

## Krafla borun holu KG-25. 1. áfangi

---

**Ásgrímur Guðmundsson  
Jósef Hólmjárn  
Sigurður Benediktsson  
Dagbjartur Sigursteinsson**

**Greinargerð ÁsG-JH-SBen-DS-90/05**

**KRAFLA**  
**BORUN HOLU KG-25**  
**1. ÁFANGI**

### 1. Inngangur

Undanfarin ár hefur legið fyrir tillaga frá Orkustofnun um borun holu í þann hluta Leirbotnasvæðisins sem heitir Vítismóar og fá úr því skorið hvort jarðhitavökvinn sé orðinn vinnsluhæfur. Þá var gert ráð fyrir viðgerð á holu KG-10 eða borun nýrrar holu á sama borplani. Athuganir á halla holu KG-10 sýndu að botn holunnar var norðan holu KG-4. Því var ákveðið að bora holu KG-25 skammt norðan við Sjálfskaparvíti (KG-4).

Orkustofnun sá um undirbúning borunar og gerði þar um verklýsingum. Boruninni er skipt niður í þrjá áfanga. Verkluti höggborsins er þar ekki meðtalinn, en það verkefni var unnið samkvæmt sérstakri verklýsingum. Holan var höggboruð niður á rúmlega 82 m dýpi og fóðringu síðan slakað niður í hana með krana, en Gufubor steyppti höggborsfóðringuna.

EKKI ER ÁSTÆÐA TIL AÐ FAR A MJÖG ÍTARLEGA HÉR ÚT Í VERKLÝSINGUM, EN HÉR Á EFTIR ER FARIÐ YFIR HELSTU ATRIÐI VARÐANDI BORUN FYRSTA ÁFANGA.

Verk Gufubors hefst með því að ganga frá höggborsfóðringunni og síðan verður borað fyrir öryggisfóðringunni.

- a. Yfirborsfóðring verður steyppt samkvæmt verklýsingum um höggborsholu.
- b. Holuflans verður soðinn á yfirborðsfóðringuna 0.3 m ofan við kjallarabrun og kæfingarstútur soðinn á fóðringuna. Hydrill gosvari verður síðan settur á holuna.
- c. Öryggisloki verður reyndur með því að loka að stöngum og holan þrýstiprófuð áður en steypan verður boruð út. Holan verður fyllt af vatni og 10 bar þrýstingur láttinn standa á henni í 15 mínútur. Lokunartími öryggislokans verður skráður og þrýstingur á holunni í upphafi og í lok þrýstiprófunar.
- d. Borað verður með 444 mm (17 1/2") krónu niður á u.p.b. 400 m dýpi. Í borstreng skal hafa krónurýmara og eina stýringu milli annars og þriðja kolla. Einstefnuloki skal hafður við krónuna.
- e. Borleðja verður notuð við borun þessa áfanga. Er það einkum til að tryggja góða skolun úr holunni og til að þéttu minniháttar leka.
- f. Ákvörðun um lokadýpi fóðringar verður tekin af jarðfræðingi Orkustofnunar, þegar holan hefur náð 400 m dýpi. Holan verður hita- og víddarmæld áður en fóðringin er sett niður.
- g. Fóðrað verður með 340 mm (13 3/8") fóðurrörum og verður botnskór með einstefnuloka hafður neðst, síðan tvö heil fóðurrör og þá settur svonefndur flotkoll. Efsta fóðurrörið verður efnismeira og skal því slakað niður í holuna með ásoðnu (eða skrúfuðu) fóðurröri þannig að efri brún þess nái um 1 metir upp fyrir kjallarabotn.

