



ORKUSTOFNUN

Rannsóknasvið

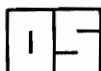
KRAFLA, HOLA KJ-16A
Endurvinnsla holu KJ-16

Ásgrímur Guðmundsson
Benedikt Steingrímsson
Dagbjartur Sigursteinsson
Grímur Björnsson
Guðlaugur Hermannsson
Guðrún Sverrisdóttir
Ómar Sigurðsson
Sigurður Sveinn Jónsson
Sigvaldi Thordarson

Unnið fyrir Landsvirkjun

1998

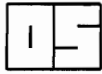
OS-98021

**ORKUSTOFNUN**

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Lykilsíða

Skýrsla nr.: OS-98021	Dags.: Maí 1998	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til:
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: KRAFLA, HOLA KJ-16A Endurvinnsla holu KJ-16	Upplag: 25	
	Fjöldi síðna: 38	
Höfundar: Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Grímur Björnsson, Guðlaugur Hermannsson, Guðrún Sverrisdóttir, Ómar Sigurðsson, Sigurður Sveinn Jónsson, Sigvaldi Thordarson	Verkefnisstjóri: Einar Tjörvi Elfasson	
Gerð skýrslu / Verkstig: Áfangaskýrsla	Verknúmer: 630 665	
Unnið fyrir: Landsvirkjun		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: <p>Í skýrslunni er lýst endurvinnslu holu KJ-16 sem boruð var árið 1981 í Suðurhlíðum Kröflu. Dýpi hennar var 1981 m en illa gekk að reka hana á veitunni og var því hætt 1985. Aðgerðin nú fólst í því að kæfa holuna, skera síðann leiðarann sundur á 700-900 m dýpi og ná efri hluta hans úr holunni og steypa tappa í hana við skurðstaðinn. Því næst skyldi bora nýjan vinnsluhluta frá um 700 m með stefnu í norðvestur. Byggja skyldi upp upb. 30° halla niður á um 1300 m og láta hann síðan minnka í um 10° niður í botn á 1800-2000 m dýpi. Við þessa endurborun breyttist nafn holunnar úr KJ-16 í KJ-16A. Greint er frá gangi verksins og birt gögn og aðra upplýsingar sem aflað var meðan á endurvinnslunni stóð. Borinn Jötunn var fluttur á holuna 29. júlí og sjálft borverkið hófst 2. ágúst og lauk 27. ágúst. Gerðar voru hefðbundnar mælingar í nýja hluta holunnar, þ.e. á hita, halla, vídd, steypugæðum og jarðlög og ummyndun greind eftir borsvarfi, auk dæluprófunar og örvunaraðgerða. Meginniðurstaðan er sú að hola KJ-16A er fyrst og fremst tengd við jarðhitakerfið í gegnum eina æð á 1204 m dýpi. Borverkið önnuðust Jarðboranir hf. samkvæmt verksamningi.</p>		
Lykilorð: Krafla, háhitasvæði, vinnsluhola, endurborun, borholumælingar, jarðlög, ummyndun, vatnsæðar	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra: 	
	Yfirfarið af: BS, SSJo	



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 630 665

**Ásgrímur Guðmundsson
Benedikt Steingrímsson
Dagbjartur Sigursteinsson
Grímur Björnsson
Guðlaugur Hermannsson
Guðrún Sverrisdóttir
Ómar Sigurðsson
Sigurður Sveinn Jónsson
Sigvaldi Thordarson**

KRAFLA HOLA KJ-16A

Endurvinnsla holu KJ-16

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-98021

Maí 1998

EFNISYFIRLIT

1 INNGANGUR	5
2 BORSAGA	5
2.1 Ádæling og undirbúningur útúrborunar	5
2.2 Borun vinnsluhluta	8
3 ÖRVUNARAÐGERÐIR	17
4 BORHOLUMÆLINGAR	18
5 ÞREPADÆLING	20
6 JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR	21
6.1 Jarðlagalýsing og ummyndun	21
6.2 Vatnsæðar	22

Töfluskrá

Tafla 1	Breytt fóðrunarskýrsla úr KJ-16 frá 1981	6
Tafla 2	Yfirlit mælinga vegna undirbúnings útúrborunar	8
Tafla 3	Greiningar á útfellingum í bormótor	9
Tafla 4	Halli og stefna holunnar samkvæmt gögnum frá Halliburton	12
Tafla 5	Gangur borunar með 8 ½" krónu	13
Tafla 6	Fóðrunarskýrsla – leiðari	14
Tafla 7	Mælingar á skoli	16
Tafla 8	Yfirlit mælinga vegna borunar og örvunaraðgerða	19

Myndaskrá

Mynd 1	Afstöðumynd af Kröflusvæði	23
Mynd 2	Hönnun holu KJ-16A frá Halliburton	24
Mynd 3	Áætluð stefna og halli holu KJ-16A og nærliggjandi misgengi	25
Mynd 4	Hitamæling eftir fyrstu kælingu	26
Mynd 5	Viddarmæling – fundið hengistykki	27
Mynd 6	Viddarmæling eftir upptekt hengistykkis	28
Mynd 7	Reiknað rúmmál steypu í tappa	29
Mynd 8	Lega holu KJ-16A samkvæmt mælingum Halliburton í borun	30
Mynd 9	Framvinda borverksins	31
Mynd 10	Hitamælingar í 25 l/s ádælingu	32
Mynd 11	Hitamælingar í örvunaraðgerðum	33

Mynd 12	Gangur þrepaðælingar	34
Mynd 13	Þrepaðæling – einstök þrep.	35
Mynd 14	Þrepaðæling – breyting einingarþrýstings.	36
Mynd 15	Einfaldað jarðlagasnið og mælingar á skoli.....	37
Mynd 16	Einfaldað jarðlagasnið og jarðlagamælingar.....	38

1 INNGANGUR

Í þessari skýrslu er lýst endurvinnslu holu KJ-16 sem boruð var í 1981 metra dýpi árið 1981 og er austasta vinnsluholan í Suðurhlíðum Kröflu, einungis hola KJ-18 er austar en hún er ekki vinnsluhæf (sjá mynd 1). Illa gekk að reka holu KJ-16 stöðugt á veitunni og var því hætt um 1985. Ákveðið var að endurvinna holuna sumarið 1997 og er þeirri aðgerð lýst í þessari skýrslu. Aðgerðin fólst í því að kæfa holuna, skera síðan leiðarann í sundur á 700-900 m dýpi og ná efri hluta hans úr holunni og steypa tappa í holuna ofan við skurðstaðinn. Því næst skyldi bora nýjan vinnsluhluta frá um 700 metrum og stefna holunni í um $340 \pm 15^\circ$ (norðvestur). Byggja skyldi upp um það bil 30° halla niður í um 1300 m og láta hallann síðan minnka í um 10° þaðan og niður í botn, sem áætlaður var á um 1800-2000 m dýpi (sjá mynd 2 og 3).

Við endurvinnsluna breytir hola KJ-16 um nafn og heitir hér eftir hola KJ-16A. Staðarnúmer holunnar í gagnagrunni Orkustofnunar breytist sömuleiðis úr 58016 í 58116.

Í þessari skýrslu er greint frá gangi verksins og birt gögn og aðrar upplýsingar sem til féllu meðan á endurvinnslunni stóð. Verkið var unnið af Jarðborunum hf. samkvæmt verksamningi KRA-08. Verklýsingar og forsendur verksins voru gerðar af Ásgrími Guðmundssyni á Orkustofnun (ÁsG 97/05), verkfræðistofunni VGK og alþjóðlega bortæknifyrirtækinu Halliburton.

Fjarlægð frá kjallarabrún að efri brún drifborðs Jötuns er 6,87 metrar. Allar dýptartölur í þessari skýrslu eru miðaðar við drifborð Jötuns, eins og venja er, nema annars sé getið. Þegar rætt eru um dýpi holunnar í hallandi hluta hennar er átt við mælt dýpi (MD), nema annað sé sérstaklega tekið fram.

2 BORSAGA

2.1 Ádæling og undirbúningur útúrborunar

Þriðjudaginn 29. júlí hófst flutningur á holu KJ-16 og tók hann fjóra daga og var lokið föstudaginn 1. ágúst þegar mastur hafði verið reist. Holan var kæfð þá um miðnætti með 30-35 l/s dælingu. Þrýstingur á holutoppi var um 50 bar og streittist holan á móti í fyrstu, en kafnaði innan 30 mínútna. Stöðugt var dælt á holuna um nóttina og fram á dag. Jafnframt var unnið að undirbúningi borverksins. Steypt hafði verið í svonefnda rottuholu og þurfti að bora steypuna út og endurbæta holuna. Lauk því verki um það leyti sem mælingamenn mættu á borplanið um klukkan 17.00 þann 2. ágúst.

Fyrsta verk við könnun holunnar og fódringa hennar var lóðun. Notað var um 80 cm langt lóð, sem var tæplega 40 mm í þvermál. Lóðið fann fyrir toppi leiðarans á um 628 m, en rann síðan viðstöðulaust í botn á 1925 m. Þetta er um 25 m uppi í leiðaranum sem er svipað dýpi og mælst hefur í eftirlitsmælingum síðustu 10-15 ár og virðist botnfallið hafa sest í holuna þegar hún blés á árunum 1981-84. Að lóðun lokinni var holan hitamæld. Mælingin er sýnd á mynd 4. Dæling á holuna var 38 l/s og sýnir mælingin að megnið af vatninu tapast út í æðar á 1100-1200 m dýpi. Smárennsli er áfram niður holuna og tapast það út um æð á 1700 m dýpi og virðist holan pottþétt þar fyrir neðan. Hætta varð mælingunni á 1710 m dýpi þar sem mælirinn þolir ekki hærri hita en 150°C . Þegar hitamælingin á mynd 4 er skoðuð sést truflun á rúmlega 600 m dýpi. Truflunin verður þegar hitamælirinn skellur á topp leiðarans og er toppurinn samkvæmt mælingaskránni á nákvæmlega 629 m dýpi.

Samhliða hitamælingunni var mælt CCL til að freista þess að staðsetja samskeyti leiðarans, en framundan var hjá bormönnum að skera í sundur niðri í rafaða hluta leiðarans, nánar tiltekið á um 820 m dýpi. CCL-mælt var tvívegis yfir efri part leiðarans, en litlar sem engar upplýsingar fengust um rörasamkeytin, enda er leiðari holunnar úr skrúfuðum múffulausum

Tafla 1. Breytt fóðrunarskýrsla úr KJ-16 frá 1981.

ORKUSTOFNUN
JARDBORANIR RÍKISINS

FÓÐRUNARSKÝRSLA

Jötunn

VERK NR.	HOLA NR.	BORSTAÐUR	VERKKAUPI
628-1	KJ-16	Krafla suðurhlíðar	RARIK Kröfluvirkjun
VIÐ HOLLU	DÝPT HOLLU	FÓÐRING NR.	FÓÐRUN FRAMKV. DAGS.
8 1/2"	1981	4	1981.06.20 -21.
			ÚTFYLLT
			1981.06.21. D.S.

FJARLEGD KJALLARABRÚN - KRAGI		2,63 m
FÓÐRING	PVERM. UTAN 7 5/8" og 7"INNAN	
	GERÐ J-55	26,4 lbs/ft.
	TENGI 2 step non tapered thread compl. flush	
	NOTAÐ	1325,79 m FRÁ KRAGA 1943,70 m
	KRAGI (FLANGS) Burns upphengja	
	SKÓR 7 5/8" skór soðinn á 7" múffu	
MÍÐJUST.	stk.	STEYPUT
STEYPING	SEMENT	kg
	SEMENT	kg
	ÍBL.EFNI	kg
	ÍBL.EFNI	kg
	TAFÆFNI	
	STEYPUTÆK	
	STEYPI	mín
	EF	mín
	MI	mín
	JÁ	NEI
FRÁGANUR	S.	kg
	SKO	EFTIR
	STEYPA	UD EFTIR
	DÝPI Á STEYPU Í RÖRI	m
	VERKTÍMI RÖR	STEYPA
h	39,5	
ALLS		41,5
ATH. Burns upphengja 76 cm talin með fyrsta röri		
24 cm bútur soðinn ofan á 1. rör v/upphengju		
16 efstu rörin óraufuð síðan allt raufað.		
Neðan á rör nr.133 er söðin 90 cm bútur af 7"		
10 neðstu rörin eru 7" J-55 með Buttress gengjum		
7 5/8" rörin eru 2 step non tapered thread		
completly flush (Skrúfuð múffulaus en slétt		
bæði utan og innan.		

RÖRATALNING		
LENGD	NR ¹⁾	ALLS m
8,98	1	616,82 ↑
9,59	2	625,80 ↑
9,21	3	635,39 ↑
10,12	4	644,60 ↑
9,01	5	654,72 ↑
8,91	6	663,73 ↑
9,52	7	672,64 ↑
9,92	8	682,16 ↓
9,56	9	692,08 ↓
9,28	10	701,64 0
9,04	11	710,92 ↓
8,23	12	719,96 ↓
8,91	13	728,19 ↓
9,50	14	737,10 ↓
8,53	15	746,60 ↓
9,80	16	755,13 ↓
9,16	17	764,93 ↓
7,97	18	774,09 ↓
8,80	19	782,06 ↓
9,08	20	790,86 ↓
9,09	21	799,94 ↓
8,84	22	809,03 ↓
9,51	23	817,87 ↓
9,40	24	827,38 ↓
		836,78 ↓

1) X=MÍÐJUSTILLAR. ÁVALLT ER TALID FRÁ FLANGSI EDA UPPHENGJU

rörum og enginn munur í efnisþykkt við samskeytin. Breytingar í efnismagni ráða útslagi mælisins og því ekki við því að búast að hægt væri að sjá samskeytin. Hins vegar sást toppur leiðarans greinilega á 629 m dýpi.

Lokamælingin þann 2. ágúst var víddarmæling til að kanna hvort einhverjar útfellingar væru í vinnslufóðringunni eða efri hluta leiðarans. Mælt var ofan 750 m dýpis, en raufaði hluti leiðarans byrjar á u.þ.b. 780 m dýpi. Víddarmælingin er sýnd á mynd 5. Samkvæmt þessari mælingu eru engar útfellingar í holunni og hún hrein niður í a.m.k. 750 m dýpi. Nokkurra millimetra munur er reyndar milli X og Y arma mælisins og helst munurinn svipaður alla mælinguna. Hér er um kvörðunarskekku að ræða. Þannig sýna Y-armarnir innanmál fóðringarinnar 221 mm, en X-armarnir 226 mm. Fyrri víddin er nákvæmlega raunverulegt innanmál fóðringarinnar. Víddarmælingin sýnir topp leiðarans á 628-629 m dýpi.

Þegar borholumælingum lauk að kvöldi 2. ágúst var farið með 216 mm (8 ½") borkrónu niður á efri brún leiðarans. Borkrónunni var slakað rakleiðis niður, þó var látið snúast yfir dýptarbilið 274-302 m. Vinnslufóðringin var götuð á tæplega 280 m dýpi þegar hún var steipt sumarið 1981 og sjást ummerki um götin í víddarmælingunni á mynd 5. Engrar fyrirstöðu varð vart og settist krónan á hengistykkið á 629,5 m dýpi. Næst var farið niður með fóðringarskera. Fóðringarskýrsla var höfð til viðmiðunar þegar endanlegt skurðardýpi var valið og einnig tekið mið af teygingu borstrengs (sjá töflu 1). Neðst á hverju fóðurröri er um 0,6 metra óraufaður bútur og á efri hluta rörsins er óraufaður hluti um 1,2 metrar. Ljóst var að skerinn yrði að vera staðsettur á þessu bili því ella myndu hnífarnir fara í raufarnar og brotna. Niðurstaðan var að skera í sundur 0,70 m neðan við samskeyti sem voru 201,05 m neðan við topp leiðarans (skv. fóðringarskýrslu, tafla 1). Skurður leiðarans tók um tvo tíma. Í fyrstu var dælt 5 l/s eins og leiðbeiningar framleiðanda skerans segja til um. Heldur þótti verkið ganga hægt og var dæling þá aukin í 30-40 l/s. Skömmu síðar féll dæluþrýstingur og jafnframt snerist strengurinn mótstöðulaust. Hvort tveggja var talin vísbending um að skerinn væri kominn í gegn um fóðringuna og var því tekið upp. Skerinn kom til yfirborðs um klukkan 21:00 þann 3. ágúst. Hnífsblöðin reyndust lítið slitinn nema rétt á bláendunum. Holan var þá lóðuð. Sem fyrr kom slinkur á mælivírin þegar lóðið skall á toppi leiðarans. Þá virtist einnig koma slinkur á vírin þegar lóðið var á 835 m dýpi. Þegar slinkurinn endurtók sig í tvígang við 835 m dýpið var það talin staðfesting á því að leiðarinn væri í sundur við skurðarstaðinn á 820 m dýpi og hefði neðri hluti hans sigið um 15 metra.

Næst var farið niður með svonefnt sleppistykki og það fest í upphengju leiðarans. Leiðarinn losnaði auðveldlega. Upptekt borstrengs og efri hluta leiðara lauk að morgni 4. ágúst. Þá var víddarmælt frá 825 m dýpi upp í 600 m dýpi til að ákvarða rúmmál holunnar á þessu dýptarbili, sem til stóð að fylla með steypu. Víddarmælingin er sýnd á mynd 6 og reiknað rúmmál er sýnt á mynd 7. Neðan fóðringar er holan mikið útvöskuð og er meðalvídd hennar niður á 825 metra um 10-12 tommur. Rúmmálið frá 825 m upp í 670 m (að fóðringarenda) reiknast um 9 rúmmetrar.

Nú hófust aðgerðir til að stífla holuna og var hún lóðuð endrum og sinnum til að meta árangurinn. Fyrst var sett niður steypufyllt netakúla, um 8 tommur í þvermál, og slatti af grófri rauðamöl. Lóðaðist holan þá 858 m djúp. Þótti þar með sýnt að neðri hluti leiðarans hefði fallið til botns, en hann hékk upprunalega um 30 m yfir holubotni. Áfram var sett niður mól og hlöðst smám saman upp tappi í holunni eins og sjá má af töflu 2. Þá fór holan einnig að þéttast og tók hún við um 14 l/s þegar tappinn náði upp í 850 m. Þá var settur niður sandur og tók holan eftir það við 3 l/s, og hækkaði yfirborð tappans í 844 m. Þegar hífa átti lóðið úr því dýpi reyndist það fast og tókst engan veginn að losa það. Neyðarúræðið var að toga uns slitnaði og söng vírin í sundur nokkra metra frá mælingabílnum. Slitni endinn stóð upp úr drifborðinu og var hann festur í blökk borsins og togað lóðrétt upp. Aftur slitnaði vírin, en nú niðri í holunni og náðust um 250 m af vír upp. Eftir urðu hins vegar um 600 m af vír. Þetta var einþættur stálvír u.þ.b. 2 mm í þvermál.

