



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

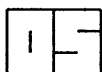
KRAFLA

Borun vinnsluhluta holu KJ-27

Hjalti Franzson, Hilmar Sigvaldason,
Ómar Sigurðsson, Sverrir Þórhallsson,
Dagbjartur Sigursteinsson

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-96061/JHD-37 B Nóvember 1996



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 630 665

KRAFLA

Borun vinnsluhluta holu KJ-27

Hjalti Franzson, Hilmar Sigvaldason,
Ómar Sigurðsson, Sverrir Þórhallsson,
Dagbjartur Sigursteinsson

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-96061/JHD-37 B Nóvember 1996

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. ÁGRIP BORSÖGU	4
3. JARÐLÖG OG UMMYNDUN	7
4. BORHOLUMÆLINGAR	7
4.1 Hitamælingar	7
4.2 Jarðlagamælingar	11
4.3 Þrepaðæling og gæfni	12
5. HEIMILDIR	13

MYNDIR

1. Helstu atriði borunar vinnsluhluta KJ-27	14
2. Einfaldað jarðlagasnið, borhraði, skoltöp og líklegar vatnsæðar	15
3. Hitamælingar í 10 l/s utanádælingu fyrir fyrri örvunaraðgerðir	16
4. Hitamælingar meðan á fyrri upphitun stóð	17
5. Hitamælingar meðan á 37 l/s utanádælingu stóð eftir fyrri upphitun	18
6. Hitamælingar meðan á seinni upphitun stóð	19
7. Viddarmæling á vinnsluhluta holu	20
8. Nat-Gammamæling af vinnsluhluta holu	21
9. Neutron-Neutron mæling af vinnsluhluta holu	21
10. Viðnámsmælingar og SP-mæling af vinnsluhluta holu	22
11. Fall vatnsborðs KJ-27 með tíma	23
12. Fall vatnsborðs KJ-27 með log-tíma	23
13. Þrepaðæling holu KJ-27, 5. sept. 1996	24
14. Þrepaðæling holu KJ-27, 5. sept. 1996 á log-tímaskala	24
15. Samsvörun mæligilda þrepa 2 og 4 við fræðilegt reiknilíkan	25

TÖFLUR

1. Helstu þættir borunar vinnsluhluta KJ-27	4
2. Dæling og skoltöp í borun	5
3. Híti skolvatns og skoltöp í fyrri örvunardælingu	6
4. Híti skolvatns og skoltöp í seinni örvunardælingu	6
5. Fóðrunarskýrsla	8
6. Listi yfir mælingar í vinnsluhluta KJ-27	10
7. Helstu lekastaðir í vinnsluhluta KJ-27 metnir út frá hitamælingum	11

1. INNGANGUR

Í þessari skýrslu er greint frá borun vinnsluhluta holu KJ-27 í Kröflu sem boruð er fyrir Landsvirkjun. Helstu atriði verklýsingar þessa hluta borholunnar er samkvæmt lýsingu Sverris Þórhallssonar o.fl. (1996) eftirfarandi:

- a. Holutopps- og öryggislokabúnaði er komið fyrir á holunni.
- b. Áður en steypan, flotkollinn og flotskórinn eru boruð út eru öryggislokarnir þrýstiprófaðir. Lokað er að stöng og þrýstiprófað þannig að hver loki fyrir sig er reyndur sér. Holan er fyllt af vatni og 30 bar þrýstingur látinn standa á holunni í 15 mínútur. Athugað er hvort leki kemur fram og einnig er opnunar- og lokunartími lokanna skráður ásamt þrýstingi í holu við upphaf og lok þrýstiprófunar. Stálleiðsla skal tengd kæfingarloka holunnar frá dælu borsins. Einnig er leiðlögn frá dælu borsins tengd kæfingarstút á milli-stykki.
- c. Holan er boruð með 12 1/4" borkrónu með krónurýmra. Stýringar eru hafðar milli fyrstu og annarrar álagsstangar og ákjósanlegt er að hafa aðra stýringu milli annarrar og þriðju álagsstangar. Einstefnuloki er hafður við krónuna. Vatn er notað sem skolvökvi við borunina og þarf vatnsveitan fyrir borinn að afkasta um 40 l/s að staðaldri.
- d. Borun er stöðvuð og holan hallamæld með tækjum borsins á u.þ.b. 100 m fresti. Bora skal holuna sem næst lóðréttu og halda henni innan við 5°. Ef hún ætlar að skekkjast meira skal athuga aðgerðir til að rétta holuna af.
- e. Ákvörðun um lokadýpi verður tekin á staðnum, samkvæmt tillögu staðarjarðfræðings. Gert er ráð fyrir að holan verði um 1100 m djúp.
- f. Áður en borstrengurinn verður hífður upp úr holunni verður holan kæld rækilega og hitamælingar gerðar til að ganga úr skugga um að goshætta sé ekki til staðar.
- g. Ef staðarjarðfræðingur telur nauðsynlegt að örva holuna vegna ónógs leka, skal það reynt með því, að hita hana og kæla á víxl.
- h. Holan er hita-, víddar- og jarðlagamæld eftir að borstrengurinn hefur verið tekinn upp.
- i. Mikilvægt er að vatn sé látið renna samfelld á holuna, þannig að hún nái ekki að hitna upp á meðan á mælingum og fódrun stendur.
- j. Raufaður leiðari 9 5/8" er settur í holuna. Neðst á fódringuna kemur fódringarskór. Miðað er við að leiðarinn sé hengdur um 20 m frá botni holunnar og að hengistykkið sé um 30 m upp í vinnslufódringunni. Efst á leiðaranum er hengistykki með 9 5/8" buttress pinna og gripklossum fyrir 13 3/8" fódringu. Þegar leiðarinn hefur verið hengdur, er sleppistykkið aftengt og tekið upp. Dýpi sleppistykkis er skráð nákvæmlega ásamt lýsingu á gerð sleppistykkis.
- k. Áður en borinn er tekinn af holunni er holan þrepaðæld og er áætlað að það taki hálfan sólarhring.

2. ÁGRIP BORSÖGU

Borun vinnsluhluta holu KJ-27 hófst er bormenn komu úr frú þann 23. ágúst. Helstu atriði borunar þessa hluta eru sýnd á mynd 1 og í töflu 1. Að lokinni gangsetningu var strengur settur í holu og boruð út steypa (efra borð hennar var 363 m). Borað var niður á 401 m dýpi, skolað og síðan tekið upp, þar sem steypa átti í skápinn sem myndaðist við borun fyrir vinnslufóðringu (sjá fyrri áfangaskýrslu). Steyping tókst vel og var lokið að bora gegnum steypuna rétt um miðnætti 26. verk dags. Borað var sleitulaust niður á 1104 m dýpi, og tók það samtals tæpa átta sólarhringa. Helstu þættir borunarinnar eru sýndir í töflu 1. Reyndist borun liggja á bilinu frá 75 m í um 114 m/sólarhring, mestur í upphafi, en hægar er dýpra kom. Holan var hallamæld nokkuð reglulega og reyndist hallinn aldrei fara yfir 1,5° frá lóðréttu eins og sýnt er á mynd 1.

Tafla 1. Helstu þættir borunar vinnsluhluta KJ-27

Dagur	Borun (m)	Bortími (klst)	Borhraði (m/klst)	Tími á krónu (klst)	Dýpi (m)
24.ág.	3	0,5	6	0,5	404
25.ág.	114	22,5	5,1	23	518
26.ág.	96	20	4,8	43	614
27.ág.	96	22	4,4	65	710
28.ág.	94	22	4,2	87	804
29.ág.	90	22	4,1	109	894
30.ág.	81	22	3,7	131	975
31.ág.	75	22	3,4	153	1050
01.sep.	54	15	3,6	168	1104

Dæling var höfð um 40 l/s eins og sýnt er í töflu 2. Engin afgerandi skoltöp komu í holuna, en virtust þess í stað aukast jafnt og þétt er á borun leið. Helstu skoltapssvæðin eru merkt inn á mynd 2, en þar sem þau eru fremur óveruleg er álitamál hvort vatnsæðar hafi verið skornar á þeim svæðum. Í lok borunar var skoltap rétt um 10 l/s. Holan var skoluð vel og reyndist hrein til botns að henni lokinni. Sett var á utanádæling og hitamælt í stöngum. Í lok hitamælinga hafði leki aukist í um 31 l/s.

Rétt þótti í ljósi fremur lítillar lektar að fara út í örvunaraðgerðir, en slíkt hefur oft á tíðum þurft að gera við Kröfluholur. Þokkalegar æðar virtust vera á 400-500 m dýpi, en æðar þar fyrir neðan svo litlar að lítið vatn rann þangað niður í utanádælingu. Beindust örvunaraðgerðir einkum að þessum neðri æðum. Öll dæling var tekin af holunni og hún látin hitna upp í einar 15 klst, og var fylgst með upphitun með hitamælingum. Að upphitun lokinni var dælt í gegnum strenginn í einar 5 klst og var borkróna rétt ofan botns holunnar. Var dæling fyrst um 60 l/s en minnkaði smá saman niður í um 46 l/s, þar sem streymi vatns til borsins var takmarkandi þáttur. Fylgst var með hita skolvatns áður en það fór í holu og þess sem upp kom, auk þess sem skoltap var mælt á klukkustundarfresti. Niðurstöður þeirra mælinga eru sýndar í töflu 3.