Á fóðringuna verða settir miðjustillar, tveir á neðsta rör og síðan einn á þriðja hvert rör að efsta röri en þar verða þeir tveir. Endanlegt staðsetningarával miðjustilla tekur mið af niðurstöðum víddarmælingar, þannig að þeir lendi ekki á móts við útvíkkanir í holunni. Því næst verða borstengurnar tengdar flotkollanum og vatni dælt til að kæla og hreinsa holuna fyrir steypingu. Ef skoltap verður meira en 5-10 l/s þá verður reynt að stífla það með því að skola sandi niður milli fóðringar og holuveggs.

h. Steypt verður í holuna með tækjum borsins. Ef steypan kemur ekki upp að utanverðu verða gæði steypunnar mæld og þá tekin ákvörðun um frekari aðgerðir. Þeim verður ekki lýst frekar í verklýsingunni, enda þarf að taka ákvörðun þar um á staðnum. Mælingamenn Orkustofnunar skulu hafa sprengikúlur til staðar og borverktakinn pakkara eða lok á holuna, þannig að unnt verði að skjóta göt á fóðringuna og þrýsta steypunni út ef þess gerist þörf. Biðtími fyrir hörðnun steypu verður um 8 klst.

Með því lýkur fyrsta áfanga.

Áætlun borverksins borin saman við raunverulegan verktíma er sýnd á mynd 1.

## 2. Staðsetning holu KG-25

Hola KG-25 er um 140 m norður af Sjálfsskaparvítí og hefur hnitin

x =

y =

z = 549.9 m (miðað við kjallarabrun).

## 3. Borsaga

Mánudaginn 25. júní 1990 komu bormenn Jarðboranna h.f. til vinnu við holu KG-25. Gufuborinn var notaður til verksins og hófst það með flutningi borsins af holu KJ-9 yfir á holu KG-25. Miðvikudaginn 27. júní var mastríð reist. Daginn eftir var lokið við uppsetningu borsins og vatnið tengt. Þá um kvöldið var höggborsfóðringin steypt á tímabilinu frá kl. 19:55 til kl. 20:27. Um 20 tonn af portlandsementi voru notuð og var steypunni dælt niður í fóðringuna og henni þrýst upp milli fóðringar og holuveggjar. Ekkert kom upp og varla við því að búast þar sem mikill leki hafði komið fram í höggborun á um 33 m dýpi. Daginn eftir var lóðað niður á steypuborð á 26.4 m dýpi. Eftir að öryggisloka hafði verið komið fyrir var lokið við að steypa höggborfóðringuna. Notaðir voru tæpir 6 rúmmetrar af sandsteypu úr tveimur steypubílum. Á mynd 2 er sýnd afstaða höggborsfóðringar til hjálparfóðringa og borkjallara ásamt ítarlegri skýringum. Athuga ber, að dýptartölur eru þarna miðaðar við kjallarabrun, en hér á eftir verður miðað við drifborð Gufufbors, sem er þrem metrum hærra.

Að kvöldi föstudagsins 29. júní á 5. verkdegi var byrjað að setja niður 444 mm krónu af gerðinni S-53 til borunar. Á eftir fylgdu tengistykki (1), krónurýmari (2), tengistykki (3), álgsstöng (4), tvö tengistykki (5-6), stýring (7), tengistykki (8), 9 álagstengur (9-17), tengistykki (18) og borstengur.

Komið var niður á steypu á 70 m dýpi aðfaranótt laugardagsins 30. júní og í berg milli kl. 9 og 10 þá um morguninn. Vatn var notað til skolunar til að byrja með eða þar til komið var niður á 172 m dýpi.

Á hádegi sunnudagsins 1. júlí, þegar dýpið var um 162 m, þá var botnfall um 6 m er bæta átti í borstöng. Svipaða sögu var að segja þegar komið var að næstu stangaríbætingu á 172 m dýpi. Því var brugðið á það ráð, að blanda gelíð holuna til að auðvelda skolun úr henni. Í töflu 1 er sýnd notkun bentoníts meðan á borun stóð og við niðursetningu á fóðringu.

Tafla 1. Notkun bentoníts við borun 1. áfanga holu KG-25.

Dags.	bentonít (pokar)	athugasemd
1. júlí	80	
2. -"	13	
3. -"-	-	Öll leðja tapast
6. -"-	184	Eftir þétttingartilr.
7. -"-	63	
8. -"-	126	
9. -"-	46	
10. -"-	45	Til að hindra botnfall
Samtals:		557 pokar af bentoníti

Snúningur á borkrónu var 50 - 60 sn/mín í vatnsboruninni, en eftir að gelid kom í holuna var aðeins dregið úr honum eða í 45 - 55 sn/mín. Álag fór nokkuð eftir hörkubergsins. Í efri hluta holunnar, þar sem jarðlög voru tiltölulega mjúk undir tönn var álag á bilinu 2.5 - 5 tonn. Aftur á móti var það aukið í hörðu bergi og var þar á bilinu 5 - 9 tonn.