Ákveðið var að biða með að fiska mælivirinn úr holunni þar til síðar og var þess í stað farið út í að steypa í holuna frá sandinum á 844 m og upp í fódningu. Steypuguðinn taldi ekki óhætt að steypa svo langt dýptarbil í einum áfanga, enda fordæmi fyrir því að borstrengir hafi steypst fastir í svona aðgerðum. Fyrst var steypst úr 6 tonnum af sementi og fylltist holan þá upp í 770 m. Næsta steypa (8 tonn) náði upp í fódringarenda á 670 m og voru þá send niður tvö tonn til að fylla vel upp í fódringuna. Steypumagnið varð meira en áætlað var því fódringin fylltist nú upp í 579 m. Eftir hverja steypingu var borstrengur hífður vel upp úr steypunni og sett á skolun. Um sex tímum síðar var þreifað á steypunni með borstöngunum. Steypumagnið var það lítið hverju sinni að erfitt var að mæla það nákvæmlega. Þannig virðist þriðja steypan samkvæmt víddarmælingunni (myndir 6 og 7) hafa verið um 4-5 tonn í stað tveggja. Hinar fyrri tvær fylltu hins vegar heldur minna en áætlað var út frá víddarmælingum. Þess má þó geta að 3 l/s skoltapið, sem var í holunni eftir að aðgerðum við malartappann lauk, þéttist með fyrstu steypingunni.

Útborun steypu hófst síðla dags þann 6. ágúst. og lauk aðfaranótt þess sjöunda. Steypan þótti frekar lin, en borun gekk rólega enda engar álagsstengur í strengnum. Ekki varð vart við neinar festur vegna mælivirsins, en nokkrir vírstubbar komu þó upp með skolvatninu. Steypan var boruð niður í 660 m dýpi og sett á skolun til að halda holunni kaldri, uns Halliburtonmenn og búnaður þeirra komu á staðinn.

Upptekt borstrengs lauk snemma kvölds þann 7. ágúst. Nokkrar hankir af mælivir voru vafðar um strenginn niður við borkrónu. Niðursetning skáborunarstrengs var nú undirbúin, en áður en kom að því var holan hitamæld til að meta hversu djúpt mætti fara með búnaðinn án þess að misbjóða honum. Hiti var á bilinu 60-100°C og því talið óhætt að setja búnaðinn, sem þolir 150°C, rakleiðis niður undir botn.

Tafla 2. Yfirlit um mælingar í holu KJ-16 vegna undirbúnings útúrborunar.

Dagsetning	Mæling	Skrá	Dýptarbil	Athugasemdir
2. ágúst 1997	Lóðun	kl. 18-18:30	0-1925	Eftir kæfingu
2. ágúst 1997	Hiti-dT-CCL	h0802194	30-1710	Ádæling 38 l/s. Hætt vegna hita
2. ágúst 1997	Hiti-dT-CCL	h0802204	30-900	Ádæling 38 l/s. Mælt upp
2. ágúst 1997	X-vídd	x0802213	0-750	Könnun á útfellingum í leiðara og fódningu
2. ágúst 1997	Y-vídd	y0802213	0-750	Könnun á útfellingum í leiðara og fódningu
3. ágúst 1997	Lóðun	kl. 21:15-22:00	0-850	Eftir að leiðari var skorinn í sundur á 820 m.
4. ágúst 1997	X-vídd	x0804112	600-825	Eftir upptekt leiðarabúts
4. ágúst 1997	Y-vídd	y0804112	600-825	Eftir upptekt leiðarabúts
4. ágúst 1997	Lóðun	kl. 17:00-17:30	0-858	Eftir upptekt leiðarabúts og niðursetningu kúlu
4. ágúst 1997	Lóðun	kl. 21:00-21:15	0-180	Eftir 1. hláss af mól. Stífla í 180 m
5. ágúst 1997	Lóðun	kl. 03:00-03:30	0-857	Meiri mól
5. ágúst 1997	Lóðun	kl. 06:00-06:30	0-855	Meiri mól
5. ágúst 1997	Lóðun	kl. 07:30-08:00	0-850	Meiri mól. Hóla að stíflast. Tap um 14 l/s
5. ágúst 1997	Lóðun	kl. 09:15-09:45	0-844	Meiri mól. Tap 3 l/s Lóð festist og slitið.

2.2 Borun vinnsluhluta

Fimmtudaginn 7. ágúst var undirbúningsaðgerðum lokið og undirbúningur útúrborunar hófst. Stefnuborunartæki komu á borplan um klukkan fjögur á fimmtudag og voru þau hífð á borstangarekka. Eftir að borstreng hafði verið raðað saman var byrjað að setja strenginn niður. Þegar settir höfðu verið niður nokkur hundruð metrar í stöndum var skipt yfir í að setja eina og eina stöng á kelly niður en þá óx skolþrýstingur verulega og var ákveðið að taka upp til að kanna málið. Upptekt var lokið að morgni föstudagsins 8. ágúst og vann mótörinn ekki sem skyldi. Um hádegi á föstudag var hitamælt og í kjölfarið voru settir niður 18 standar til að kæla holuna. Gert var við "flow-line" og öryggislokar stilltir af fram undir kvöldmat og brotnar úr 34 stangir. Hitamælt var og holan kæld fram undir miðnætti. Laust eftir miðnætti var byrjað að setja niður á ný eftir að mótör hafði verið athugaður og var komið í steypu um klukkan 10.00

að morgni laugardagsins 9. ágúst en mótörinn vann ekki. Dynadrill mótör #2 sem var til reiðu á plani var settur við seinnipartinn á laugardag, en hann reyndist einnig bilaður og var ekki annað að gera en að fá nýtt sett bormótora. Upptekt var lokið um miðnætti á laugardag og hófst þá bið vegna nýrra tækja sem óskað var eftir frá Skotlandi. Tíminn var nýttur til ýmis konar viðhalds, skipt var um slífar, stimpla, ventla og ventlasæti í dælu 2 og ventla í dælu 1. Mótörinn var tekinn í sundur en engin bilun fannst. Stangir voru settar niður í 672 metra og holan kæld.

Nokkrar útfellingar voru í mótörnum og voru tekin sýni af þeim til greiningar. Reyndust þessar útfellingar vera aragónít og kalsít (tafla 3). Líklegasta skýringin á útfellingunum í bormótörnum er sú að skolvatnið var óvenju steinefnaríkt á þessum tíma. Orkuverið var ekki í gangi og því var ekkert þéttivatn úr kæliturni sem barst í lónið sem vatnsveita borsins fékk vatn úr. Eingöngu var þar um að ræða afrennsli m.a. frá blásandi borholum sem safnaðist í lónið, en það vatn inniheldur mikið magn uppleystra efna.

Tafla 3. Greiningar á útfellingum úr bormótör.

<i>OS-xrd.nr.</i>	<i>JEF nr</i>	<i>Lýsing</i>	<i>Útfelling</i>
30401	U-9713	af snigli	Aragónít
30399	U-9715	úr bormótör	Kalsít og aragónít
30407	U-9717	úr bormótör	Kalsít og Fe-oxíð

Haldið var áfram að kæla holuna allan 11. ágúst. Bortækin komu til landsins með flugi og voru komin á borstað seint á mánudagskvöld. Rétt eftir miðnætti aðfaranótt þriðjudagsins 12. ágúst voru þau sett saman og undirbúið fyrir niðursetningu og útúrborun. Niðursetning hófst aðfaranótt þriðjudagsins 12. ágúst og var komið í botn og borun hafin seinnipart þriðjudagsins, eða um klukkan 16:30. Borun gekk vel og boruðust um 10-20 metrar á klukkustund. Rétt eftir miðnætti aðfaranótt fimmtudagsins festist borinn á 1154 metra dýpi. Unnið var við að losa og tók það um þrjá tíma og síðan haldið áfram að bora. Þegar komið var í 1306 metra um kvöldmatarleytið fimmtudaginn 14. ágúst var ákveðið að skipta um borkrónu og tekið upp þess vegna. Þeirri upptekt lauk aðfaranótt föstudagsins 15. ágúst og borun hófst að nýju strax að þeirri aðgerð lokinni fyrir hádegi á föstudag. Áfram var borað yfir helgina og með svipuðum hraða og áður.

Borun holunnar var hætt um klukkan 04:15 aðfaranótt mánudagsins 18. ágúst 1997 en þá urðu bormenn varir við að bormótör var hættur að snúast og var sjálfhætt að bora dýpra. Dýpi holunnar var þá 1973,21 metri samkvæmt lengdarmælingu á stöngum. Reynt var með ýmsum tilfæringum að koma mótörnum í gang en ekkert gekk. Skolað var í gegnum borkrónu í þrjár klukkustundir til að hreinsa holuna af svarfi, en síðan var hafist handa við að taka upp borstrenginn.

Þegar tekin hafði verið upp 51 stöng með kelly og með dælingu á milli stanga var kelly tekið úr og teknir upp 15 standar. Þá var allt fast. Dýpi á efri brún álagsstangalengju var 911 metrar þegar fyrst varð vart við festuna. Reynt var að toga í strenginn en allt kom fyrir ekki. Brugðið var á það ráð að setja kelly við og dæla í gegnum strenginn. Jafnframt var drifborði snúið og reynt að hífa í kjölfarið. Tókst með þessu hætti að mjaka strengnum upp á við með um tveggja metra hraða á klukkustund.

Festan losnaði um klukkan eitt eftir miðnætti aðfaranótt 20. ágúst og gekk sæmilega að taka upp eftir það. Kelly var losað af og standar teknir upp. Reyndar festist aftur á bilinu 693-675 metrum en greiðlega gekk að losa úr þeirri festu Um klukkan átta að morgni 20. ágúst komu síðustu álagsstangirnar upp og um hádegi var upptekt lokið og gengið frá skáborunarbúnaði á tengivagn og þeim komið til Seyðisfjarðar.

Festan sem glímt var við frá mánudegi til miðvikudags var nær örugglega vegna skráargats eða “keyhole” sem myndaðist í mjúkum ummynduðum jarðlögum á 790-920 metra dýptarbili. Vegna togálags á borstrengnum í borun liggur hann utan í og upp undir holuveggnum í hallandi hluta holunnar. Vegna snúnings strengsins sverfur hann rauf í holuvegginn, sem hefur minna þvermál en álagsstangalengjan neðar í holunni, og skapar það vandamál eins og það sem kom upp þegar borstrengurinn er tekinn úr holunni. Því verður ekki nánar lýst hér.

Þegar lá ljóst fyrir hvar festan var og hverrar gerðar jarðlögin voru á þeim stað gerðu menn sér vonir um að skráargatið væri ekki til staðar eða allavega minna í þetta og harða basaltinu sem nær niður undir 790 metra. Þar undir er syrpa af ummynduðu túffi og síðan súrt berg, afar ummyndað og lint. Uggur var hins vegar í mönnum að álagsstangalengjan myndi festast endanlega þegar komið væri í basaltið. Svo reyndist sem betur fer ekki og losnaði úr festunni rétt upp í basaltinu. Rauf hefur hugsanlega myndast í basaltið, en strengurinn hefur ekki náð að sverfa sig inn úr holuveggnum vegna fyrirstöðu í basaltinu. Upptekt gekk því greiðlega eftir að álagsstangalengjan var laus. Aftur varð vart við festu á 758 metra dýpi miðað við efri brún álagsstangalengju. Festan var á um fjögurra metra löngum kafla og náðu bormenn að losa úr henni án vandræða. Á 693-675 metra dýptarbili var fyrirstaða í holunni og þurfti að mjaka strengnum upp með sama hætti og áður. Sú festa var að sögn bormanna dæmigerð festa á stýringu enda kemur það heim og saman við dýpið. Efri stýringin er 119 metrum neðan við efri brún álagsstangalengju og hefur sennilega fest á henni. Neðri stýringin er 9 metrum neðan við þá efri en líklega hefur sú efri krækst í skáp eða efri hluta skráargatsins. Eftir að laust var úr öllum þessum festum gekk upptekt greiðlega.

Eftir nokkrar umræður og samningaumleitanir var ákveðið að halda áfram að bora og dýpka holuna um 100-200 metra. Ákveðið var að hafa engar stýringar á strengnum og jafnframt var sent eftir “jar” og “keyseat reamer” til Reykjavíkur og komu þau tæki á borplan aðfaranótt fimmtudagsins 21. ágúst. Um miðjan dag var undirbúin niðurstæning og um kvöldmatarleytið eru komnir niður sex kollar. Þegar kollalengjan og ein stöng til viðbótar var komin í holuna var dælt á strenginn og reyndist þá bilaður einstefnuloki við borkrónu og þurfti því að taka upp. Um klukkan átta að morgni föstudagsins 22. ágúst var strengurinn kominn í um 1200 metra og eftir voru um 70 stangir á rekka, sem settar voru niður með kelly og dælt á milli.

Borkróna var á botni og borun í berg hófst um klukkan 15:30 föstudaginn 22. ágúst. Áður hafði krónan verið látin snúast í gegnum 21 metra þykkt botnfall. Borun gekk vel og boruðust um 3-4 metrar á klukkustund. Dæling var að jafnaði um 44 l/s og töpuðust í fyrstu um 20 l/s en holan þéttist þegar leið á borunina. Tap jókst um 5 l/s í kringum 2088 metra og er þar ef til vill smá æð. Þrýstingur á skolvatni var 1100-1300 psi og borað var með 15-20.000 punda álagi. Átak á drifborði jafngilti um 320A á mæli.

Borun gekk jafnt og örugglega með svipuðum hraða laugardaginn 23. ágúst og var tapið svipað eða í kringum 20 l/s. Þegar komið var í um 2100 metra tók holan að þéttast örlítið og minnkaði tapið í 17-18 l/s, en borunin gekk að öðru leyti fyrir sig með svipuðum hætti. Að morgni mánudagsins 25. ágúst var bordýpi um klukkan 08:00 rétt um 2175 metrar og var tap álíka – svo og dæling. Bergið var einsleitt og svarf skilaði sér vel upp.

Borað var áfram í hörðu, grófkornóttu bergi fram að hádegi þann 25. ágúst. Bergið var mjög einsleitt og skoltap jafnt, 17-20 l/s og ekki þótti þjóna tilgangi að halda borun lengur áfram. Borun var hætt kl 13:30 en þá var dýpið 2191 m. Þá var holan skoluð í 4 klukkustundir og síðan hófst upptekt. Ákveðið var að fara varlega til að forðast festur og vandræði. Ekki var hitamælt í stöngum og strengurinn var “mjólkaður” upp eins og bormenn taka til orða. Skoltap var mælt strax eftir stöðvun borunar og var þá 18,42 l/s, klukkan 16:00 var það 19,61 l/s og klukkan 17:30 var það 17,83 l/s.

Um klukkan 17:30 hófst upptekt og stóð yfir fram á næsta dag. Upptektin gekk áfallalítið. Þó var dálítill fyrirstaða við “skráargatið” svo tvisvar þurfti að berja laust. Upptekt lauk svo um miðjan dag þriðjudaginn 26. ágúst. Meðan á henni stóð tók holan við um 20 l/s. Síðan var hún

fyllt og mældist tap þá um 33 l/s. Þar sem ákveðið hafði verið að reyna að örva holuna með áðælingu og upphitun til skiptis, var nú hafist handa að setja niður borstreng á ný. Það gekk þokkalega, en þó varð nokkurra tíma töf vegna þess að borstöng brotnaði í herslu. Verkinu lauk um klukkan 07:00 að morgni 27. ágúst. Skoltap var mælt og var um 19 l/s.

Notuð var 8 ½" borkróna frá Reed af gerðinni EHP53K (ser. no. DM9589) frá 670 metrum og niður í 1306 metra. Þá var skipt um krónu og sett niður ný 8 ½" borkróna frá Reed af gerðinni EHP60ADLD (ser. no. TY6013) og var borað með henni í 1973 metra. Þar ofan á borvél af gerðinni Drilex D675-KM7062, stýring, MWD-mælingastöng, tvær Monel-álagsstangir. Uppröðun strengsins að öðru leyti þannig að ofan við stýringu á Monel álagsstöngum komu álagsstangir Jötuns og tengistykki við borstangir.

Eins og sjá má á mynd 8 frá Halliburton þá vikur holan ekki mikið frá áætlaðri stefnu og halla ef frá er talinn beini kaflinn í neðri hluta holunnar, þar sem gert var ráð fyrir minnkandi halla eða falli (drop-off). Dökka línan er holan eins og hún lítur út en ljósa punktalínan er áætlunin á mynd 2. Eins og gert hafði verið ráð fyrir var holan sveigð (KOP) í grennd við 700 metra (688 m MD, mælt dýpi) nokkru neðan við föðringarenda í 669 metrum. Hallaupbygging er síðan samkvæmt áætlun næstu 300-400 metrana, eða niður á 1000-1100 metra (MD) og er meðaltal hallaupbyggingar (hallaaukning) frá 684 metrum niður 1036 metra MD 2,13° á hverja 30 metra. Síðan tekur við kafli þar sem holan er með jöfnum halla í kringum 28°. Örlítið fall verður neðan við 1390 metra (MD), en þar fyrir neðan má gera ráð fyrir því að holan sé með jöfnum halla í botn, í kringum 26,5° Erfiðlega gekk að fá merki frá MWD-tækjum neðan við 1480 metra en þar var síðast tekið á móti merki með vissu. Gert er ráð fyrir í gögnum frá Halliburton að holan sé í beinni stefnu með jöfnum halla frá þeim stað niður í 1800 metra og í raun má halda því fram að það sama gildi um hluta holunnar niður í 1971 metra MD sem boraður var með mótör. Hallamælingar sem Orkustofnun gerði eftir borun staðfesta þetta. Mælt var á 1613, 1768 og 1929 m dýpi og sýndu mælingarnar 28-31° halla og stefnuna 330-340°. Neðsti hlutinn frá 1971 metra niður í 2191 metra var boraður með stýringalausum streng og með litlu álagi. Því er ekki hægt að segja nákvæmlega hvort holan hélt stefnunni, þó telja megj líklegt að stefnubreytingin sé ekki mikil. Niðurstöður mælinga í borun frá Halliburton er sýndar í töflu 4. Mynd 2 frá Halliburton sýnir hins vegar hvernig til stóð að bora holuna og á mynd 8 eru mæligögnin úr boruninni teiknuð niður í 1800 metra ásamt áætluninni á mynd 2. Mynd 3 sýnir síðan forsendur fyrir hönnun holunnar með hliðsjón af misgengjum sem miðað var á, en þau eru sýnd á myndinni með mismunandi halla. Línan ofan við sýnir legu holu KJ-20.