Tafla 2. Dæling og skoltap í borun

Dags.	Tími	Dýpi m	Prýst. PSI	Dæla 1 slög	Dæla 1 l/s	Dæla 2 slög	Dæla 2 l/s	Samtals l/s	Dæling l/s
25.08	2;15	412	410	99	18,81	106	106	20,14	38,95
	6:00	432	400	100	19	100	19	38	1,78
	9:30	448	366	100	14	100	14	28	1,78
	13:30	467	450	100	14	100	14	28	3,56
	17:50	490	500	106	20,14	110	20,9	41,04	4,16
	10:00	511	350	105	19,95	110	20,9	40,85	3,27
26.08	3:00	528	360	104	19,76	116	22,4	42,16	3,56
	6:30	542	340	104	19,76	109	20,71	40,47	3,86
	9:30	555	490	106	20,14	106	14	34,14	4,16
	13:30	575	460	106	20,14	106	20,14	40,28	4,16
	22:30	608	400	108	20,52	103	19,57	40,09	5,05
27.08	2:20	625	400	107	20,33	120	22,8	43,13	3,86
	6:10	641	400	104	19,76	106	20,14	39,9	4,46
	9:30	655	425	108	20,52	106	20,14	40,66	7,43
	13:40	672	450	106	20,14	106	20,14	40,28	5,94
	17:30	683	500	114	21,66	106	20,14	41,8	6,53
	22:10	698	460	111	21,09	126	23,94	45,03	6,24
28.08	2:10	719	400	106	20,14	115	21,85	41,99	6,24
	6:10	735	400	111	21,09	111	21,09	42,18	7,34
	10:20	755	500	111	21,09	106	20,14	41,23	8,91
	13:40	770	500	114	21,66	106	20,14	41,8	8,91
	20:00	789	540	114	21,66	112	21,28	42,94	7,73
29.08	0:30	807	485	107	20,33	104	19,76	40,09	6,24
	6:00	831	530	106	20,14	109	20,71	40,85	7,43
	9:40	846	500	108	20,52	106	20,14	40,66	8,91
	22:00	886	620	113	21,47	115	21,85	43,32	10,1
30.08	3:00	906	500	108	20,52	110	20,9	41,42	9,8
	6:05	920	630	106	20,14	106	20,14	40,28	9,8
	9:55	935	520	108	20,52	110	20,9	41,42	10
	13:40	948	1000	108	20,52	106	20,14	40,66	10
	17:45	957	950	108	20,52	106	20,14	40,66	10
	22:30	970	870	102	19,38	106	20,14	39,52	16,34
01.09	2:00	983	680	104	19,76	107	20,33	40,09	9,8
	6:00	1000	560	110	20,9	110	20,9	41,8	10,1
	9:30	1013	640	106	20,14	106	20,14	40,28	10
	13:40	1025	530	106	20,14	108	20,52	40,66	11,88
	17:30	1035	560	108	20,52	106	20,14	40,66	10
02.09	0:10	1050	600	111	21,09	111	21,09	42,18	11,22
	2:45	1060	580	108	20,52	112	21,28	41,8	10,69
	6:00	1070	530	107	20,33	110	20,9	41,23	10,4
	9:10	1082	570	106	20,14	108	20,52	40,66	11,88
	13:00	1095	600	112	21,28	112	21,28	42,56	11,88
	15:40	1104	550	111	21,09	108	20,52	41,61	10,1

Tafla 3. Hiti skolvatns og skoltap meðan á fyrri örvunardælingu stóð (2. sept. 1996)

Tími	Hiti vatns niður °C	Hiti vatns upp °C	Mismunur °C	Skoltap l/s
16:20	26,4	47,0	20,6	
16:45	31,0	47,3	16,3	16,30
17:15	26,8	41,7	14,9	
17:45	27,0	37,5	10,5	23,76
18:15	26,2	36,2	10,0	
18:45	27,0	33,6	6,6	27,92
19:50	26,1	31,6	5,5	33,26
20:45	26,7	31,0	4,3	37,43

Að hringdælingu lokinni var sett utanádæling á ný og var hitamælt í stöngum til að kanna hver áhrif örvunin hefði haft á vatnsæðarnar. Í ljós kom að vatn leitaði mun meira niður á 800-900 m dýpi en áður. Ákveðið var að reyna enn betur að örva holuna, og nota við það sömu aðferð og áður. Var dæling tekin af holunni í upphafi 36. verk dags og holan látin hitna upp í einar 14 klst. Því næst var hringdælt á holuna 58 l/s í rúman hálf tíma en dæling síðan minnkuð í tæpa 55 l/s. Tafla 4 sýnir hitabreytingar og breytingar í skoltapi meðan á dælingu stóð.

Tafla 4. Hiti skolvatns og skoltap meðan á seinni örvunardælingu stóð (3. sept. 1996)

Tími	Hiti vatns niður °C	Hiti vatns upp °C	Mismunur °C	Skoltap l/s
15:30	30,2	42,6	12,4	35,64
16:30	29,6	39,3	9,7	34,45
16:50	29,7	37,5	7,8	
17:30	29,9	37,8	7,9	44,55
17:50	29,5	35,0	5,5	
18:30	29,1	34,2	5,1	43,07
18:50	29,7	33,7	4,0	
19:30	29,0	33,0	4,0	46,17

Ljóst var að eftir seinni örvunina rann vatn mun greiðar niður í æðarnar á 800-960 m dýpi, og einnig smárennsli niður í 1000 m og 1015 m.

Ákveðið var að lekt í holunni væri orðin vel viðunandi og örvunaraðgerðum þar með lokið. Stangir voru brotnar út að undanskildum 12 stöndum sem settir voru í mastur. Að því loknu var holan víddar- og jarðlagamæld og tók það um 10 klst. Um hádegisbil 4. sept hófst fódrun holunnar og var leiðari kominn í holu um sólarhring síðar. Leiðarinn var að stórum hluta raufaður og var hann hafður raufaður alls staðar þar sem vísbendingar voru um mögulegar vatns-

æðar. Nákvæm einkenni leiðarans eru sýnd í fóðrunarskýrslu í töflu 5. Að fóðrun lokinni tók við 10 klst. þrepaðæling, og var henni lokið um miðnætti 4. sept. Tók þá við upptekt borstrengs, frágangur á holutoppi, og gert frostklárt. Var þá komið að langþráðu 4 daga fríu boranna. Komu þeir aftur úr því fríu 11. september og var þá mastur fellt og formleg lúkning borverksins.

3. JARÐLÖG OG UMMYNDUN

Á mynd 2 er sýnt einfaldað jarðlagasnið byggt á svarfgreiningu af 2 m fresti í holunni. Móberg er ráðandi í holunni allt niður undir 870 m dýpi. Þar fyrir neðar taka við innskotslög, sem flest (nema eitt ísúrt lag) eru basalt. Á milli sumra innskotslaganna sér í basalhraunlög og breksíu, sem bendir til að móbergstúffið nái lítt niður fyrir 900 m dýpi. Innskotin eru flest frekar ummynduð en nokkur þeirra eru þó ferskleg og hörð undir bortennur. Efsta innskotið er skorið á um 530 m dýpi en þau eru fremur fátíð niður undir 870 m en þar neðan við eru þau meiri hluti jarðlagastaflans.

Fylgst var með ummyndun (útfellingar - bergumyndun) eins og kostur var í svarfsjóni. Epidót birtist fyrst á stangli frá um 480 m niður á rúmlega 600 m dýpi en er í töluverðu magni neðan 650 m dýpis. Vollaðstónit birtist á um 670 m dýpi en verður ekki algeng steind fyrr en neðan um 780 m dýpis. Fylgst var nokkuð náið með magni kalsíts þar sem það er ein af einkennissteindum efra kerfisins, og reynt að meta neðri mörk efra kerfisins á grundvelli tilveru þess. Reyndist kalsít vera til staðar allt niður á 1100 m dýpi, þótt magn þess fari þverrandi neðan um 950 m dýpis.

4. BORHOLUMÆLINGAR

Mælingar í þessum verkhluta voru með svipuðum hætti og í öðrum borholum á Kröflusvæðinu. Eftir að borun lauk í 1104 m voru gerðar margar hitamælingar í tengslum við örvunaraðgerðir. Einnig voru í því sambandi gerðar 3 þrýstimælingar. Eftir upptekt á borstreng voru mældar svokallaðar jarðlagamælingar og eftir að búið var að koma fyrir leiðara í holunni voru mældar þrýstimælingar í þrepaðælingu. Mælingar, sem gerðar voru í þessum boráfangum, eru teknar saman í töflu 6. Rétt er að taka fram að allar dýptartölur í mælingum í borholunni miðast við drifborð á Jötni.

4.1 Hitamælingar

Eftir að borun lauk í 1104 m, kl. 14:45 þann 1. sept 1996, var holan skoluð í rúmar 4 klst fram til kl. 19:00 en þá var skift á utanáðælingu. Holan tók þá við um 10 l/s og var þá byrjað á að reyna að örva holuna með því að slökkva á allri dælingu og lofa holunni að hitna upp í nokkrar klukkustundir áður en dælt var á hana aftur. Þessar örvunaraðgerðir stóðu í rétt rúma 2 sólarhringa og voru gerðar 13 hitamælingar í borstrengnum á þessum tíma. Þessar hitamælingar eru sýndar á myndum 3-6.

Tafla 5. Fóðrunarskýrsla.



Verk nr. 420-653	Hola nr. KJ-27	Borstaður Krafla	Bor Jötunn	Verkkaupi Landsvirkjun
Vidd holu 12 1/4"	Dýpt holu mv. drifborð 1.103,84	Fóðring nr. 3	Fóðrun framkv. dags. 1996.09.04-05	Útfyllt af D.Sig.

Holudýpt frá flangsi 1.096,98 m. Fóðringardýpt f. fl. 1.078,20 m		RÖRATALNING			
		LENGD	NR	MS	ALLS m
FÓÐRING	Gerð K-55 og N-80				
	Pyngd 47 lbs/ft Pöntun nr. Samtíningur				
	Utánmál 9 5/8" Innánmál 220,5 mm Veggþykkt 12 mm	Efri endi upp-hengis	er í		346,00
	Tengi Skrúfuð Buttress	1,21	Upphengi		347,21
	Flangs Upphengi 346,00 m. frá flangsi	12,01	1		359,22
	Stungutengi	12,09	2		372,21
	Skór Steypufylltur leiðiskór	13,19	3	R	385,40
	Miðjustillar stk. Steyputappar stk.				
STEYPING	Steypa 1, þurrefni kg	13,18	4	R	398,58
	Tafefni kg Eðlisþ. steypu Steypingartími mín.	13,18	5	R	411,76
	Steyputæki	13,34	6	R	425,10
	Steypa kom upp <input type="checkbox"/> Já <input type="checkbox"/> Nei Eðlisþ. steypu upp	13,60	7	R	438,70
	Eftirdæling: magn lítrar tími mín.	13,06	8	R	451,76
	Steypa 2, þurrefni kg	13,22	9	R	464,98
FRÁGANGUR	Dýpi á steypu utan röra m	13,09	10	R	478,07
	Steypu utan með eftir klst. Skorið ofan af eftir klst.	13,47	11	R	491,54
	Steypa, þurrefni kg	13,15	12	R	504,69
	Dýpi á steypu í röri m Steypa boruð eftir klst.	13,15	13	R	517,84
		13,16	14	R	531,00
ATHUGASEMIOIR					
R í MS reit þíðir að rörið er raufað.					
Rör nr. 1 2 og 15 eru af gerðinni N-80		13,70	15		544,70
öll önnur eru af gerðinni K-55 að því er best verður vitað.		13,06	16	R	557,76
		13,05	17	R	570,81
		13,19	18		584,00
		13,34	19	R	597,34
		13,38	20		610,72
		13,31	21	R	624,03
		13,09	22		637,12

ms G-1000

Á mynd 3 eru sýndar hitamælingar sem gerðar eru eftir að skipt var yfir á utanádælingu kl. 19:00 en holan tók þá við 10 l/s. Það kemur glöggst fram á myndinni að hluti ádælingarinnar fer út úr holunni á um 475 m dýpi og afgangurinn fer neðst í 875 m en þar fyrir neðan er holan að hitna. Eftir miðnætti undir lok ádælingarinnar hafði skoltapið aukist og mældist það um 31 l/s.