Borun gekk hægt en örugglega þar til 244 m dýpi var náð, en þá tapaðist allur skolvökvinn. Borað var áfram niður í 257 m dýpi án þess að nokkuð kæmi upp. Borun niður fyrir lekastaðinn miðaðist að því að tína inn í holuna nærliggjandi leka ef þeir væru einhverjur. Þá var strengurinn tekinn upp og steyping í lekastaðinn undirbúin. mynd 3 sýnir framkvæmdir við þétttingartilraunir ásamt skýringum. Stengur voru settar niður á 246 m dýpi og vatnsborð mælt, sem reyndist vera á 128 m dýpi. Til að átta sig á lekasvæðinu var holan hitamæld áður en steyping fór fram. Mælt var í gegnum stengur og runnu tærir 20 l/s á holuna á meðana og var vatnsborðið við þá dælingu á 115 m dýpi. Mælirinn komst ekki niður úr stöngunum, en á mynd 4 er hitamælingin sýnd ásamt fleiri hitamælingum sem tengdust lekasteypingunum. Fyrsta hitamælingin sýnir öra upphitun neðan við lekastaðinn í 244 m dýpi og var út frá því dregin sú ályktun að enginn leki væri þar neðan við.

Steypt var úr 6 tonnum af portlandsementi skömmu fyrir miðnætti þriðjudagsins 3. júlí. Eftir steypingu var vatnsborð á 111 m dýpi, skömmu síðar var dælt á holuna í stutta stund og hækkaði vatnsborðið við það og hélst stöðugt. Milli kl. 4 og 5 var dælt til að fylla holuna og fylgst með vatnsborðshaekkununni um leið. Þegar það var komið í 60 m þá byrjaði það að síga sem nam hraðanum 10 m /mín. Þá var ljóst að ekki tókst að þéttu lekann og vart varð við megnan gasþef um nóttina úr holunni og hefur gasið vafalaust þrengt sér upp gegnum steypuna og myndað rásir í hana. Undirbúin var önnur þétttingarsteyping að morgni miðvikudagsins 4. júlí. Stengur komu niður á fyrirstöðu á 218 m dýpi, sem var efraborð fyrstu steypingar. Á tímabilinu 7:19 til 7:25 var steypit úr þremur tonnum af portlandssementi. Stengur voru síðan teknar upp á 160 m dýpi og mældist vatnsborð á 112 metra dýpi.

Klukkan 9 var dælt niður rúmlega 2 tonnum af vatni og hækkaði vatnsborð við það upp í 103 m og hélst stöðugt. Þetta var síðan endurtekið tvírar sinnar með hálftíma millibili. Vatnsborð hækkaði í 95 metra og síðan í 83 metra og hélst stöðugt í bæði skiptin. Skömmu eftri síðustu dælingu var ákveðið að fylla holuna og á sama tíma var farið að undirbúa niðursetningu á nýrri krónu fyrir borun, þar sem gamla krónan var farin að láta verulega á sjá.

Þegar holan var orðin full, tók vatnið að síga og var það komið á 74 m dýpi eftir u.þ.b. 20 mínútur, en það samsvaraði um 10 l/s leka í holunni. Ákveðið var að bora út steypuna í holunni áður en frekari þéttartilraunum væri haldið áfram, þar sem ekki þótti ráðlegt að láta steypuna fullharðna í holunni. Komið var niður á steypu í 213 m dýpi og var hún boruð fram eftir nóttru fimmtudagsins 5. júlí, sem jafnframt var 11. verkdagur. Borað var niður á 247 m dýpi og gekk erfiðlega að skola upp úr holunni. Ýmisst töpuðust allt að 50 l/s eða aðeins 5-10 l/s. Tapið var mest á móts við lekastaðinn í 244 m dýpi.