Tafla 4. Halli og stefna holunnar skv. gögnum frá Halliburton.

Mælt dýpi (m)	Halli (°)	Stefna (°)	Raundýpi (m)	Hliðrun (m)	Hnit (m)	Hnit (m)	DLS (°/30m)	Hallaupp bygging (°/30m)	Ráp (°/30m)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	325,83 S	1308,42 A	0,00	0,00	0,00
674,00	0,60	26,50	673,99	2,33	322,67 S	1309,99 A	0,03	0,03	0,00
684,00	1,00	359,00	683,99	2,45	322,54 S	1310,02 A	1,63	1,20	-82,50
721,00	5,80	329,30	720,91	4,60	320,61 S	1309,06 A	4,02	3,89	-24,08
750,00	8,80	330,70	749,67	8,25	317,41 S	1307,22 A	3,11	3,10	1,45
779,00	8,80	330,60	778,33	12,65	313,54 S	1305,05 A	0,02	0,00	-0,10
808,00	9,00	333,10	806,98	17,11	309,59 S	1302,93 A	0,45	0,21	2,59
836,00	13,00	332,60	834,46	22,43	304,84 S	1300,49 A	4,29	4,29	-0,54
865,00	14,50	335,30	862,63	29,31	298,64 S	1297,47 A	1,69	1,55	2,79
894,00	17,10	339,20	890,53	37,20	291,36 S	1294,44 A	2,90	2,69	4,03
923,00	20,30	340,00	918,00	46,49	282,64 S	1291,20 A	3,32	3,31	0,83
951,00	22,10	333,80	944,11	56,60	273,35 S	1287,22 A	3,08	1,93	-6,64
980,00	24,00	341,80	970,80	67,93	262,85 S	1282,97 A	3,79	1,97	8,28
1007,00	26,00	341,50	995,27	79,31	252,02 S	1279,37 A	2,23	2,22	-0,33
1036,00	27,70	342,00	1021,14	92,38	239,58 S	1275,27 A	1,77	1,76	0,52
1073,00	27,80	339,90	1053,88	109,58	223,30 S	1269,65 A	0,80	0,08	-1,70
1101,00	27,80	340,90	1078,65	122,63	211,00 S	1265,27 A	0,50	0,00	1,07
1130,00	27,70	339,60	1104,32	136,11	198,29 S	1260,71 A	0,63	-0,10	-1,34
1149,00	27,60	340,40	1121,15	144,93	190,00 S	1257,69 A	0,61	-0,16	1,26
1168,00	27,90	342,20	1137,96	153,75	181,62 S	1254,86 A	1,41	0,47	2,84
1197,00	28,40	344,70	1163,59	167,26	168,62 S	1250,99 A	1,21	0,00	2,59
1251,00	28,70	346,40	1211,21	192,50	143,95 S	1244,64 A	0,53	0,28	0,94
1292,00	28,60	340,40	1247,23	211,98	125,20 S	1239,04 A	2,11	0,22	-4,39
1330,00	26,30	337,00	1280,58	230,19	108,23 S	1232,43 A	1,29	-0,08	-2,68
1359,00	26,40	332,10	1306,31	243,52	96,16 S	1226,71 A	3,33	-2,38	-5,07
1480,00	26,40	335,80	1414,75	297,08	47,93 S	1203,13 A	0,41	0,02	0,92
*1800,00	26,40	335,80	1701,38	439,28	81,85 N	1144,81 A	0,00	0,00	0,00

*Tölur framreiknaðar frá 1480 metra dýpi.

Tafla 5. Gangur borunar með 8 ½" krónu.

Dagur	Borun á dag	Bortími	Meðalborhraði	Dýpi á miðnætti	Tími á borkrónu
Borkróna	(m)	(klst)	(m/klst)	(m)	(klst)
EHP53K (ser. no. DM9589)					
12-08-98	74	7	10,5	762	7
13-08-98	369	21	17,5	1131	28
14-08-98	175	13,5	13	1306	41,5
EHP60ADLD (ser. no. TY6013)					
15-08-98	136	10,5	13	1442	10,5
16-08-98	255	21	12	1697	31,5
17-08-98	229	20	11,5	1926	51,5
19-08-98	47	3,5	13,5	1973	55
HP62A (ser. no. CB6497)					
22-08-98	34	7,5	4,5	2007	7,5
23-08-98	77	22,5	3,5	2084	30
24-08-98	66	22,5	3	2150	52,5
25-08-98	41	12,5	3	2191	65
<i>Heildarborun:</i>		1503 metrar			
<i>Meðalborhraði:</i>		9,3 metrar á klst.			
<i>Heildarbortími:</i>		161,5 klst (6,7 sólarhringar).			


Í dýpkun holunnar frá 1973 metrum og niður í endanlegt dýpi í 2191 metra var notuð ný borkróna af gerðinni HP62A frá Reed, (ser.no. CB6497). Uppröðun strengs var sem hér segir. Ofan við borkrónu er krónusöbb, þar ofan við eru 8 álagsstangir, sub og jar, síðan sub og tvær álagsstangir og loks "keyseat-reamer" og "cross-over" tenging við borstangir Jötuns. Engar stýringar voru hafðar í strengnum.

Eftir borun og upptekt tók hola KJ-16A við innan við 20 l/s. Þetta var engan veginn talin nægjanleg lekt í holunni og var því ákveðið að fara út í sérstakar örvunaraðgerðir. Örvunaraðgerðirnar hófust klukkan 07:00 að morgni 27. ágúst og stóðu fram til miðnættis 30. ágúst. Aðgerðunum er lýst í kafla 3 hér á eftir.

Á hádegi 31. ágúst hófst svo upptekt borstanga og lauk því verki klukkan 22:30. Þá hófust hefðbundnar jarðlagamælingar í holunni, en að auki varð halla- og stefnumælt á þremur stöðum í holunni, eins og áður hefur komið fram. Mæliprógrammi lauk um hádegi þann 1. september. Var þá farið í að setja niður leiðara og tók það rúmlega sólarhring. Upplýsingar um leiðarann er að finna í föðringarskýrslu (tafla 6). Síðasta mál á dagskrá var að venju þrepaðling sem lauk að morgni 3. september. Bormenn hófu þá undirbúning að flutningi á næsta borstað, holu KJ-31 og var mastrið fellt seinnipart miðvikdagsins 3. september á 37. verkdegi.

Gangur verksins er sýndur á mynd 9 en tölugildi fyrir sjálfa borunina eru birt í töflu 5. Á meðan á boruninni stóð var safnað upplýsingum um skolun holunnar og eru niðurstöður þeirra athugana birtar í töflu 7.

Tafla 6. Fóðrunarskýrsla KJ-16A – Leiðari

 JARBORANIR HE SKIPHOLTI 50D - 105 REYKJAVÍK		FÓÐRUNARSKÝRSLA		Eyðublað nr: 68-051	
Verk nr. 420-659	Hola nr. KJ-16	Borstaður Krafla	Bor Jötunn	Verkkaupi Landsvirkjun	
Vídd holu 8 1/2"	Dýpt holu mv. drifborð 2.190,87 m.	Fóðring nr. 5	Fóðrun framkv. dags. 1997.09.01.-02.	Útfyllt af D.Sig.	
Holudýpi frá flangsi 2.181 m			Fóðringardýpt frá flangsi 628,53 m	Röretalning LENGD NR MS ALLS m	
Gerð K-55		Þyngd 26 lbs / ft.			
FÓÐRING	Utanmál 7"	Innanmál 159.4 mm.	Efri endi er í		628,53
	Veggþykkt 9,2 mm	Pöntunar nr.	1,55	upph	630,08
	Tengi Skrúfuð Buttress		13,08	1	643,16
	Flangs Í hengistykki í 628,53 m.		12,81	2	655,97
	Stungutengi		12,79	3	668,76
	Skór Stýriskór		12,62	4	681,38
	Miðjustillar stk	Steyputappar stk	12,75	5	694,13
STEYPIG	Steypa 1 þurrefni kg	Tafefni kg	14,02	6	R 708,15
	Eðlisþyngd	Steypingartími mín	12,65	7	720,80
	Steyputæki		13,95	8	R 734,75
	Steypa kom upp ?	Eðlisþyngd steypu upp	12,55	9	747,30
	Eftirdæling ltr	Eftirdæling mín	13,62	10	R 760,92
	Steypa 2 þurrefni kg		12,62	11	773,54
FRÁGANGUR	Dýpi á steypu utan röra m	Steypt utan með eftir klst	13,98	12	R 787,52
	Steypa þurrefni kg	Skorið ofan af eftir klst	12,79	13	800,31
	Dýpi á steypu í röri m	Steypa boruð eftir klst	14,06	14	R 814,37
			12,81	15	827,18
			13,43	16	R 840,61
			12,80	17	853,41
ATHUGASEMDIR			13,34	18	R 866,75
Fóðringin gekk áfallalítið niður að botnfalli í 2.173 m.			12,69	19	879,44
Aðeins var hægt að lyfta henni um 1 meter og hangir hún því með skóinn í 2.171,81 m.			14,02	20	R 893,46
			12,80	21	906,26
			13,92	22	R 920,18
			12,53	23	932,71
			14,11	24	R 946,82
			12,80	25	959,62
			13,27	26	R 972,89
			12,78	27	985,67
			13,40	28	R 999,07
			12,46	29	1011,53
			13,34	30	R 1024,87

Tafla 6. Fóðrunarskýrsla KJ-16A – Leiðari (frh.).

Verk nr. 420-659	Hola nr. KJ-16	Borstaður Krafla	Fóðring nr. 5	Blaðsíða nr. 2
---------------------	-------------------	---------------------	------------------	-------------------

RÖRATALNING				RÖRATALNING				RÖRATALNING			
LENGD	NR.	MS	ALLS m	LENGD	NR.	MS	ALLS m	LENGD	NR.	MS	ALLS m
12,63	31		1037,50	12,63	60		1425,50	13,42	89	R	1805,24
13,45	32	R	1050,95	13,50	61	R	1439,00	12,80	90		1818,04
12,82	33		1063,77	12,67	62		1451,67	13,98	91	R	1832,02
13,85	34	R	1077,62	13,50	63	R	1465,17	12,17	92		1844,19
12,81	35		1090,43	12,17	64		1477,34	13,72	93	R	1857,91
13,41	36	R	1103,84	13,46	65	R	1490,80	12,55	94		1870,46
12,81	37		1116,65	12,75	66		1503,55	13,93	95	R	1884,39
14,07	38	R	1130,72	13,99	67	R	1517,54	12,64	96		1897,03
12,75	39		1143,47	12,40	68		1529,94	13,28	97	R	1910,31
13,35	40	R	1156,82	13,27	69	R	1543,21	12,70	98		1923,01
12,81	41		1169,63	12,68	70		1555,89	14,08	99	R	1937,09
13,45	42	R	1183,08	14,02	71	R	1569,91	12,53	100		1949,62
13,14	43	R	1196,22	12,00	72		1581,91	13,91	101	R	1963,53
13,37	44	R	1209,59	13,83	73	R	1595,74	12,57	102		1976,10
13,90	45	R	1223,49	12,80	74		1608,54	13,26	103	R	1989,36
14,10	46	R	1237,59	13,39	75	R	1621,93	12,67	104		2002,03
14,10	47	R	1251,69	12,80	76		1634,73	13,22	105	R	2015,25
13,46	48	R	1265,15	13,25	77	R	1647,98	12,64	106		2027,89
14,06	49	R	1279,21	12,78	78		1660,76	13,51	107	R	2041,40
14,05	50	R	1293,26	13,46	79	R	1674,22	12,80	108		2054,20
13,72	51	R	1306,98	12,45	80		1686,67	13,66	109	R	2067,86
12,79	52		1319,77	13,29	81	R	1699,96	12,53	110		2080,39
13,87	53	R	1333,64	12,30	82		1712,26	13,92	111	R	2094,31
12,68	54		1346,32	14,04	83	R	1726,30	12,55	112		2106,86
14,04	55	R	1360,36	12,57	84		1738,87	13,56	113	R	2120,42
12,82	56		1373,18	13,38	85	R	1752,25	11,75	114		2132,17
13,44	57	R	1386,62	12,82	86		1765,07	13,91	115	R	2146,08
12,24	58		1398,86	14,09	87	R	1779,16	12,73	116		2158,81
14,01	59	R	1412,87	12,66	88		1791,82	12,70+0,3	117	R	2171,81

Tafla 7. Mælingar á skoli í borun.

Dagsetning	Tími	Dýpi m	Þrýstingur PSi	Dæla slog	Dæla 1 l/s	Dæla 2 slog	Dæla 2 l/s	Dæling alls l/s	Tap cm	Tap l/s	Skolhrað m/min	Tími frá botni m/n	Svarf m/mín	TFB mín	Hiti niður °T	Hiti upp °T	diff.hiti °T
12.08.97	18:00	700	900	88	16,31	88	16,31	32,61	2	0,61	80,33	8,71	75,33	9,29			0,00
12.08.97	23:00	756	900	95	17,60	98	18,16	35,76	6	1,84	85,16	8,88	80,16	9,43	25,60	34,60	9,00
13.08.97	03:00	784	900	106	19,64	106	19,64	39,28	12	3,68	89,37	8,77	84,37	9,29	22,10	32,10	10,00
13.08.97	06:00	820	1000	106	19,64	106	19,64	39,28	5	1,54	94,77	8,65	89,77	9,13	21,60	31,80	10,20
13.08.97	10:40	883	1200	104	19,27	105	19,46	38,73	12	3,68	87,98	10,04	82,98	10,64	30,80	36,10	5,30
13.08.97	14:00	960	1200	105	19,46	105	19,46	38,91	28	8,60	76,11	12,61	71,11	13,50	27,70	36,40	8,70
13.08.97	19:00	1049	1200	105	19,46	105	19,46	38,91	32	9,82	73,03	14,36	68,03	15,42	23,50	32,80	9,30
13.08.97	23:00	1116	1100	105	19,46	105	19,46	38,91	20	6,14	82,28	13,56	77,28	14,44	23,10	32,50	9,40
14.08.97	06:10	1164	1100	107	19,83	107	19,83	39,65	24	7,37	81,05	14,36	76,05	15,31	21,60	29,30	7,70
14.08.97	10:00	1203	1100	106	19,64	106	19,64	39,28	52	15,96	58,54	20,55	53,54	22,47	23,30	29,20	5,90
15.08.97	14:30	1361	1300	102	18,90	104	19,27	38,17	48	14,74	58,83	23,13	53,83	25,28			0,00
15.08.97	17:10	1384	1200	106	19,64	106	19,64	39,28	56	17,19	55,46	24,95	50,46	27,43			0,00
15.08.97	20:50	1408	1200	104	19,27	103	19,09	38,36	60	18,42	50,05	28,13	45,05	31,25			0,00
15.08.97	23:30	1432	1200	105	19,46	105	19,46	38,91	54	16,58	56,07	25,54	51,07	28,04			0,00
16.08.97	02:00	1470	1250	104	19,27	104	19,27	38,54	36	11,05	69,01	21,30	64,01	22,96			0,00
16.08.97	06:00	1503	1250	105	19,46	105	19,46	38,91	60	18,42	51,45	29,21	46,45	32,36			0,00
16.08.97	10:00	1543	1250	102	18,90	102	18,90	37,80	40	12,28	64,07	24,08	59,07	26,12			0,00
16.08.97	14:05	1594	1250	100	18,53	100	18,53	37,06	52	15,96	52,96	30,10	47,96	33,24	19,30	25,00	5,70
16.08.97	18:10	1632	1200	105	19,46	102	18,90	38,36	48	14,74	59,30	27,52	54,30	30,06	18,70	24,40	5,70
16.08.97	22:20	1676	1150	100	18,53	100	18,53	37,06	38	11,67	63,75	26,29	58,75	28,53	17,70	23,80	6,10
17.08.97	02:00	1717	1200	106	19,64	106	19,64	39,28	68	20,88	46,21	37,16	41,21	41,66	16,70	22,80	6,10
17.08.97	06:00	1760	1300	110	20,38	110	20,38	40,77	50	15,35	63,81	27,58	58,81	29,93	16,40	23,00	6,60
17.08.97	10:00	1804	1220	102	18,90	102	18,90	37,80	52	15,96	54,82	32,91	49,82	36,21	16,30	22,80	6,50
17.08.97	14:00	1842	1250	105	19,46	104	19,27	38,73	46	14,12	61,77	29,82	56,77	32,45	17,10	23,30	6,20
17.08.97	18:00	1878	1250	104	19,27	101	18,72	37,99	55	16,89	52,97	35,45	47,97	39,15	16,20	22,00	5,80
17.08.97	22:15	1910	1300	103	19,09	101	18,72	37,80	56	17,19	51,74	36,92	46,74	40,87	15,20	20,70	5,50
18.08.97	02:00	1950	1350	102	18,90	106	19,64	38,54	30	9,21	73,64	26,48	68,64	28,41	13,00	20,00	7,00
18.08.97	06:00	1973	1400	94	17,42	94	17,42	34,84	46	14,12	52,00	37,94	47,00	41,98	14,00	21,00	7,00
18.08.97	09:00	1973	1400	94	17,42	90	16,68	34,10	47	14,43	49,37	39,96	44,37	44,47	15,50	21,20	5,70
22.08.97	18:00	1983	1050	108	20,01	106	19,64	39,65	65	19,96	49,45	40,10	44,45	44,61	18,30	22,00	3,70
22.08.97	22:20	2002	1250	120	22,24	113	20,94	43,17	62	19,03	60,60	33,03	55,60	36,00			0,00
23.08.97	02:30	2014	1300	120	22,24	118	21,87	44,10	62	19,03	62,93	32,00	57,93	34,77			0,00
23.08.97	06:40	2026	1300	120	22,24	120	22,24	44,47	68	20,88	59,24	34,20	54,24	37,35	14,00	19,00	5,00
23.08.97	10:10	2037	1080	106	19,64	110	20,38	40,02	67	20,57	48,84	41,71	43,84	46,46	12,20	17,10	4,90
23.08.97	13:45	2048	1060	106	19,64	106	19,64	39,28	68	20,88	46,21	44,32	41,21	49,69	12,80	16,80	4,00
23.08.97	17:30	2062	1080	108	20,01	107	19,83	39,84	66	20,26	49,15	41,95	44,15	46,71	12,50	17,00	4,50
23.08.97	22:20	2080	1350	120	22,24	120	22,24	44,47	66	20,26	60,78	34,22	55,78	37,29	12,00	17,00	5,00
24.08.97	01:35	2089	1260	117	21,68	117	21,68	43,36	80	24,56	47,20	44,26	42,20	49,51	13,90	18,50	4,60
24.08.97	06:40	2101	1350	120	22,24	120	22,24	44,47	64	19,65	62,32	33,71	57,32	36,65			0,00
24.08.97	14:00	2120	1300	120	22,24	120	22,24	44,47	56	17,19	68,49	30,96	63,49	33,39	14,60	19,20	4,60
24.08.97	18:45	2136	1300	120	22,24	120	22,24	44,47	60	18,42	65,40	32,66	60,40	35,36	13,10	18,80	5,70
24.08.97	21:50	2144	1300	120	22,24	120	22,24	44,47	60	18,42	65,40	32,78	60,40	35,50	13,20	19,00	5,80
25.08.97	01:35	2155	1300	120	22,24	120	22,24	44,47	58	17,81	66,94	32,19	61,94	34,79	13,90	19,20	5,30
25.08.97	08:40	2174	1300	120	22,24	120	22,24	44,47	72	22,10	56,15	38,71	51,15	42,50	15,60	20,30	4,70
25.08.97	11:15	2184	1350	120	22,24	120	22,24	44,47	58	17,81	66,94	32,62	61,94	35,26	17,30	20,10	2,80
25.08.97	13:30	2191	1350	120	22,24	122	22,61	44,84	62	19,03	64,79	33,82	59,79	36,64	19,60	24,30	4,70

3 ÖRVUNARADGERÐIR

Örvun holunnar hófst klukkan 07:00 að morgni 27. ágúst. Fyrsta stigið var dæling á holuna. Dælt var tæpum 40 l/s til klukkan 16:20, eða í rúmar 9 klukkustundir. Þar með hófst annað stig örvunarinnar, sem var upphitun. Fyrst var mælt þrýstifall á 400 m dýpi en síðan hitamælt í holunni.

