hennar könnuð við dælubreytingum. Hitamælingin er sýnd á mynd 18, ásamt síðustu mælingu fyrir festu. Botn mældist á 1636 m sem sýnir að 33 m botnfall var í holunni. Samkvæmt mælingunni skilaði sér hluti af dæluvatninu allt til botns eða a.m.k. niður í botnfallið. Þrýstiviðbrögð holunnar voru þá könnuð. Þrýstinemi var hafður á 1630 m dýpi og fylgst með breytingum þegar 40 l/s dæling var stöðuð. Mælt var einungis í nokkrar mínútur. Þá var dæling sett á að nýju, hift í 1100 m og aftur mælt þrýstifall eftir að dæling hafði verið stöðvuð. Niðurstöður þessara mælinga eru sýndar á mynd 19. Þrýstifallið eftir dælingu sýndi að holan væri vel opin, og féll þrýstingur aðeins um 3,5 bör fyrstu 5 mínúturnar eftir að dælingu var hætt. Nánar er fjallað um þrýstifallsmælingarna í kaflanum um þrepaðælingar hér á eftir. Mynd 20 sýnir þrýstiferil holunnar ofan 1100 m fimm til tíu mínútum eftir dælingu. Samkvæmt þessum ferli virðist vatnsborð hafa verið á 160 m dýpi um átta mínútum eftir dælingu. Mikið loft var hins vegar í vatnssúlunni og létti hana, þannig að vatnsborð virðist hærra en það í raun var. “Raunverulegt” vatnsborð, þegar leiðrétt er fyrir lofti í vatninu, hefur hins vegar verið nærri 240 m dýpi (smb. mynd 20).

Borun holu KJ-27 lauk að kvöldi mánudagsins 3. nóvember á 1771 m dýpi. Holan var skoluð alla nóttina til að hreinsa svarf úr æðum. Að morgni 5. nóvember var skolun hætt og sett á 27.5 l/s á utanádæling. Þá var hitamælt í stöngum í stöngum (mynd 18). Ádælingin stjórnaði hita svo djúpt sem mælt var, en mælir komst aðeins í 1621 m en þar var einstreymis loki í strengnum. Að hitamælingunni lokinni var dæling aukin í 40 l/s og þrýstimæli komið fyrir á 1100 m dýpi. Eftir að mælir hafði náð jafnvægi var dæling stöðvuð og fylgst með þrýstilækkuninni, sem því fylgdi í 60 mínútur. Féll þrýstingurinn um 12 bör eins og sjá má á mynd 22. Þá var þrýstimælt upp holuna til að ákvarða vatnsborð og reyndist það vera á um 280 m dýpi. Þrýstifallið eftir dælingu var töluvert meira og hraðara en mældist þann fyrsta nóvember (mynd 22) og fjallað er um hér að framan. Því var ljóst að hreinsun botnfalls eftir þá mælingu og borun síðustu síðustu 100 m holunnar höfðu þétt æðarnar og holan greinilega ekki jafn opin og hún hafði verið 1. nóvember. Því var haldið áfram örvunaraðgerðum. Haldið var áfram skolum í gegnum streng og var lengstum dælt 40 l/s. Lekt holunnar var könnuð með þrýstimælingum í þriggja á upb 12 tíma fresti. Allar mælingarnar eru sýndar á mynd 22 og samanburður því auðveldur. Þar sést að lekt æðanna hefur aukist við örvunina (þrýstifallið minnkar) a.m.k. fram að morgni 5. nóv. Kvöldmælingin sýnir hins vegar að holan breyttist lítið þann daginn og var örvunar aðgerðum hætt. Einkum var það svonefndur skinnstuðull sem breyttist í örvuninni enda lýsir hann lektinni alveg við holuna. Um örvunina og áhrif hennar eru fjallað hér á eftir í tengslum við úrvinnslu gagna þrepaðælingarinnar. Á mynd 22 er engu að síður sýnd þrýstifallsmæling frá þrepaðælingunni, sést þar að lekt holunnar breyttist ekki frá kvöldi 5. nóvember út verkið, eða til miðnættis 7. nóvember. Þrýstimælingarnar sem gerðar voru hverju sinni eftir fallmælingarnar sýndu í öllum tilvikum vatnsborð á 275-280 m dýpi rúmlega einni klukkustund eftir að 40 l/s dælingu var hætt.

Örvunaraðgerðum lauk að kvöldi 5. nóvember og hófst þá uppteikt borstrengsins, sem lauk um klukkan 9 næsta morgunn. Þá var komið að hefðbundnu mælingaprógrammi, sem stóð til klukkan 17:30. Á holuna var dælt stöðugt um 26 l/s. Fyrst var mældur hiti og eru niðurstöðurnar sýndar á mynd 24 ásamt hitamælingunni í stöngum frá 4. nóvember. Þá sást að

ádælingin skilar sér niður á 1670-1685 m dýpi. Þarna voru dýpstu æðar holunnar og hitnaði hún hratt þar fyrir neðan. Athyglisvert er að borinn festist þegar komið var í 1669 m dýpi, eða nærri botnæðunum. Er líklegt að aukið skoltap þegar borað var í æðarnar hafi hjálpað til við festuna. Samkvæmt hitamælingunni 6. nóvember var botn á 1768 m eða aðeins 3 metrum yfir boruðum botni. Hiti í botni var kominn í 90°C. Í öðrum mælingum var farið í 1760 m dýpi og virtist botnfall aukast á meðan á mælingunum stóð. Fjallað er um jarðlagamælingarnar í kaflanum um jarðlög aftar í skýrslunni (mynd 30), en þess má geta að viddarmælingin sýndi tiltölulega slétta holu og voru helstu skápar á um 1370 og 1420 m. Þar er vidd holunnar um 14-15 tommur. Athyglisvert er að engin útvíkkun sést í kringum 1573 m, þar sem borað var í gegnum Leirbotnasprunguna að því er talið er.

Tafla 6: Mælingar í holu KJ-27 haustið 1997

Dags	Tími	Mæling	Dýptar- bil	Tilgangur	Skrá	Athugasemdir
14.10.97	15:30	Viddarmæling	0-360	Útfellingar	XY1014153	Fyrir uppteikt leiðara
15.10.97	20:30	Hitamæling	0-1100	Kæling holu	H1015203	Eftir uppteikt leiðara, ádæling 8 l/s
15.10.97	21:45	Viddarmæling	0-1040	Steypumagn	XY1015220	Útfellingar, ákvörðun steypumagns
18.10.97	8:10	Hitamæling	0-1068	Kæling holu	H1018081	Kæling holu fyrir steypingu föðringar
18.10.97	8:40	Hiti	1068	Upphitun	T1018084	Hitabreyting við stungustykki
18.10.97	9:05	Hitamæling	1068-0	Kæling holu	H1018090	Hitabreyting, föðring komin niður
18.10.97	17:25	Hitamæling	0-1068	Steypuborð	H1018172	Steypingu lauk kl. 11:45
18.10.97	18:10	Hitamæling	1068-0	Steypuborð	H1018181	Leit að steypuborði
18.10.97	22:50	Hitamæling	0-1033	Upphitun	H1018225	Steypuborð og upphitun fyrir CBL
19.10.97	0:40	Steypubinding	0-1032	Steypubinding	B1019004	Steypuborð og binding
19.10.97	21:40	Hitamæling	0-800	Upphitun	H1019214	Utanmeðsteypingu lauk kl. 9:16
19.10.97	23:40	Steypumæling	0-500	Steypubinding	B1019234	Steypa ekki fullhörðnuð ennþá
21.10.97	20:00	Hitamæling	0-1180	Upphitun	H1021200	Mælt áður en stefnubortæki sett niður
21.10.97	21:10	Hitamæling	0-1180	Upphitun	H1021211	Mælt upp. Ekki farið dýpra vegna hit
23.10.97	04:30	Hitamæling	0-1240	Upphitun	H1023143	Mælt áður en stefnubortæki sett niður
23.10.97	05:10	Hitamæling	0-1240	Upphitun	H1023051	Mælt upp
25.10.97	08:50	Hitamæling	0-1610	Upphitun	H1025085	Mælt áður en stefnubortæki sett niður
25.10.97	10:51	Þrýstimæling	700	Þrýstibreytingar	P1025105	Þrýstingur á 700 m - slökkt á dælingu
25.10.97	11:20	Þrýstimæling	0-700	Þrýstingur	P1025112	Mælt til að finna vatnsborð
1.11.97	01:40	Hitamæling	0-1636	Upphitun	H1101014	Mælt niður eftir uppteikt úr festu 26 l/
1.11.97	02:50	Þrýstimæling	1630	Þrýstifall	p1101025	Slökkt á 26 l/s dælingu
1.11.97	03:20	Þrýstimæling	1100	Þrýstifall	p110103	Slökkt á 26 l/s dælingu
1.11.97	03:40	Þrýstimæling	0-1100	Þrýstiferill	p1101034	Vatnsborð í 160 8 mín eftir dælingu
4.11.97	08:50	Hitamæling	30-1623	Upphitun	H1104085	Mælt niður eftir borun í 1771
4.11.97	09:50	Hitamæling	1623-1100	Upphitun	H1104095	Mælt upp
4.11.97	10:10	Þrýstimæling	1100	Þrýstifall	p1104100	40 l/s dælingu hætt kl. 10:13

4. 11.97	11:15	Þrýstimæling	1100-0	Þrýstiferill	p1104111	Ákvörðun vatnsborðs við 0 l/s
4. 11.97	20:50	Þrýstimæling	0-1100	Þrýstiferill	p1104204	Ákvörðun vatnsborðs við 40 l/s
4. 11.97	21:15	Þrýstimæling	1100	Þrýstifall	p1104211	40 l/s dælingu hætt kl. 21:23
4. 11.97	22:25	Þrýstimæling	1100-0	Þrýstiferill	p1104222	Ákvörðun vatnsborðs við 0 l/s
5. 11.97	09:00	Þrýstimæling	0-1100	Þrýstiferill	p1105090	Ákvörðun vatnsborðs við 40 l/s
5. 11.97	09:25	Þrýstimæling	1100	Þrýstifall	p1105092	40 l/s dælingu hætt kl. 9:30
5. 11.97	10:30	Þrýstimæling	1100-0	Þrýstiferill	p1105103	Ákvörðun vatnsborðs við 0 l/s
5. 11.97	21:10	Þrýstimæling	0-1100	Þrýstiferill	p1105211	Ákvörðun vatnsborðs við 40 l/s
5. 11.97	21:35	Þrýstimæling	1100	Þrýstifall	p1105213	40 l/s dælingu hætt kl. 9:30
5. 11.97	22:40	Þrýstimæling	1100-0	Þrýstiferill	p1105224	Ákvörðun vatnsborðs við 0 l/s
6. 11.97	09:00	Hitamæling	0-1768	Upphitun	h1106090	Eftir upptekt. Dælt 26 l/s
6. 11.97	10:15	X-Vidd	1060-1760	Skápar	x1106115	Mælingaprógramm
6. 11.97	10:15	Y-Vidd	1060-1760	Skápar	y1106115	Mælingaprógramm
6. 11.97	12:20	X-Vidd	0-1060	Fóðring	x1106122	Mælingaprógramm
6. 11.97	12:20	Y-Vidd	0-1060	Fóðring	y1106122	Mælingaprógramm
6. 11.97	12:45	Nifteindir	1050-1760	Jarðlög	n1106133	Mælingaprógramm
6. 11.97	12:45	Gamma	1050-1760	Jarðlög	g1106133	Mælingaprógramm
6. 11.97	15:00	Viðnám 16"	1050-1760	Jarðlög	s1106154	Mælingaprógramm
6. 11.97	15:00	Viðnám 64"	1050-1760	Jarðlög	l1106154	Mælingaprógramm
7. 11.97	12:30	Þrýstimæling	0-1100	Þrýstiferill	p1107123	Upphaf þrepaðælingar Q=27,5 l/s
7. 11.97	13:19	Þrýstimæling	1100	Þrýstibreyting	p1107131	1. þrep. Dælingu breytt í 16 l/s
7. 11.97	16:33	Þrýstimæling	1100	Þrýstibreyting	p1107163	2. þrep. Dælingu breytt í 40,5 l/s
7. 11.97	19:31	Þrýstimæling	1100	Þrýstibreyting	p1107193	3. þrep. Dæling stöðvuð
7. 11.97	22:30	Hitamæling	1100-1682	Upphitun	h1107223	Mælt niður í lok þrepaðælingar
7. 11.97	22:45	Hitamæling	700-1682	Upphitun	h1107224	Mælt upp eftir þrepaðælingu
7. 11.97	23:10	Þrýstimæling	0-700	Þrýstiferill	p1107231	Ákvörðun vatnsborðs við 0 l/s

Síðustu mælingar í holu KJ-27 í þessu borverki tengdust þrepaþrófun holunnar, eftir að leiðara hafði verið komið fyrir. Þrófunin hófst á hádegi þann 7. nóvember og stóð í 11 klukkutíma. Mælingarnar sem gerðar voru í þrófunni koma fram í töflu 6. Flestar þrýstimælingarnar eru tímamælingar með mælinn á 1100 m dýpi. Í lok þrófunarinnar, eftir að holan hafði staðið án dælingar í um 3 tíma, var hitamælt frá 1100 metrum og niður í 1682, en dýpra var ekki vogandi með mælinn vegna hita. Mælingin er sýnd á mynd 24. Ferlinn gefur vísbendingar um æðar og er fjallað nánar um það síðar.

4 ÞREPADÆLING

Hola KJ-27 var dæluþrófuð með þrepaðælingu 7. nóvember 1997 eftir að búið var að setja leiðara í holuna. Byrjað var á að mæla þrýsting niður á 1100 m dýpi, sem valið hafði verið sem viðmiðunardýpi fyrir þrepaðælinguna. Þetta dýpi var valið þar sem það hafði verið notað í öðrum prófunum í holunni í þessum áfanga borunar hennar. Þeirra prófana verður getið hér lauslega síðar. Þegar byrjað var að mæla þrýsting niður holuna var dælt á hana um 27,5 l/s og hafði þeirri dælingu verið haldið í nokkurn tíma. Við þessa dælingu fannst vatnsborð í holunni á um 150 m dýpi. Nokkurt loft var í vatnsúlunni niður á um 400 m dýpi og lyftir það henni. Vatnsborð við þessa ádælingu var samkvæmt mælingunni á um 200 m dýpi. Eftir að þrepaðælingu lauk var þrýstingur mældur upp holuna og fannst vatnsborð þá á um 290 m dýpi, en þá hafði engin ádæling verið í rúma þrjá tíma.

Í þrepaðælingunni var þrýstímælirinn látinn vera á 1100 m dýpi. Prófunin hófst á því að dæling var minnkuð úr 27,5 l/s í 15,9 l/s um kl. 13:21 þann 7. nóvember, svo aukin í 40,6 l/s og að lokum var slökkt á dælum og fylgst með jöfnun þrýstings til kl. 22:50 sama dag. Gangur þrepaðælingarinnar er sýndur á mynd 25 og á myndum 26 og 27 eru viðbrögð hvers þreps prófunarinnar sýnd betur á lotutímaskala. Á myndum 25 og 26 má greina truflanir sem verða í holunni og hafa áhrif á mælinguna. Í fyrsta þrepinu verður áberandi truflun þegar um 70 mínútur eru liðnar á það, en í hinum þrepunum kemur fram vægari truflun þegar um 20 mínútur eru liðnar á þau. Þessar truflanir eru af hegðun sem á sér stað í holunni sjálfri, mögulega vegna hitabreytinga eða vegna samspils fleiri en einnar vatnsæðar um holuna. Þessar truflanir valda svo því að erfiðara er að nálgast mæligildin með fræðilegu reiknilíkani.

Mynd 28 sýnir reiknaða nálgun við síðustu tvö þrepin í prófuninni fyrir líkan sem gerir ráð fyrir jöfnu rennsli í allar áttir lárétt út frá holunni. Samkvæmt því líkani skynjar holan ekki útmörk áhrifasvæðisins sem þriggja tíma þrep nær til. Þá má sjá á mynd 28 að vegna truflana sem verða í holunni, og áður er getið, að reiknilíkanið ofmetur vatnsleiðnina og það hefur áhrif á mat tregðustuðuls, sem er að nokkru leyti háður vatnsleiðninni (lektinni). Þannig gefur líkanið vatnsleiðnina (T) um $2,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pas}$ og tregðustuðulinn (s) um -2,2, en þessar stærðir ættu að vera nær $1,9 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pas}$ og -1,7. Þá gefur líkanið nokkuð háa vatnsrýmd (S). Vatnsleiðni jarðhitakerfisins, sem dýpri hluti holu KJ-27 sker, er áætluð fyrir ofan meðallag í samanburði við svipaðar áætlanir fyrir eldri holur á svæðinu. Einnig er tregðustuðullinn áætlaður lítill, þannig að greitt samband er milli holunnar og vatnsæða jarðhitakerfisins. Vatnsrýmdin er einnig metin í hærri kantinum, sem getur bent til að niðurdráttur í kerfinu verði minni en við margar aðrar holur. Af ofansögðu mætti fyrirfram ætla, að afköst holu KJ-27 verði aðeins fyrir ofan sambærilegt meðaltal eldri holna á svæðinu.