Sýnt var að þéttartilraunir höfðu ekki heppnast sem skildi og komu þá jafnframt efasemdir um að lekinn hafi eingöngu verið á 244 m dýpi. Því var gripið til þess ráðs að hita- og víddarmæla holuna. Hitamælingin (mynd 4) var ekki nægilega sannfærandi um einn botnleka. Víddarmælingin (mynd 5) sýndi aftur á móti svo ekki fór á milli mála hvers vegna erfiðlega gekk að skola svarfinu upp. Miklar útvíkkanir voru niður á 172 m dýpi eða niður að þeim stað, þar sem byrjað var að bora með geli. Jarðlög á þessum kafla eru mjög lin og vaskast auðveldlega út, en harðari og stöndugri þar fyrir neðan. Meðan á mælingum stóð töpuðust 5-10 l/s, en eftir víddarmælinguna var lekinn kominn í um 17 sekúndulítra. Hitamæli var rennt niður til að skoða holuna nánar (mynd 4). Greinilegur rennslisferill kom fram í mælingunni alveg niður á botnfallið, sem var á 236 m dýpi. Eftir þessar athuganir var þriðja þéttarsteypan ákveðin. Settar voru niður stangir á 243.5 m dýpi eða eins djúpt og hægt var að koma þeim. Neðsta stöngin var með afskorin tengi (tool joint) að neðan til að auðvelda upptekt úr botnfallinu að steypingu lokinni. Steypt var úr u.þ.b. 7 tonnum af portlandssementi (mynd 3). Að steypingu lokinni var stangarlengjan föst niðri um stundarsakir. Hún var losuð með mikilli dælingu og yfir 100 þúsund pundu togi. Lekinn virtist hafa þéttst að mestu, þar sem vatnsborðslækkun jafngilti leka innan við 1 l/s. Meðan að steypan harðnaði var hitamæli rennt niður til að sjá hitabreytingar (mynd 4) og til að lóða niður á steypu.

Um kvöldið var steypan boruð niður á 228 m dýpi en beðið síðan í nokkra tíma meðan hún harðnaði betur. Á miðnætti var borun haldið áfram niður á 247 m dýpi, en ekki hafði lekinn þéttst og var hann á bilinu 10-40 l/s. Mikið botnfall var í holunni og mældist dýpið niður á það 236 m. Við dælingu ofan við botnfallið reyndist holan nánast þétt.

Þá var tekin sú ákvörðun að reyna borun með geli, þar sem í væri blandað þéttiefnum s.s. sagi, glimmer, hnetum o.fl. Vart var við steypu niður eftir öllu botnfallinu niður á 257 m dýpi. Borun hélst síðan stöðugt áfram að undanskildu smá töfum þegar blanda þurfti viðbótar geli. Um tíma tapaðist allt skol í 301 m dýpi en eftir 30 mínútur hafði lekinn þéttst mikið til aftur. Á 17. verkdegi, þriðjudaginn 10. júlí kl. 8:30 var komið niður í fóðringardýpi í tæpum 400 metrum. Holan var því næst skoluð. Gelið sem var orðið mjög leirkennt var skolað burt. Botnfall var mælt og reyndist vera 6 m eftir eina klukkustund. Ráðlegt þótti að blanda geli í neðstu 100-200 metra holunnar áður en fóðringin væri sett niður til að koma í veg fyrir enn frekara botnfall.

Borunin gekk frekar rólega eins og fram kemur í töflu 2.

Tafla 2. Gangur borunar

Dagur	Borun (m)	Bortími (klst.)	Borhraði (m/klst.)	Tími á krónu (klst.)	Dýpi (m)
30. júní	37	13	2.8	13.0	122
1. júlí	53	17.5	3.0	30.5	175
2. -"	45.5	22.5	2.0	53.0	220.5
3. -"	26.5	15.5	1.7	68.5	257
4. -"	-	-	-	-	257
5. -"	-	-	-	-	257
6. -"	10	5	2.0	5.0	267
7. -"	39.5	20	2.0	25.0	306.5
8. -"	36.5	20	1.8	45.0	343
9. -"	42.5	21.5	2.0	66.5	385.5
10. -"	14	8.5	1.6	75.0	399.5