Holan var látin hitna í 3 klukkustundir áður en hitamælt var aftur. Þá kom í ljós að holan hitnaði fremur hægt svo sýnt þótti að upphitun stæði yfir til morguns. Því var næst hitamælt klukkan 08:40 að morgni 28. ágúst. Hiti var kominn talsvert yfir 100 gráður í botni og var því ákveðið að kæla hana og hófst önnur ádæling klukkan 10:00. Þá hafði upphitun staðið yfir í tæpar 18 klukkustundir.

Í fyrstu var dælt eins miklu og hægt var, en brátt tæmdist keríð svo slá þurfti af dælingu meðan keríð fylltist á ný. Það var svo klukkan 14:30 sem keríð var orðið fullt aftur. Þá var dæling sett á fullt og eftir 5 mínútur kom upp úr holunni og mældist skoltap þá 37 l/s. Þá var slegið af dælingu og þegar hún var komin í jafnvægi eftir um 20 mínútur var skoltap mælt á ný og mældist nú 34 l/s. Nú var skipt yfir í utanádælingu og hita- og þrýstimælt. Þá var lokið fyrstu umferð örvunarinnar og eftir túlkun mælinganna og með hliðsjón af aukningu skoltaps var sýnt að nokkur árangur hefði náðst í opnun holunnar. Því var ákveðið að reyna að gera betur og fara aðra umferð af hitunar- og kælingarferli.

Upphitun hófst aftur þegar dæling var stöðvuð klukkan 17:30 þann 28. ágúst. Klukkan 22:00 var hitamælt í neðri hluta holunnar með Kustermæli til að sjá hvort einhver kæling yrði neðan 1960 m dýpis. Brot sást á hallatölu ferilsins á um 2090 m dýpi. Visbending um æð þar sást einnig í svarfi og skolmælingum. Holan var látin hitna um nóttina og hitamæld klukkan 09:00 að morgni 29. ágúst. Þriðja ádæling var svo hafin klukkan 10:25 eftir um 17 klukkustunda upphitun. Eins og við aðra ádælingu var ekki nægilegt vatn til staðar til að fylla holuna með fullum afköstum. Dælt var í 4 klukkustundir þar til keríð var fullt. Sýnilega byggðist þrýstingur nú hægar upp en í fyrra örvunarferlinu, sem benti til meiri opunar í holunni. Klukkan 14:35 var dæling sett á fullt og kom þá fljótt upp. Þegar dæling var komin í jafnvægi mældist skoltap 41 l/s. Næst var hita- og þrýstimælt í utanádælingu. Þar með lauk annarri umferð örvunarinnar. Aukning á skoltapi sýndi að nú hafði náðst umtalsverður árangur í opnun holunnar. Hins vegar var fremur óljóst samkvæmt hitamælingum hvar holan væri að opnast, auk þess sem niðurstöður þrýstimælinga, sem eiga að sýna hve hratt vatnsborð fellur, þóttu ekki alveg í samræmi við þessa miklu aukningu á skoltapi. Því var ákveðið að fara þriðju örvunarumferðina.

Þriðja örvun hófst þegar dælingu var hætt klukkan 18:15 þann 29. ágúst. Kæling hófst síðan klukkan 13:35 þann 30. ágúst, eftir um 19,5 klukkustunda hitun. Ádæling fór fram á sama hátt og fyrr, byrjað með fullum krafti meðan vatn entist, en nú brá svo við að um það bil sem keríð var að tæmast, eftir um það bil hálf klukkustund, kom upp úr holunni. Það var þó mjög lítið og hvarf strax þar sem varð að slá af dælingu. Annað sem var óvenjulegt var að sáralítil þrýstingur byggðist upp meðan á dælingu stóð. Þegar ker fylltist og fullur kraftur var settur á dælingu klukkan 20:20 um kvöldið, kom vatn upp um leið. Um svipað leyti uppgötvaðist að slæm mistök höfðu átt sér stað þegar dæling var hafin á holuna fyrr um daginn. Gleymsk hafði að loka fyrir 2" slöngu sem er notuð þegar skipt er yfir í utanádælingu, með þeim afleiðingum að mjög lítið vatn fór niður um strenginn. Í rauninni hafði aðeins utanádæling verið í gangi allan tímann. Þetta skýrir skort á þrýstingi á mæli, og sennilega hefur mest af dælingunni farið út um æðina á 1200 m dýpi.

Nú var ákveðið að setja á "alvöru" dælingu í um það bil þrjár tíma og mæla skoltap. Klukkan 20:45 var sett á 45 l/s dæling og kom vatn upp eftir um 2 mínútur. Þegar jafnvægi var komið á dælingu mældist skoltap 31,7 l/s og þegar dælingu var hætt á miðnætti mældist tapið 26,03 l/s. Aðfaranótt 31. ágúst var holan hallamæld og um morguninn var aftur hitamælt með

Kustermæli, nú frá 1700 m niður á 2136 m. Aftur sjást þar merki um einhverja kólnun á 2090 m dýpi. Þegar mælingum lauk um klukkan 10:00 að morgni sama dags virtist tapið enn hafa minnkað og var slegið á að það væri um 20 l/s.

Af framansögðu virðist sem holan hafi opnast allvel í fyrstu tveimur örvununum, en hafi síðan lokast aftur í þeirri þriðju. Það er ekki gott að segja hvort þessi þétting holunnar í lokin verður varanleg. Að minnsta kosti sýndi það sig í örvuninni og í þrepaðælingunni að lekt holunnar jókst frekar í langtíma ádælingu. Hvort holan opnist síðan í upphitun og blæstri mun tíminn leiða í ljós.

4 BORHOLUMÆLINGAR

Yfirlit um borholumælingarnar sem gerðar voru við undirbúning endurvinnslu holu KJ-16 er sýnt í töflu 2 hér að framan. Þar er einnig fjallað um niðurstöður mælinganna. (kafla 2.1) Hér verður því eingöngu rætt um mælingar sem gerðar voru í holunni eftir að allt var klárt til útúrborunar og til þess tíma að borverkinu lauk Við útúrborunina skipti holan um nafn, frá því að heita hola KJ-16 í að heita KJ-16A. Staðarnúmer holunnar í gagnagrunni Orkustofnunar breyttist einnig og hefur hola KJ-16A staðarnúmerið 58116, en gamla holan ber áfram staðarnúmerið 58016.

Yfirlit um mælingar í borun KJ-16A er sýnt í töflu 8. Fyrstu mælingarnar í verkinu voru hitamælingar sem gerðar voru í upphafi útúrborunarinnar. Holan var þá pottþétt og var eingöngu mælt til að kanna hvort óhætt væri að setja skáborunartæki rակleitt niður. Svo reyndist vera og verður ekki fjallað nánar um þær mælingar hér.

Hér verða fyrst gerðar að umtalsefni nokkrar hitamælingar sem gerðar voru í holunni í 25 l/s ádælingu á mismunandi tímum í verkinu. Mælingarnar voru gerðar 15., 20. og 31. ágúst, þegar dýpi holunnar var 1306, 1973 og 2191 m, sem varð lokadýpi holunnar. Þær eru sýndar á mynd 10. Í fyrstu mælingunni kemur skýrt fram að ádælingin tapast öll út ofan 1204 m dýpis. Í þeirri næstu sést að borað hefur verið í gegnum smáæð á um 1720 m og skilar einhver hluti ádælingarinnar sér þangað niður. Í síðustu mælingunni, eftir borun, kemur æðin í 1204 m áfram skýrt fram, en einnig má sjá votta fyrir æð í um 1790 m dýpi, auk þess sem einhvert leki er niður fyrir 2000 m dýpi, en ekki var hægt að mæla dýpra þar sem mælikapall var ekki lengri. (eftir óhappið í holu KJ-30). Hola KJ-16A var allatið fremur treg er í borun. Þegar dýpið var 1306 m var talið að hún tæki við 32 l/s, en aðeins um eða innan við 20 l/s þegar borun lauk í 2191 m dýpi.

Vegna þess hve treg holan þótti var ráðist í örvunaraðgerðir, sem fólust í því að borstengur voru settar niður undir holubotn og holan látin hitna upp í tæplega sólarhring og síðan snöggkæld með dælingu niður um borstangirnar. Þetta var gert þrívægis eins og lýst er í kafla 3 hér að framan. Fylgst var grannt með upphitun holunnar og eru hitamælingar sem gerðar voru eftir fyrstu örvunaraðgerðina sýndar á mynd 11. Þær sýna allar sömu einkennin. Holan hitnar hraðast ofan um 850 m dýpis og er það varmaleiðni frá heitum jarðlögum utan holunnar sem stjórnar upphituninni. Neðan 1000 m er það hins vegar niðurrennsli í holunni sem stjórnar upphituninni. Millirennslið er þó ekki mjög ákaf. Smáæð virðist vera í 1000 m og seitlar þar inn (hitatoppur). Aðalinnstreymið er síðan um æðina í 1204 m og áfram niður holuna. Útstreymisæðar eru samkvæmt mælingunum á 1700-1800 m dýpi og síðan neðar en mælt er. Hitamæling sem gerð var sérstaklega til að kanna hitann djúpt í holunni sýndi að smáæð er nærri 2090 m dýpi.

Fylgst var með þrýstifalli holunnar í byrjun annarar og þriðju upphitunar. Hraði þrýstifallsins var mjög ámóta í báðum tilvikum og er munurinn innan við 10 %. Eins virðist sem holan þurfi milli 15 og 20 bara þrýstimun til að taka við 40 l/s ádælingu. Þá fylgdust mælingamenn og bormenn með þrýstingi vatns niður streng í ádælingu. Þar sést að þrýstingur hækkaði hægar í þriðju ádælingu en í annari og var það strax talin vísbending um að holan væri áfram að

opnast. Þessi skráning gæti reynst gagnleg í framtíðinni ef örva þarf Kröfluholur. Fjallað er nánar um mælingar á þrýstifalli í holunni í örvunaraðgerðunum í kafla 5 hér á eftir.

Tafla 8. Yfirlit um borholumælingar í holu KJ-16A vegna endurvinnslu.

Dagsetning	Mæling	Skrá	Dýptarbil	Athugasemdir
7.ágúst 1997	Hiti-dT-CCL	h0807211	0-600	Fyrir niðursetningu skáborunarstrengs
8.ágúst 1997	Hiti-dT-CCL	h0808125	0-320	Eftir uppteikt bormótors
8.ágúst 1997	Hiti-dT-CCL	h0808223	0-500	Eftir skolun. Fyrir aðra niðursetningu mótors
9.ágúst 1997	Hiti-dT-CCL	h0809130	0-600	Eftir uppteikt bormótors í annað sinn
15.ágúst 1997	Hiti-dT-CCL	h0815023	0-1260	Eftir uppteikt fyrir krónuskipti. Tap 32 l/s
20.ágúst 1997	Hiti-dT-CCL	h0820121	0-1800	Eftir uppteikt, tap 20-21 l/s
20.ágúst 1997	Þrýstingur	p0820134	0-660	Hola full, tap 20-21 l/s
20.ágúst 1997	Þrýstingur	p0820140	650	Þrýstifall, engin ádæling
20.ágúst 1997	Hiti-dT-CCL	h0820160	650-1180	Upphitun, engin ádæling
27.ágúst 1997	Hiti-dT-CCL	h0827162	0-1939	Leitað æða frá dýpkuninni, 1sta örvun
27.ágúst 1997	Upphitun	t0827173	1939	Skoðaður upphitunarhraði
27.ágúst 1997	Hiti-dT-CCL	h0827175	1939-0	Leitað æða frá dýpkuninni
27.ágúst 1997	Þrýstingur	p0827185	400	Þrýstifall, engin ádæling
27.ágúst 1997	Hiti-dT-CCL	h0827223	0-1937	6 klst. eftir að 1stu örvun lauk, engin ádæling
27.ágúst 1997	Hiti-dT-CCL	h0827234	1937-0	7,5 klst. eftir að 1stu örvun lauk, engin ád.
28.ágúst 1997	Hiti-dT-CCL	h0828083	0-1940	17 klst. eftir að 1stu örvun lauk, engin ádæling
28.ágúst 1997	Hiti-dT-CCL	h0828092	1940-0	18 klst. eftir að 1stu örvun lauk, engin ádæling
28.ágúst 1997	Hiti-dT-CCL	h0828150	0-1937	Útanádæling 30 l/s, 2. örvun að klárast
28.ágúst 1997	Upphitun	t0828154	1937	Skoðaður upphitunarhraði
28.ágúst 1997	Hiti-dT-CCL	h0828162	1937-0	Útanádæling 30 l/s, 2. örvun að klárast
28.ágúst 1997	Þrýstingur	p0828171	400	skoðað þrýstifall eftir að ád. hætti kl 17:34
28.ágúst 1997	Þrýstingur	p0828184	400	Framhaldsskoðun þrýstifalls, hitaleiðrétt
28.ágúst 1997	Hiti	KTB-10149	0-2136	farin sérstök ferð til að skoða hita dýpst í holu
29.ágúst 1997	Hiti-dT-CCL	h0829085	0-1970	15 t eftir að 2. örvun lauk
29.ágúst 1997	Hiti-dT-CCL	h0829093	1970-0	16 t eftir að 2. örvun lauk
29.ágúst 1997	Hiti-dT-CCL	h0829151	0-1980	útanádæling 30 l/s, 3ju örvun að ljúka
29.ágúst 1997	Hiti-dT-CCL	h0829171	1980-0	útanádæling 30 l/s, 3ju örvun að ljúka
29.ágúst 1997	Þrýstingur	p0829181	400	þrýstifall eftir 3ju örvun, dæling hætti 18:16
29.ágúst 1997	Þrýstingur	p0829195	400	framhald þrýstifalls, hitaleiðrétt
31.ágúst 1997	Hiti	KTB-10149	1190-2114	Könnun á hita neðst í streng, skoltap um 20l/s
31.ágúst 1997	Hiti-dT-CCL	h0831230	0-1980	Útanádæling, skoltap um 20l/s
1.september 1997	Vidd X-armar	x0901023	0-1980	Könnun á skápum
1.september 1997	Vidd Y-armar	y0901023	0-1980	Könnun á skápum
1.september 1997	Nifteindir	n0901051	0-1980	Jarðlagamæling
1.september 1997	Nát.-Gamma	g0901051	0-1980	Jarðlagamæling
1.september 1997	Viðnám 16"	s0901084	670-2000	Jarðlagamæling
1.september 1997	Viðnám 64"	i0901084	670-2000	Jarðlagamæling
1.september 1997	Sjálfsþenna	a0901084	670-2000	Jarðlagamæling
1.september 1997	Stefna og halli	10:30-12:30	1613-1929	Mælt í 1613m, 1768m, 1929m
2.september 1997	Þrýstingur	p0902170	0-1325	Þrýstistigull
2.september 1997	Þrýstingur	p0902175	1300	Þrepaðæling, þrep 1
2.september 1997	Þrýstingur	p0902210	1300	Þrepaðæling, þrep 2
3.september 1997	Þrýstingur	p0903001	1300	Þrepaðæling, þrep 3
3.september 1997	Þrýstingur	p0903004	1300-0	Þrýstistigull
3.september 1997	Þrýstingur	p0903040	0-410	Þrýstistigull, vatnsborð
3.september 1997	Þrýstingur	p0903042	400	Þrýstifall, dQ=23,9 l/s
3.september 1997	Þrýstingur	p0903060	400-0	Þrýstistigull

Jarðlagamælingar hófust um klukkan 23:00 að kvöldi 31. ágúst og lauk um hádegi daginn eftir. Auk hefðbundinna mælinga í þessari mælingasyrpu voru halli og stefna holunnar mæld á þremur stöðum neðan við 1400 m dýpi. Þetta var gert til að sannreyna stefnu holunnar, en MWD-tæki höfðu bilað skammt neðan þess dýpis. Fjallað er um jarðlagamælingarnar í kafla 6.

5 ÞREPADÆLING

Þegar leiðari var kominn í holuna var komið að því að þolprófa holuna með ádælingu í þrepum. Um klukkan 17:00 síðdegis þann 2. september var settur niður sambyggður hita- og þrýstimælir og þrýstigull mældur niður á 1300 m dýpi, sem valið var sem viðmiðunardýpi fyrir þrepaðælinguna. Ádæling á holuna var þá 23,7 l/s en úr holunni runnu um 1-2 l/s svo skoltap var um 22 l/s. Lítið skoltap ásamt því að takmarkað vatnsmagn (35-37 l/s) kom að bornum settu prófuninni þröngar skorður. Í fyrsta þrepi var ádælingin minnkuð niður í 5,8 l/s og haldið þannig í um þrjá tíma. Þá var ádæling aukin í 19,0 l/s í rúma þrjá tíma og aftur í 25,0 l/s. Í lokaprepinu var aðeins fylgst með þrýstingsbreytingunni í skamma stund á 1300 m. Við 25,0 l/s ádælinguna var mælir hífður úr holunni og var vatnsborð á um 21,5 m dýpi um einni klukkustund eftir að dæling var aukin í 25,0 l/s. Skoltap hafði því aukist aftur lítillhátar. Næst var undirbúið að þrýsta á holutoppinn með því að dæla því vatnsmagni sem var til staðar á fullu í holuna. Vonast var til að það gæti verið hluti í tilraunum til að örva vatnsgæfni hennar. Skömmu eftir klukkan 02:00 aðfaranótt 3. september var ádæling aukin rólega í rúma 60 l/s. Þeirri ádælingu tókst að halda í um 20 mínútur og varð þrýstingur á “standpipe” hæstur um 330 psi, en vegna hæðar “standpipe” er núll-viðmiðunin 25 psi. Safnað var vatni í ker borsins og þetta endurtekið um klukkan 03:20. Þá varð þrýstingur á “standpipe” hæstur um 315 psi. Meðan “kelly” var tekið af var ádælingu haldið við um 24 l/s. Síðan var þrýstimælir settur niður á 400 m dýpi og var þá vatnsborð í holunni. Að endingu var fylgst með falli þrýstings þegar slökkt var á ádælingu, og lauk mælingum upp úr klukkan 06:00 að morgni 3. september.