Slökkt var á dælingu kl. 00:35 þann 2. sept. Mynd 4 sýnir nokkrar hitamælingar meðan holan er látin hitna upp. Á bak við fóðringu eru 2 áberandi kaflar þar sem holan hitnar hægt upp eða í 200 m og 340 m en þar tók hola við sem mestu vatni í fyrri boráfangi. Í vinnsluhlutanum hitnar holan hægst upp á 440 m, 475 m og 945 m en hraðast hitnar hún á 410 m, 450 m og 1080 m. Ekki er um neitt verulegt millirennslí að ræða í upphituninni en hugsanlegt að eitthvað seitlei niður holuna úr 475 m.

Byrjað var að skola holuna kl. 16:07 og var það gert í 5 klst. en þá var skift á utanádælingu kl. 21:06. Tvær hitamælingar voru gerðar meðan á utanádælingu stóð og eru þær sýndar á mynd 5. Eins og í fyrri utanádælingu fer hluti vatnsins út á 475 m en afgangurinn fer neðst í um 935 m. Einnig má greina að eitthvað tapast út í 875 m. Tapið er um 37 l/s í þessum mælingum.

Upp úr miðnætti 3. sept var slökkt á allri dælingu og holan látin hitna upp í annað sinn. Holan var hitamæld tvisvar og eru niðurstöðurnar á mynd 6. Líklega hefur rennslí úr 475 m niður holuna í 945 m aukist frá fyrri upphitunarmælingum.

Helstu lekastaðir í holunni, sem fram komu í hitamælingunum, eru teknir saman í töflu 6.

Tafla 7. Helstu lekastaðir í vinnsluhluta KJ-27 metnir út frá hitamælingum

Dýpi (m)	Ágiskud stærð
410	Lítill
450	Lítill
475	Stór
875	Stór
945	Meðal

Þá eru nokkrir staðir í holunni sem hitna ekki jafn hratt upp og umhverfi þeirra án þess að komið verði auga á í hitamælingum að þar sé um lekastaði að ræða. Þessir staðir eru teknir saman á mynd 2. Sett er spurningarmerki við marga þessara staða, en hugsanlega getur verið að um vatnsæðar sé að ræða þótt ekki sé unnt að sjá rennslí út úr holunni á þessum stöðum í hitamælingum sem gerðar voru í ádælingu.

4.2 Jarðlagamælingar

Holuvídd var mæld með X-Y mæli og eru niðurstöður mælingarinnar sýndar á mynd 7. Víddarmælingin sýnir að vinnsluhluti holunnar er nokkuð útvaskaður. Þetta gildir sérstaklega um efri hluta hans þar sem þvermál holu er nálægt 16" að meðaltali. Neðstu 150 m eru mjög lítið útvaskaðir.

Nat-Gamma mælingin er síuð með Gauss síu og sýnd á mynd 8. Á henni sjást nokkrir toppar sem ætla má að bendi til súrra berglaga. Tveir topparnir eru mest áberandi á 500-505 m sá efri, en sá neðri á um það bil 930-940 m dýpi. Neutron-Neutron mælingin er síuð á sama hátt og Nat-Gamma mælingin og sýnd á mynd 9. Merkið er lágt í fóðringunni eins og við var að búast, en fer hækkandi neðan við rúma 900 m sem bendir til þéttara bergs. Á mynd 10 eru sýndar viðnámsmælingar í verkhlutanum. Viðnámið mælist innan 50 Ohmm í efri hlutanum víðast hvar en hækkar áberandi neðan 950 m.

Gróflega má skipta viðnáminu í holunni í þrennt. Efst eða milli 380 og 610 m er viðnámið nálægt 20 Ohmm, á bilinu 610-950 er það upp undir 50 Ohmm en neðan 950 m er viðnámið um og yfir 100 Ohmm. SP mælingin er einnig sýnd á mynd 10.

4.3 Þrepaðæling og gæfni

Áður hefur aðgerðum til að örva holuna verið lýst nokkuð. Eftir borun og hreinsun holunnar var skoltap hennar um 10 l/s að kvöldi 1. septembers. Um miðnætti var skoltap holunnar kannað aftur áður en utanáðæling var stöðvuð og reyndist þá vera orðið um 31 l/s. Fylgst var með falli vatnsborðs í holunni er dæling var stöðvuð skömmu eftir miðnætti 2. september. Áður en dæling var stöðvuð flóði af holunni um "flowline". Þrýstiskynjari var hafður á 400 m dýpi miðað við drifborð Jötuns og er aflestur hans sýndur á myndum 11 og 12. Mælingin hefur ekki verið leiðrétt fyrir hliðrun í skynjaranum, en holan var full upp að "flowline" í byrjun mælingar og hiti vatnssúlunar um 30°C.

Eftir upphitun og kælingu var dæling aftur stöðvuð upp úr miðnætti 3. september. Þá var skoltap holunnar orðið meira en 43 l/s því ekki rann upp úr holunni við þá dælingu. Tryggt var að vatnsborð væri sama utan og innan í borstreng áður en dæling var stöðvuð. Fylgst var með falli vatnsborðs á sama hátt og í fyrra skiptið og er mælingin sýnd á myndum 11 og 12. Upphitun og kæling var síðan endurtekin og dæling stöðvuð klukkan 20:22 sama dag. Skoltap var þá um 46 l/s, en fylgst var með falli vatnsborðs eins og áður og mælingin sýnd á myndum 11 og 12.

Á myndum 11 og 12 er einnig sýnt fall vatnsborðs við lok þrepaðælingar eins og það var skráð með þrýstiskynjaranum á 800 m dýpi ásamt reiknaðri nálgun við það. Af myndunum má lesa að hraði vatnsborðsfallisins er meiri eftir fyrstu upphitun og svipaður eftir aðra upphitun. Einnig sést að munur á hæsta og lægsta vatnsborði er svipaður. Holan hefur því örvast eftir fyrstu upphitun, en nær engin breyting hefur orðið á gæfni holunnar við aðra upphitun. Þessi mikla og tiltölulega snögga þrýstibreyting (vatnsborðsbreyting) bendir til þokkalegrar vatnsleiðni í jarðhitakerfinu, en rennlistregðu við holuna. Þegar litið er á ferilinn fyrir þrýstibreytinguna eftir þrepaðælinguna sést að breytingin er minni þó dæling hafi verið svipuð og við örvunaraðgerðirnar. Rennlistregðan við holuna hefur því greinilega minnkað og skoltap holunnar því væntanlega orðið um 60 l/s. Halli ferlanna við lok mælinganna er hins vegar svipaður, sem bendir til að vatnsleiðnin sé svipuð fyrir allar mælingarnar.

Þrepaðæling hófst upp úr hádegi þann 5. september og lauk skömmu fyrir klukkan 23 sama dag. Fyrir þrepaðælinguna hafði leiðari verið settur í holuna, en meðan á því verki stóð var dælt á holuna um 27,1 l/s. Sú dæling hafði verið nokkuð stöðug í rúman sólarhring. Við þá dælingu var vatnsborð á 61 m dýpi miðað við drifborð Jötuns. Þrýstiskynjari var settur á 800 m dýpi, en það dýpi var valið með hliðsjón til staðsetningu helstu vatnsæða í holunni og upphitunarhraða. Dælingu var síðan breytt í þrepum og sýnir mynd 13 gang þrepaðælingarinnar.

Hvert þrep er sýnt nánar á mynd 14. Á myndinni sést að undir lok stærri ádælingarþrepanna dalar þrýstingur, sem getur bent til að holan sé að opnast betur. Þessi hegðun veldur því einnig að erfitt er að fella þessi þrep að fræðilegu reiknilíkani.

Fallþrepin voru felld að fræðulegu reiknilíkani fyrir óendanlegt kerfi og er samsvörun líkansins við mæligildi sýnd á mynd 15 ásamt viðkomandi stuðlum. Af myndinni sést að vatnsleiðnin (T) er sambærileg í báðum þrepum. Þetta eru mjög há gildi fyrir vatnsleiðni miðað við samskonar prófanir í öðrum Kröfluholum eða rúmlega tvöfalt hærri. Vatnsrýmdin (S) hefur veik áhrif í svona stuttri prófun og ákvarðast því aðeins upp á stærðargráðu. Tregðustuðullinn (s) hefur hins vegar lækkað milli þrepa þ.e. rennlistregðan við holuna hefur minnkað, en stuðullinn er þó enn hár miðað við nýtanlega jarðhitaholu.