Hitamælt var innan í stöngum (mynd 6) meðan að gelid var blandað. Stoppað var í eina klukkustund niðri á 380 m dýpi með mælinn og upphitun mæld. Holunni var haldið fullri á meðan með ofan á dælingu, sem var innan við 5 l/s. Upphitunin var aðeins um 9 °C og því engin ásæða til að hafa áhyggjur af örri hitnun meðan á mælingum og fóðrun holunnar stæði. Gelinu var síðan dælt niður og stangarlengjan tekin upp. Því næst var holan hitamæld (mynd 6) og í beinu framhaldi víddarmæld. Víddarmælingin er sýnd á mynd 7. Holan stóð nokkurn veginn krónumál neðan 172 m dýpis, en á skilum gelsins og vatnsins á um 268 m dýpi virtist vera þrenging. Mælinum var rennt tvívar sinnum til viðbótar niður í þann kafla og eru niðurstöður sýndar á mynd 8. Það var túlkað á þá leið, að einhvers konar gelköggull hefur fallið ofar úr holunni og sest til í yfirborði gelsins. Mælirinn hefur síðan þrengt sér þar niður og losað að eins um. Í seinni tveimur mælingunum hefur losnað meira um um köggulinn og hluti af honum tekið að síga niður í holuna, þannig að ekki má líta á þetta sem þrengingu í holunni eins og síðar kom í ljós. Víddarmælingin var einnig notuð til að reikna út rúmmál fóðringarsteypu og eru niðurstöður þar að lútandi sýndar á mynd 9. Magn steypu er sýnt frá botni upp til topps samanlagt (kúmulatift).

Byrjað var að koma fóðringu niður aðfaranótt miðvikudagsins 11. júlí og var hún komin niður á 392 m dýpi (miðað við snúningsborð) um kl. 16 þann sama dag. Búið var að tengja stengur við stungustykkið, sem er milli annars og þriðja fóðurrörs að neðan talið, klukkan 20. Skolun og kæling holunnar hófst kl. 20:20 og stóð yfir fram undir morgun daginn eftir. Til að byrja með kom upp gelvellingurinn, þykkur og fullur af svarfi og þéttiefnum. Á miðnætti var byrjað að bæta út í skolvatnið efnum sem brjóta niður leir í geli og auðvelda þannig hreinsun holunnar. Um var að ræða efni eins og FCL og D-30.

Að morgni 18. verkdags, þann 12. júlí kl. 9:06 var byrjað að steypa fóðringuna. Framkvæmdin gekk hnökralaust fyrir sig. Sementsblandan sem niður fór hafði eðlisþyngdina 1.64 g/cm³ að meðaltali og hélst nokkuð jöfn meðan á steypingu stóð. Steypan kom upp og var eðlisþyngd hennar um 1.67 g/cm³, sem verður að teljast mjög gott. Steypingu og eftirdælingu lauk kl. 10:25. Þá voru stangarlengjan skrúfuð laus úr stungustykkinu og tekin upp. Steypan seig síðan niður og var steptyr ofan á milli kl. 14 og 15 sama dag. Hnausþykk steypa úr sementsblöndunni fór niður og var áætlað að hún hafi náð niður á 71 m dýpi. Í aðalsteypinguna fóru um 59.8 tonn af sementsblöndu og til við bóta í ofan á steypu um 5 tonn. Allar nánari upplýsingar um fóðringu og steypingu hennar eru í fóðrunarskýrslu í töflu 3 og á mynd 10.

Dofra \_\_\_\_\_

VERK NR.	HOLA NR.	BORSTAÐUR	VERKKAUPI
660-790	Kg-25	Krafla	Landsvirkjun
VÍÐD HOLU	DÝPT HOLU	FÓÐRING NR.	FÓÐRUN FRAMKV. DAGS.
17 $\frac{1}{2}$ "	399,0	1	1990.07.11.- 20.
			1989.07.20. Dagbj. Sig.