Gangur þrepaðælingarinnar er sýndur á mynd 12 og á mynd 13 er hvert þrep sýnt nánar. Af mynd 13 má ráða að viðbrögð holunnar eru mismunandi eftir því hvort þrýstingur er að falla eða hækka. Þegar þrýstingsbreytingin fyrir hvert dæluþrep er nálgðu með fræðilegu rennslislíkani fæst um tvöfalt hærri vatnsleiðni fyrir ádæluþrepin miðað við fallþrepið. Lögum þrýstifallsins getur bent til millirennslis í holunni og styðja hitamælingar í holunni það. Samkvæmt því væri rennsli í holunni vanmetið fyrir fallþrepin og þar með vatnsleiðnin sem fæst með nálgun reiknilíkans við þau. Ádæluþrepin gefa vatnsleiðnina (T) á bilinu (1,1-1,4) $\times 10^{-8}$ m³/Pas og tregðustuðulinn (s) á bilinu -1,3 til -1,5. Vatnsleiðni holu KJ-16A nú er um 30% hærri en hún var metin þegar hola KJ-16 var fyrst boruð beint niður. Vatnsleiðni holu KJ-16A er fyrir neðan meðallag í samanburði við aðrar Kröfluholur. Neikvæður tregðustuðull bendir til að holan sé greiðlega tengd vatnsleiðurum sínum.

Til að átta sig á áhrifum dýpkunar holu KJ-16 frá 1973 m og örvunaraðgerðum við borlok voru þrýstingsbreytingarnar við þrepaðælinguna og fyrri þrýstifallsmælingar skalaðar með rennslinu. Þannig eru þessar mælingar sýndar á mynd 14. Því minni sem þrýstingsbreytingin er því betri er vatnsgæfni holunnar. Með það í huga sést á mynd 14 að þrýstingsbreytingin er mest fyrir dýpkun holunnar, en tvöfalt minni eftir fyrstu örvunaraðgerð. Vatnsgæfni holunnar hefur því um það bil tvöfaldast frá því fyrir dýpkun og þegar fyrstu upphitun og kælingu lauk. Ófugt við það sem oft gerist þá virðist önnur og þriðja upphitun ekki bæta gæfni holunnar neitt frekar. Þegar kemur að þrepaðælingunni virðist vatnsgæfni holunnar hafa dalað nokkuð en gæfnin batnar við hvert dæluþrep – og enn eftir að þrýst var á holuna eftir að þrepaðælingunni lauk. Vatnsgæfnin nær þó ekki að enda í því sem hún varð mest við lok fyrstu upphitunar og kælingar.

6 JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR

6.1 Jarðlagalýsing og ummyndun

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. Einfaldað jarðlagasnið ásamt skolmælingum í borun er sýnt á mynd 15 og á mynd 16 er jarðlagasniðið sýnt ásamt niðurstöðum jarðlagamælinga. Hér á eftir fer lýsing á helstu einkennum jarðlaganna.

700-794 m Ferskleg basaltinnskot, fremur finkorna og þétt með litlu af útfellingum og eru innskotin aðskilin af þunnum lögum af breksiulegu upphleðslubergi. Innskotsbergið er gjarnan finsprungið og sést kvars á sprunguflötum gjarnan með pýriti en smákríttar af því eru áberandi í innskotunum. Þá er vottur af kalsíti til staðar og á stöku stað sést klórít.

794-860 m Móbergsmyndun, mest ljóst eða grænleitt túff, stundum nánast hvítt. Túffið verður breksiulegra þegar neðar dregur og er myndunin gengumstungin af tveimur fremur þunnum fersklegum finkorna basaltinnskotum. Kalsít er áberandi og epidót.

860-936 m Súrt berg með þunnum basaltinnskotum og breksiulegum lögum. Bergið er túfflegt efst en verður líkara rhyólíti þegar neðar dregur, straumflögótt og mjög ljóst. Neðar koma inn þunn basaltinnskot og breksiuleg lög eins og áður er greint frá. Um 3 l/s skoltap varð á mörkum móbergsins og súra bergsins og aftur við neðri mörk súra bergsins varð um 5 l/s skoltap.

936-995 m Grófkorna basalt, líklega hraunlög með finkorna fersklegu innskotslagi. Nokkuð blöðrótt með klóríti og kvasi, kalsíti, epidóti og pýriti. Efri hluti myndunarinnar er nokkuð breksiulegur. Nokkuð mikið ummyndað og ljósgrænt – talsvert mikill leir. Mörk þessarar myndunar og þeirrar sem er neðan við eru óglögg og vex hluti súra bergsins á bilinu 990-1000.

995-1215 m Súrt berg að stærstum hluta og er efsti hlutinn nánast hvítt rhyólít, mikið ummyndað og með talsvert miklu epidóti og er tiltölulega samfelld niður undir 1090 metra. Þar fyrir neðan fer að bera meira á basalti. Um miðbik þessarar myndunar er breksiukafli og þar fyrir neðan verður hluti basalts meiri. Hluti basaltsins virðist vera innskot annað virðist vera upphleðsluberg. Þegar basaltið eykst verður epidótið dekkra og kalsít er til staðar. Frá um 1175 metrum fer súra bergið að verða meira áberandi í nýjan leik og er svo ráðandi niður á um 1215 metra dýpi þegar basalt fer vaxandi. Samkvæmt jarðlagamælingunum er þessi syrpa tvískipt og basalt á milli. Efri hluti súra bergsins er samkvæmt þeim mælingum frá 990-1110 m, en það dýpra frá 1175-1210 m dýpis.

1215-1800 m Basalthraunlög og innskot. Mest er um finkorna mjög ummynduð grænleit basalthraun oft með karga- eða breksiulegum millilögum og er hraunlagastaflinn gegnum stunginn af ummynduðum meðal- eða grófkorna innskotum sem eru misþykk eða frá því að vera 1-2 metrar og upp í að vera 30-40 metrar. Ummyndun er almennt mikil og sést epidót í nær öllum sýnum en kalsít er orðið strjált fyrir neðan 1500 metra. Oxunarvottur sést í stöku lagi og oft í tengslum við innskotin.

1800-2191 m Grófkorna basaltinnskot (dólerít) sem kemur fyrst inn á um 1800 metra dýpi og er nær samfelld niður í botn á 2191 m dýpi. Aðeins tvö þunn lög af finkorna, fersku basalti skera þetta þykka innskot, á 2090 m dýpi og 2165 m dýpi. Virðist vatnsæð tengd a.m.k. hinu fyrrnefnda. Svarfið er mikið blandað og er þar aðallega um að ræða mulning úr “skráargati” á 780-910 metra dýptarbili. Þetta eru korn úr súru bergi, (hvít-bleik korn með pýriti, kalsíti og miklu epidóti) mikið ummynduðu glerriku túffi (ljósgræn korn með perlitiskum strúktur, pýrit) og svart eða dökkt finkorna þétt basalt oft með pýriti á sprunguflötum, virðist vera talsvert sprungið.

Ummyndun í neðsta hlutanum er ekki teljandi. Vegna mikillar blöndunar svarfsins er erfitt að segja hvert er raunverulegt ummyndunarstig innskotsins nema að undangenginni þunnisneiðaskoðun. Plagióklas er í einstaka sýni farin að bera merki um ummyndun, þá er hvítur rimi umhverfis plagióklasstafina og pýroxen er með gulum blæ. Mikill málmur er í innskotinu, svartur og gljáandi. Annars eru ummyndunarsteindir ekki mjög áberandi í innskotinu, enda þétt og finar sprungur í því með pýriti og stöku korni af kvarsí. Epidót finnst í stöku korni sem ætla má að sé hluti innskotsins og ekki komið annars staðar frá. Sama innskotið virðist vera í gömlu holunni (KJ-16) og eru efri mörk þess þar á kringum 1900 metra dýpi.

Jarðlagamælingar sem gerðar voru í holu KJ-16A eru sýndar á mynd 16 ásamt einfölduðu jarðlagasniði. Í víddarmælingunni kemur fram áberandi stór skápur á 1974 m dýpi. Þá má sjá sporöskjulögun holunnar allt frá fõðringarenda á 670 m og niður á rúmlega 1400 m dýpi. Áberandi er skráargatslögun holunnar á dýptarbilinu 800-950 m. Rafviðnám jarðlaga er lágt niður á um 900 m dýpi en þá hækkar það og er að jafnaði um 80 ohmm. Einstaka lágviðnámslag sker sig þó úr. Nifteindamælingin er almennt nokkuð há sem bendir frekar til að bergið sem holan fer um sé nokkuð þétt. Mæling á náttúrulegri gammageislun sýnir ákveðið þrjár súrar jarðlagasyrpur á dýptarbilunum 870-940 m, 990-1110 m, og 1175-1210 m. Þrjá þunnar súrar jarðlagaeiningar má einnig sjá dýpra í holunni. Þessar syrpur koma einnig fram á sjálfspennumælingunni en eru þar ekki eins skýrar.

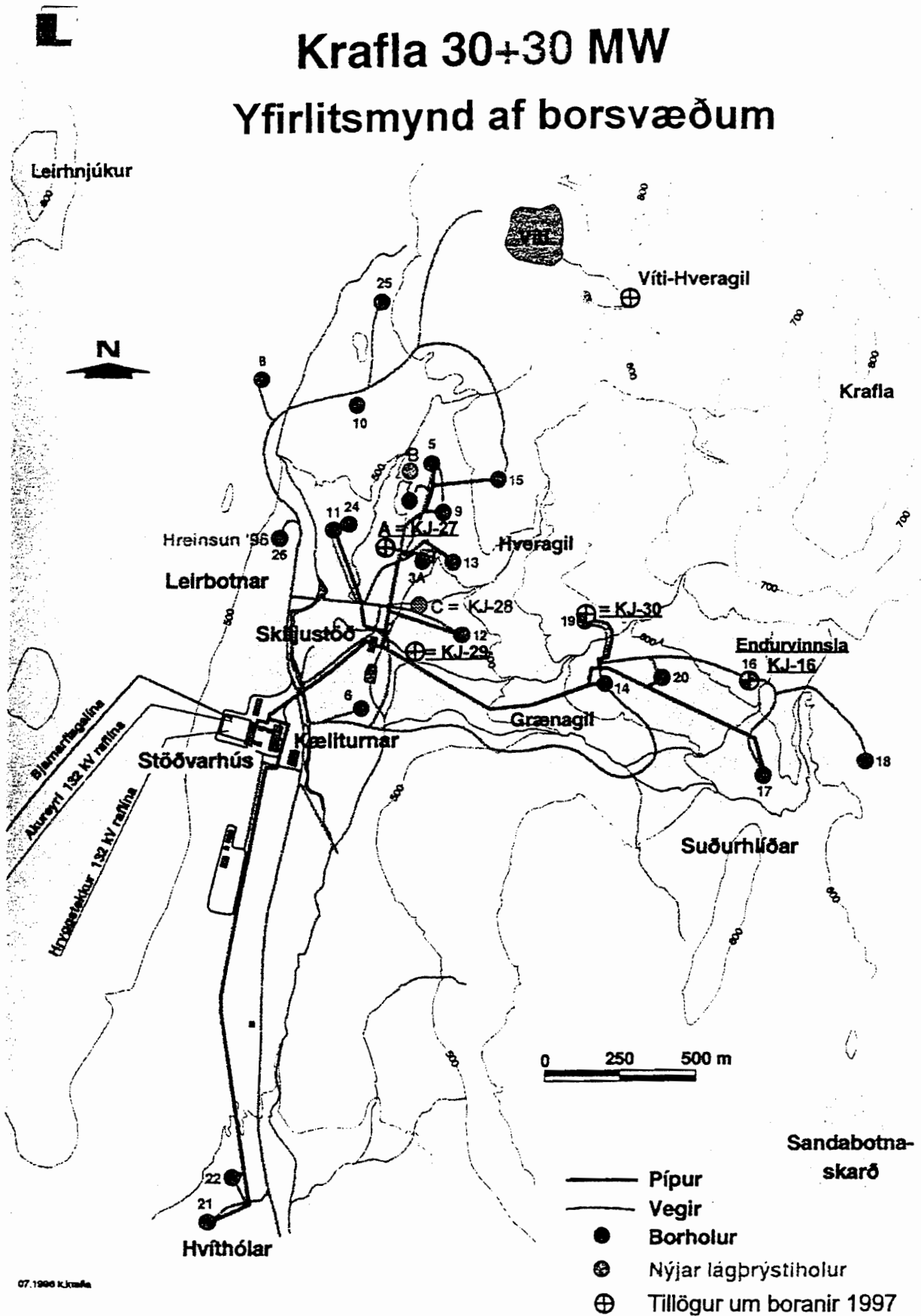
6.2 Vatnsæðar

Gögn um holu KJ-16A sem fjallað hefur verið um í þessari skýrslu hafa verið skoðuð sérstaklega með tilliti til þess hvar greina megi vatnsæðar í holunni. Niðurstaða þessara athugana er sú að meginæð holunnar sé að finna á 1204 m dýpi. Þar kom fram stærsta skoltapið í borun og hitamælingar sýna að þar sé afgerandi æð. Allar aðrar vatnsæðar í holunni virðast óverulegar. Samkvæmt hitamælingum má greina smáæðar á um 1000, 1720, 1790 og 2090 m dýpi. Auk þessara æða bentu mælingar á skoltapi í borun til vatnsæða á 800, 860 og 936 og 2170 m dýpi. Þá var einnig talið að örvunaraðgerðirnar hefður aukið lekt í smáæða á 1860-80 m dýpi.

Meginniðurstaðan er hins vegar sú að hola KJ-16A er fyrst og fremst tengd við jarðhitakerfið í gegnum eina æð á 1204 m dýpi.

Krafla 30+30 MW

Yfirlitsmynd af borsvæðum



07.1998 K.Krafla

Mynd 1. Afstöðumynd af Kröflusvæði.



JARDBORANIR HF

Structure : KJ-16

Field : Krafla Location : Iceland

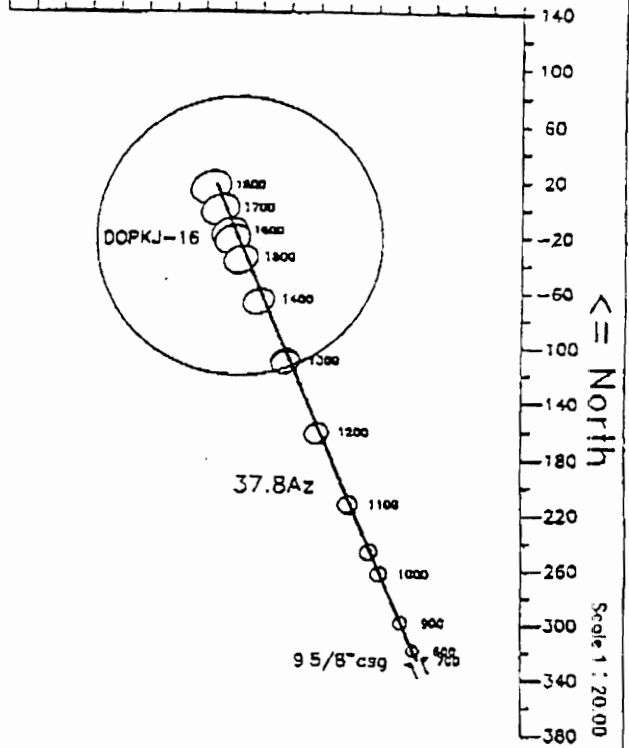
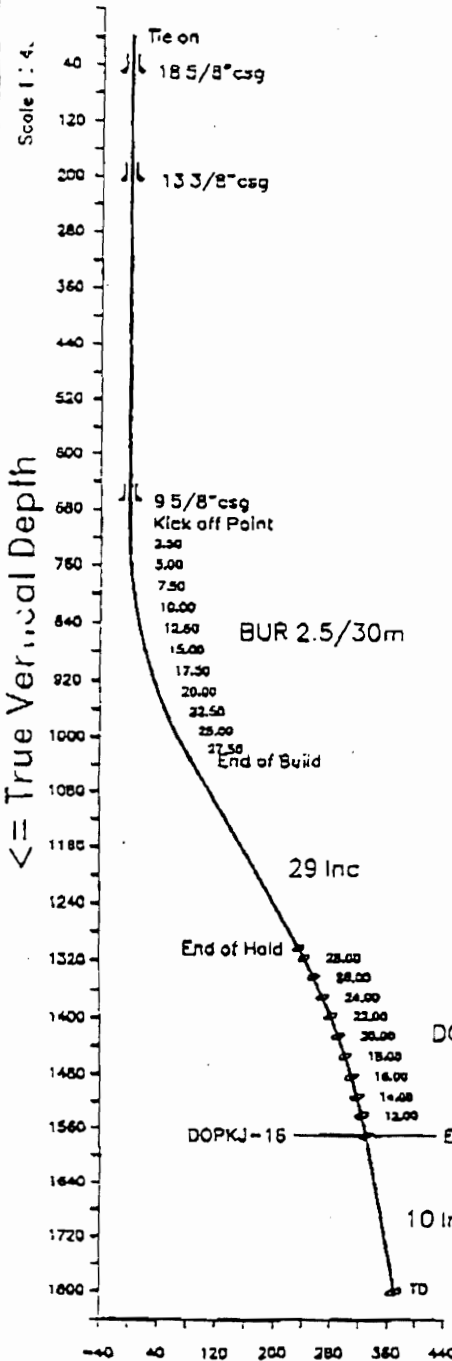


Created by : Halliburton Energy Services
 Date plotted : 23-Jul-97
 Plot reference is KJ-16 prop (1).
 Coordinates are in metres reference field ref point.
 True Vertical Depths are reference nub.
 Plot North is aligned to GRID North.
 Ellipse dimensions are of PROJECTED error ellipsoid
 Position uncertainty is reported at 100.00% confidence
 --- Halliburton Norge ---