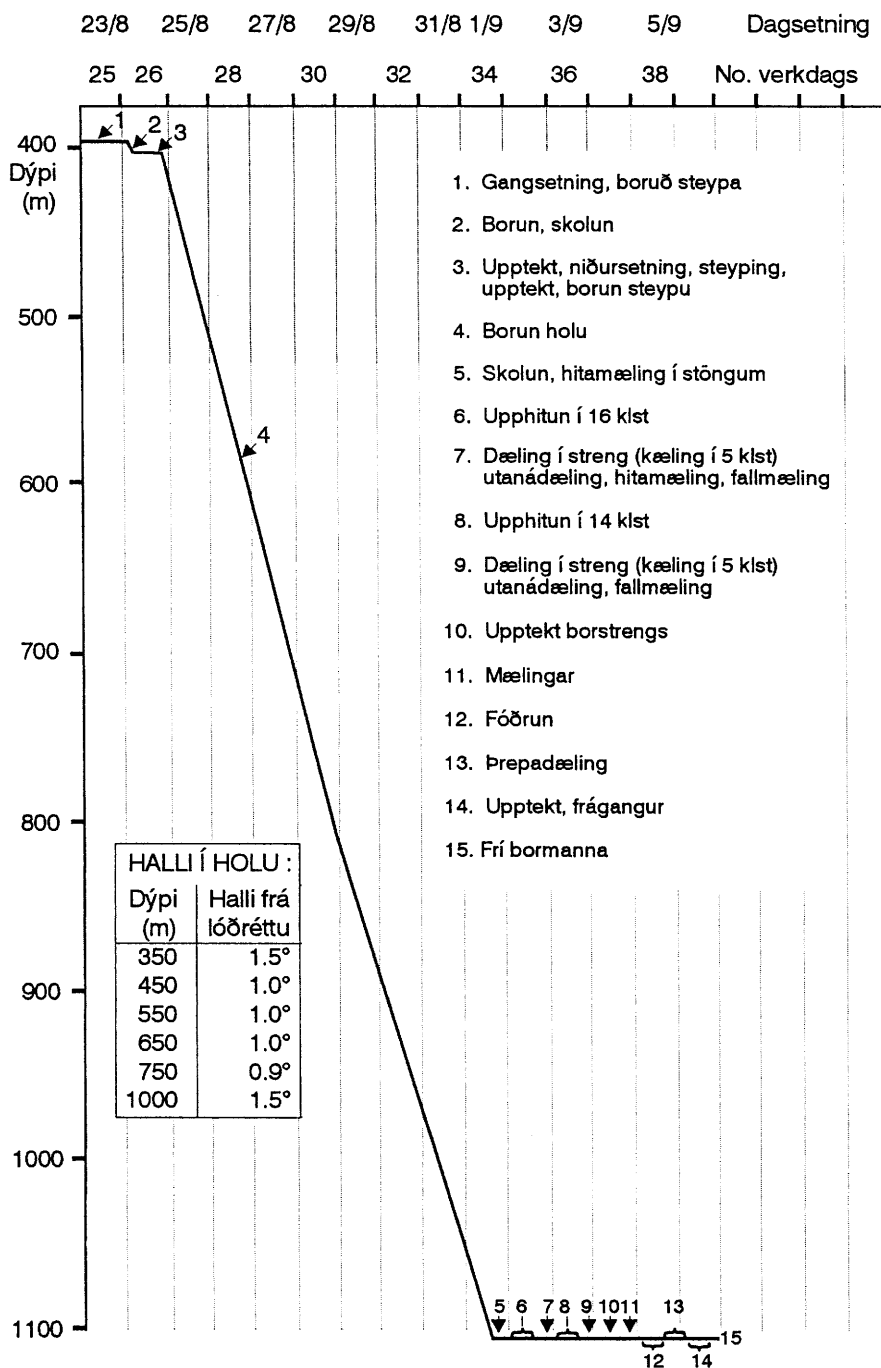
Skoltap holu KJ-27 var um 15 l/s meira en skoltap holu KG-24 við lok þrepaðælingar. Það var líka mun meira en í holu KG-26. Vatnsleiðnin er metin um tvöfalt hærri við holu KJ-27 en við holu KG-24. Aftur á móti er nokkur rennlistregða næst holunni sem virkar hér á móti, en holan gæti mögulega hreinsað hluta hennar er holan fer í blástur. Ef hiti jarðhitakerfisins við holu KJ-27 er svipaður og við holu KG-24 má búast við að hola KJ-27 verði ein öflugasta lágþrýstiholan á svæðinu.

Eftir aðra upphitun var skoltap um 46 l/s. Af hraða vatnsborðslækkunar og lögun ferlanna á mynd 13 virðast rennliseiginleikar holunnar lítið breytast milli fyrri og síðari upphitunar, en sú litla breyting sem verður er til batnaðar.

5. HEIMILDIR

Sverrir Þórhallsson, Ásgrímur Guðmundsson, Matthías Matthíasson, Sigurður Benediktsson 1996. Verklýsing fyrir borun hola KJ-27 og KJ-28. OS-96039/JHD-24B 41s.