FJARLÆGD KJALLARABRÚN—KRAGI				3,10 m
FÓÐRING	PVERM. UTAN 13 3/8"	INNAN	317,9 mm	
	GERÐ	PÝNGD	61 lbs/ft	
	TENGI Skrúfuð Buttress			
	NOTAÐ 385,18 m	FRÁ KRAGA	386,34 m	
	KRAGI(FLANGS) 10" X1500 psi.			
	SKÓR Float Shoe & Float Collar			
	MÍÐJUST. 13 stk.	STEYPUT.	13 stk.	
STEYPING	SEMENT G blanda	59,800	kg	
	SEMENT		kg	
	ÍBL.EFNI Perlusteinn Bentonite Kísilsallkj			
	ÍBL.EFNI tafefní vatnsíheldniefni		kg	
	TAFAEFNI kg	EÐLISP. STEYPU	1,62	
	STEYPUTÆKI Jet mixari			
	STEYPINGARTÍMI	69	mín	
	EFTIRDÆLING. MAGN 3525	I TÍMI	7 mín	
	STEYPA KOM UPP	X JÁ	NEI	
	DÝPI Á STEYPU UTAN RÖRA	67	m	
FRÁGANGUR	STEYPT UTAN MED EFTIR	4	h	
	SEMENTG bl 5000 kg	ÍBL.EFNI	kg	
	SKORID OFAN AF EFTIR	7,5	h	
	STEYPA BORUD EFTIR	197,0	h	
	DÝPI Á STEYPU Í RÖRI	385	m	
	VERKTÍMI RÖR STEYPA TOPPUR TAFIR ALLS			
	h 15,0 2,0 13,5 frí 6½d. 92,0			
	ATH. Efsta rörið er mjög bikkt.			
	Steyping tókst mjög vel og góð steypa kom upp			
	hún seig niður í 67 m og var steypt í það bil			
	utanmeð án þess að göt væru skotin á fóðringu.			
	Ath. 3 Höggborsfóðringar voru komnar í holuna			
	áður. Frá Kjallaragólf. 4,30 m. 31,65m.82,05m.			

RÖRATALNING		
LENGD	NR <sup>1)</sup>	ALLS m
4,54	1	4,54
11,64	2 X	16,18
12,07	3 X	28,25
12,04	4	40,29
12,22	5 X	52,51
11,70	6	64,21
12,23	7	76,44
12,20	8 X	88,64
11,42	9	100,06
11,01	10	111,07
12,15	11 X	123,22
11,64	12	134,86
12,19	13	147,05
12,37	14 X	159,42
12,24	15	171,66
11,99	16	183,65
11,35	17 X	195,00
11,76	18	206,76
11,64	19	218,40
11,57	20 X	229,97
12,78	21	242,75
12,24	22	254,99
12,56	23 X	267,55
12,10	24	279,65



# ORKUSTOFNUN JARÐBORANIR RÍKISINS

## FÓÐRUN·AR SKÝRSLA (frh.)

Dofra

VERK NR.	HOLA NR.	BORSTADUR	FÓÐRING NR.	BL.S.
660-790	KG-25	Krafla	1	2

Efir steypuaðgerðir undirbjuggu bormenn frí fram að næsta áfanga. Um kvöldið þann 12. júlí, þegar búið var að skera ofan af holunni og fjarlægja gosvarann, þá var holun hita og CBL-mæld. Stóðu þær mælingar yfir í u.p.b. tvær stundir. Niðurstöður þeirra eru sýndar á mynd 11. Í efstu 50 metrunum virðist steypan ekki hafa harðnað nægjanlega og á tveimur stöðum, við lekastaðinn í 244 m og líklega við annan lekastað í 300 m, virðist vera léleg steypa. Hitamæling sýnir holuna kaldari á báðum þessum stöðum og er líklega um að ræða jafngóða steypu og annars staðar í holunni.