Undir lok borunar vinnsluhluta holu KJ-27 var all oft fylgst með lökkun þrýstings (vatnsborðs) með því að slökka á dælingu, en það var gert til að fylgjast með breytingum á gæfni holunnar. Mælingar á falli þrýstings eru sýndar á mynd 29 og eru þar teiknaðar sem þrýstingsbreyting (lökkun) á móti tíma þegar slökkt er á dælingu. Fyrsta prófunin var gerð 25. október, áður en borstrengur var settur niður eftir breytingu hans, en holan var þá 1612 m djúp. Mælir var hafður á 700 m dýpi og ádæling var um 27 l/s. Á mynd 29 sýnir ferill þessarar prófunar mestu þrýstingsbreytinguna, sem bendir til að rennslistregðan hafi verið mest í holunni á þessum tíma miðað við síðari mælingar. Undir lok mælingarinnar stefnir mæliferillinn að línulegri breytingu á lotutímaskala. Halli þeirrar línu er í hlutfalli við ádælingu og vatnsleiðni. Í síðari mælingum var ádælingin alltaf um 40 l/s og því ætti samsvarandi hluti mæliferla síðari mælinga að vera brattari en fyrir mælinguna 25. október. Í reynd er þessu öfugt farið, þannig að vatnsleiðni eða opnun að jarðhitakerfinu er mun minni 25. október heldur en síðar. Næst var þrýstifall mælt 1.

nóvember eftir að borstrengur hafði verið losaður úr festu, og var bordýpi þá 1669 m og botnfall um 33 m. Fyrir mælingu var ádæling um 40 l/s og mælir hafður á 1630 m dýpi. Aðeins hafði verið fylgst með lækkun þrýstings í um 8 mínútur þegar ákveðið var að hífa mælinn upp í 1100 m dýpi. Aftur var dælt um 40 l/s á holuna í skamman tíma og mælingin svo endurtekin á 1100 m dýpi. Á mynd 29 sést að báðar mælingarnar haga sér eins, einnig að þrýstingsbreytingin er minnst fyrir þessar mælingar. Það bendir til þess að rennlistregðan við holuna hafi verið minnst þá. Einnig gætu mæliferlarnir verið að stefna að línulegri hegðun og hefði sú lína þá eitthvað minni halla en sambærilegur hluti síðari mælinga. Samkvæmt því var vatnsleiðni við holuna því einnig meiri á þessum tíma. Mælingarnar frá 1. nóvember benda því til að gæfni holunnar hafi verið mest á þeim tíma.

Þann 4. nóvember, þegar holan hafði náð endanlegu bordýpi (1771 m), var þrýstifall mælt aftur. Þá höfðu verið boraðir rúmir 100 m án þess að svarf kæmi upp. Eins og áður var mælir á 1100 m dýpi og ádæling fyrir prófunina um 40 l/s. Í fyrri mælingunni um morgunninn sést á mynd 29 að þrýstingsbreytingin hefur aukist verulega frá því sem var þann 1. nóvember. Rennlistregðan við holuna hefur því aukist verulega milli þeirra mælinga. Með öðrum orðum hefur tregðustuðullinn (s) hækkað. Einnig sést á mynd 29 að halli línulega hlutans hefur vaxið, sem bendir til að vatnsleiðnin hafi minnkað og mætti túlka þannig að vatnsleiðandi einingar jarðhitakerfisins hafi skermast af. Gæfni holunnar hefur þannig minnkað töluvert frá því sem hún gerðist best, eftir að borstrengur var losaður úr festunni. Um kvöldið sama dag voru mælingar endurteknar á sama hátt og áður. Þá var búið að skola holuna allan daginn. Á mynd 29 sést að þrýstingsbreytingin er aðeins minni en um morguninn og að halli línulega hluta mæliferilsins er svipaður. Vatnsleiðnin milli mælinga hefur því ekki breytst, heldur hefur rennlistregðan aðeins minnkað. Haldið var áfram að skola holuna og mælingar endurteknar að morgni og kvöldi 5. nóvember. Eins og sést á mynd 29 minnkar þrýstingsbreytingin milli mælinga og þar með rennlistregðan við holuna.

Síðasta mæling á þrýstifalli var gerð sem þriðja þrep í þrepaðælingunni 7. nóvember og er einnig fjallað um það hér á undan. Af mynd 29 sést að sú mæling fellur að mestu saman við mælinguna frá morgni 5. nóvembers. Gæfni holunnar hefur því lítið breyst frá þeim tíma. Þegar mynd 29 er skoðuð í heild og tekið mið af niðurstöðum þrepaðælingarinnar, þá eru vísbendingar í mæligögnunum um að vatnsleiðnin geti verið meiri en matið fyrir þrepaðælinguna gefur og einnig að tregðustuðullinn gæti orðið lægri. Þannig sýna mæligögnin að ef holan nær að hreinsa svarf úr sér þegar hún fer í blástur ætti gæfni hennar að verða all góð.

5. JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR

Sýnum af borsvarfi var safnað í 125 ml dósir á tveggja metra fresti eins og venja er við sambærileg verk og sáu bormenn um þann þátt. Sýnin voru flutt á rannsóknarstofu í stöðvarhúsi Kröfluvirkjunar og svarfið þvegið og skoðað. Staðarjarðfræðingur fylgdist jafnharðan með gerð jarðlaga og ummyndun meðan á borun stóð. Vinnslufóðring náði niður á 1101 m dýpi. Mynd af einfölduðu jarðlagasniði og samþjöppuðum jarðlagamælingum er sýnd á mynd 30. Hér á eftir er lýst megindrátum jarðlaga, ummyndun þeirra og vatnsæðum. Fyrsta svarfsýni var tekið þegar dýpi holu var 1108 m.

5.1 Jarðlög og ummyndun

1108-1180 m dýpi. Innskot eru ráðandi á þessum kafla. Þau eru tvenns konar. Annars vegar ummyndað grófkorna dólerít og hins vegar lítið ummyndað finkorna dökkt basalt. Inn á milli sést í mikið ummyndað ljóst blöðrótt basalt, sem vafalaust er hluti af hraunlagasyrpu. Háhitaummyndun er einkennandi, sem sést m.a. á því að kalsít er nánast horfið og epidót, kvars og pýrít eru mest áberandi ásamt leir, sennilega klóríti. Wollastónít sést einnig.

1180-1270 m dýpi. Fin - grófkorna basalthraunlög eru ráðandi. Bergið er ljóst, grágrænt á lit nokkuð blöðrótt og að mestu fyllt. Öðru hvoru sést í lagamótabreksíur sem jafnframt eru mjög ummyndaðar og útfellingaríkar en sjálf hraunlögin. Innskot sjást af og til og hafa þau mjög svipaða ásýnd og hraunlögin. Ummyndun er svipuð og fyrir ofan s.s. epidót, kvars, pýrít, wollastónít, leir (líklega klórít) og prenit.

1270 - 1390 m dýpi. Finkorna-meðalkorna ummynduð grágræn basalthraunlög af þóleiit gerð. Þau eru 5 - 10 m þykk með misþykkum karga á milli, 4-5 m þeir þykkustu, og er karginn að jafnaði nánast allur ummyndaður og að sama skapi útfellingaríkur. Á 1335 m dýpi er um 8 m þykkt finkorna basaltinnskot nokkuð ferskt. Ofan við það er eins konar misgengisbreksía og þá hugsanlega misgengi því tengt. Litlu neðar er komið í ísúrt díóritinnskot samhliða þunnu finkorna basaltinnskoti. Litlu neðar sjást örþunn díóritinnskot á 1380 -1390 m dýpi. Ummyndunarsteindir sem sjást eru epidót, prenit, kvars, pýrít, wollastónít, wairakít, granat og leir (klórít). Á nokkrum stöðum er bergið mjög útfellingaríkt og fer að bera á því á 1290 m og þar fyrir neðan.

1390 - 1640 m dýpi. Innskotsberg er hér ráðandi þ.e. finkorna fersklegt basalt. Eitt og sama innskotið virðist til að mynda vera frá 1390 m niður á 1570 m, en þar rétt neðan við kemur inn mesta opnunin í holunni eða á 1573 m dýpi. Innskotin halda síðan áfram niður en vegna mikils skoltaps var erfitt að greina nákvæmlega það sem upp kom þarna fyrir neðan, en innskotin virðast halda áfram niður á 1640 m dýpi. Ummyndun er tiltölulega lítil á þessum kafla og er fyrst og fremst tengd sprungum. Sömu ummyndunarsteindir og fyrir ofan.

1640 - 1669 m dýpi. Ljósgrænt ummyndað basalt er hér ráðandi, finkorna og ummyndað. Ekki er hægt að segja með vissu hvort um er að ræða hraunlög eða innskot.

1669 - 1771 m dýpi. Ekkert svarf kom upp og var holan boruð á þessum kafla með algjöru skoltapi.

Strax í fyrstu sýnum í borun vinnsluhluta voru háhitaummyndunarsteindir einkennandi og ljóst að hiti var nálægt suðumarksferli. Ummyndunarsteindir sýndu engin merki um kólnun í vinnsluhlutanum.

5.2 Vatnsæðar

Vatnsæðar eru staðsettar með skolvatnsbreytingum, hitamælingum, breytingum í jarðlögum og ummyndun. Helstu æðar eins og best verður séð eru eins og fram kemur her á eftir:

Á 1160 - 1170 m dýpi. Holan fór strax að leka lítilega neðan fóðringar og á um 1160 m dýpi jókst lekinn úr 4 í 8 l/s.

Á 1220 m dýpi jókst lekinn um 4 l/s og kom það mjög skýrt fram í hitamælingu (mynd xx). Á þessum stað var borað inn í þunnt finkorna innskot

Á 1248 m dýpi var borað inn í finkorna þunnt basaltinnskot og þar jókst lekinn um 3-4 l/s.

Á 1360 m dýpi var borað inn í þunn samliggjandi díórít og finkorna basalt innskot. Auk þess jókst skoltap á þessu dýpi um 5-6 l/s.

Á 1390 m og 1410 m dýpi við efri jaðar á miklu finkorna basaltinnskoti tapaðist eitthvað yfir 3 l/s.

Á 1573 dýpi tapaðist allt skolvatn og það líklega í sprungu í ganginum eða þar sem tveir gangar liggja samhliða eða skerast. Líklega er það sterkasta æð holunnar.

Á 1660 -1670 m dýpi er æð og þar neðan við kom ekkert borsvarf upp úr holunni.

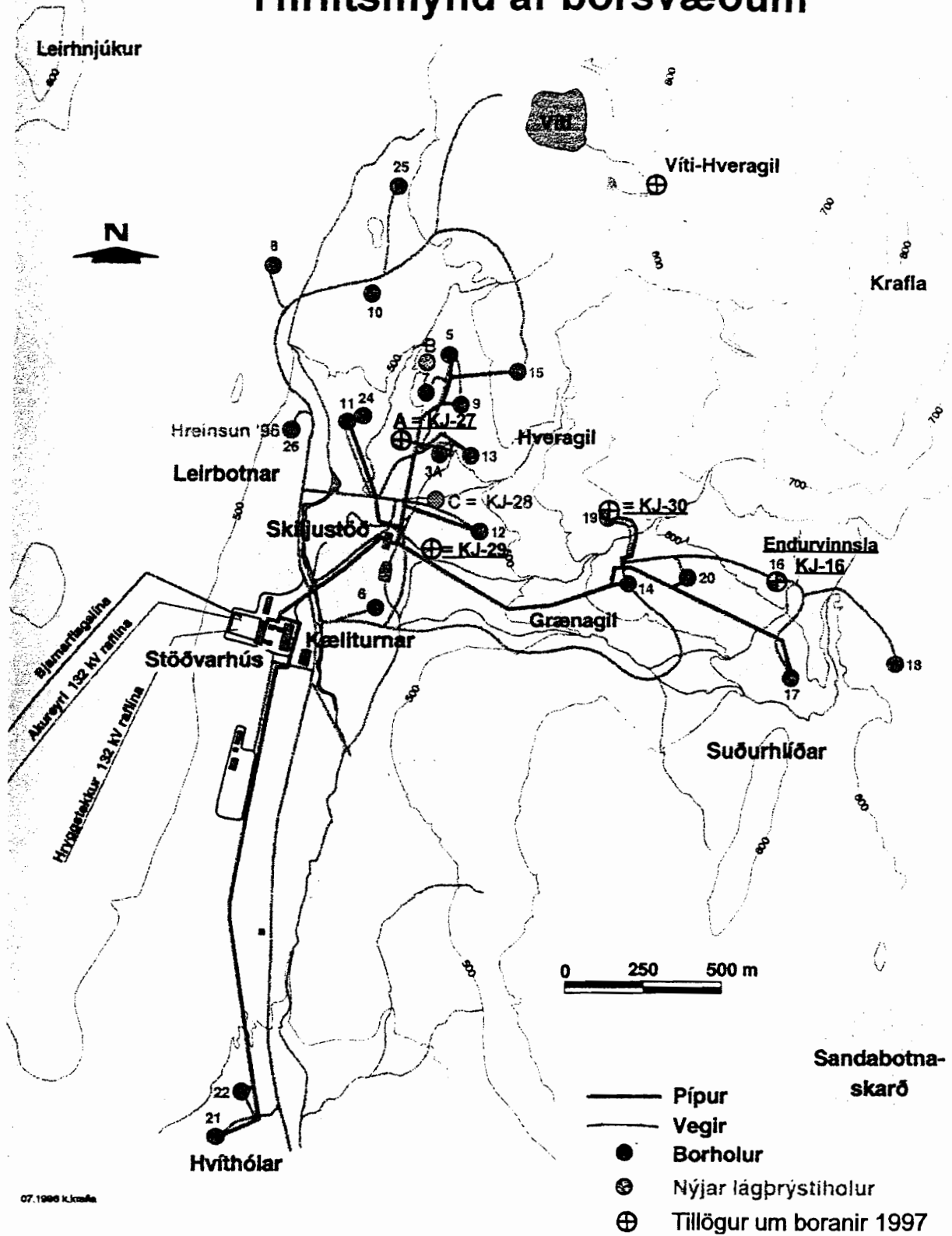
Á 1680 - 1690 m dýpi sést greinilega æð í hitamælingum sem tók vel við vatni eftir borun.

Á 1720 m dýpi er vísbending um æð í holunni samkvæmt hitamælingum en þar neðan við er lítið sem ekkert að sjá.



Krafla 30+30 MW

Yfirlitsmynd af borsvæðum

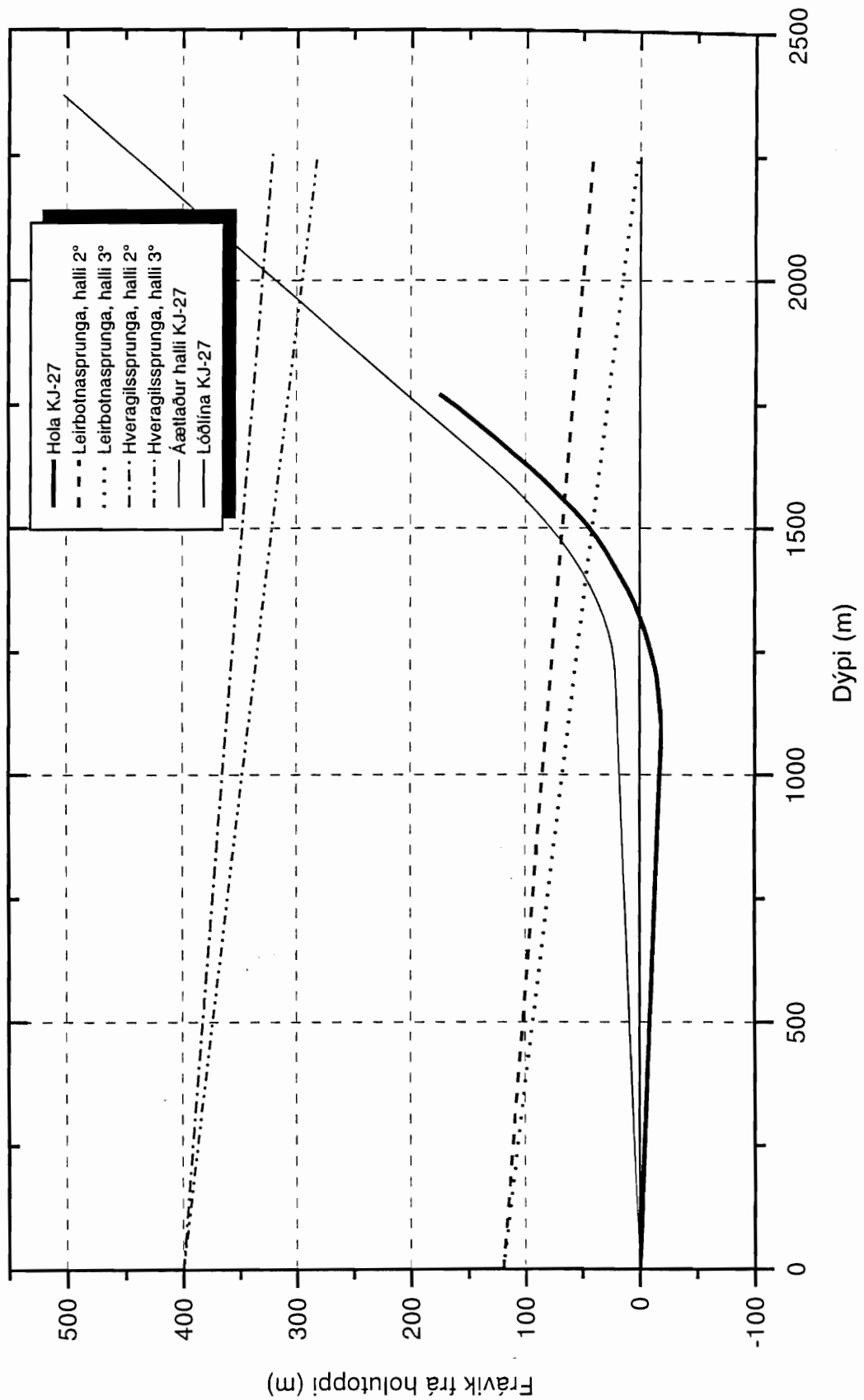


Mynd 1. Afstöðumynd af Kröflusvæðinu.