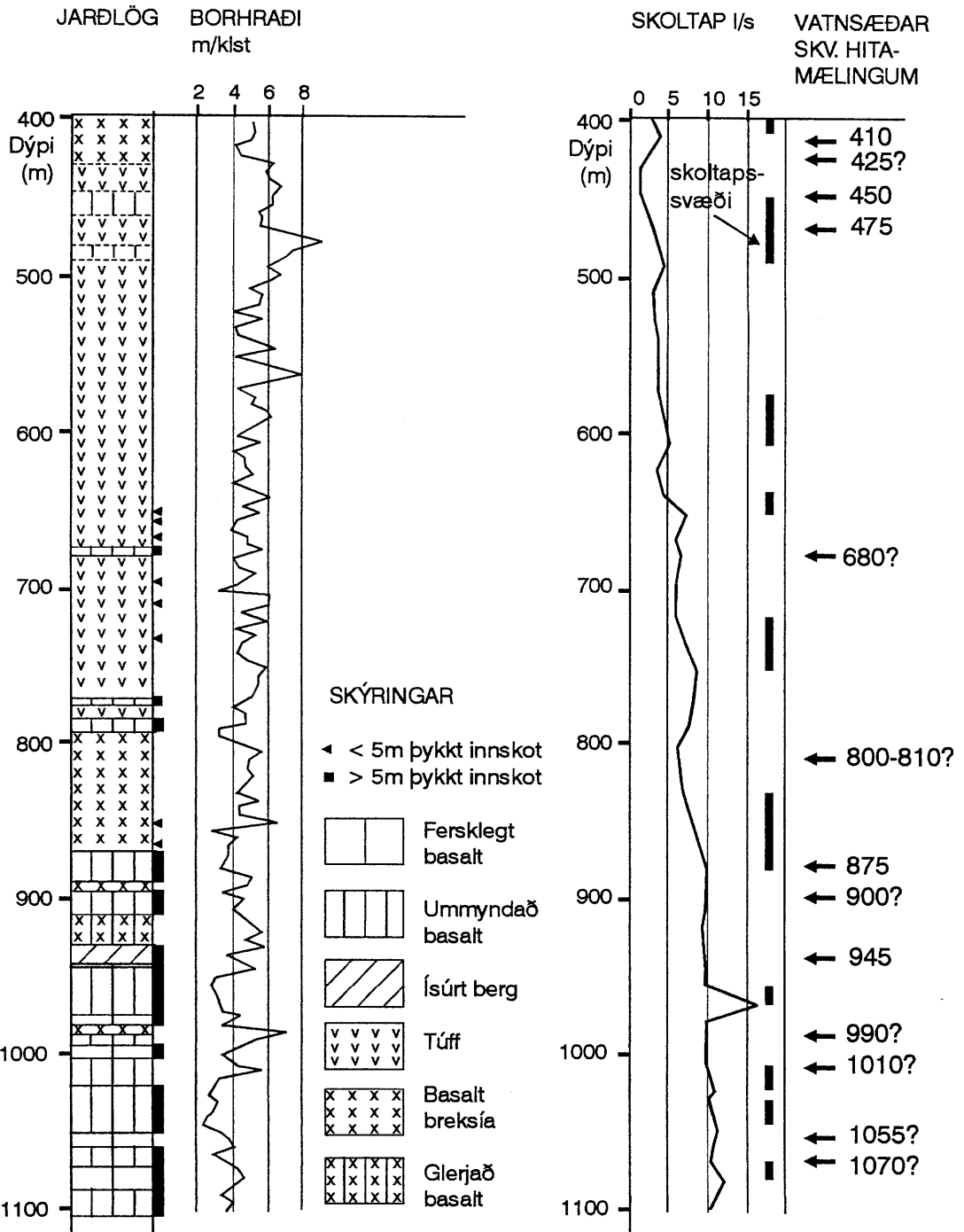
Krafla, hola KJ-27



OS 96.09.0166 HF

Mynd 1. Helstu atriði borunar vinnsluhluta KJ-27

KRAFLA hola KJ-27

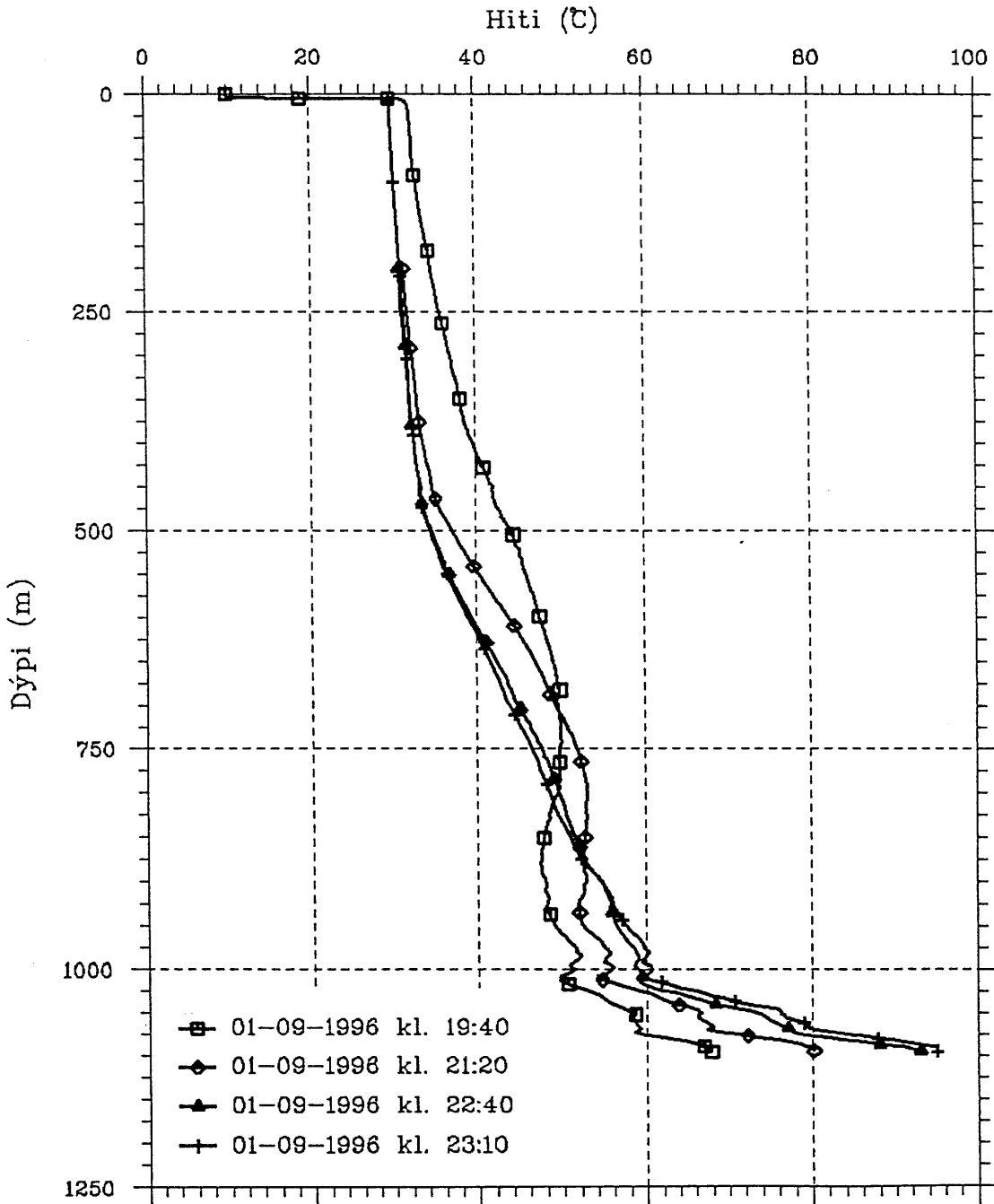


OS 96.09.0165 HF

Mynd 2. Einfaldað jarðlagasnið, borhraði, skoltöp og líklegar vatnsæðar

15 Nov 1998 hs
L= 58027 Oracie

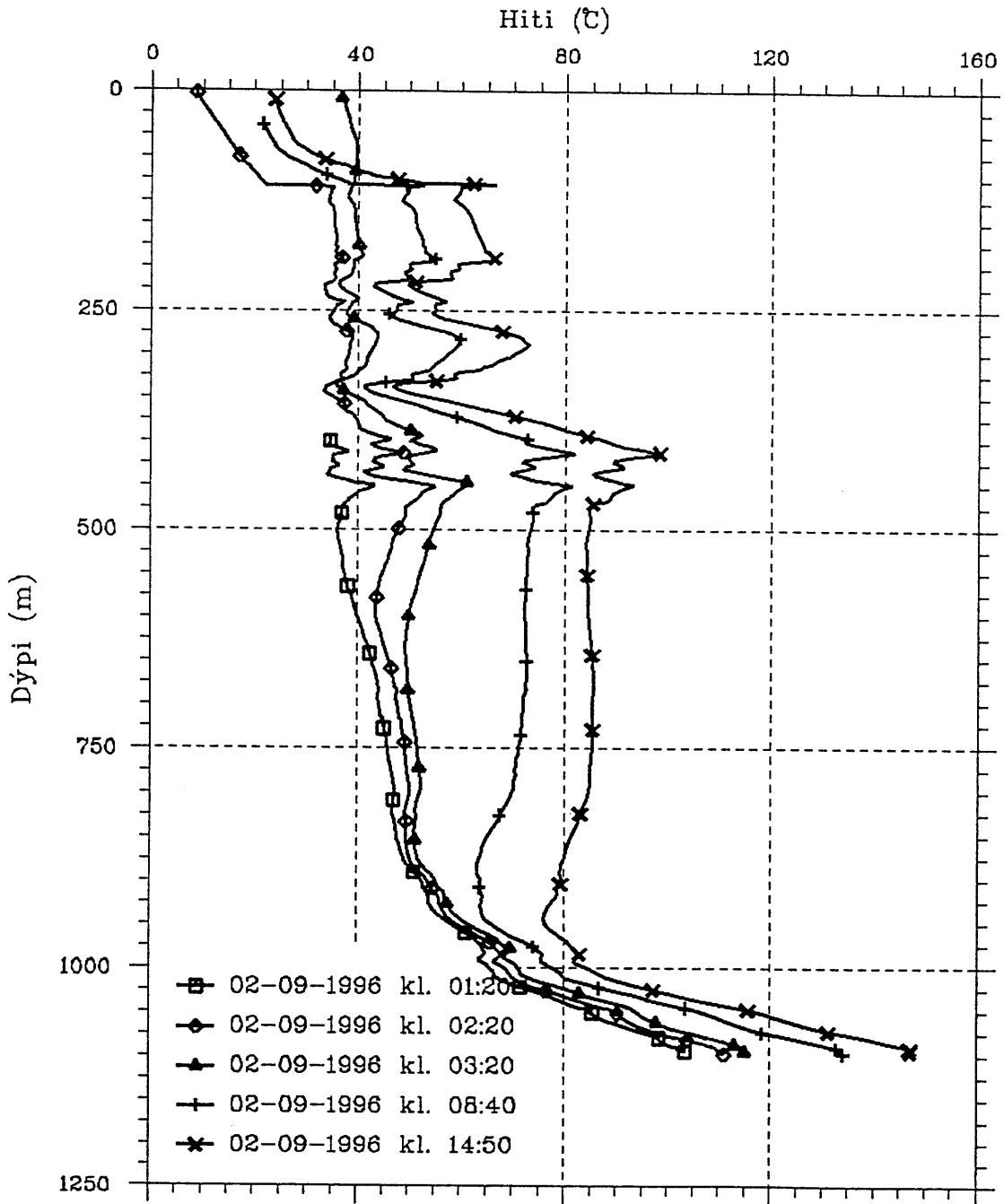
Krafla K-27 Hitamælingar í borlok Utanádæling Tap 10 - 31 l/s



Mynd 3. Hitamælingar í 10 l/s utanádælingu fyrir fyrri örvunaraðgerðir

15 Nov 1996 hs
L= 58027 Oracle

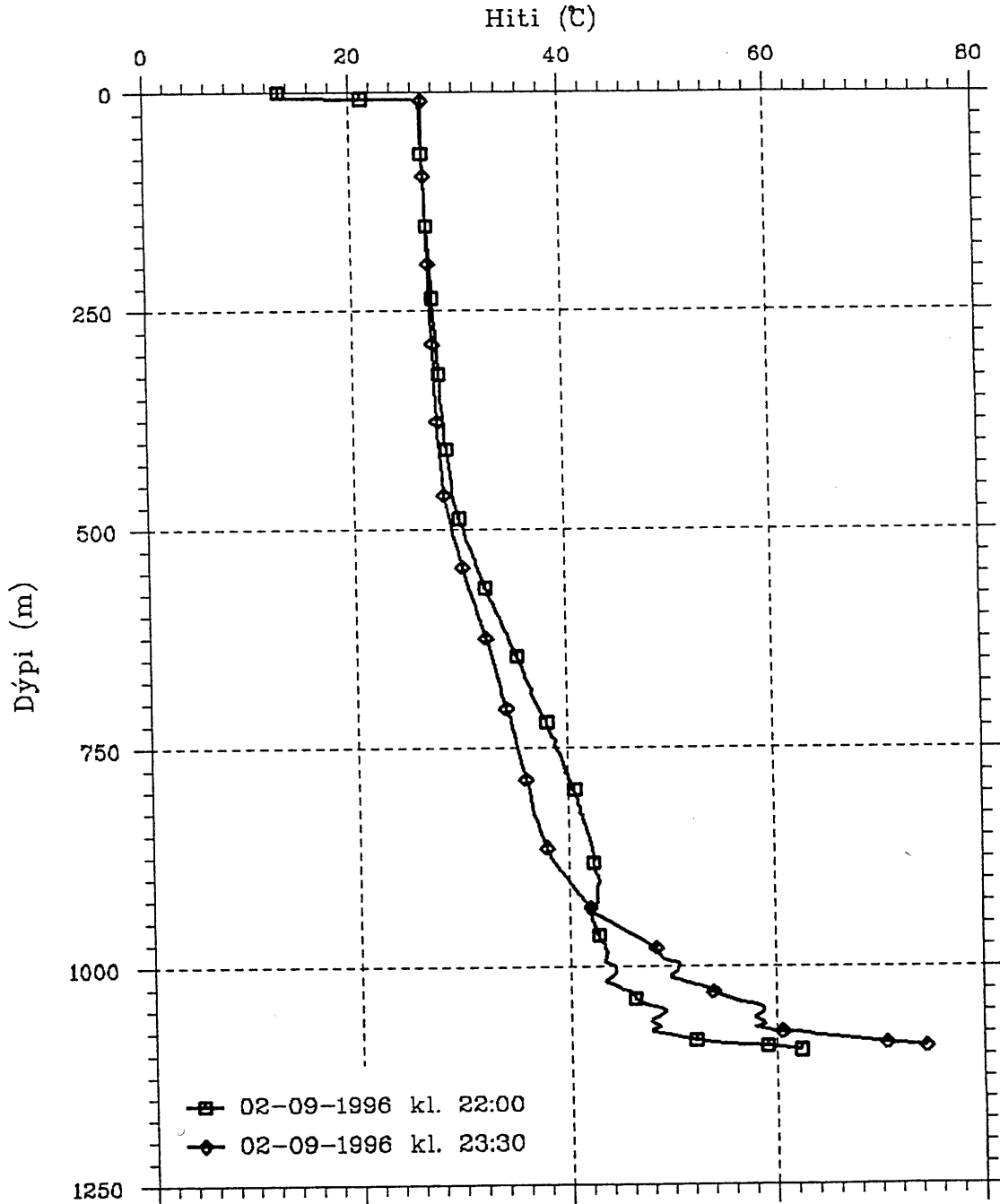
Krafla K-27 Hitamælingar í borlok Upphitun



Mynd 4. Hitamælingar meðan á fyrri upphitun stóð

15 Nov 1996 hs
L= 58027 Oracle

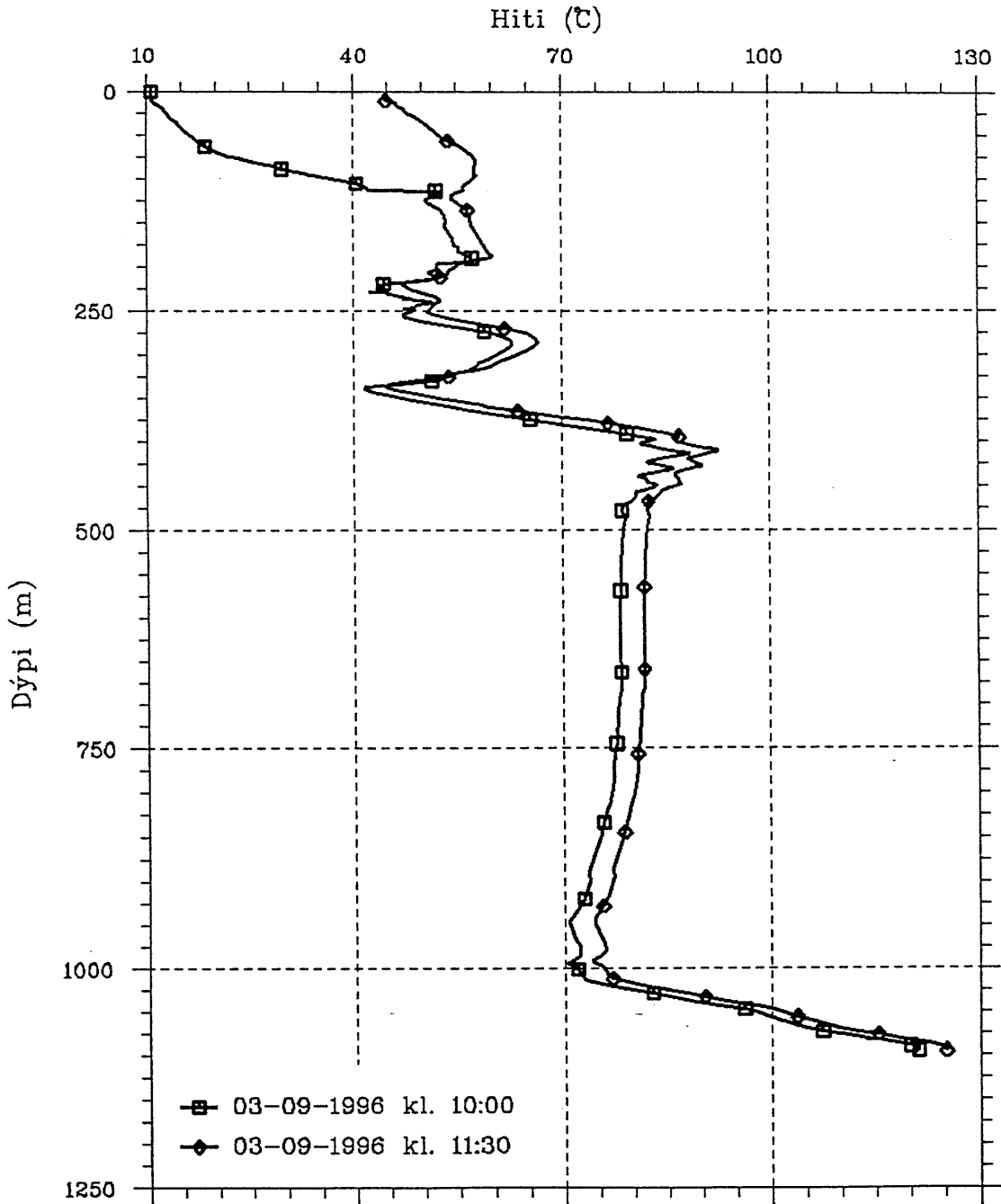
Krafla K-27
Hitamælingar í borlok
Utanádæling Tap 37 l/s eftir upphitun