Meðan á borun stóð var fylgst reglulega með dælingu skolvökvans. Skráð var á fjögurra tíma fresti; magn skolvökva er dælt var niður og þess er upp kom, þrýstingur á dælum og svo hitastig skolvökva niður og upp. Þessar upplýsingar eru sýndar á mynd 12 ásamt einfölduðu jarðlagasniði og meðaltalsborhraða fyrir hverja 10 metra. Holan var þétt niður í 244 m dýpi, en þar tapaðist allt skolvatn eins og fram kemur í lýsingu hér á undan. Einnig tapaðist allt skol eða > 25 l/s á 301 m dýpi. Ekki var vitað í fyrstu hvort skoltapið hafi átt sér stað þar eða hvort lekinn í 244 m hefði opnast á ný, en hitamælingin á mynd 11 sýnir kaldara svæði við 301 m dýpi eins og við lekastaðinn í 244 m.

Meðan á borun stóð var erfitt að stoppa til hallamælinga vegna ástands holunnar. Eftir að borun fyrir 13 3/8" fóðringu lauk var tækifærið notað og hallamælt á 350 m dýpi. Niðurstaðan var einnar gráðu halli, sem verður að teljast mjög gott.

Fyrsti áfangi var unninn á tímabilinu frá mánudeginum 25. júní fram á föstudaginn 13 júlí og tók samtals 19 verkdaga.

#### 4. Mælingar

Í áætlun um borun holu KG-25 var gert ráð fyrir hitamælingum og víddarmælingu þegar komið væri niður í fóðringardýpi. Síðan hita- og CBL-mælingu eftir steypingu fóðringar. Einnig var búist við auka mælingum vegna lekavandamála eins og kom á daginn. Listi yfir mælingar er í töflu 4.

Tafla 4. Mælingar í borun.

Dags.	Svunta	klukkan	Mæling	Holudýpi	Mælt dýpi
03-07-90	D253	21:20	HitiT	257.0	246.0
05-07-90	D254	07:30	HitiT	257.0	240.0
05-07-90	D255	08:00	VíddC	257.0	240.0
05-07-90	D256	11:30	HitiT	257.0	232.0
05-07-90	D257	17:00	HitiT	257.0	218.0
10-07-90	D258	12:50	HitiT	399.5	376.3
10-07-90	D259	14:10	HitiT	399.5	376.3
10-07-90	D260	14:30	Halli	399.5	350.0
10-07-90	D261	20:15	HitiT	399.5	397.0
10-07-90	D262	21:10	VíddX	399.5	398.0
10-07-90	D263	21:50	HitiT	399.5	370.0
10-07-90	D264	22:30	CBLB	399.5	370.0

Eins og kemur fram í töflunni var hallamælt einu sinni, en mælingabíllinn slakaði niður hallamæli Jarðboranna h.f.

## 5. Jarðög og ummyndun

Eins og áður voru tekin svarfsýni með tveggja metra bili meðan á borun stóð. Sýnin voru greind á staðnum og útbúið frumgerð af jarðlagasniði. Jarðlögin voru síðan lauslega borin saman við nærliggjandi holur. Ennfremur var spáð í breytingar á hita með dýpi útfrá athugunum á ummyndunarsteindum. Ekkert kom óvænt út úr því. Á mynd 13 er sýnt einfaldað jarðlagsnìð samhliða dreifingu ummyndunarsteinda.

Hér á eftir er lausleg lýsing á þeim jarðögum sem skorin voru niður á tæplega 400 m dýpi:

*0-18 m dýpi: Vantar svarf*

*18-25 m dýpi: Mjög glerjað basalt.* Plagíóklasdílar sjást. Við neðri lagamótin er bergið mjög oxad.

*25-40 m dýpi: Fínkornót blöðrótt basalt.* Það er frekar þétt í sér. Hér er um að ræða fleira en eitt hraunlag. Á 27-28 m dýpi er grænt túfflag. Líklega eru önnur lagamót á um 33 m dýpi, en mikil opning var á 33 m dýpi. Pýrít og líklega zeólitar sjást í bergen.

*40-64 m dýpi: Ljósgráraent túff.* Bergið er mjög ummyndað og eru pírit og kalsít ráðandi steindir. Zeólítarnir skólesít og analssím sjást einnig. Í efstu 6 metrunum ber nokkuð á basaltbrotum, sem benda til bólstra á því svæði.

*64-70 m dýpi: Móbergssset.* Bergið er grábrúnt til grágrænt og greinileg kornastærðargradering, frá mjög fínu yfir í grófkornótt (líklega allt innan mélufloksins).