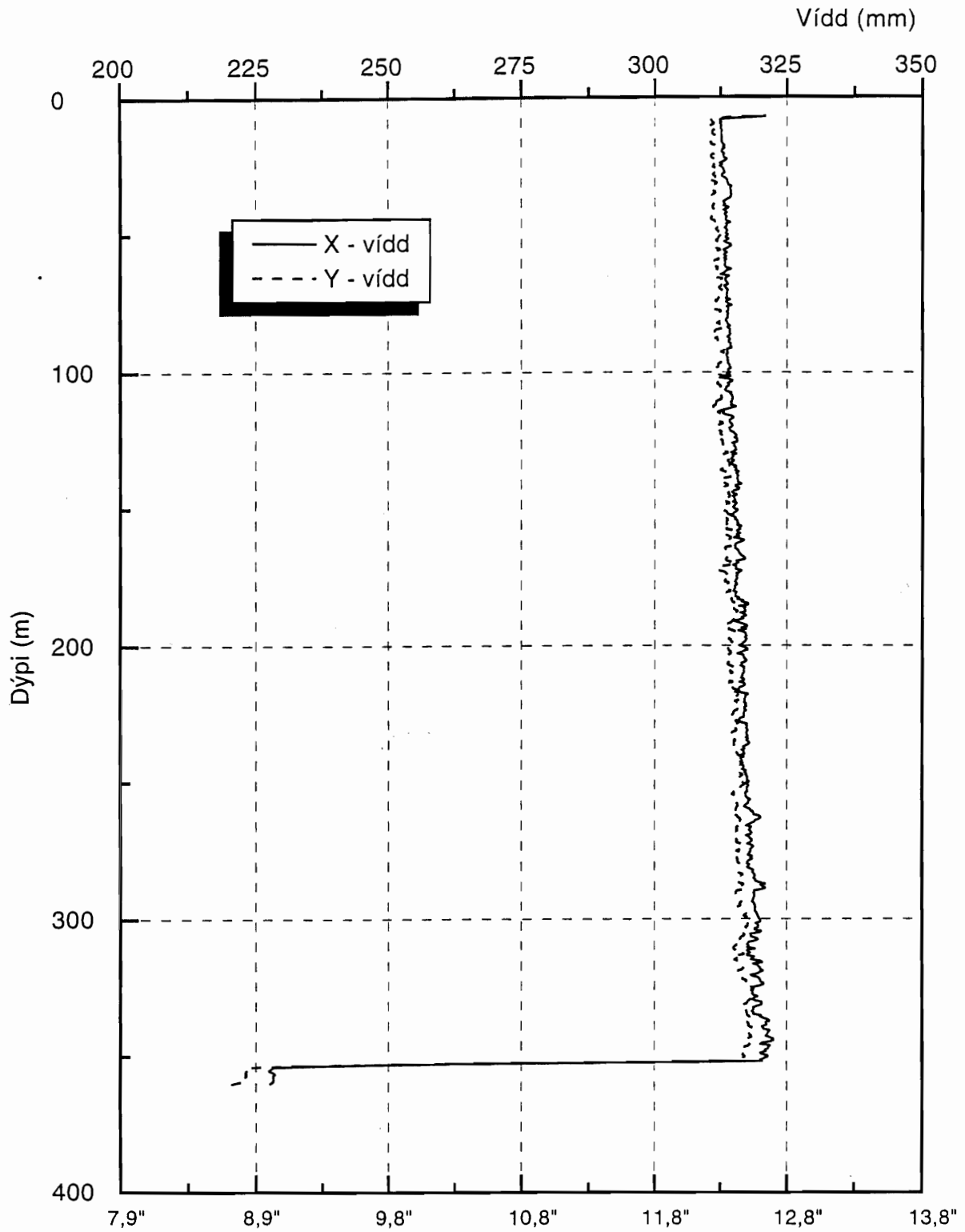
ORKUSTOFNUN
ROS

Krafla - Hóla KJ-27 Lega holunnar og nærliggjandi sprungur



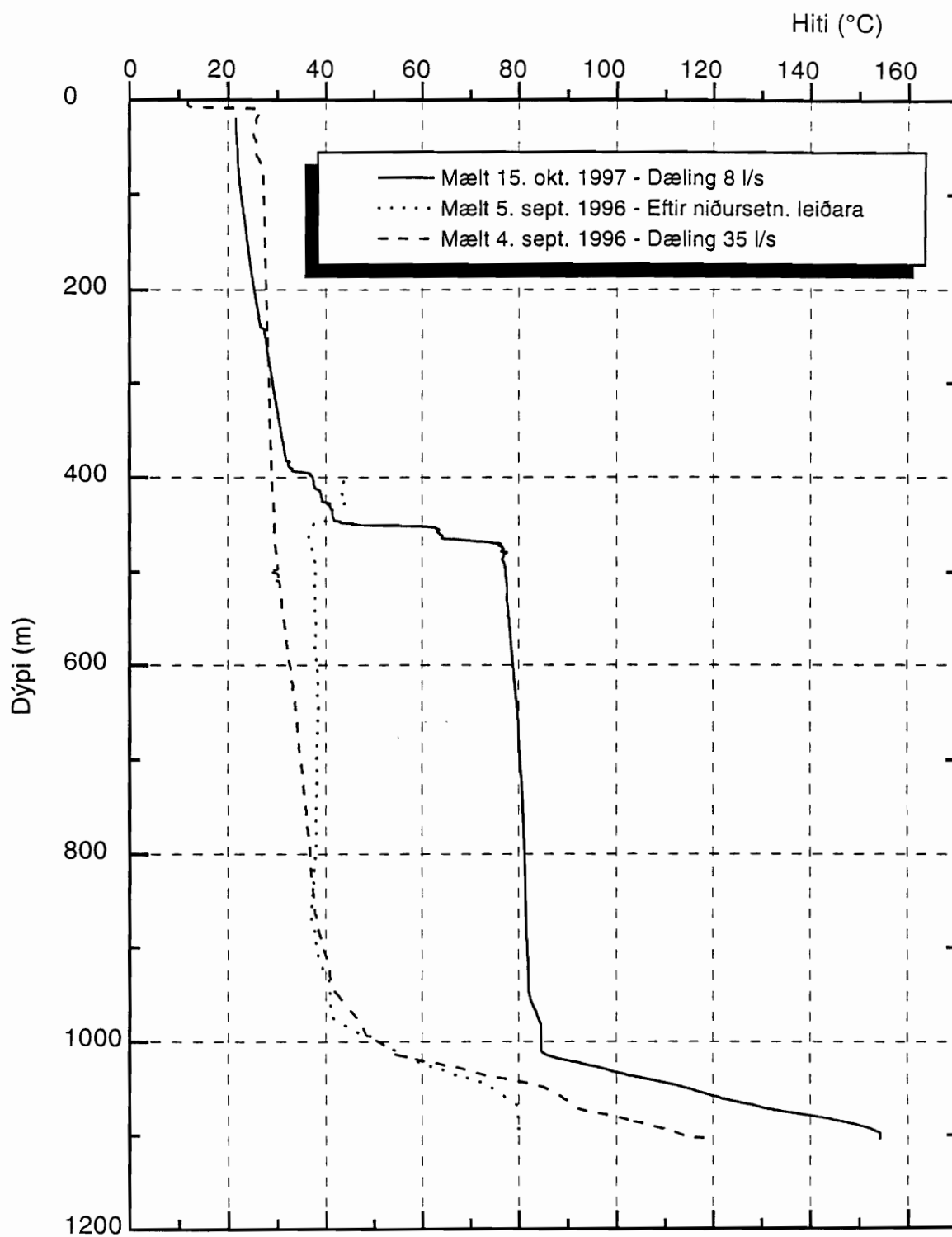
Mynd 2. Lega holu KJ-27 með tilliti til nærliggjandi sprungna.

Krafla hola KJ-27
Viddarmæling fyrir upptekt fódringar
Mælt 14. október 1997



Mynd 3. Viddarmæling fyrir upptekt fódringar.

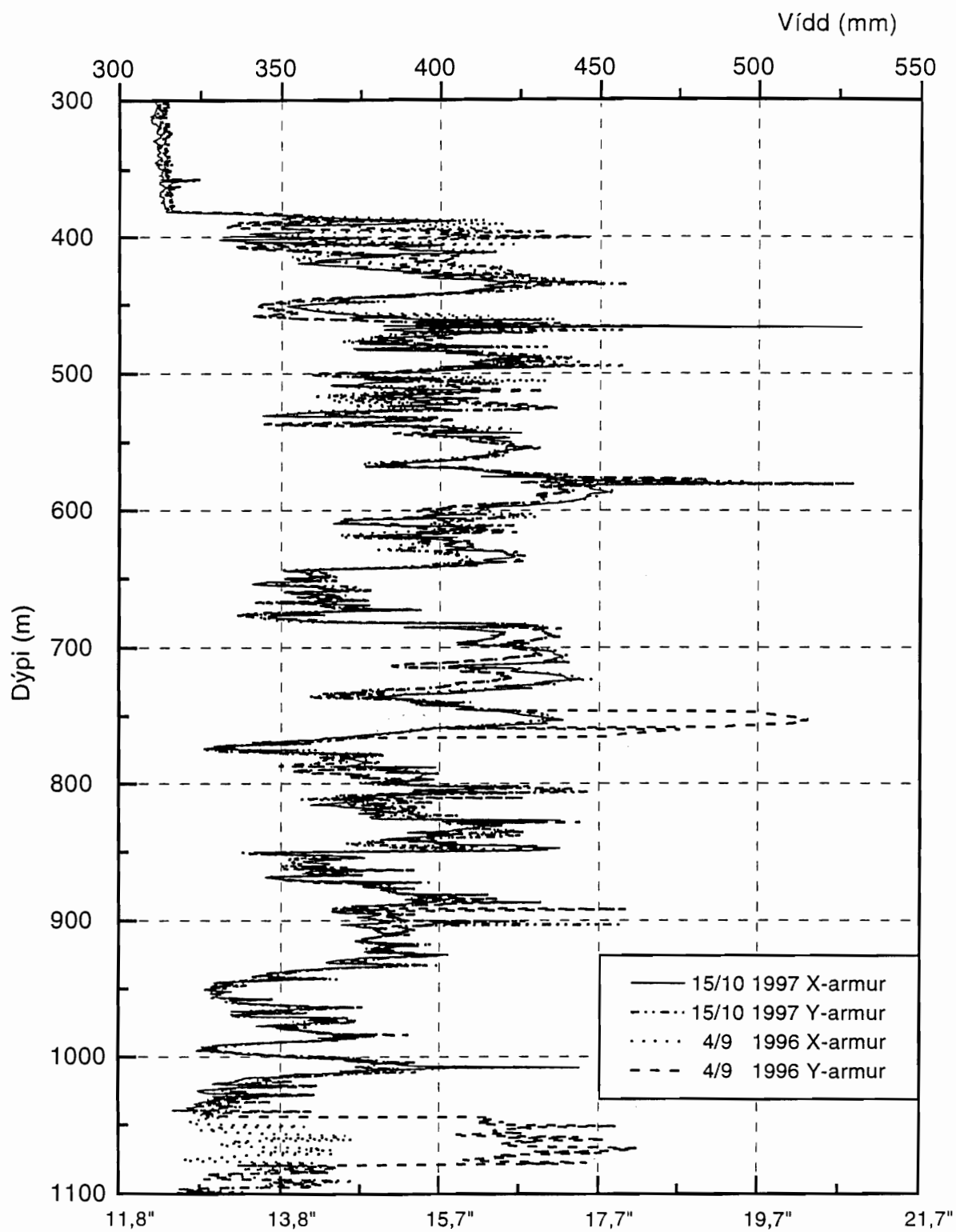
Krafla hola KJ-27 Hitamælingar



Mynd 4. Hitamælingar 1996 og við 8 l/s kælingu 1997.

Krafla hola KJ-27

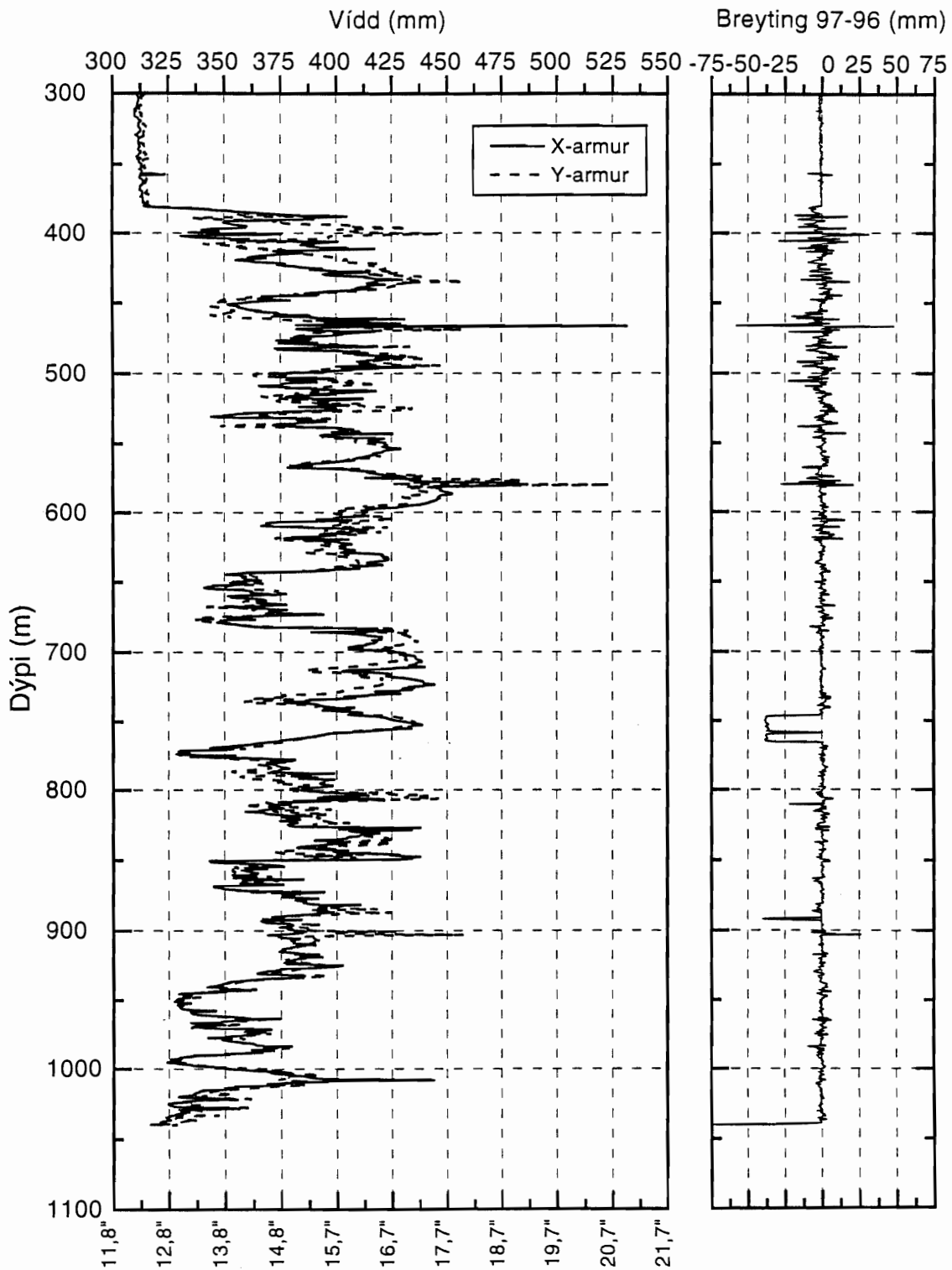
Samanburður víddarmælinga 1996 og 97



Mynd 5. Víddarmælingar 1996 og 1997.