Mynd 5. Hitamælingar meðan á 37 l/s utanádælingu stóð eftir fyrri upphitun

15 Nov 1996 hs
L= 58027 Oracle

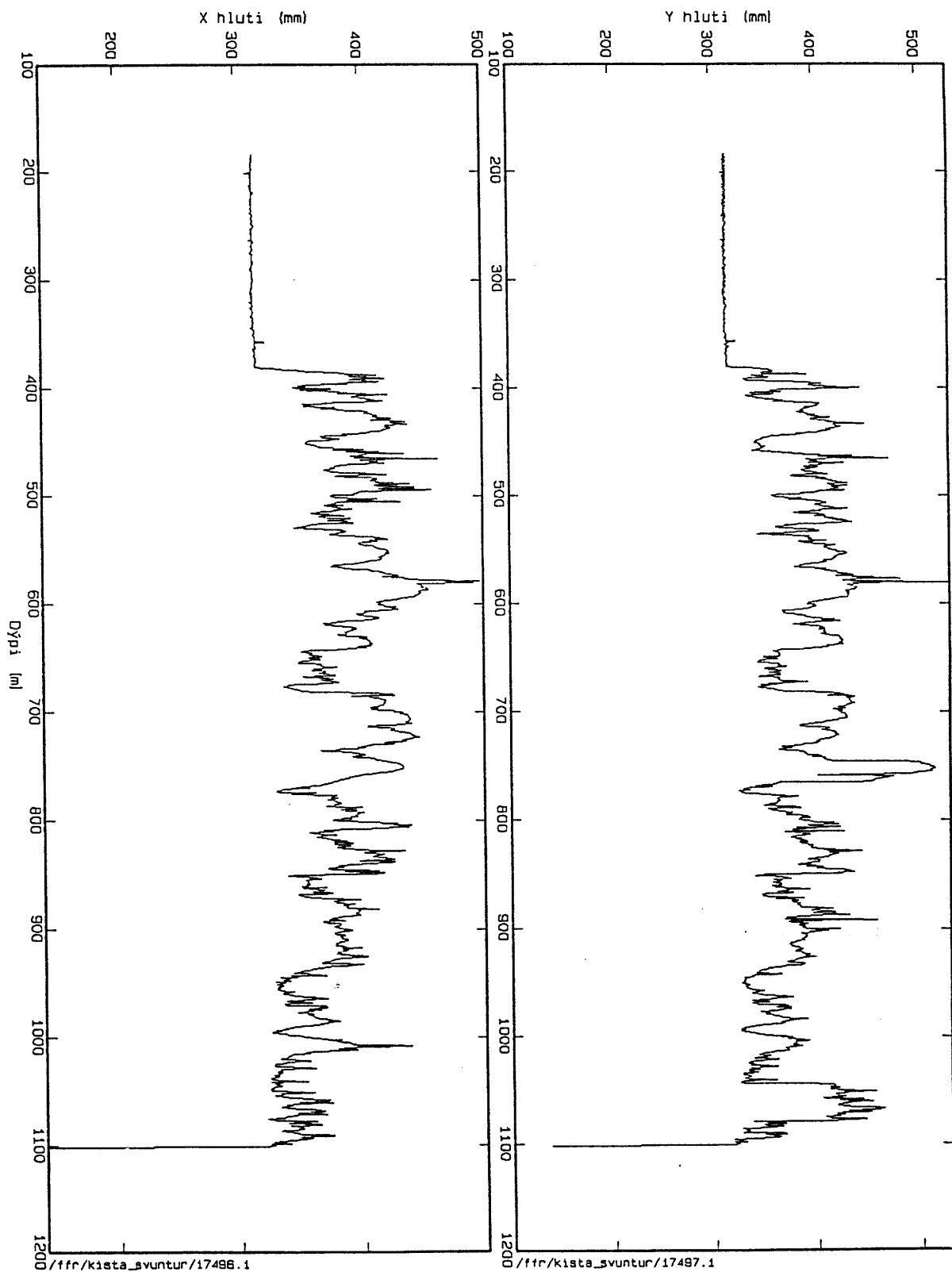
Krafla K-27 Hitamælingar i borlok Önnur upphitun