Scale 1 : 20.00

East =>

1020 1060 1100 1140 1180 1220 1260 1300 1340 1380



----- WELL PROFILE DATA -----

Point	MD	Inc	Dip	TVD	North	East	CLS (deg/30m)
Tie on	0	0.00	337.80	0	-328	1308	0.00
KOP	700	0.00	337.80	700	-326	1308	0.00
End of Build	1048	28.98	337.80	1033	-248	1276	2.50
End of Hold	1356	28.98	337.80	1303	-108	1219	0.00
Target	1641	10.00	337.80	1570	-20	1184	2.00
End of Hole	1874	10.00	337.80	1800	17	1188	0.00

----- TARGET DATA -----

MD	Inc	Dip	TVD	North	East	Name	Position
1641	10.00	337.80	1570	-20	1184	DOPKJ-16	420041.32.7288643.07

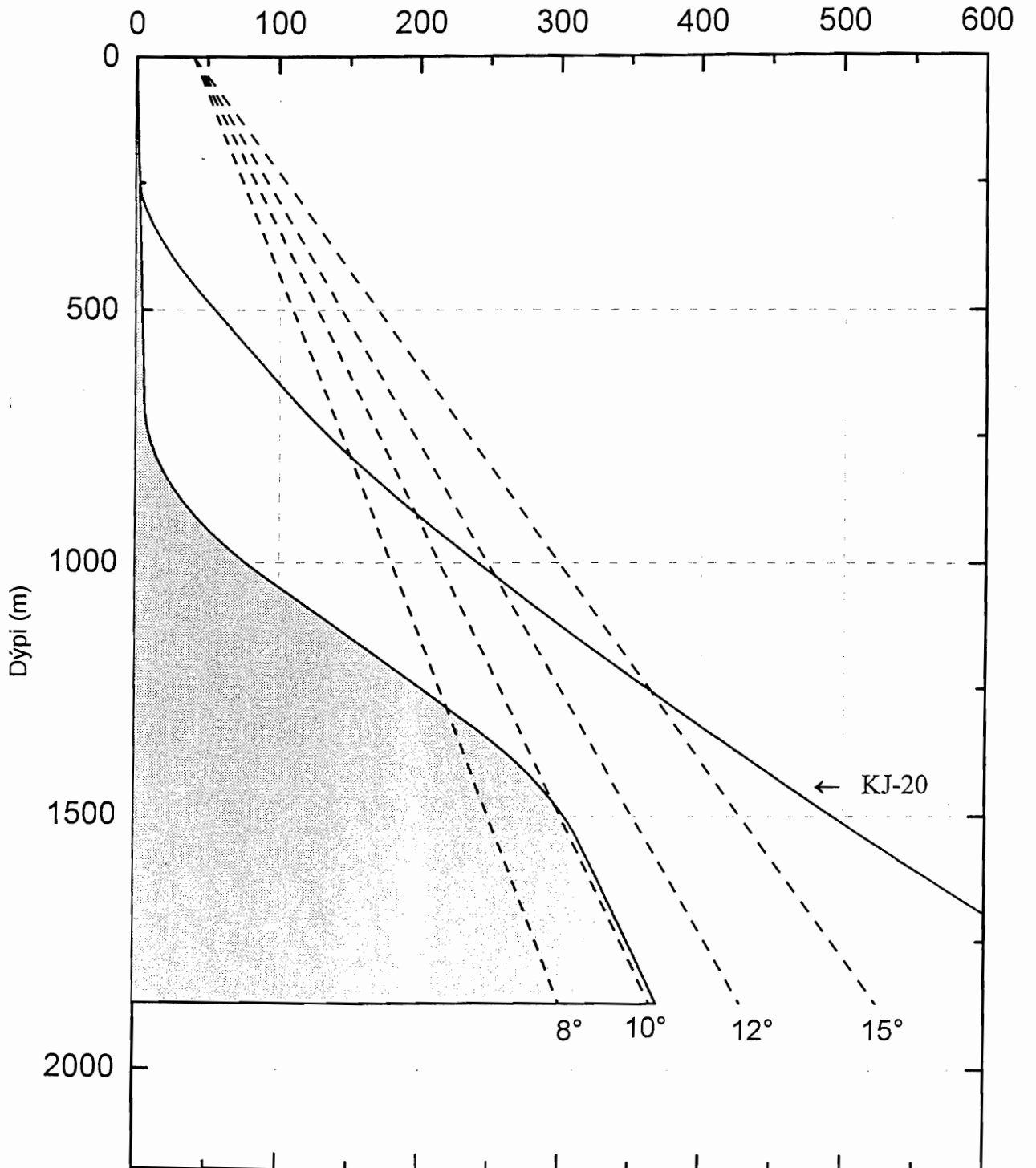
Mynd 2. Hönnun holu KJ-16A frá Halliburton.



ORKUSTOFNUN
ROS

KRAFLA

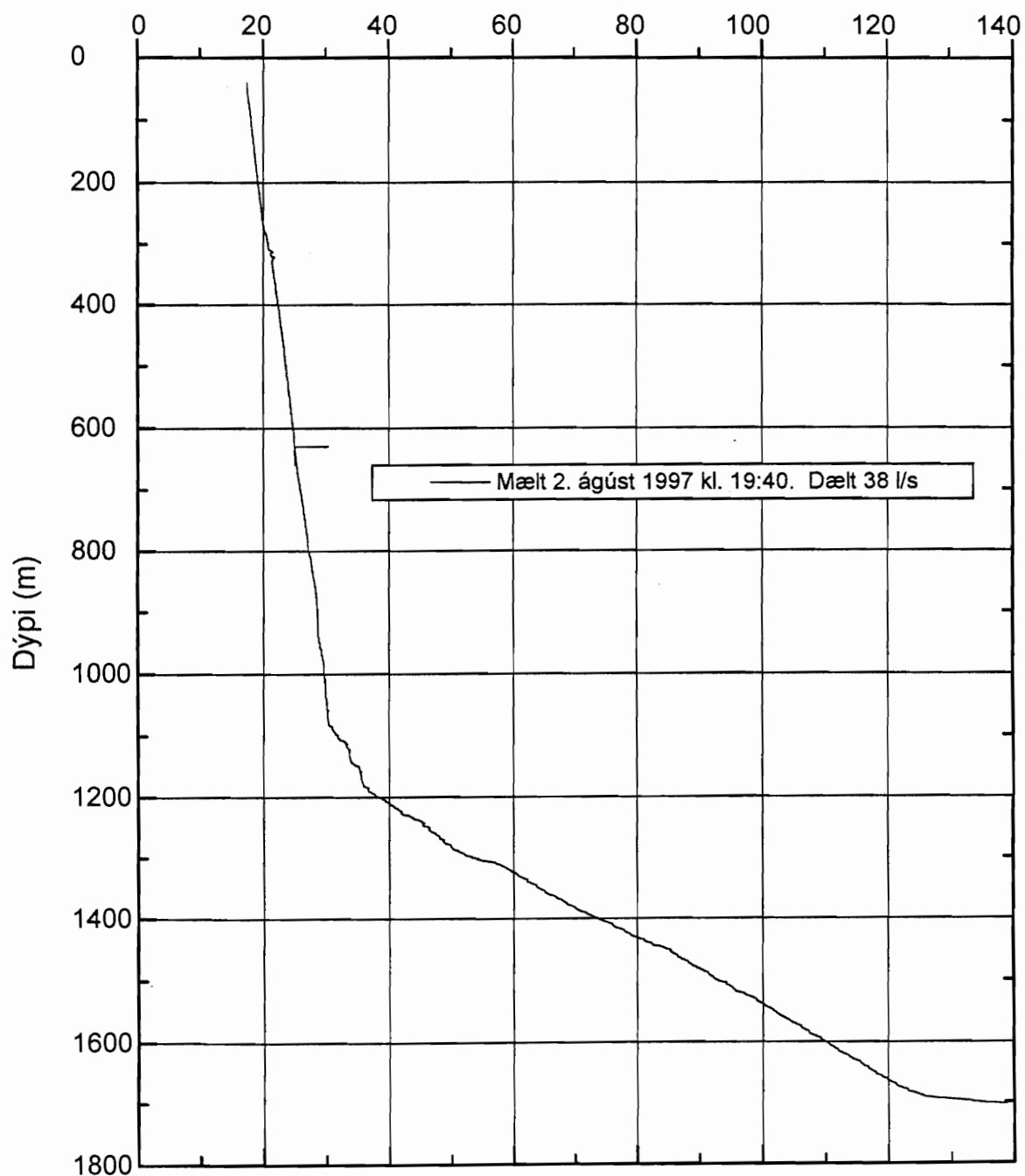
Endurvinnsla holu KJ-16 Frávik frá lóðréttu (m)



Mynd 3. Áætluð stefna og halli holu KJ-16A og nærliggjandi misgengi.

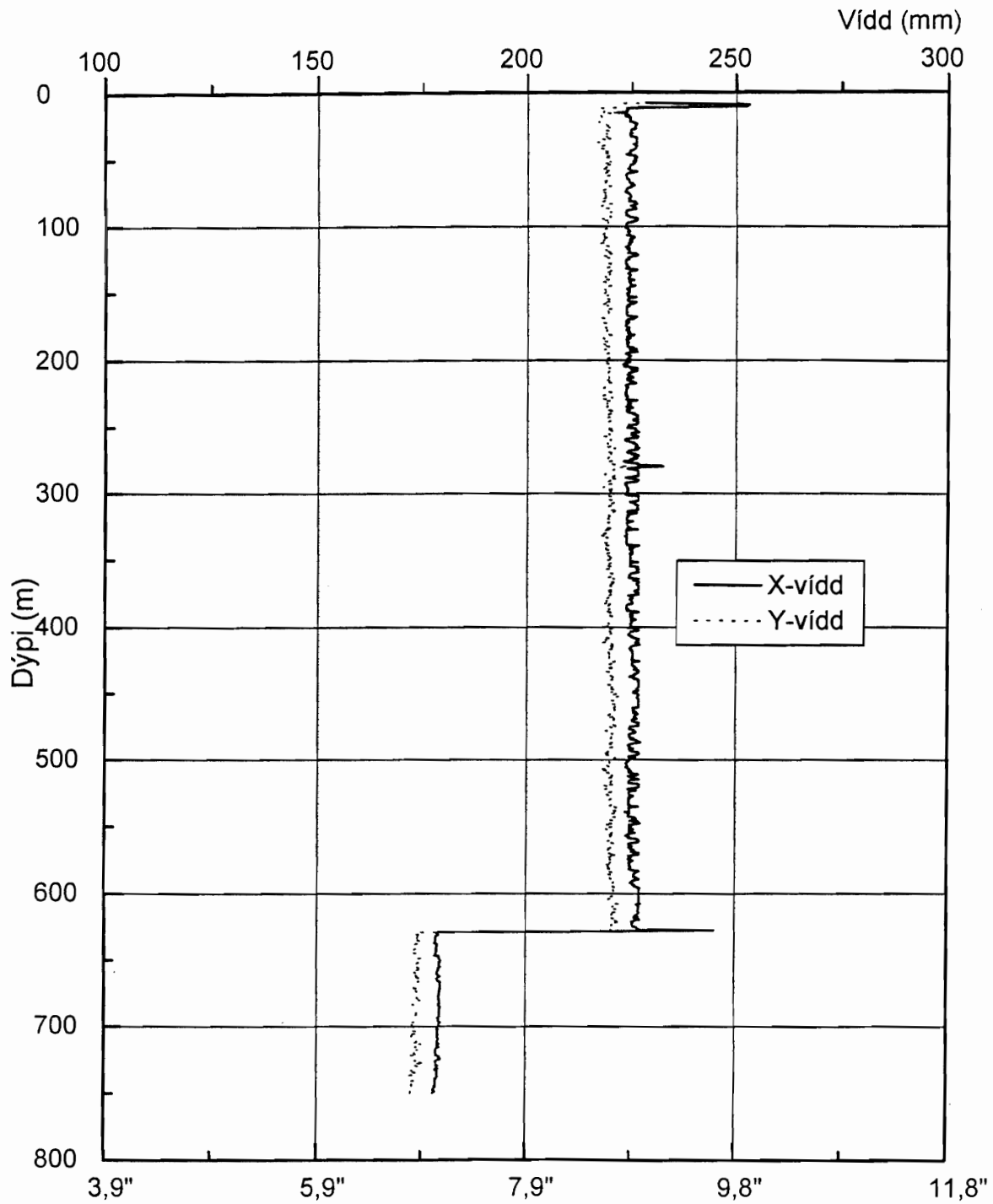
KRAFLA HOLA KJ-16

Hiti (°C)



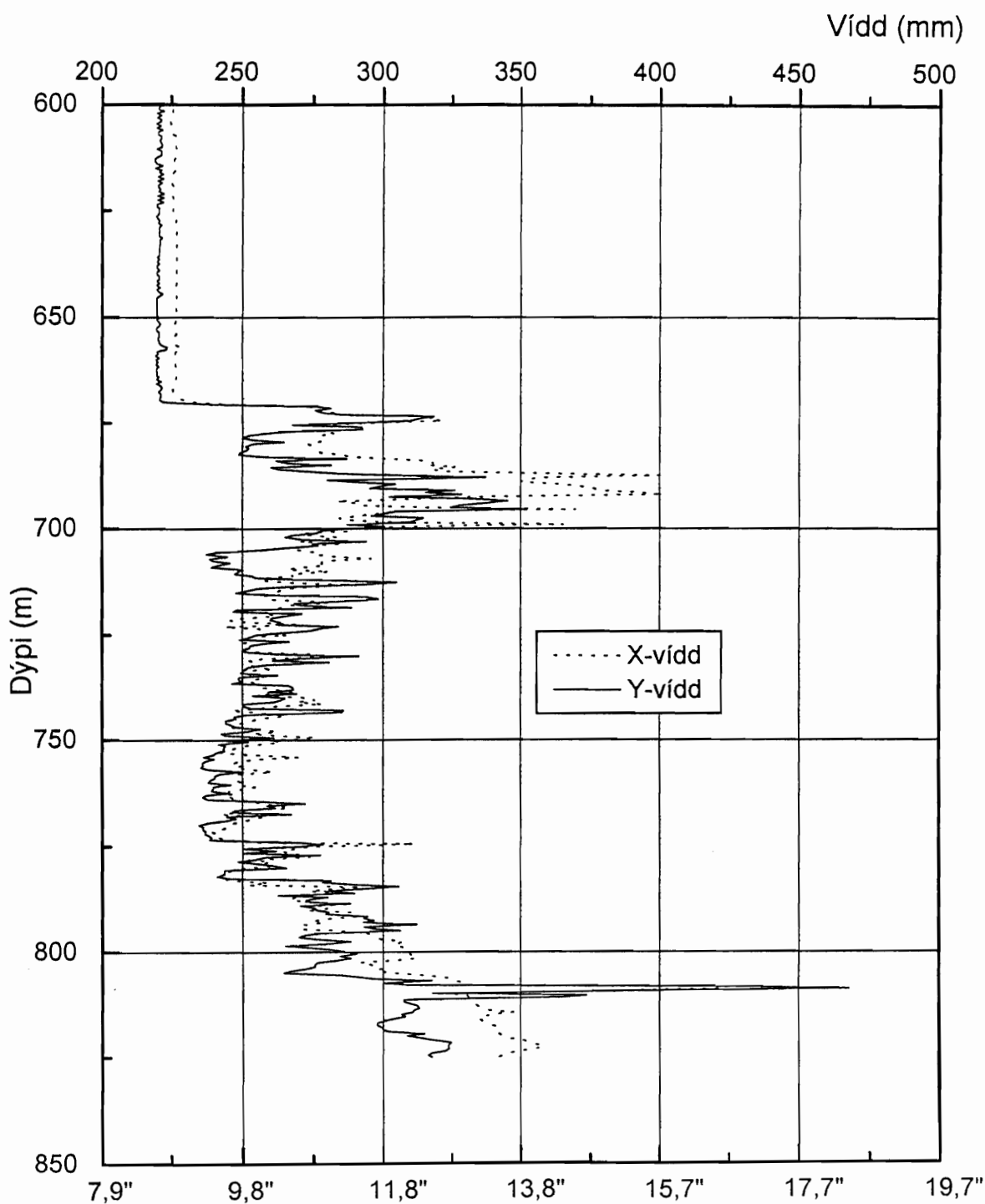
Mynd 4. Hitamæling eftir fyrstu kælingu.

KRAFLA HOLA KJ-16
Viddarmæling 2. ágúst 1997



Mynd 5. Viddarmæling – fundið hengistykki.

KRAFLA HOLA KJ-16
Viddarmæling 4. ágúst 1997

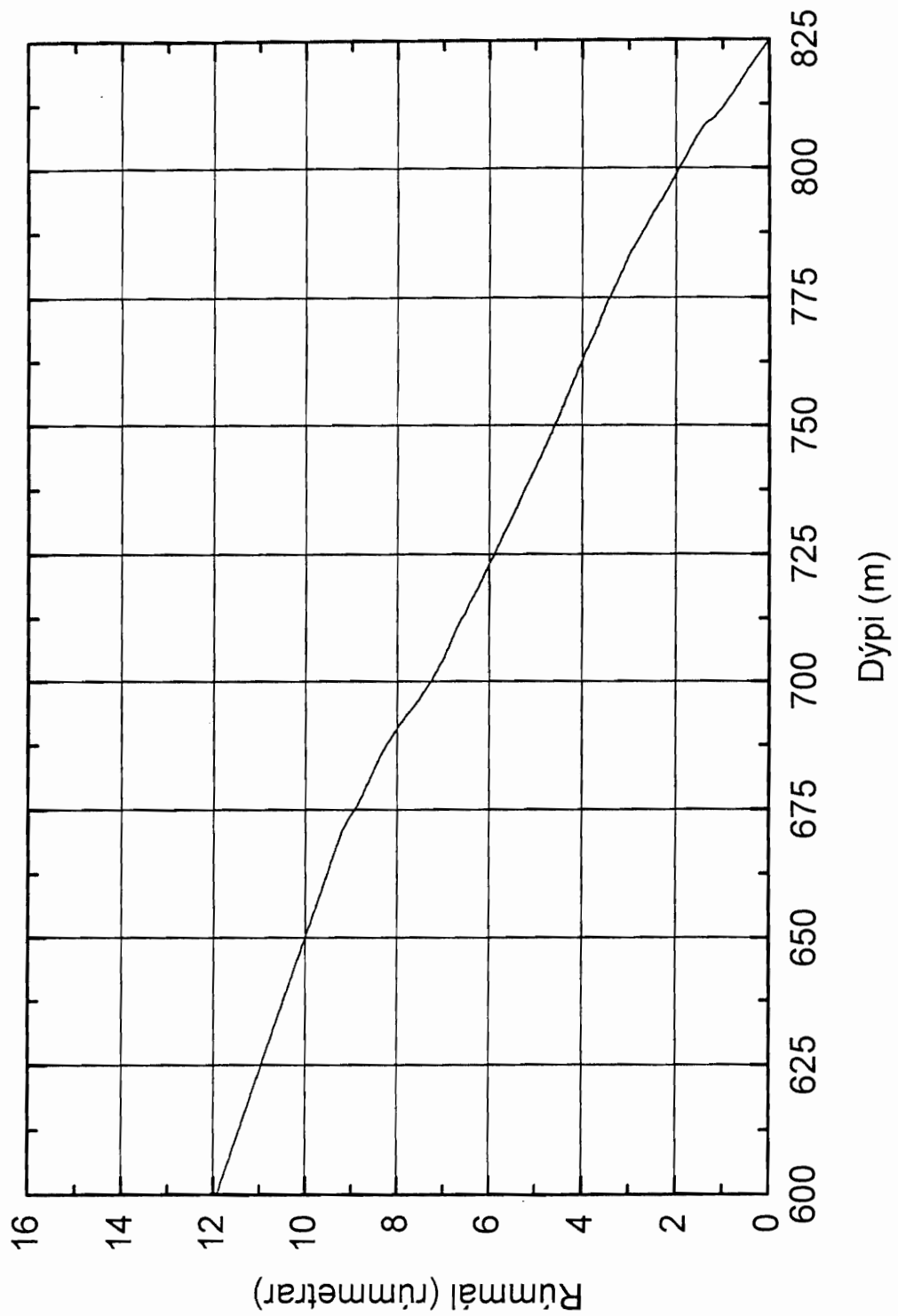


Mynd 6. Viddarmæling eftir upptekt hengistykis.