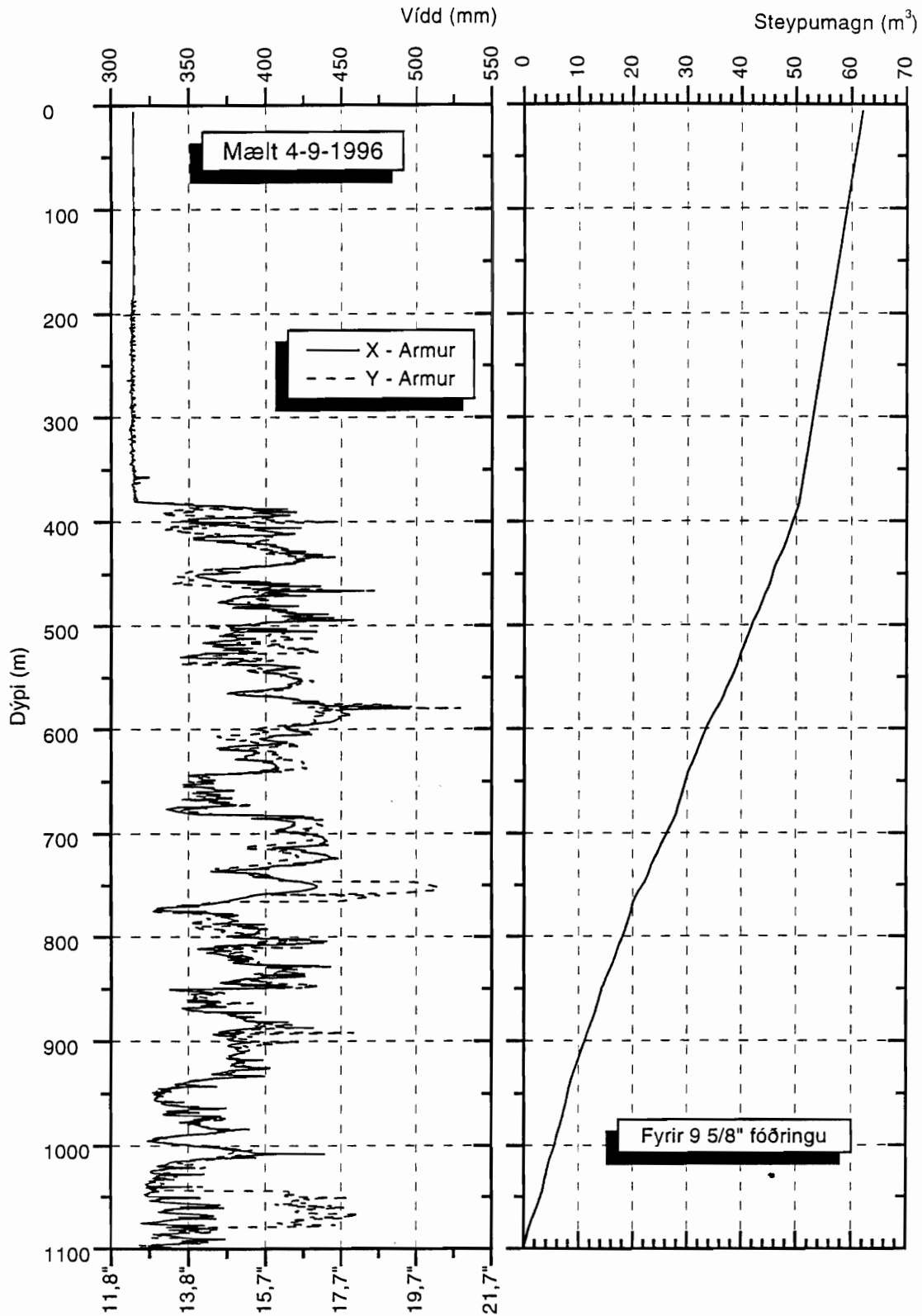
Krafla hola KJ-27

Víddarmælingar fyrir steypingu vinnslufóðringar og breytingar milli ára



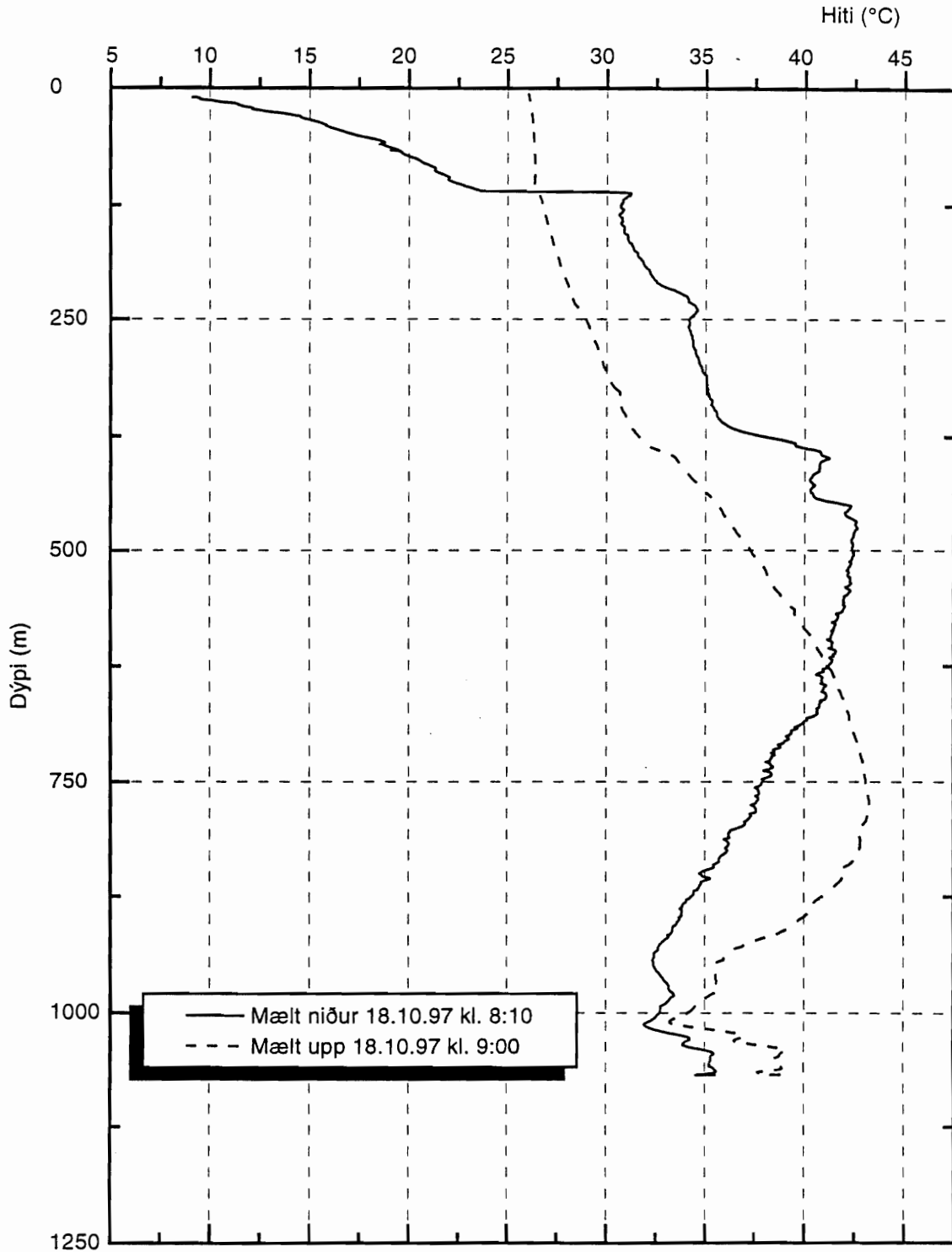
Mynd 6. Víddarmælingar fyrir steypingu vinnslufóðringar.

Víddarmæling og reiknað rúmmál bak við 9 5/8" fóðringu



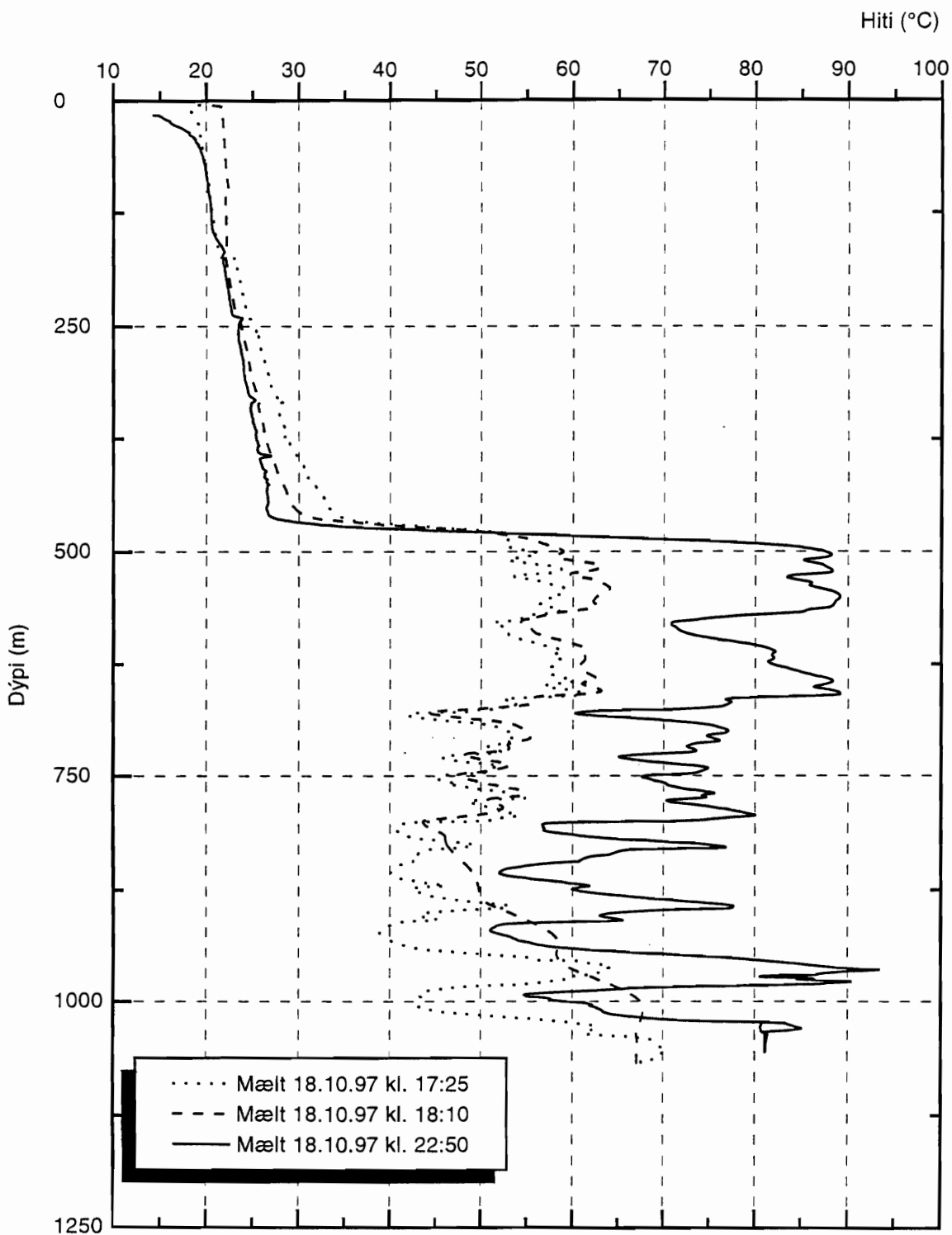
Mynd 7. Víddarmæling og reiknað rúmmál bak við 9 5/8" fóðringu.

Hitamælingar fyrir steypingu 9 5/8" fóðringar



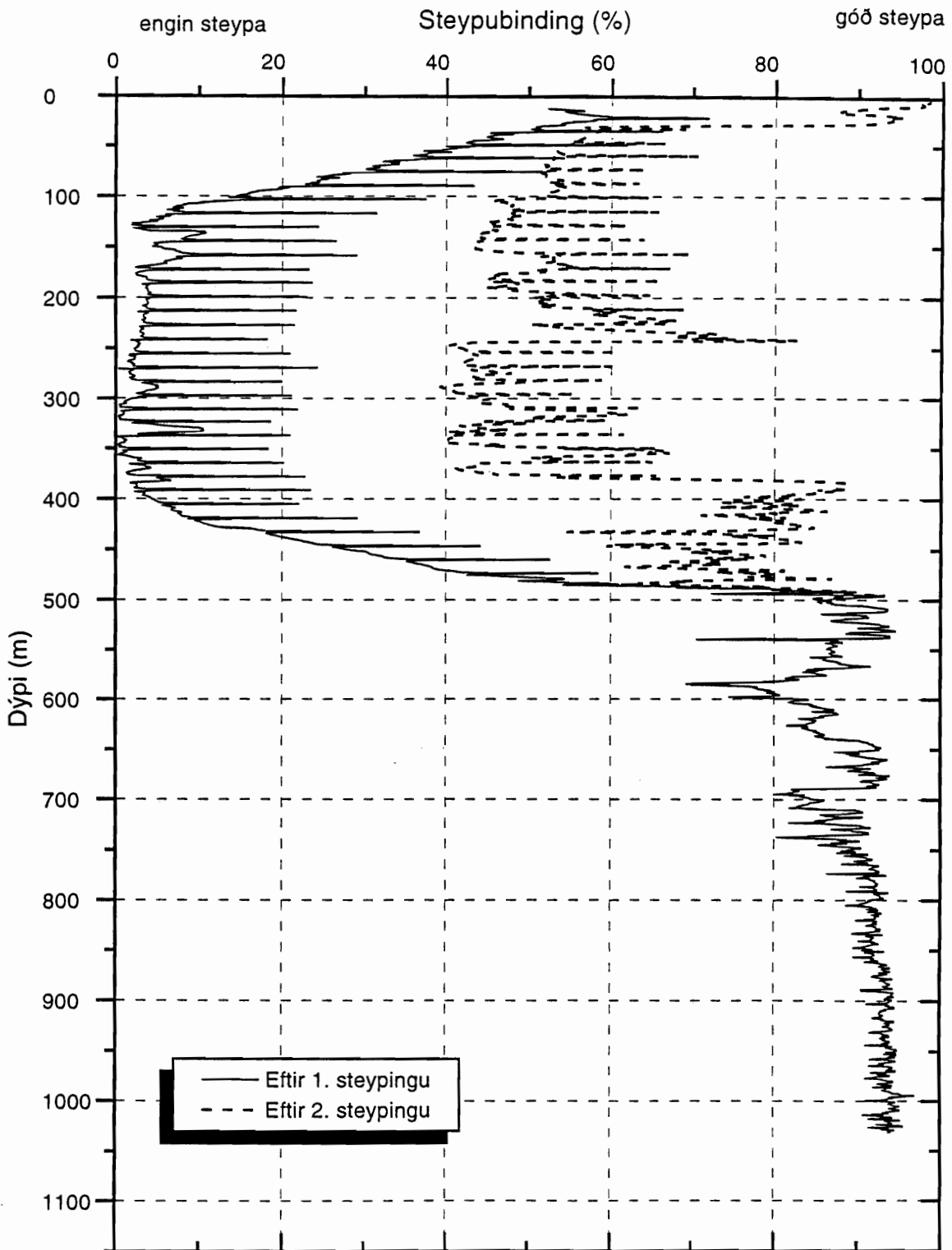
Mynd 8. Hitamælingar fyrir steypingu.

Hitamælingar - Leitað að steypuborði
Eftir 1. steypingu 9 5/8" fóðringar

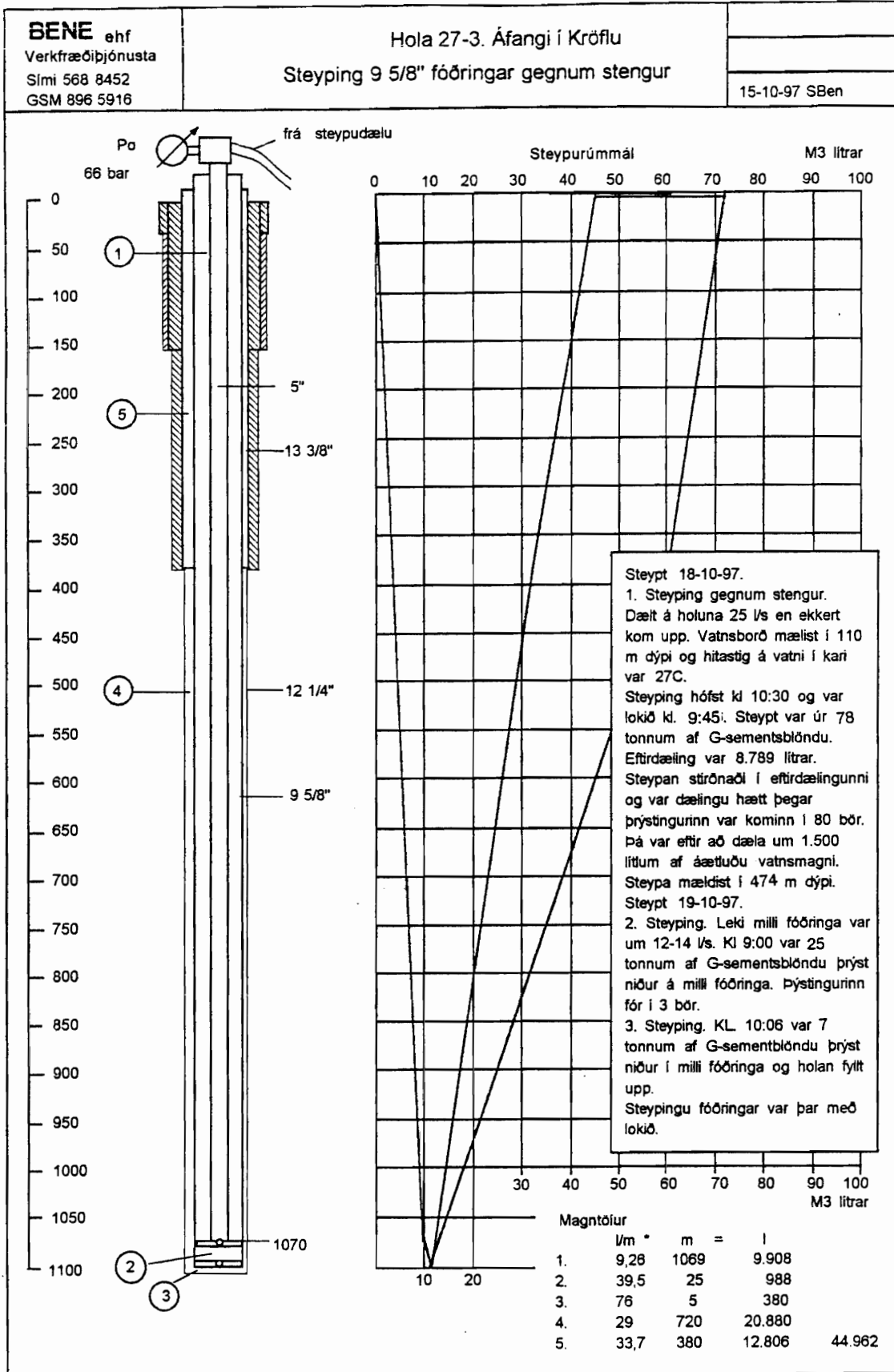


Mynd 9. Hitamælingar - Leitað að steypuborði.