Mynd 6. Hitamælingar meðan á seinni upphitun stóð

24 Oct 1996 HS
ORALOG

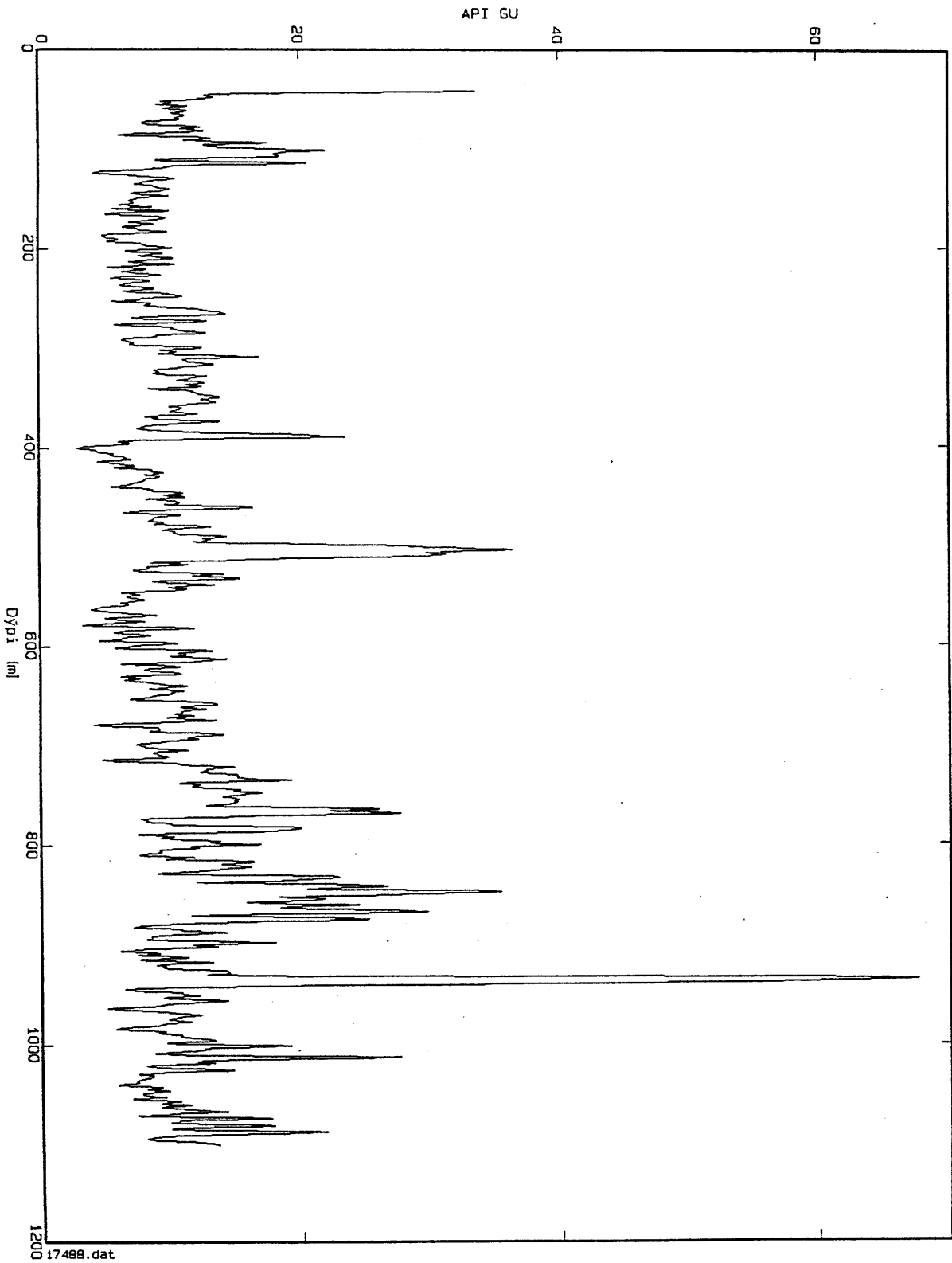
Krafla K-27
X-Y mæling



Mynd 7. Viddarmæling á vinnsluhluta holu

24 Oct 1996 HS
ORALOG

Krafla K-27
Nat-Gamma mæling

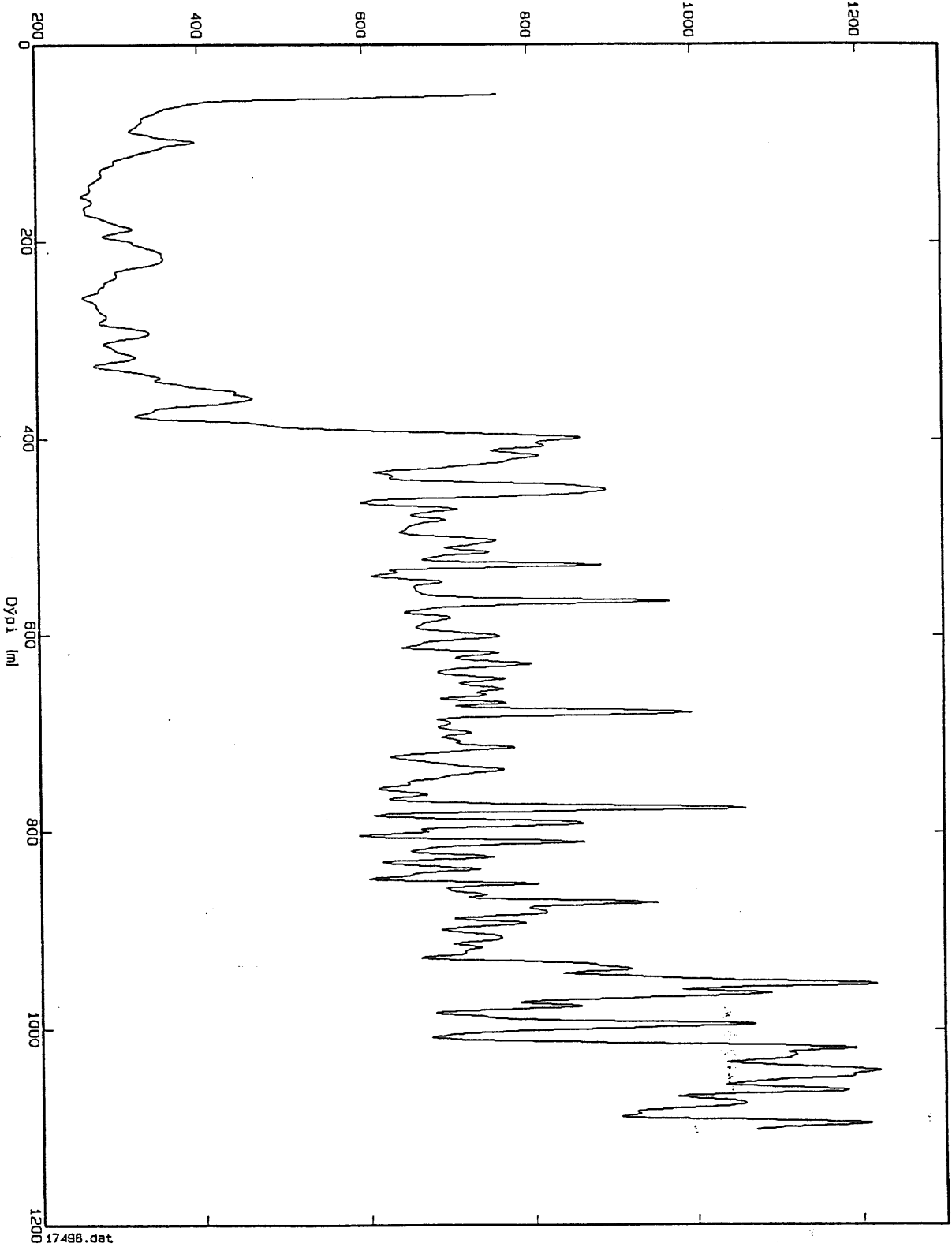


Mynd 8. Nat-Gammamæling af vinnsluhluta holu

1- 24 Oct 1996 HS
ORALDG

Krafla K-27
N-N mæling

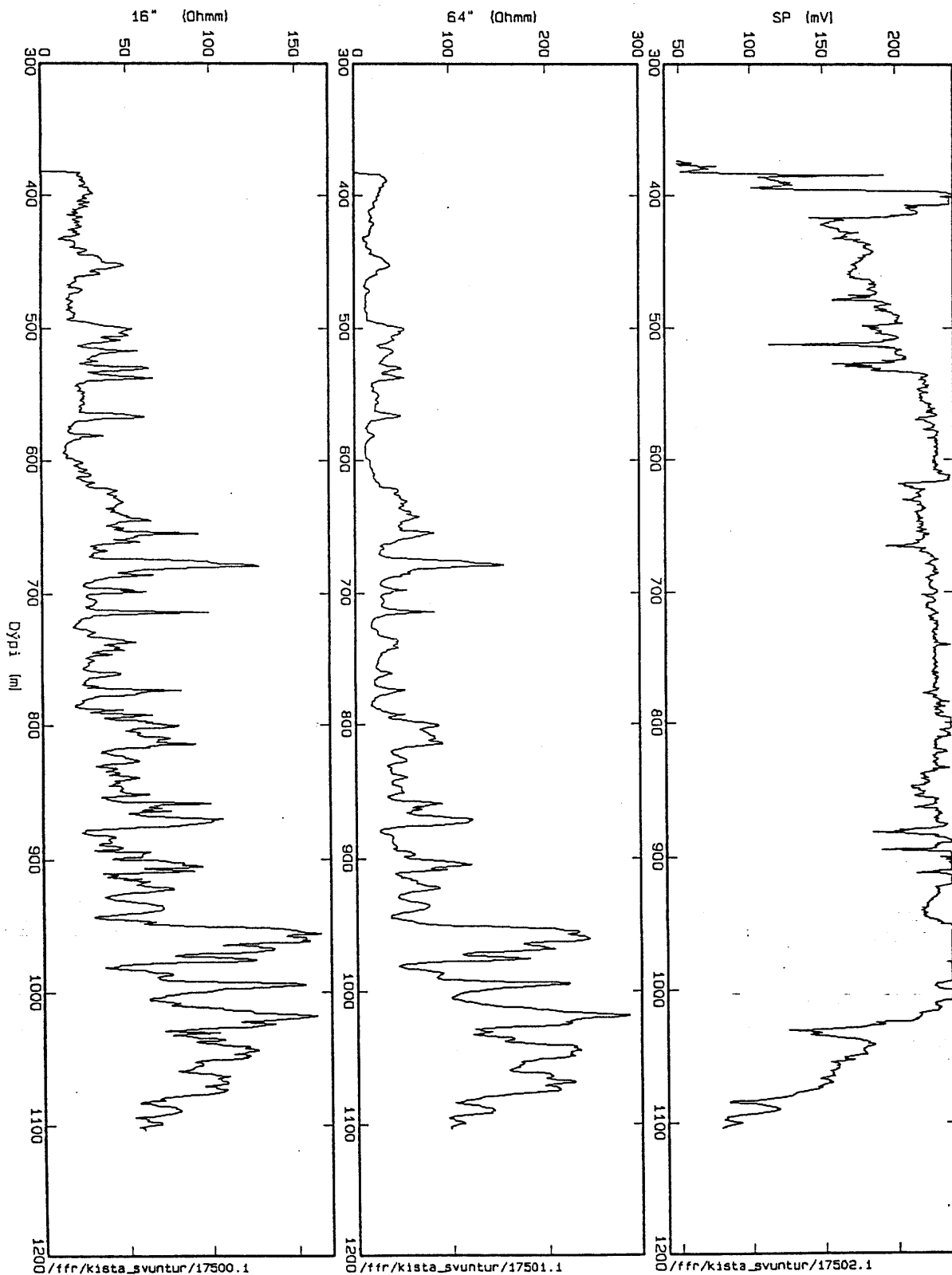
API NU



Mynd 9. Neutron-Neutron mæling af vinnsluhluta holu

24 Oct 1996 HS
ORALOG

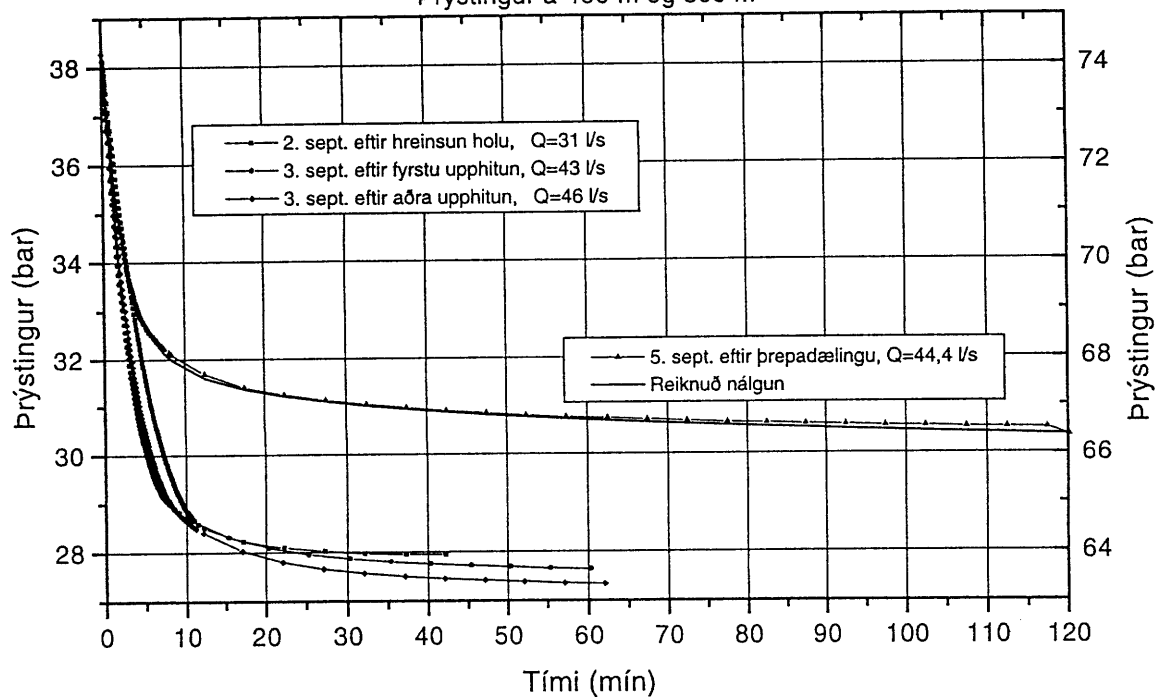
Krafla K-27 Viðnámsmælingar



Mynd 10. Viðnámsmælingar og SP-mæling af vinnsluhluta holu