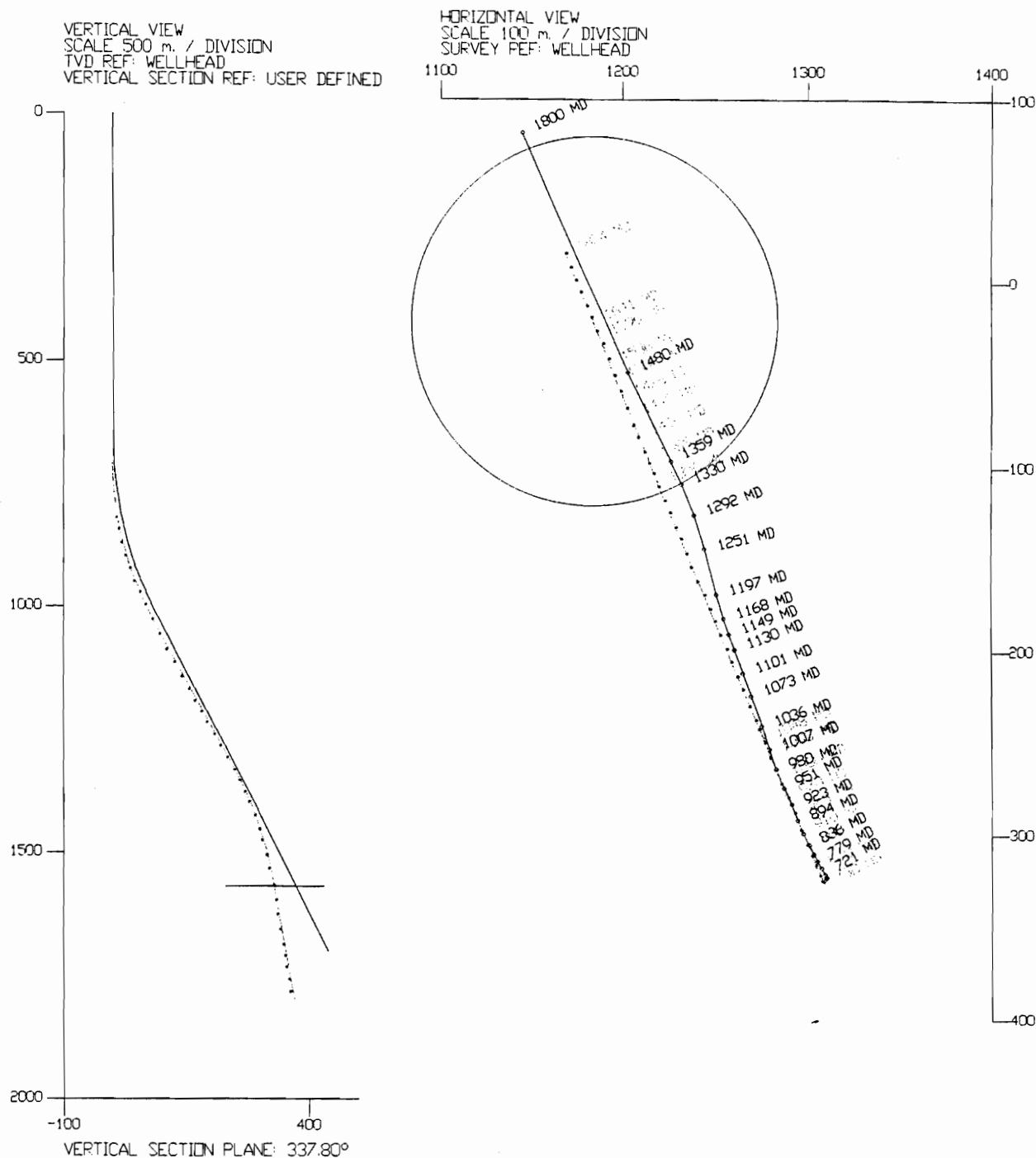
ORKUSTOFNUN
Borholumælingar

KRAFLA HOLA KJ-16

Reiknað rúmmál holu ofan 825 m
skv. Y-víddarmælingu 4. ágúst



Mynd 7. Reiknað rúmmál steypu í tappa.



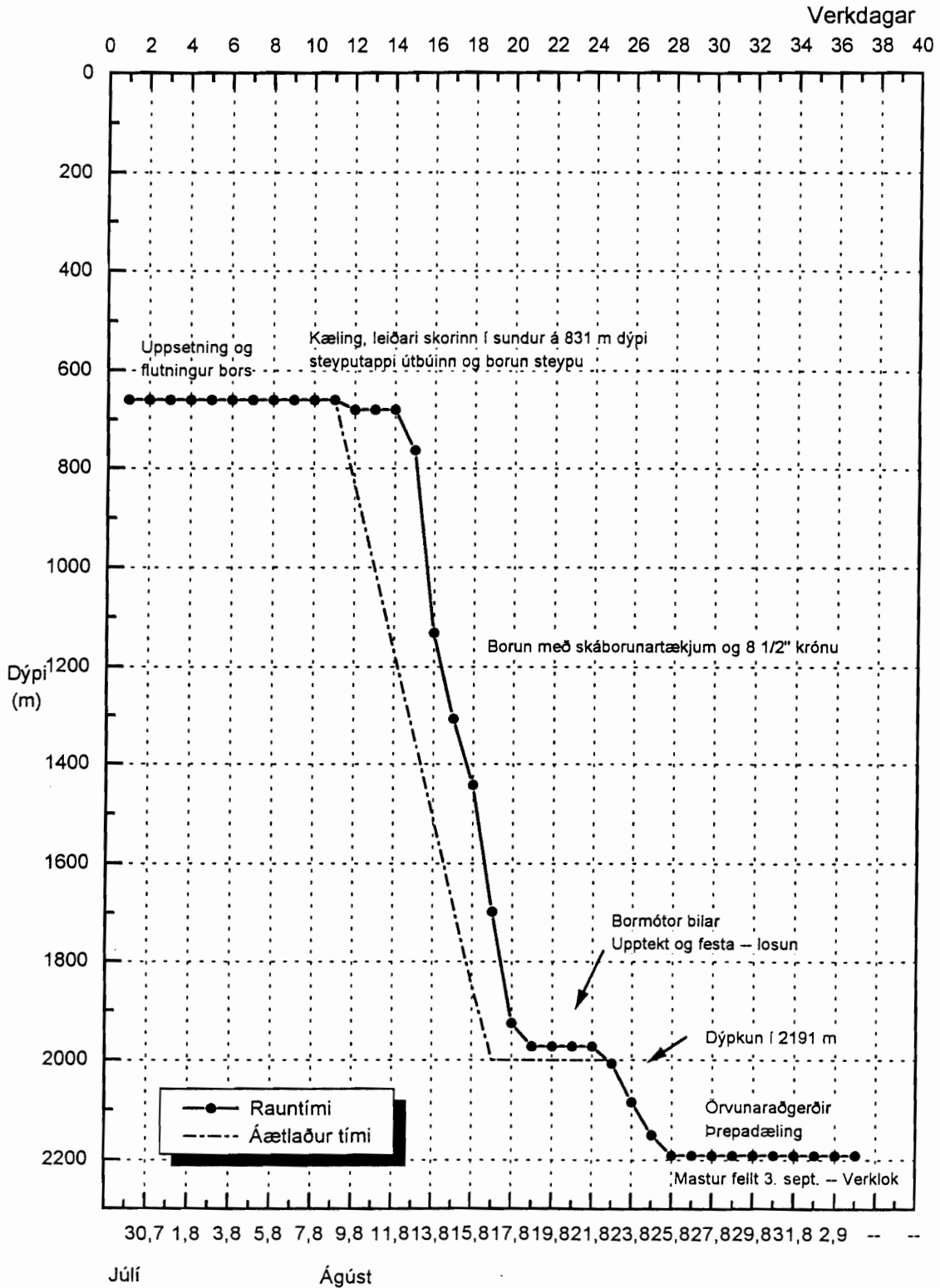
Mynd 8. Lega holu KJ-16A samkvæmt mælingum Halliburton í borun.



ORKUSTOFNUN
ROS

KRAFLA HOLA KJ-16A

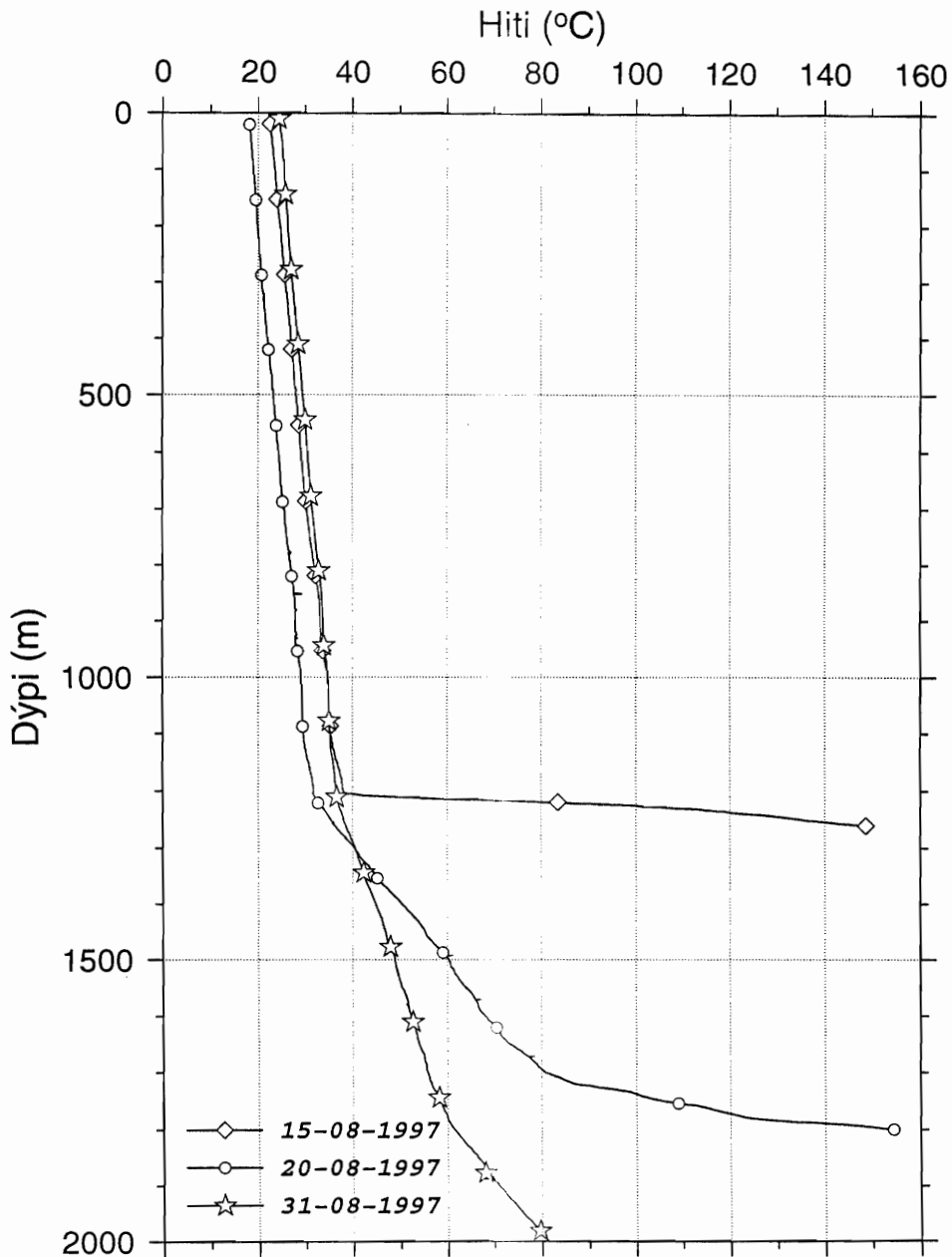
Gangur endurvinnslu



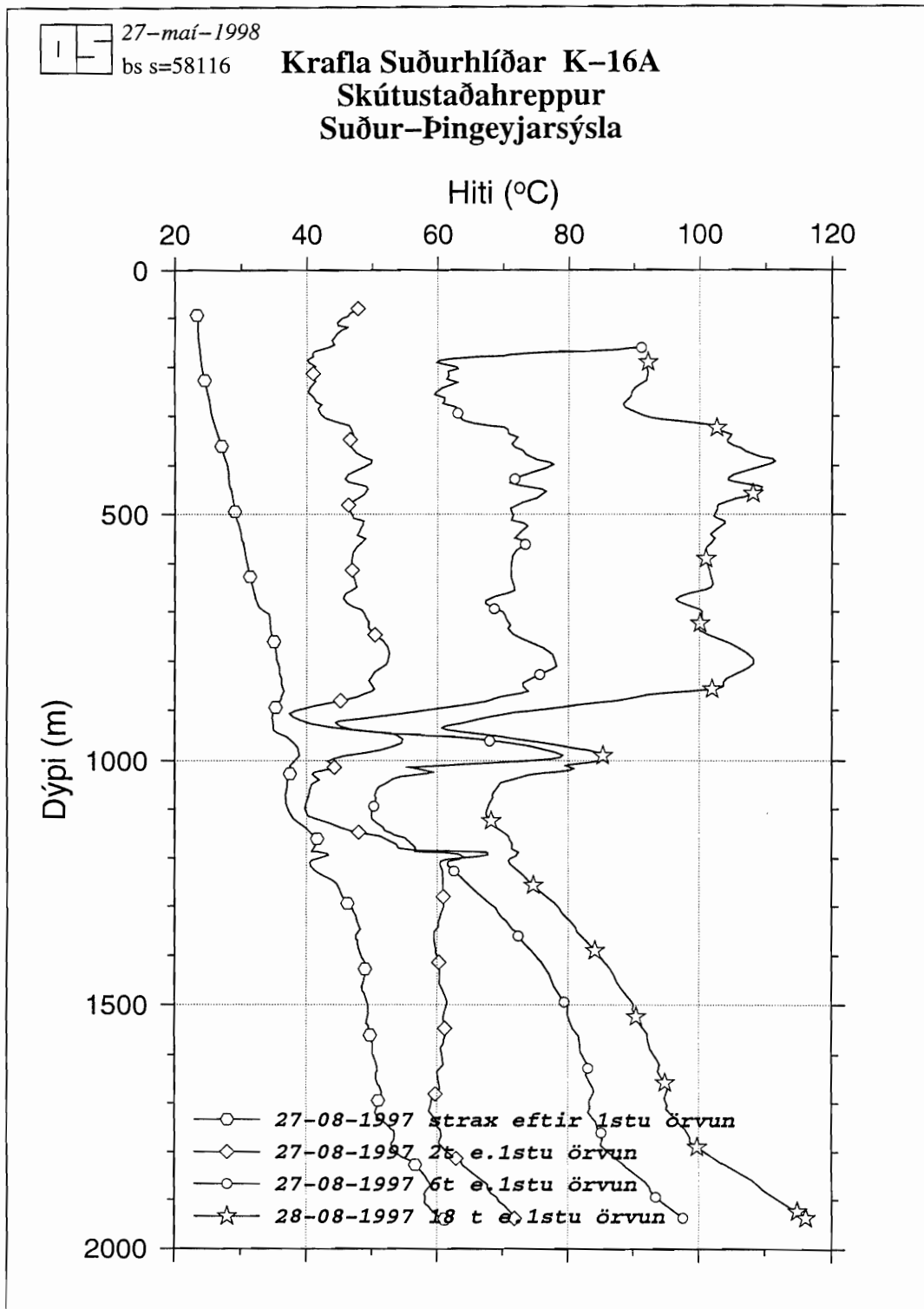
Mynd 9. Framvinda borverksins.