CBL-mæling vegna steypingar 9 5/8" fóðringar

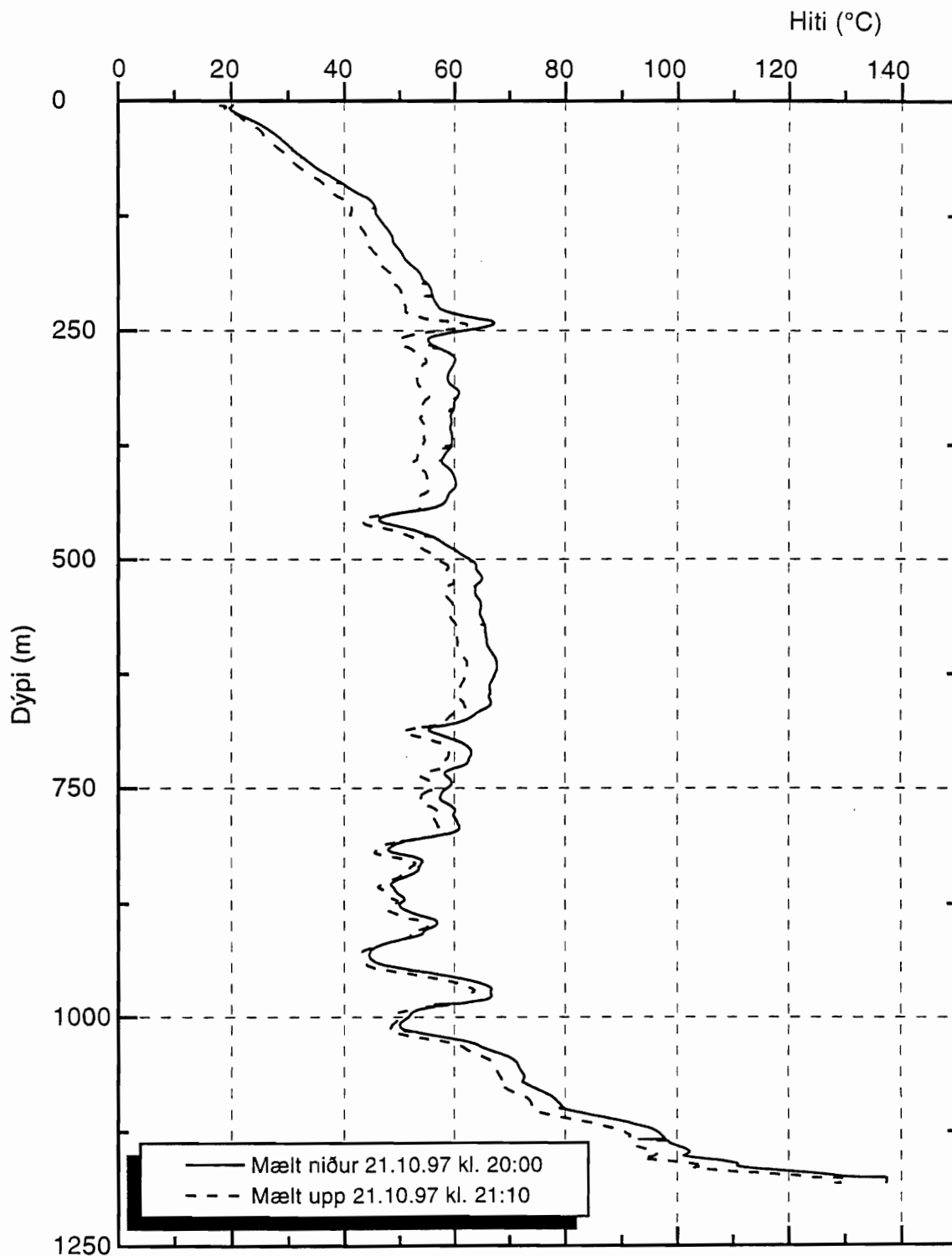


Mynd 10. Steypubinding.



Mynd 11. Steyping 9 5/8" fódringar í gegnum stengur.

Hitamælingar vegna niðursetningar skáborunartækja

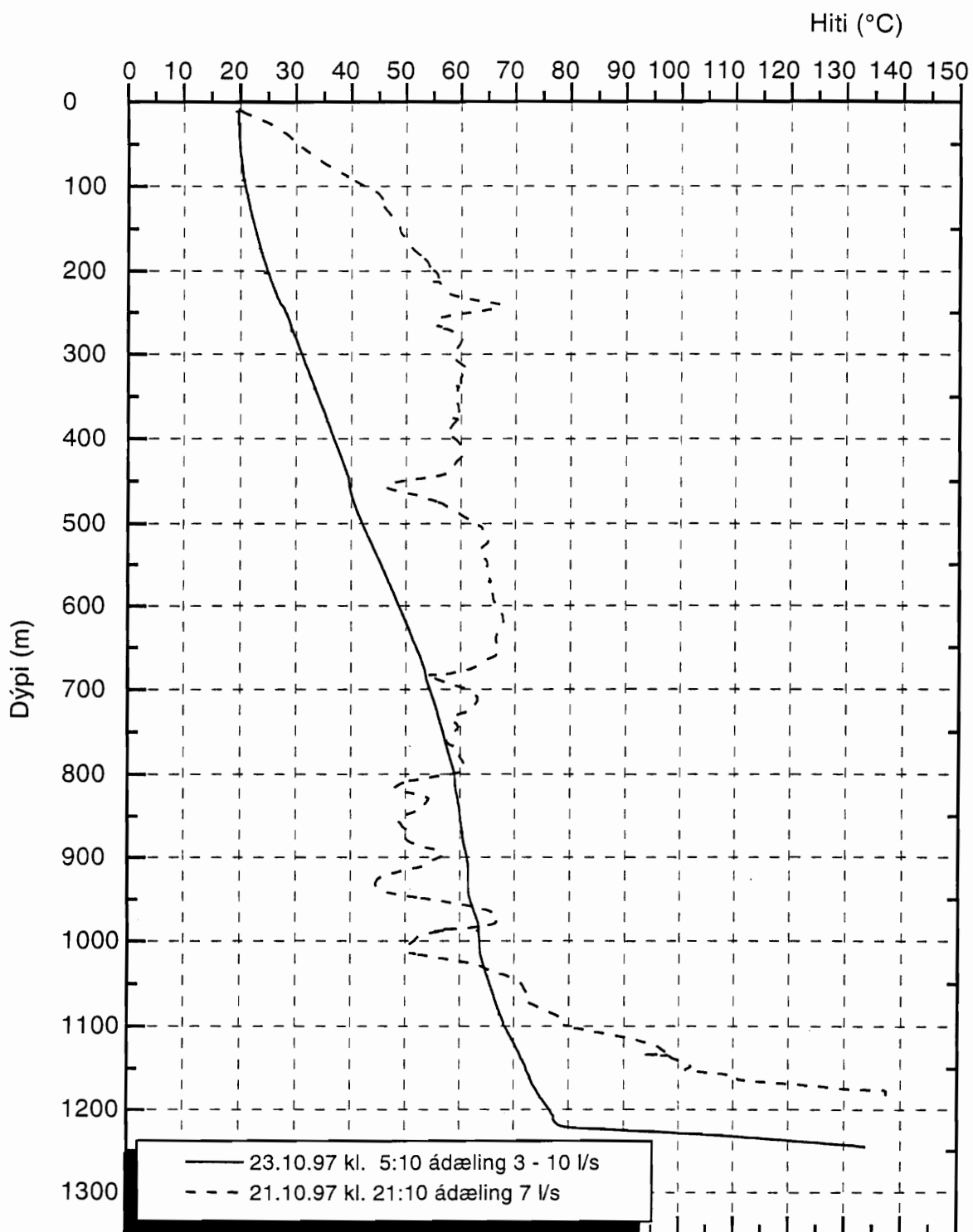


Mynd 12. Hitamælingar fyrir skáborunartæki.

Orkustofnun
ROS

Krafla hola KJ-27

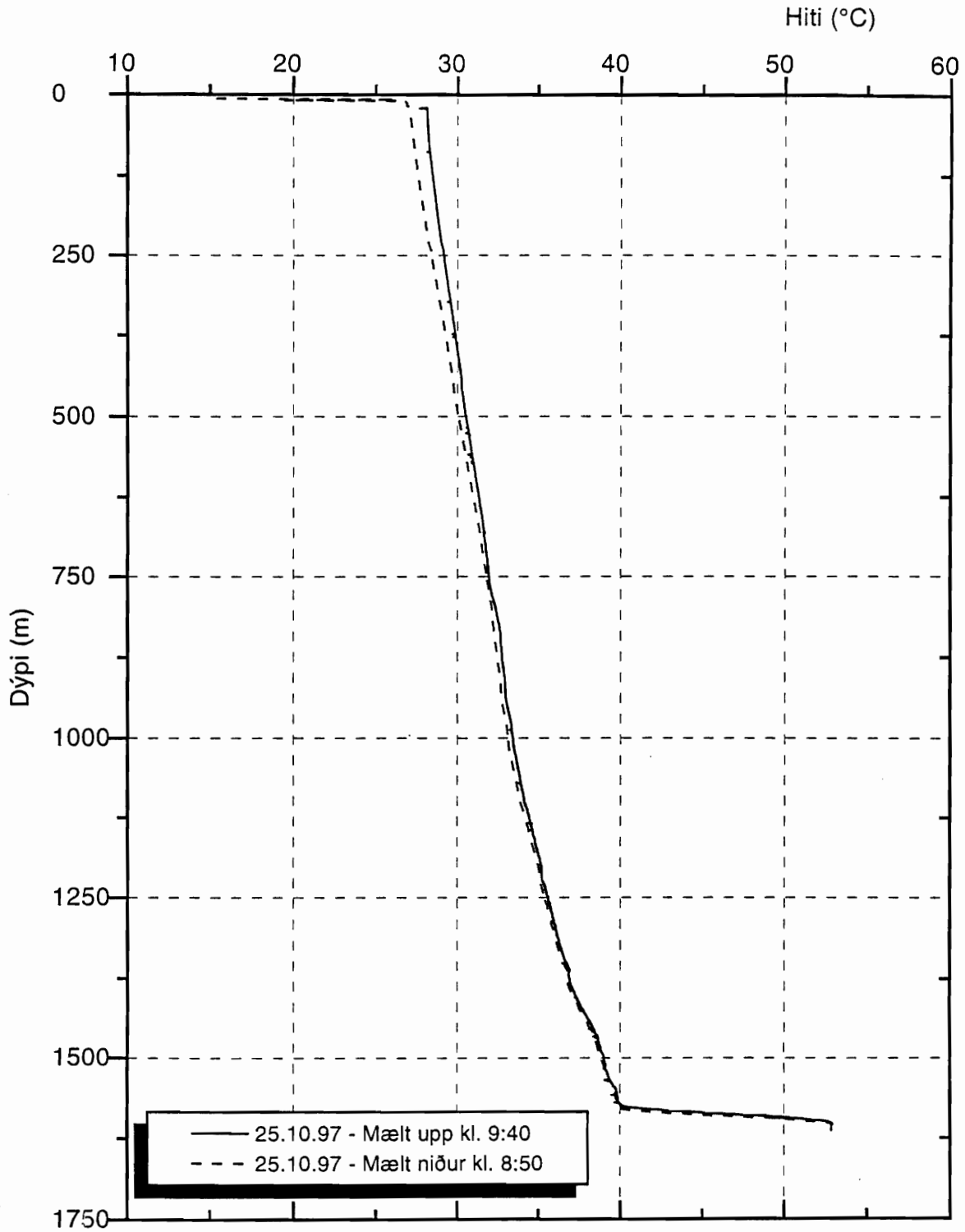
Hitamælingar vegna niðursetningar borstrengs



Mynd 13. Hitamælingar vegna niðursetningar borstrengs.

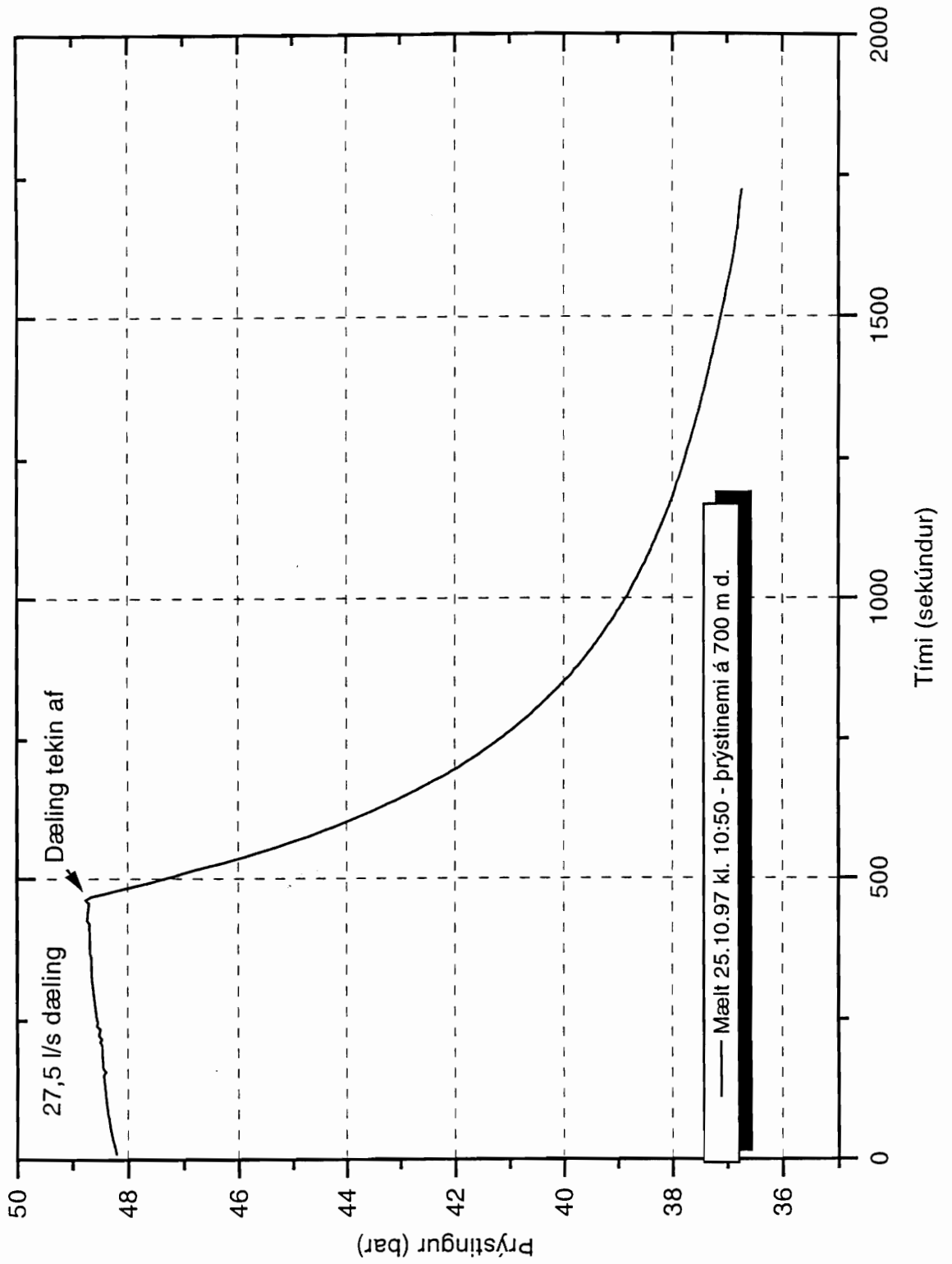
Krafla hola KJ-27

Hitamælingar eftir upptekt úr 1612 m, ádæling 27,5 l/s



Mynd 14. Hitamælingar eftir upptekt úr 1612 m dýpi.

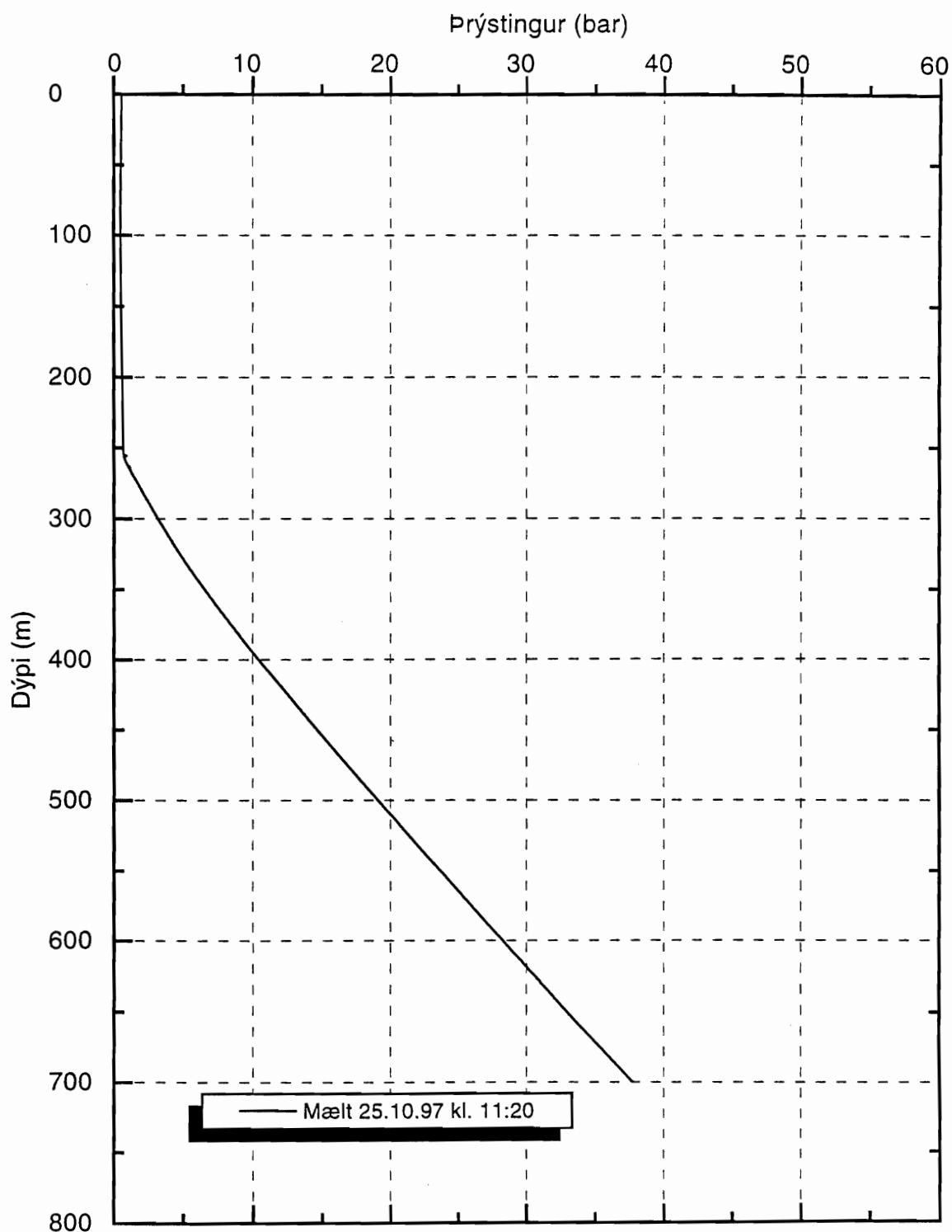
Krafla Hóla KJ-27
Mæling á prýstifalli á 700 m dýpi - holudýpi 1612 m



Mynd 15. Vatnsborðsmæling - holudýpi 1612 m dýpi.