Fall vatnsborðs KJ-27

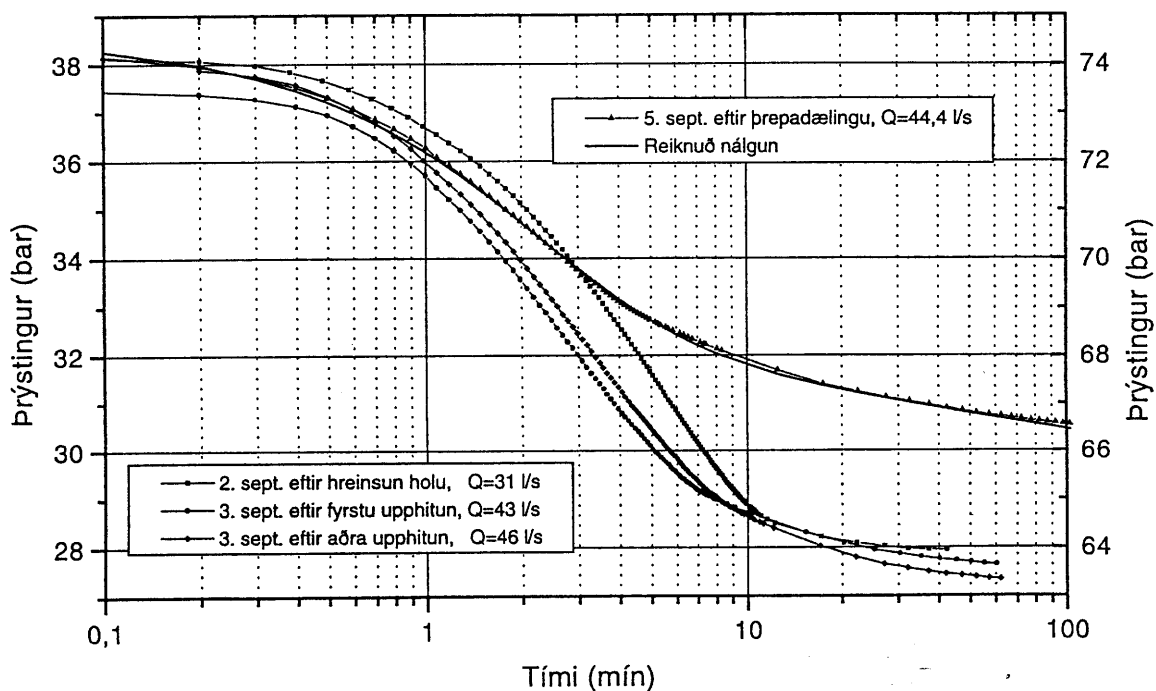
Prýstingur á 400 m og 800 m



Mynd 11. Fall vatnsborðs KJ-27 með tíma

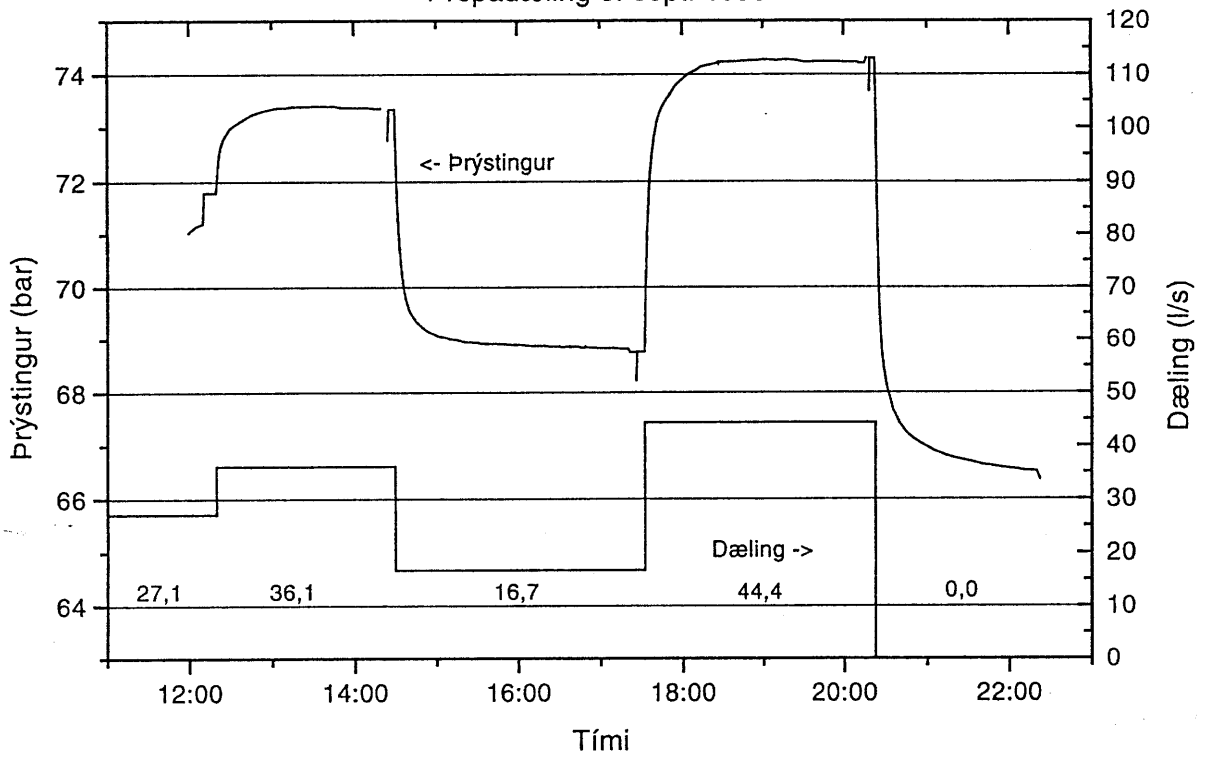
Fall vatnsborðs KJ-27

Prýstingur á 400 m og 800 m



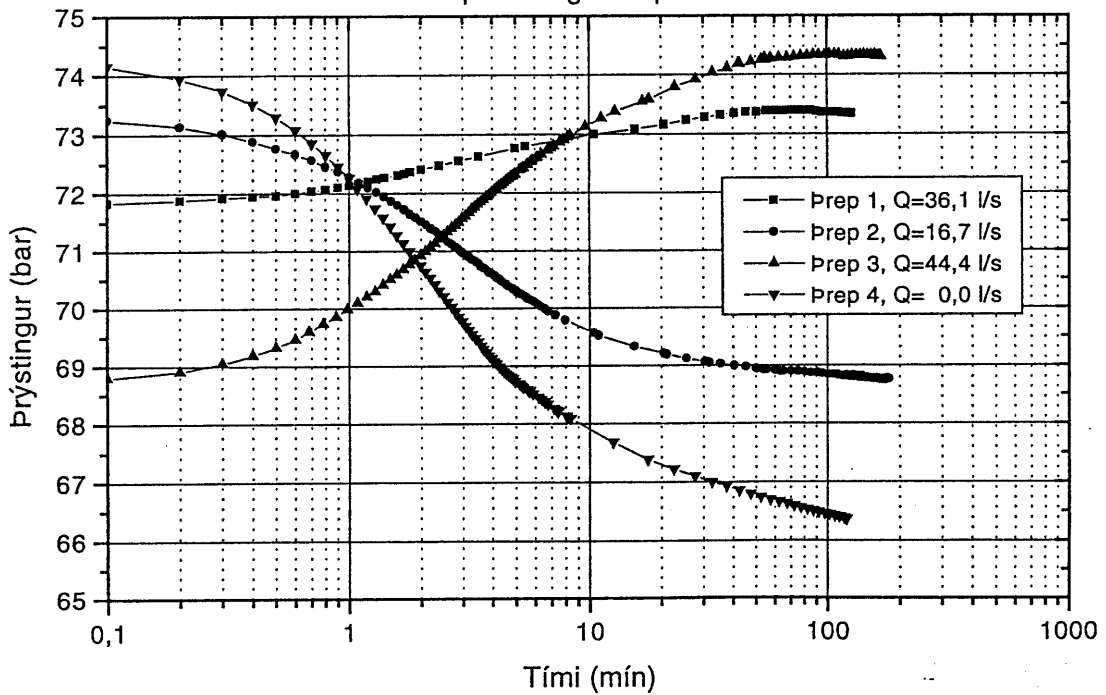
Mynd 12. Fall vatnsborðs KJ-27 með log-tíma

Krafla hola KJ-27
Prepadæling 5. sept. 1996

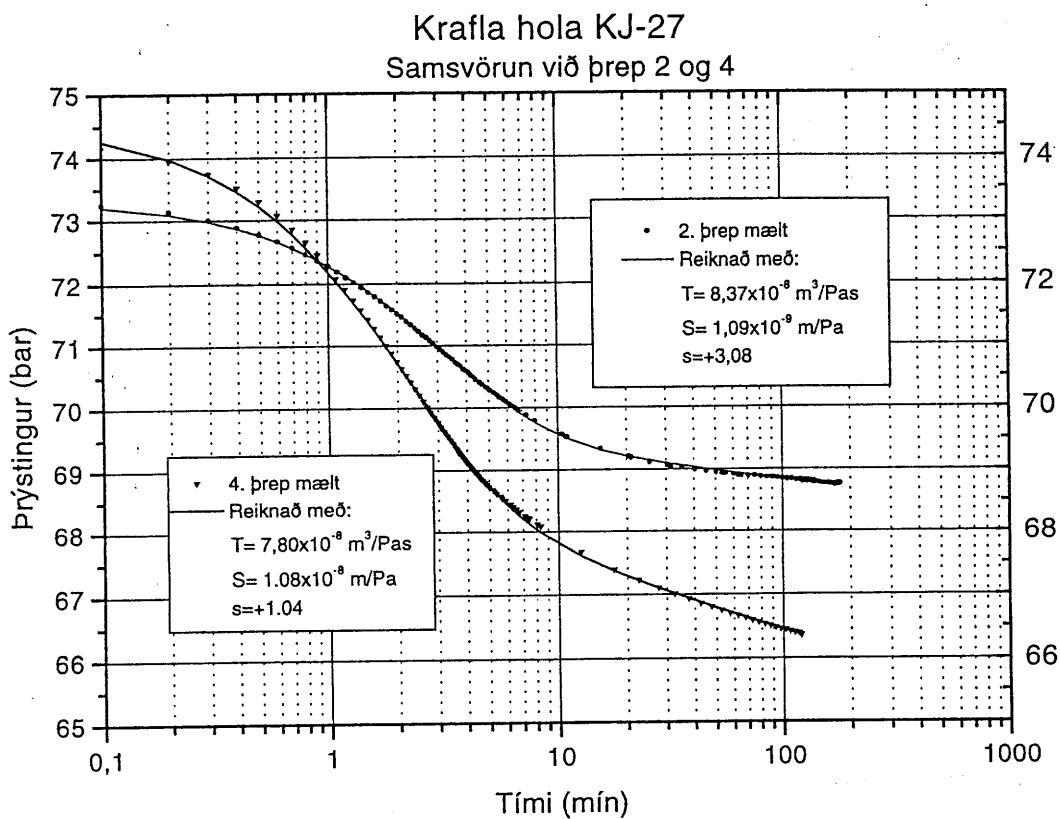


Mynd 13. Prepadæling holu KJ-27, 5. sept. 1996

Krafla hola KJ-27
Prepadæling 5. sept. 1996



Mynd 14. Prepadæling holu KJ-27, 5. sept. 1996 á log-tímaskala



Mynd 15. Samsvörun mæligilda þrepa 2 og 4 við fræðilegt reiknilíkan