26-maí-1998
bs s=58116

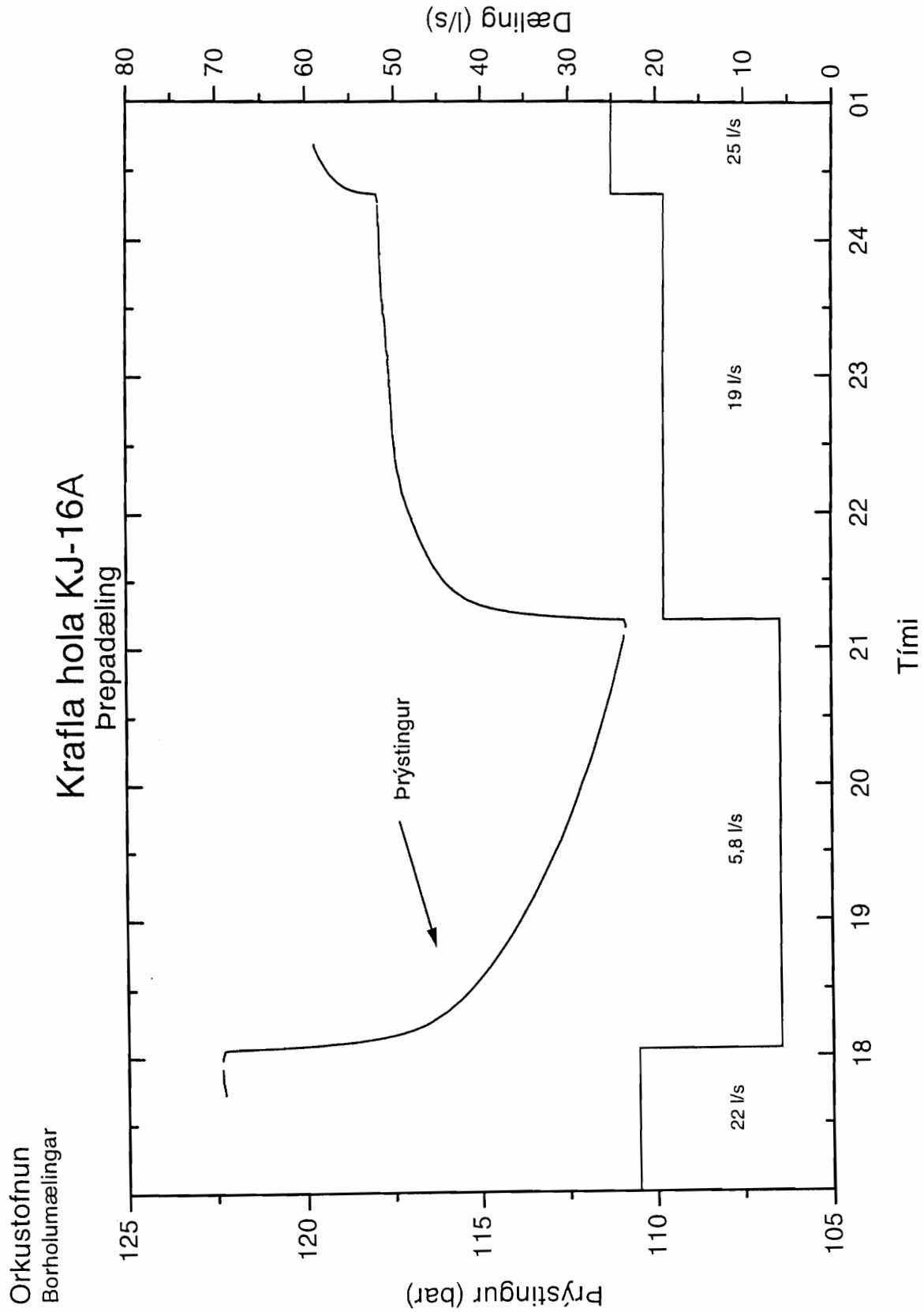
KRAFLA HOLA KJ-16A Hitamælingar í 25 l/s ádælingu



Mynd 10. Hitamælingar í 25 l/s ádælingu.



Mynd 11. Hitamælingar í örvunaraðgerðum.

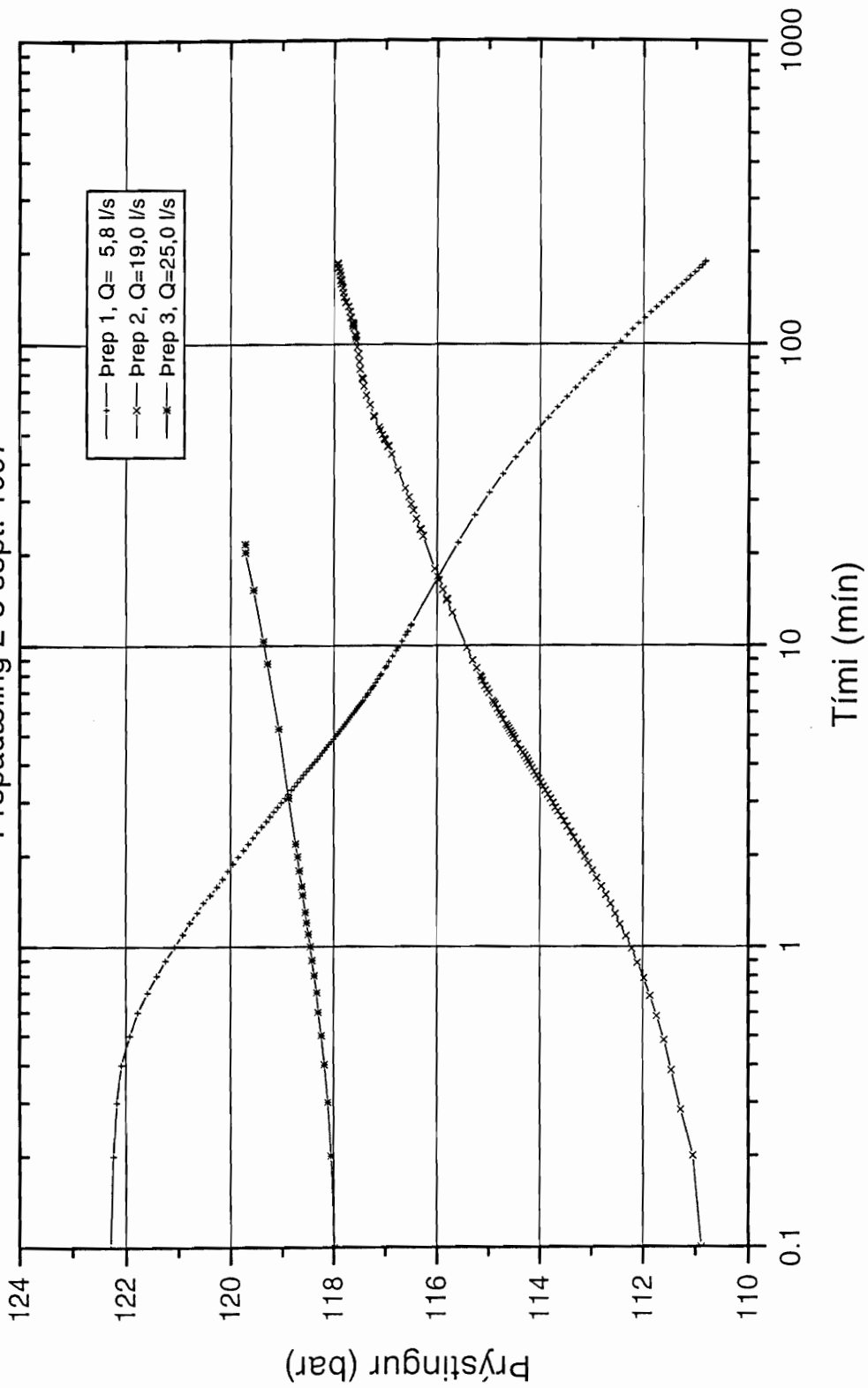


Mynd 12. Gangur þrepadælingar.

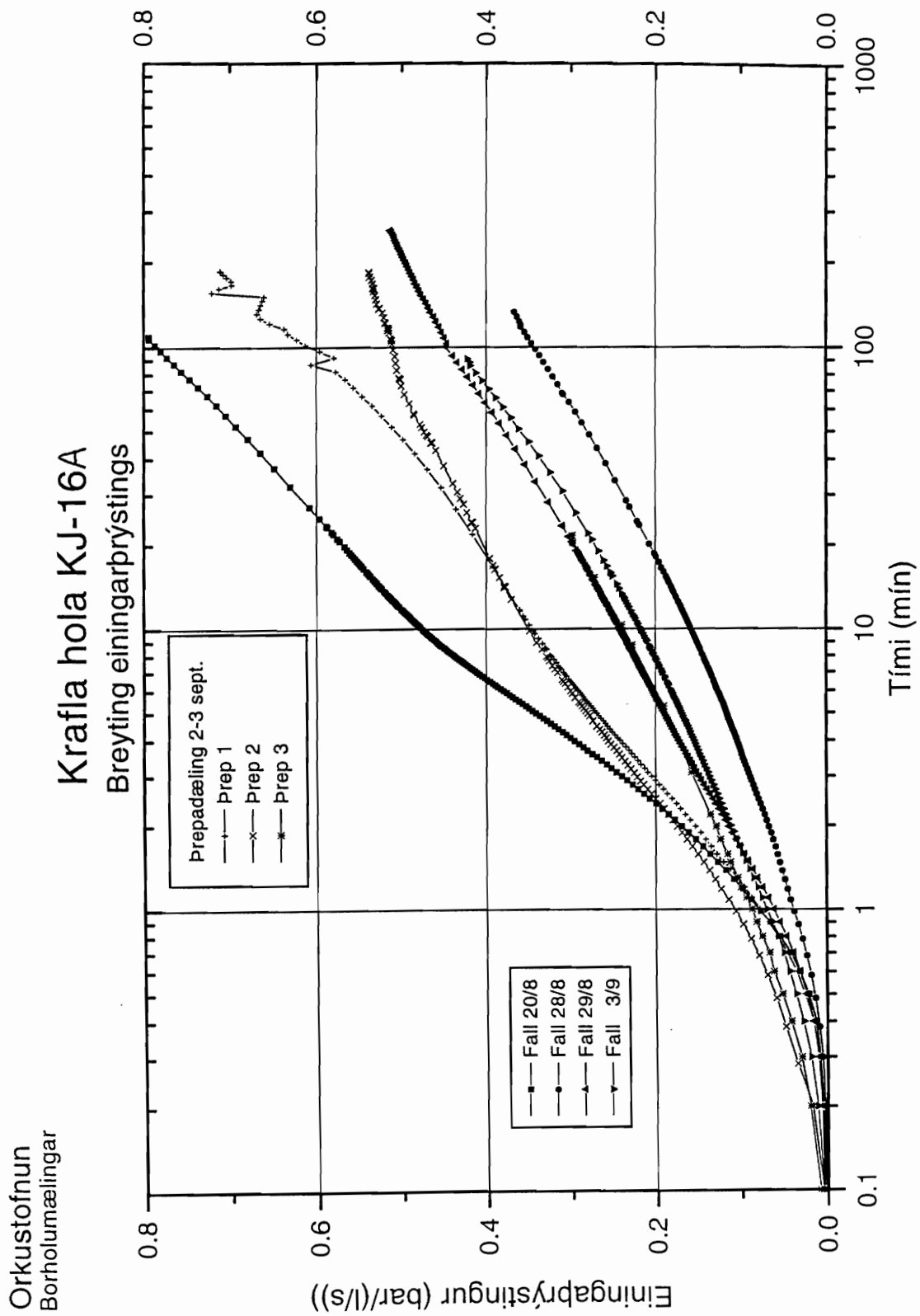
Orkustofnun
Borholumælingar

Krafla hola KJ-16A

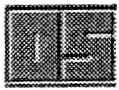
Prepadæling 2-3 sept. 1997



Mynd 13. Prepadæling – einstök þrep.



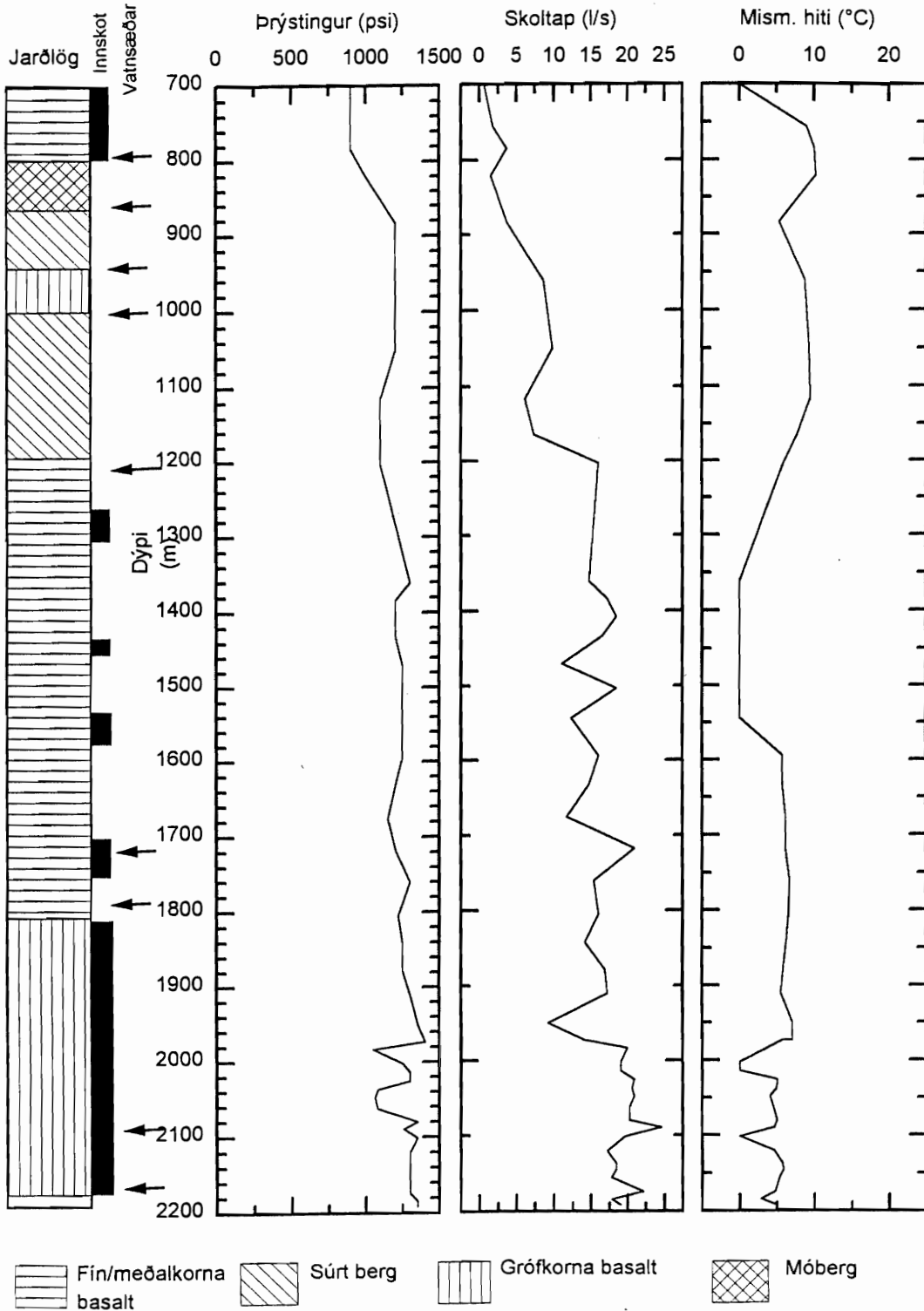
Mynd 14. Prepaðaling – breyting einingarþrýstings.



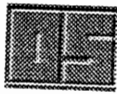
ORKUSTOFNUN
ROS

Krafla hola KJ-16-A

Einfaldað jarðlagasnið, þrýstingur, skoltap og mismunahiti



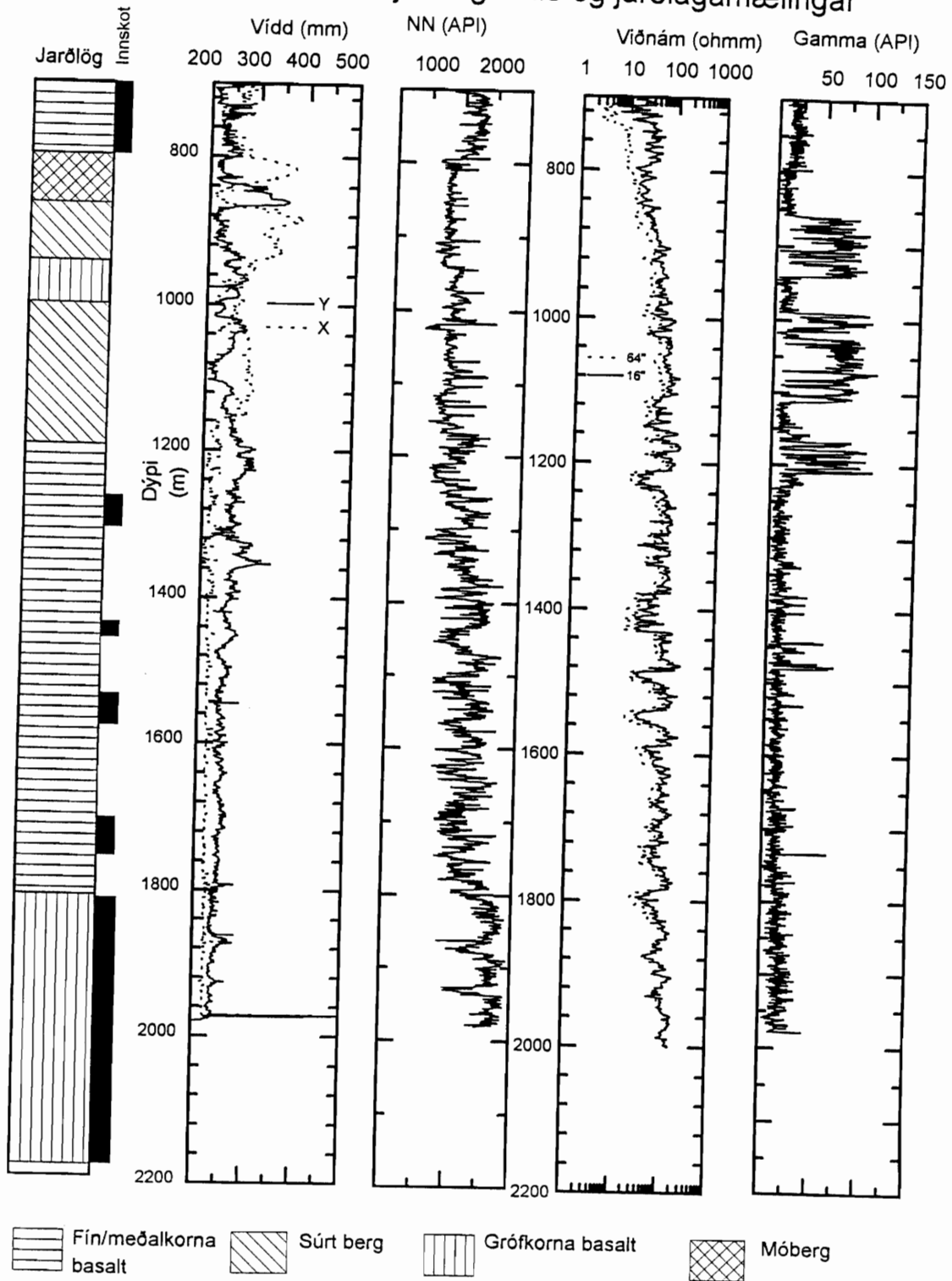
Mynd 15. Einfaldað jarðlagasnið og mælingar á skoli.



ORKUSTOFNUN
ROS

Krafla hola KJ-16A

Einfaldað jarðlagasnið og jarðlagamælingar



Mynd 16. Einfaldað jarðlagasnið og jarðlagamælingar.