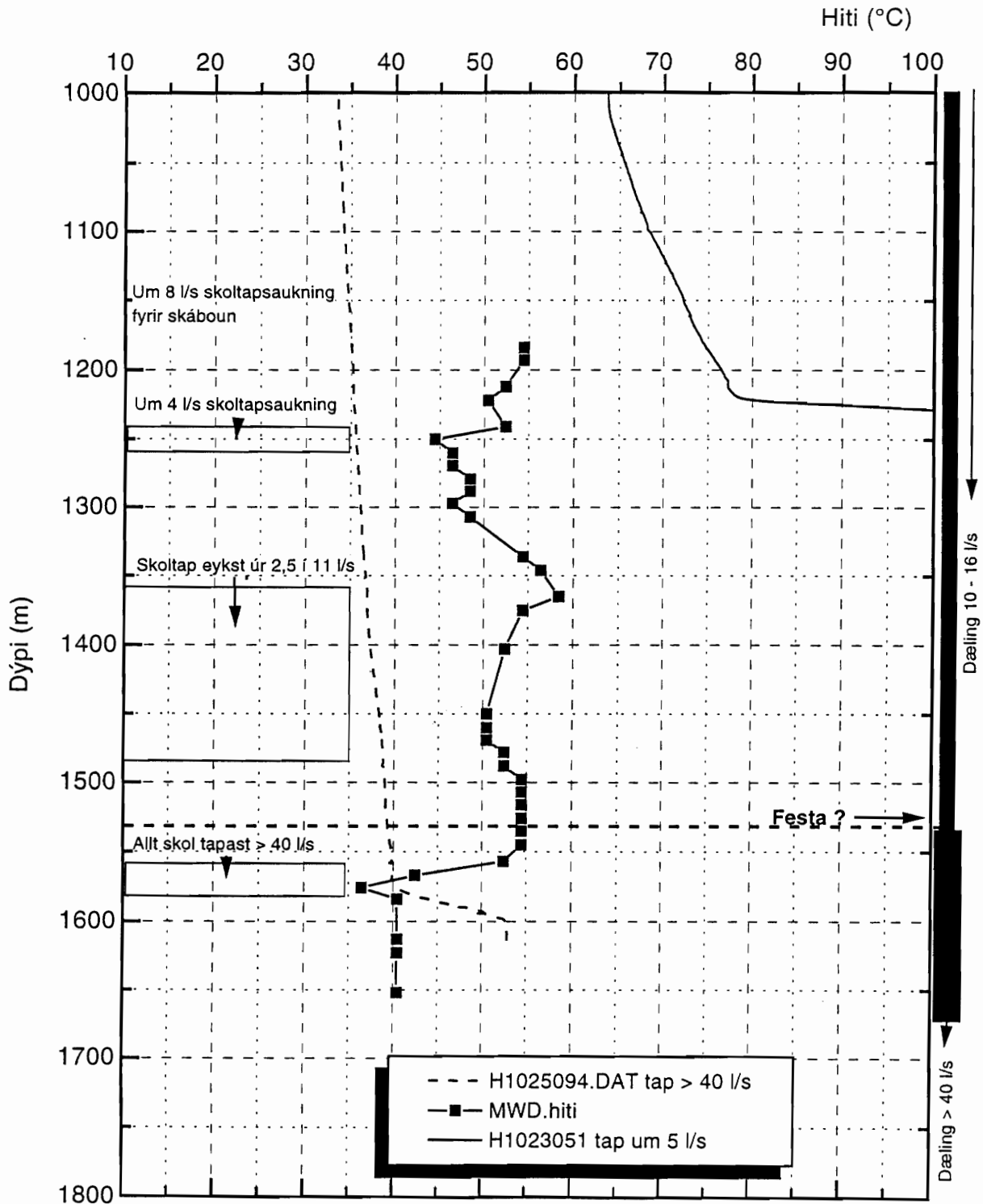
Krafla hola KJ-27

Dýpi 1612 m



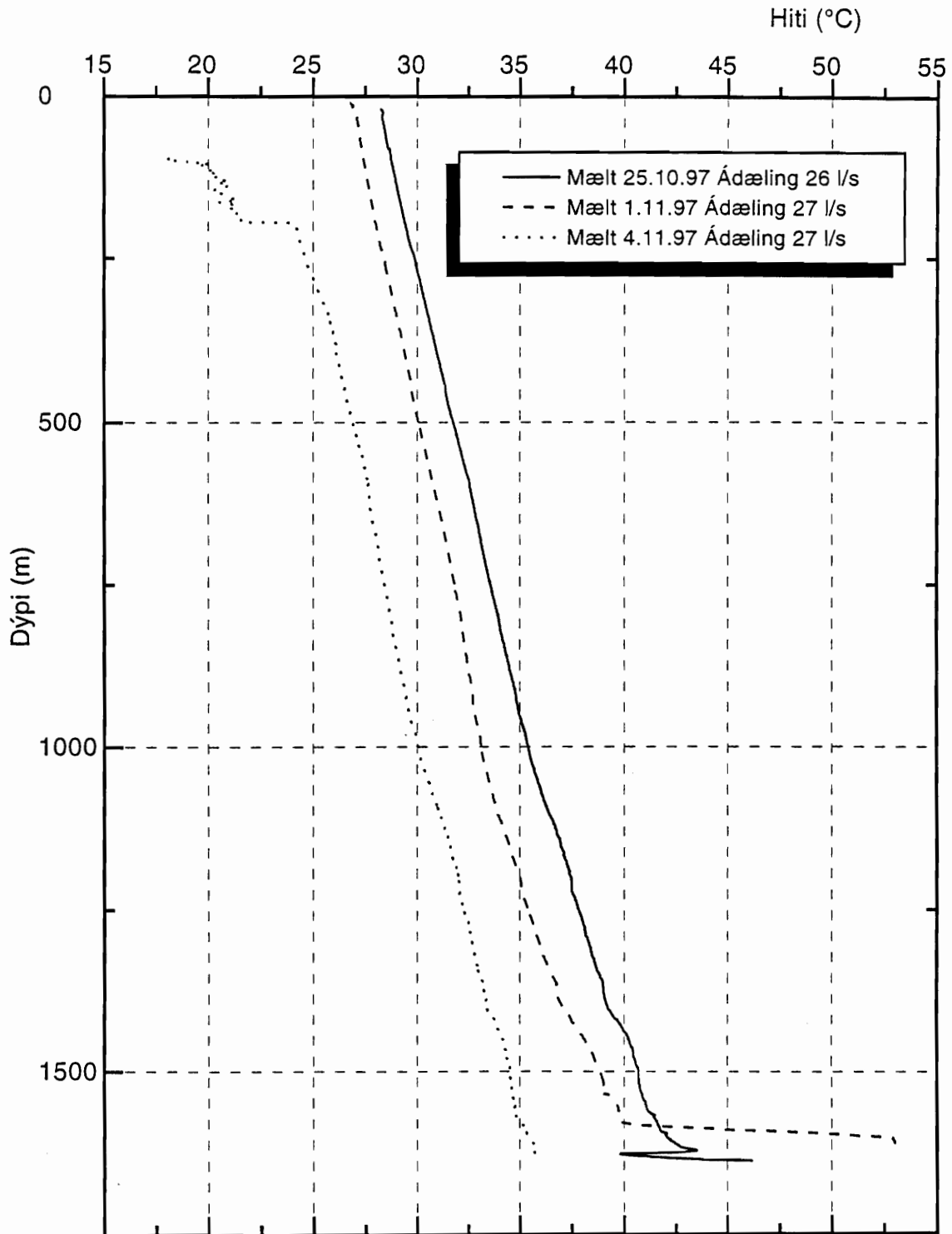
Mynd 16. Þrýstimæling frá 700 m dýpi.

Krafla hola KJ-27
Dýpi 1669 m og borstrengur fastur
Samandregnar upplýsingar



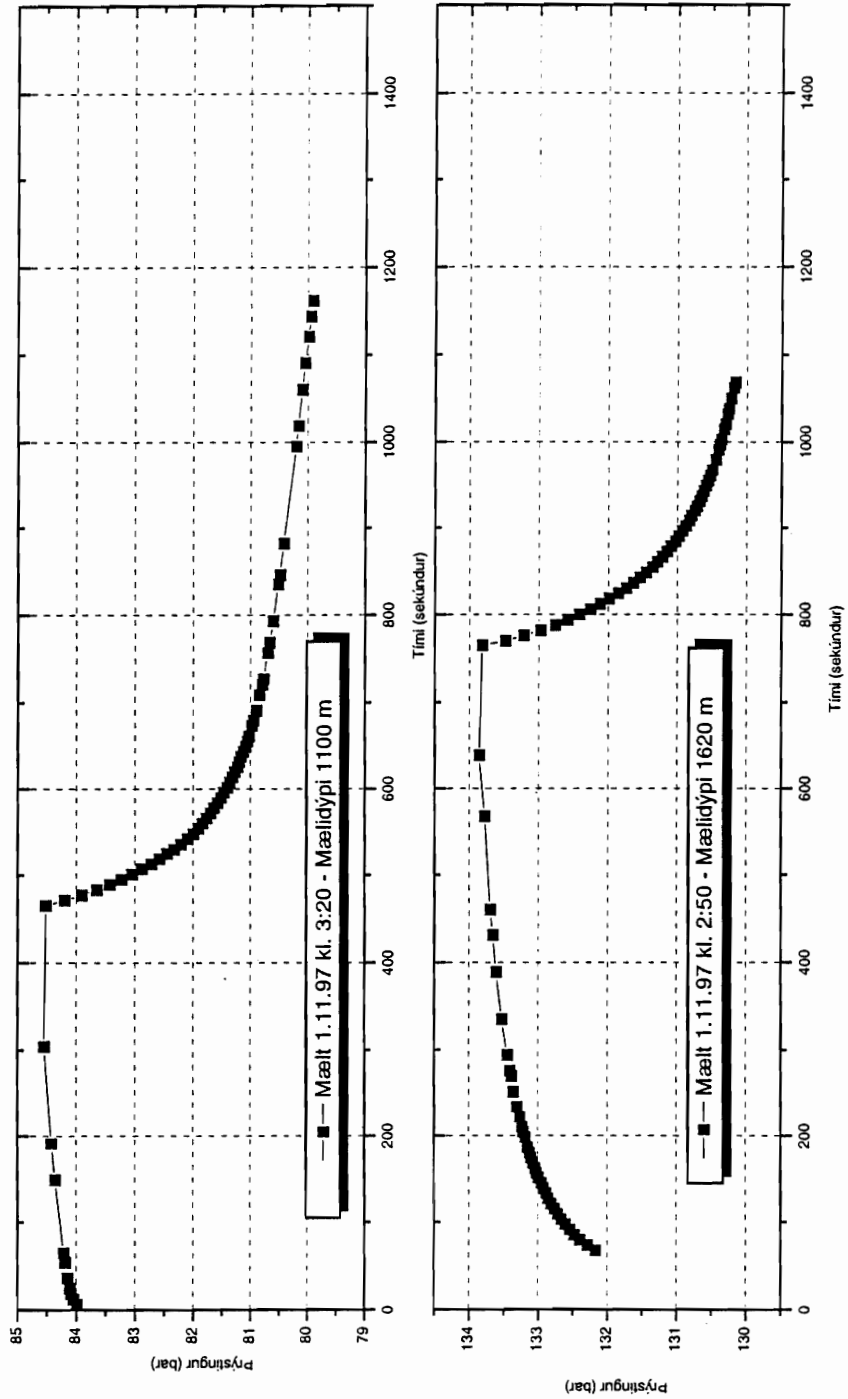
Mynd 17. Dýpi 1669 m og borstrengur fastur.

Hitamælingar undir lok borunar



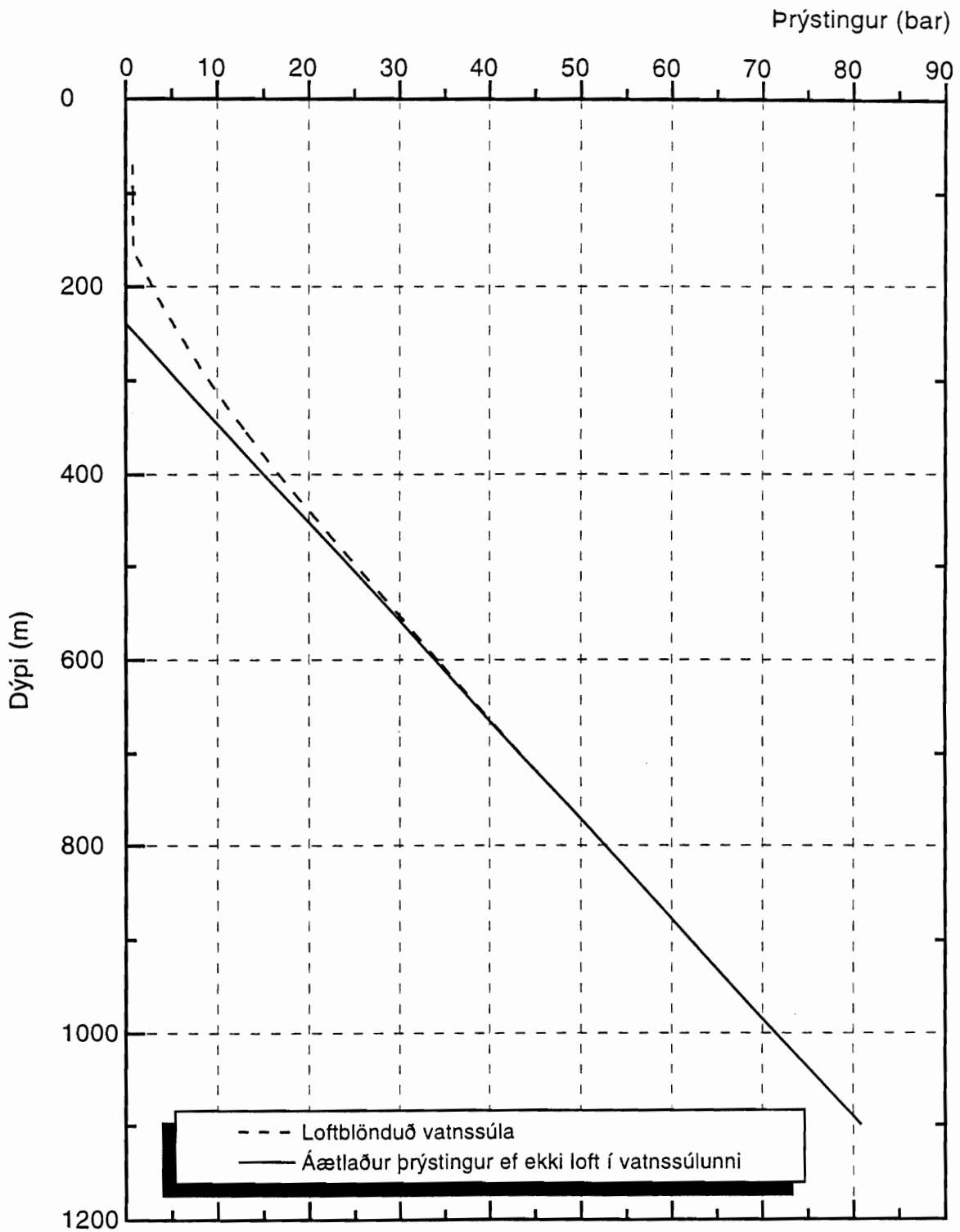
Mynd 18. Hitamælingar eftir upptekt 1. nóv. 1997.

Krafla hola KJ-27 - Dýpi 1669 m
Fallmælingar 1. nóvember eftir 40 l/s ádælingu



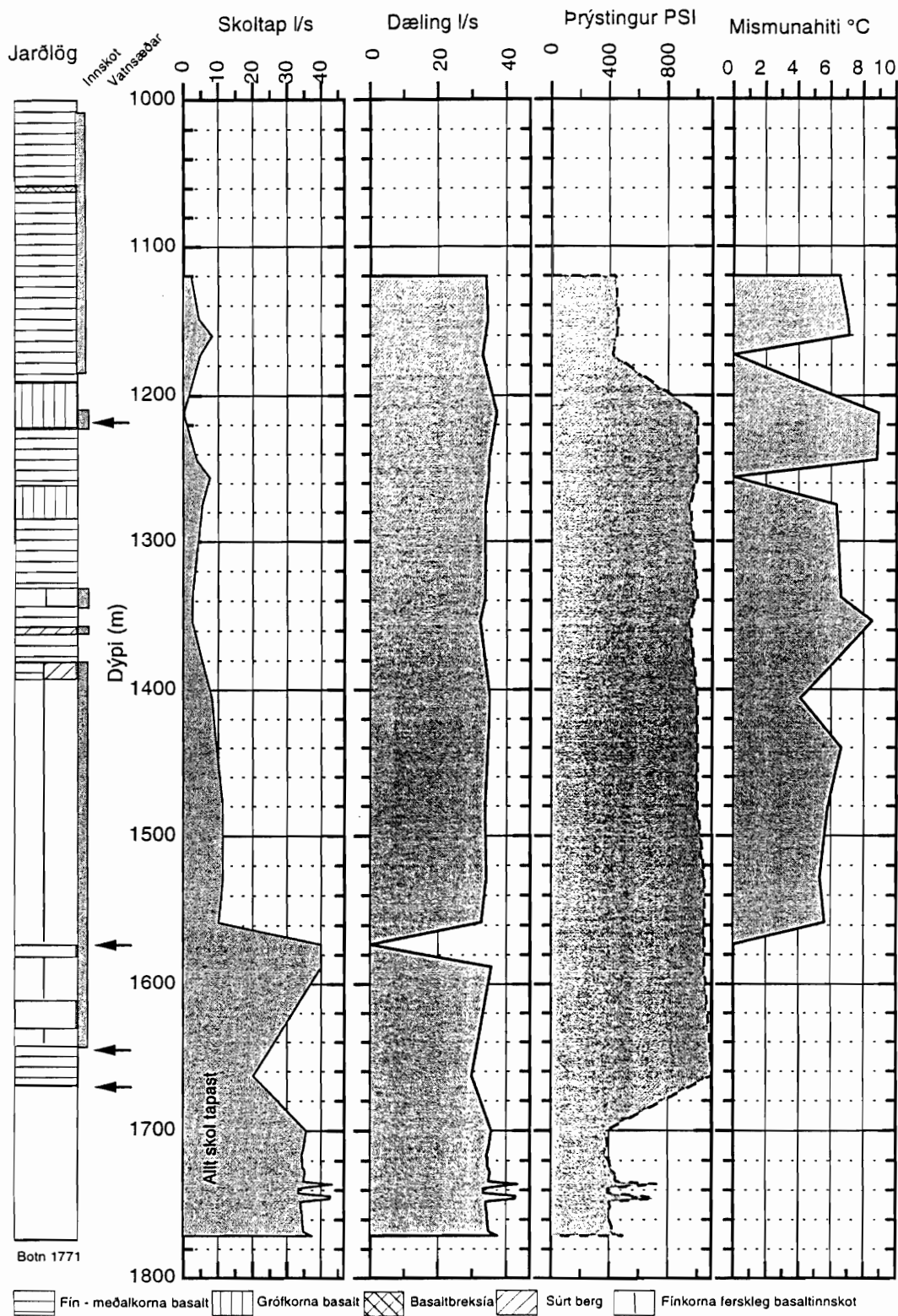
Mynd 19. Fallmælingar eftir 40 l/s ádælingu, dýpi 1669 m.

Krafla hola KJ-27
Prýstimæling 1. nóvember 1997



Mynd 20. Prýstimæling - holudýpi 1669 m.

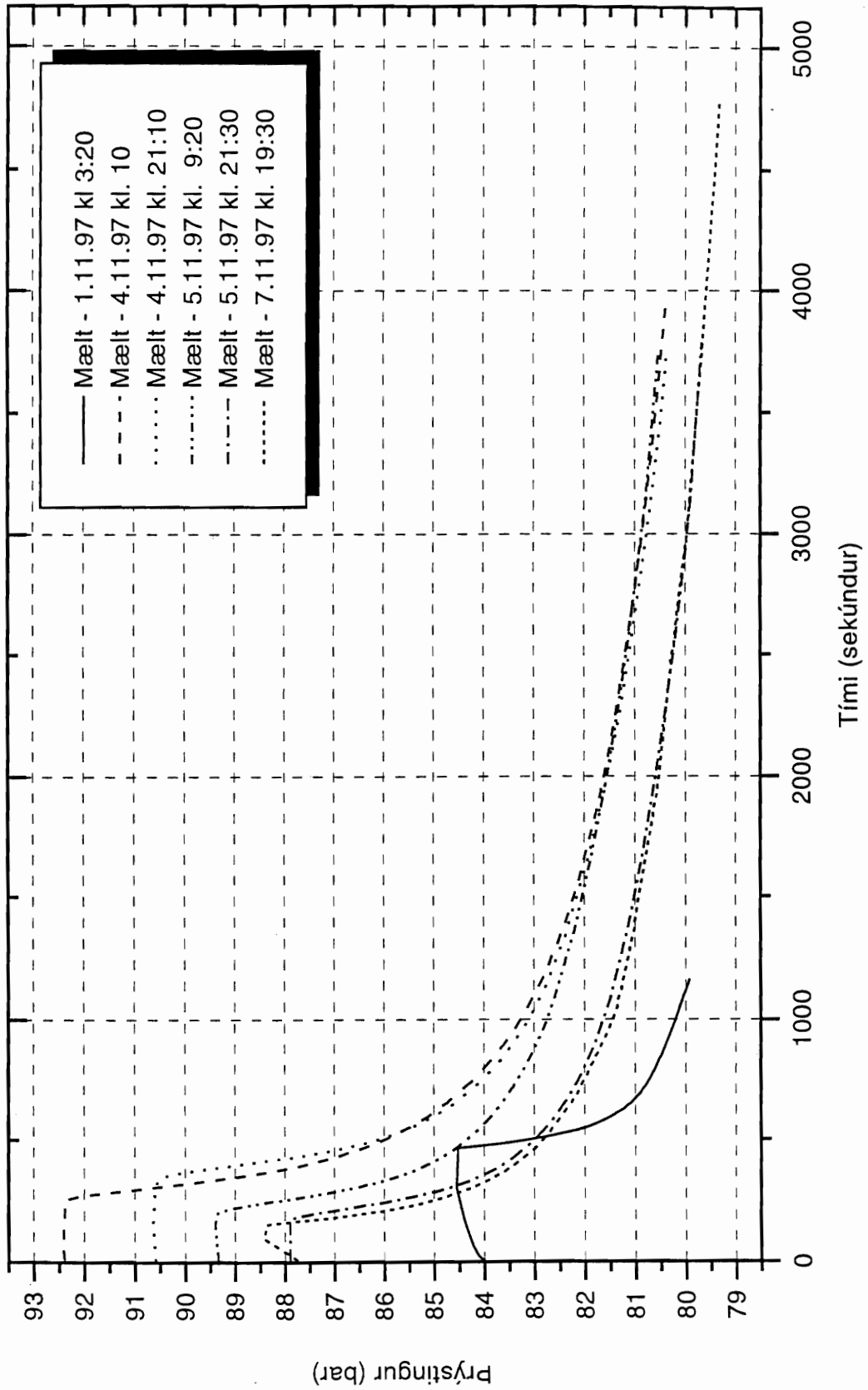
Einfaldað jarðlagasnið og mælingar á skoli



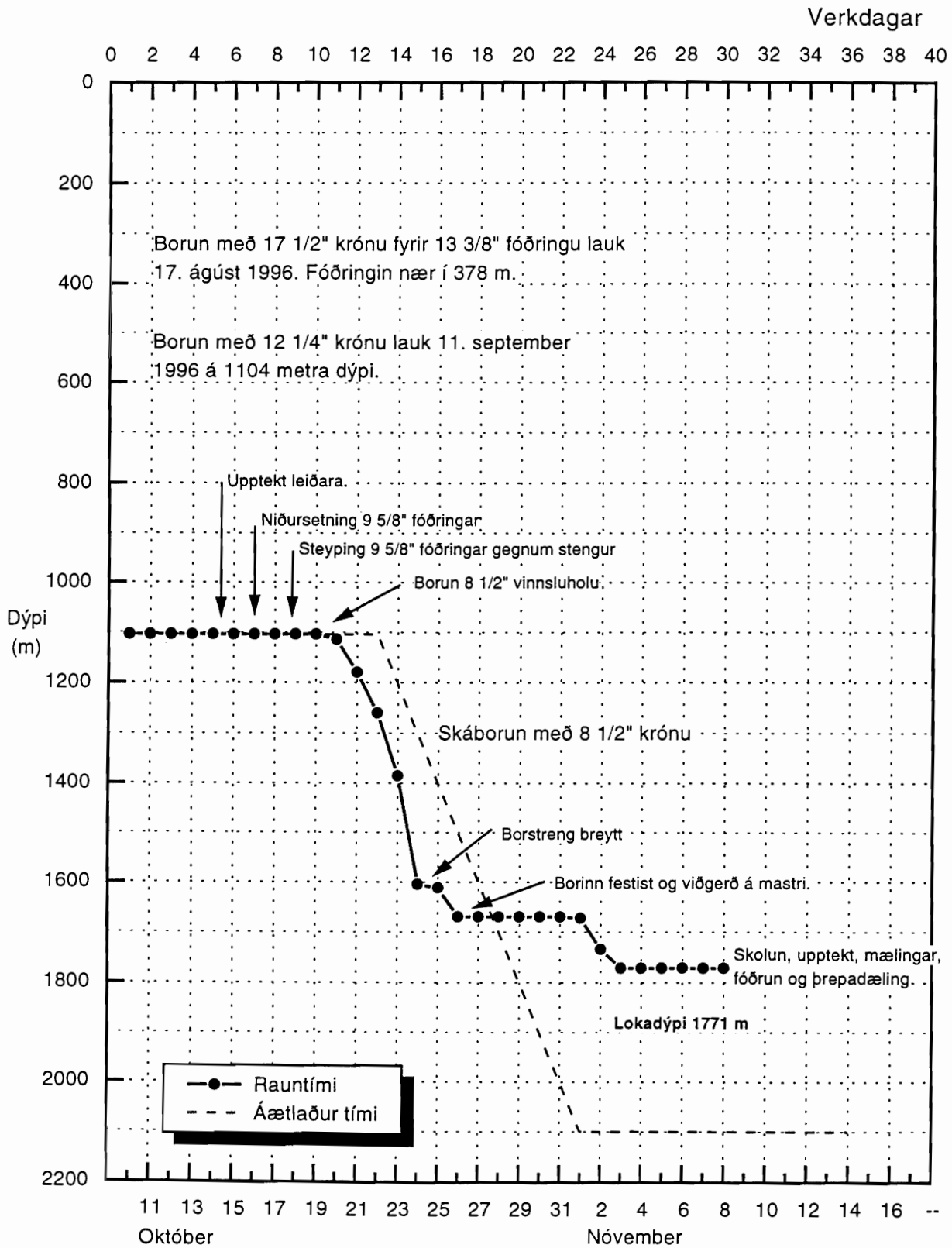
Mynd 21. Einfaldað jarðlagasnið og mælingar á skoli.



Krafla hola KJ-27
Fallmælingar eftir 40 l/s ádælingu
Mælt 1. - 7. nóvember 1997



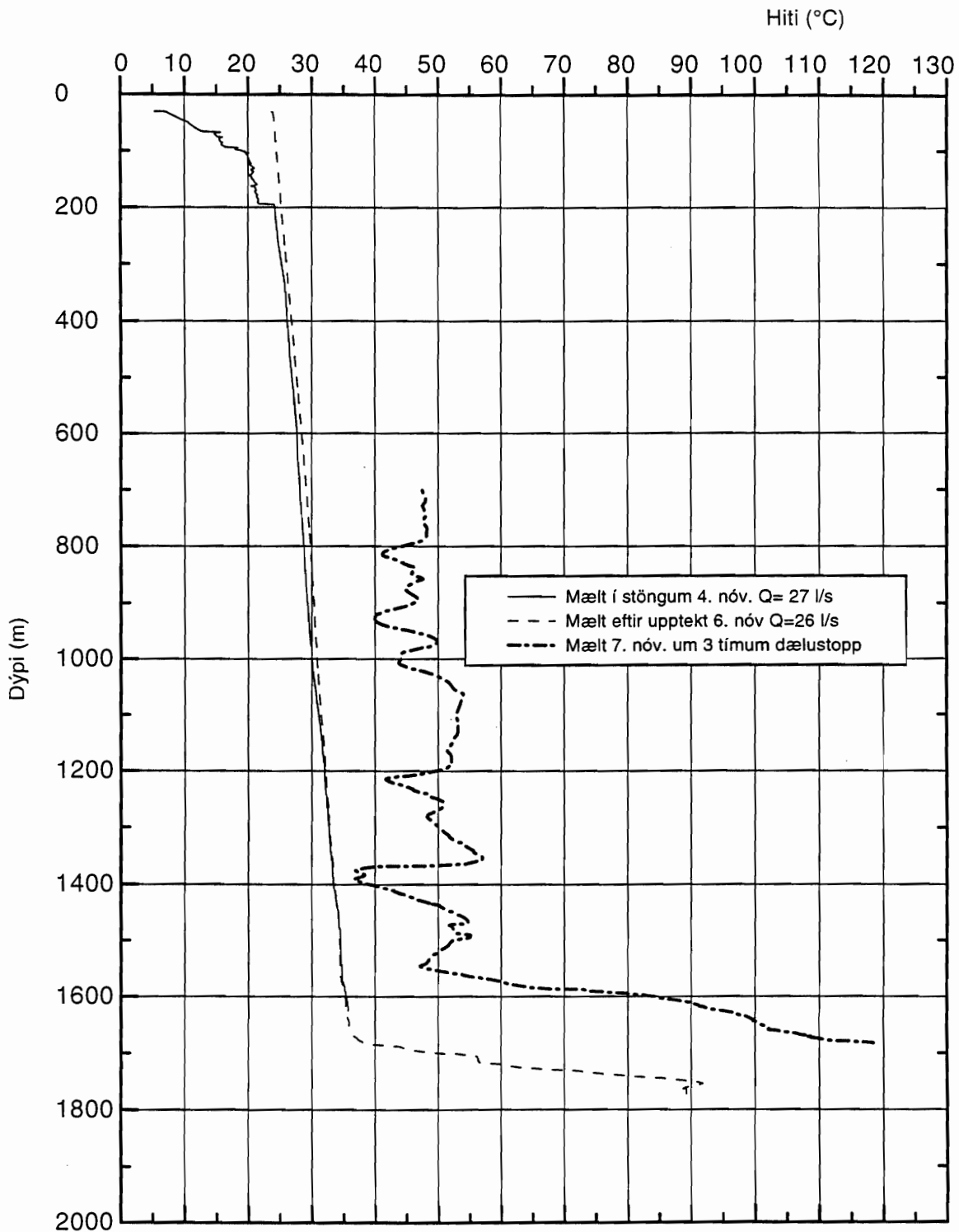
Mynd 22. Fallmælingar eftir 40 l/s ádælingu.



Mynd 23. Gangur borunar.

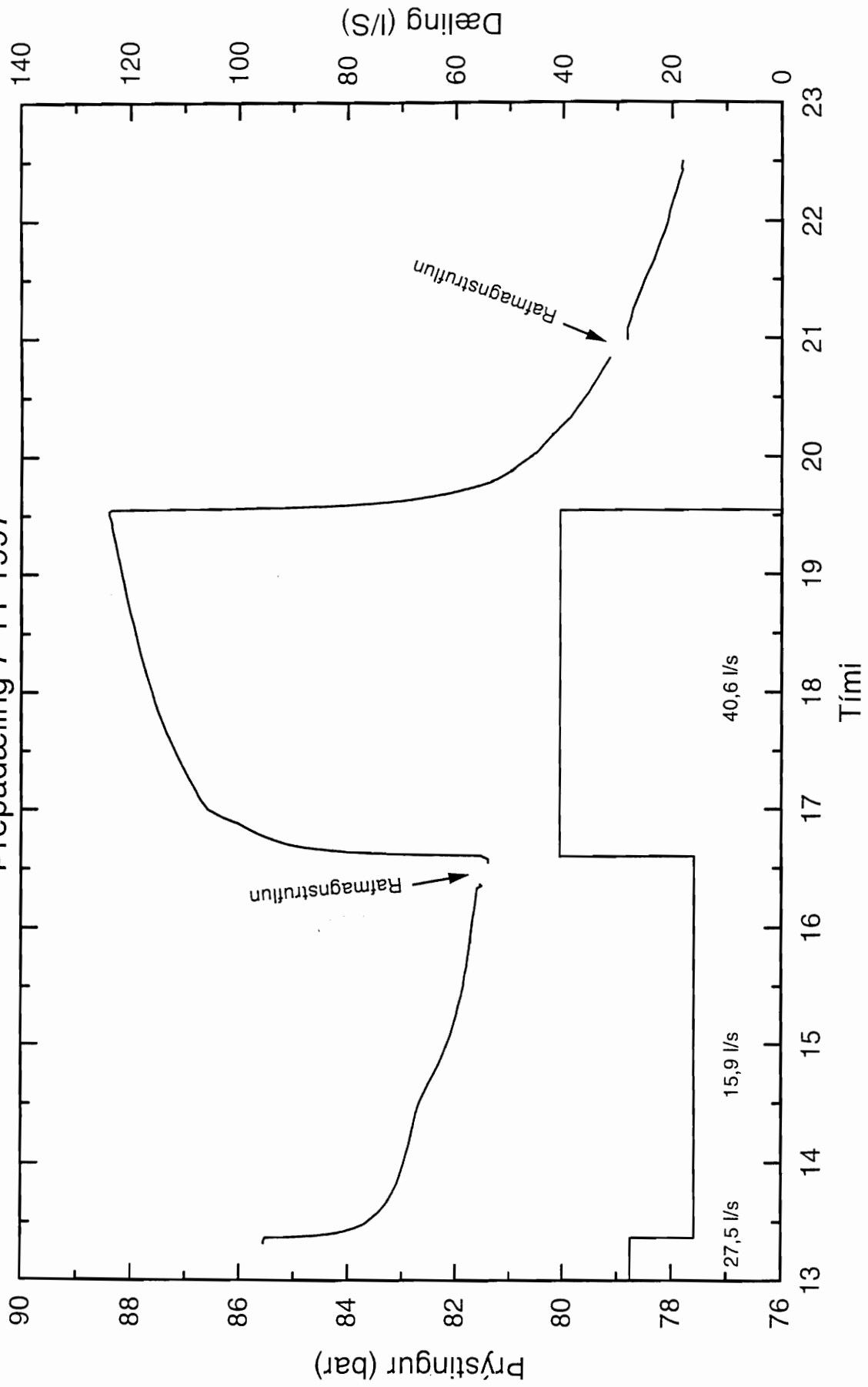
KRAFLA HOLA KJ-27

Hitamælingar eftir borun í 1771 m



Mynd 24. Hitamæling eftir að borun lauk.

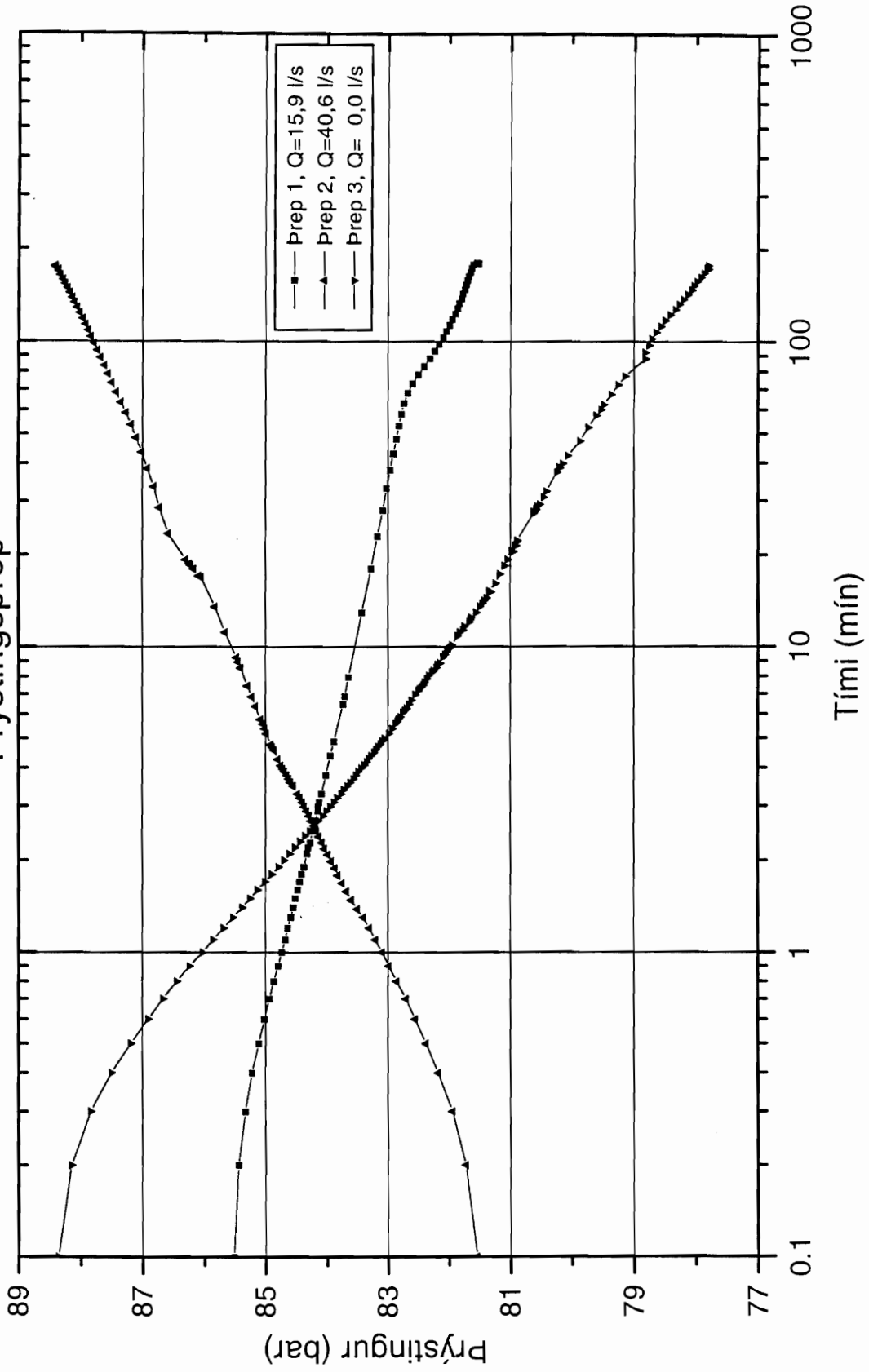
Krafla hola KJ-27 Prepadæling 7-11-1997



Mynd 25. Prepadæling 7.11.97.

Krafla hola KJ-27

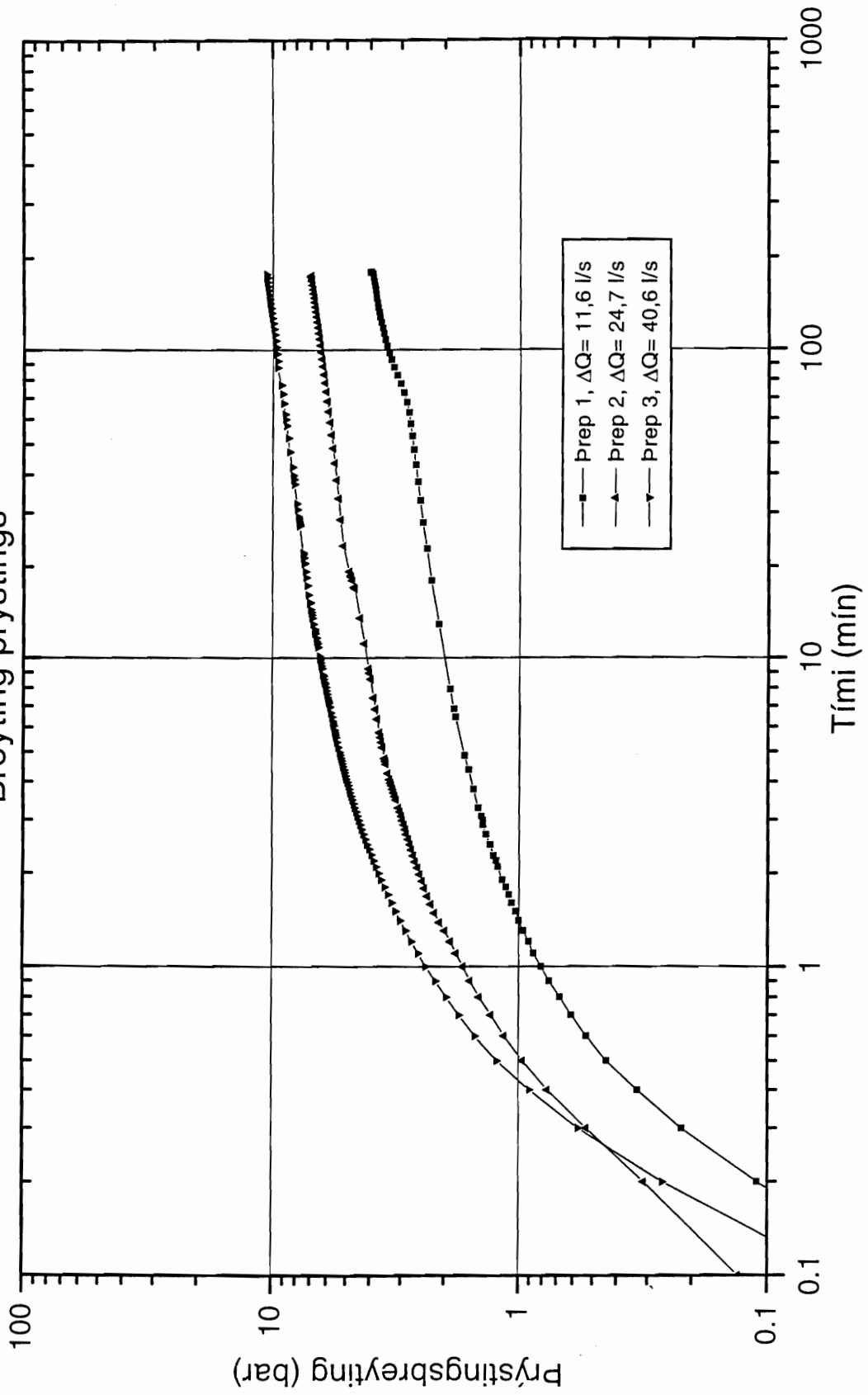
Prýstingsprep



Mynd 26. Prýstingsprep.

Krafla hola KJ-27

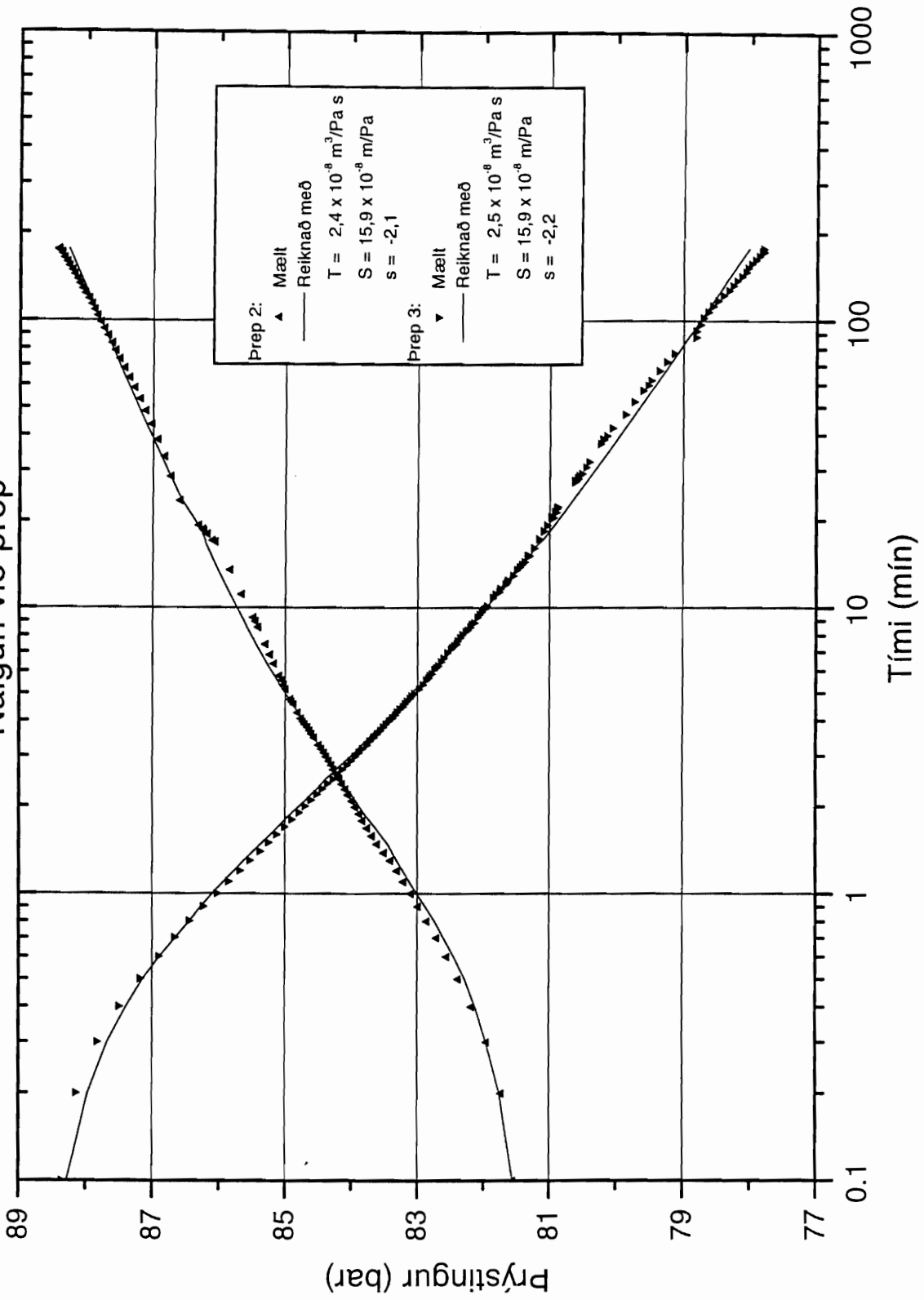
Breyting þrýstings



Mynd 27. Breyting þrýstings.

Krafla hola KJ-27

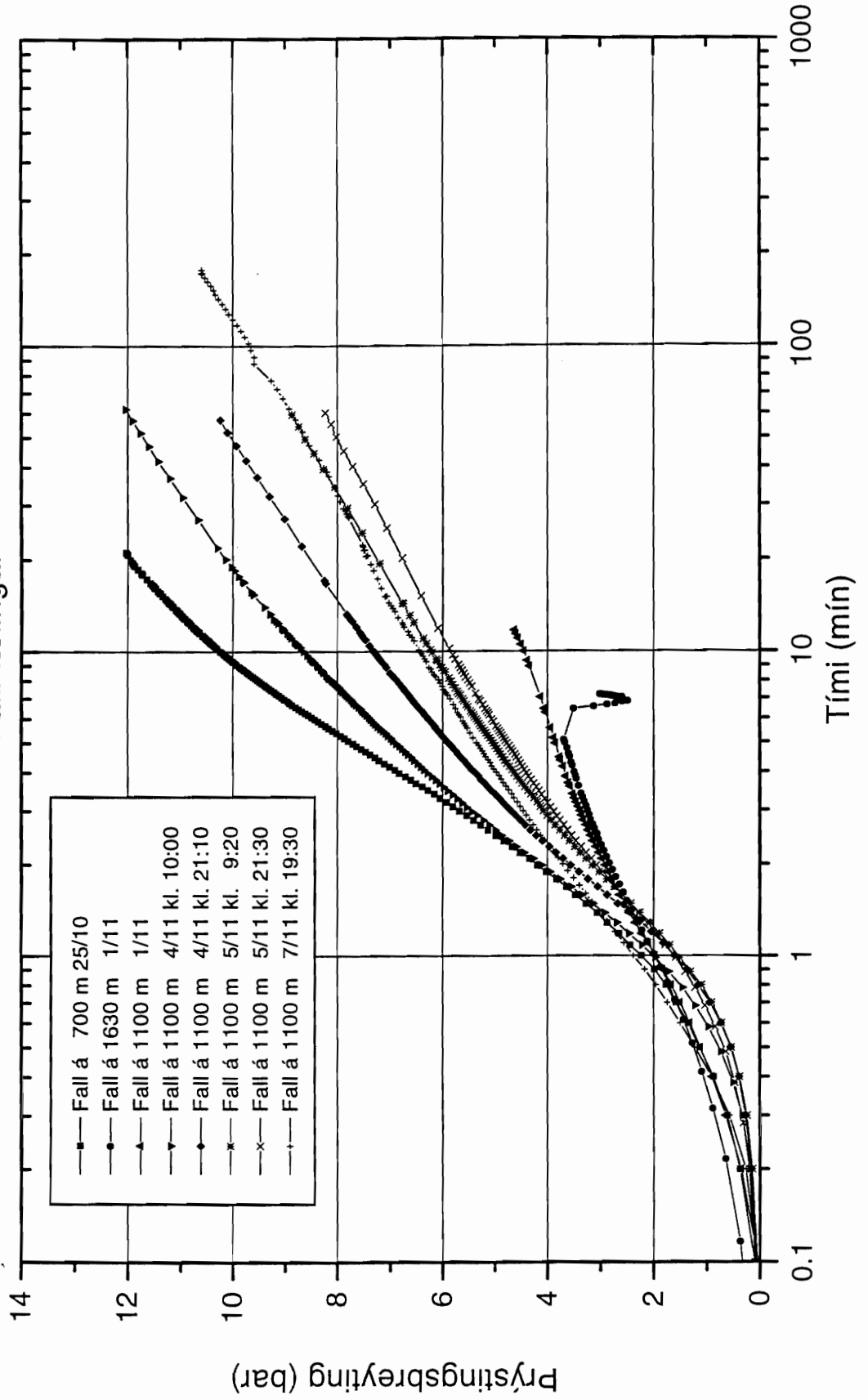
Nálgun við þrep



Mynd 28. Nálgun við þrep.

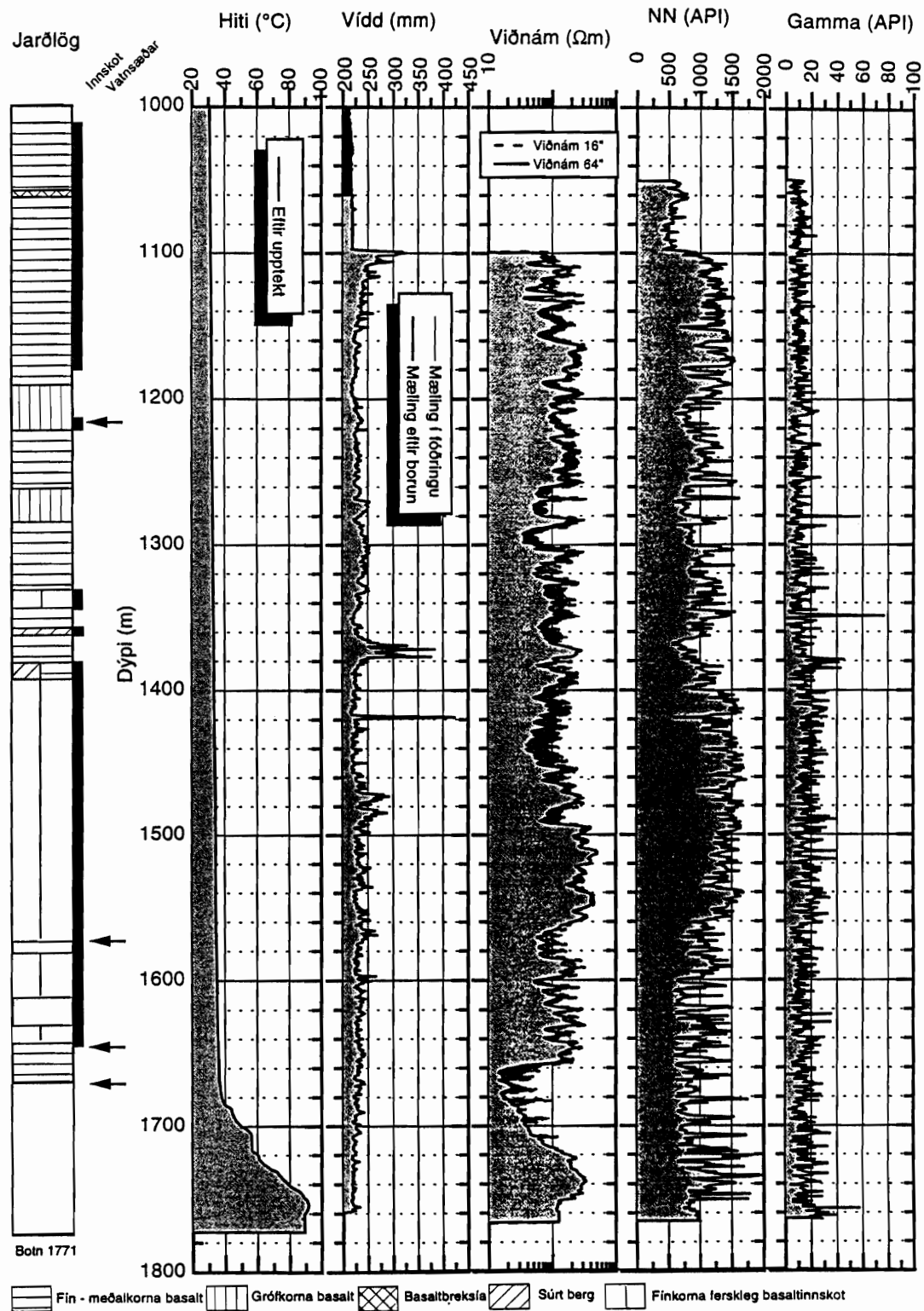
Krafla hola KJ-27

Fallmælingar



Mynd 29. Fallmælingar.

Einfaldað jarðlagasnið og jarðlagamælingar



Mynd 30. Einfaldað jarðlagsnið og jarðlagamælingar.