*70-89 m dýpi: Ljósgrænt túff.* Túffið virðist breksíulegra heldur en það sem var fyrir ofan. Það er mjög útfellingarákt, aðallega kalsít og pýrít.

*89-101 m dýpi: Móbergssset.* Bergið er ljósgrágrænt frekar fínkornótt. Það er útfellingarákt og ber sérstaklega mikið á kalsíti. Einnig sést hér zeólít, sem er rétthyrndur (rombískur) etv. kabasít eða gírolít.

*101-104 m dýpi: Ljósgrænt túff.* Samskonar og fyrir ofan.

*104-115 m dýpi: Móbergssset.* Samskonar set og fyrir ofan, nema hvað heulandít sést.

*115-191 m dýpi: Ljósgrænt túff.* Bergið er sérstaklega útfellingarákt. Mest ber eins og áður á kalsíti og pýríti. Analssím sést frá 125 m dýpi og þar greinist kalsedon einnig. Á 161-163 m og 171-175 m dýpi sjást fersk fínkornótt basaltinniskot. Á mótsvið innskotin á tæplega 170 m dýpi sést bergkristall (kvars) í fyrst skipti og gefur til kynna að hiti sé nálægt 180 °C. Fram að því voru ekki vísbendingar um hærri hita en 80-100 °C

*191-214 m dýpi: Fínkornótt-meðalgróf fersk basaltinniskot.* Bergið er nánast svart á lit. Fjögur innskot sjást á þessum kafla aðskilin af þunnum túfflögum. Bergkristall er farinn að sjást nánast í hverju sýni neðan 200 m dýpis og bendir það til þess að hitinn sé kominn yfir 180 °C.

*214-218 m dýpi: Ljósgrænt túff.* Mjög ummyndað túff, útfellingarákt og frekar breksíukennit.

Hér er sennilega botninn á móbergsmýndun þeirri sem lýst hefur verið hér að ofan. Innskot eru mjög áberandi í neðri hluta hennar, neðan 160 m dýpis.

*218-306 m dýpi: Grátt-grængrátt fínkornótt basalt.* Á einstaka stað er bergið meðalgróft. Bergið er vægt ummyndað og grænn leir áberandi í blöðrum. Leirinn er ljósgrænn á lagamótum. Breksía eða ljósgrænt túff skilja milli hraunlaganna. Kvarts kalsít og pýrít sjást í blöðrum og sprungum. Á rúmlega 300 m dýpi sést wairakít í fyrsta skipti og gefur það ásamt kvarsi vísbendingu um allt að 200 °C hita. Á 244 m dýpi kom algjört skoltap og kom ekkert svarf upp fyrr en 257 m dýpi var náð.

306-365 m dýpi: Erfiðlega gekk að ná svarfsýnum vegna hringdælingar og blöndunar. Ef tekið er mið af næstu holum þá er vafalaust verið að bora í samskonar basalt og fyrir ofan.

363-399.5 m dýpi: Grátt-grængrátt fínkornótt basalt. Samskonar berg og lyst er hér að ofan og sama steindasamfélag.

Ummyndunarsteindirnar gefa ákveðnar upplýsingar um hitastig á viðkomandi dýpi. Eins tæpt hefur verið á hér að ofan. Einnig gefa þær vísbendingar um lekt.

Heulandít og analssím eru zeólítar, sem eru stöðugir á hitabilinu 80-120 °C.

Kalsít gefur fyrst og fremst til kynna að Ca og CO<sub>2</sub> ríkur vöki hefur leikið um bergið og myndað þessa steind. Mikið magn steindarinnar gefur vísbendingar um að vökvinn í bergenú hafi einhverntíma verið sjóðandi.

Pýrít myndast við samrunna járn og brennisteins. Brennisteinninn losnar úr gastegundinni H<sub>2</sub>S og gengur í samband við járnoxíð. Mikið magn af þessari steind gefur til kynna að góð leiðni hefur verið um bergið. Í summu tilfellum er mikil aukning í pýrítí vísbending um vatnsæðar.

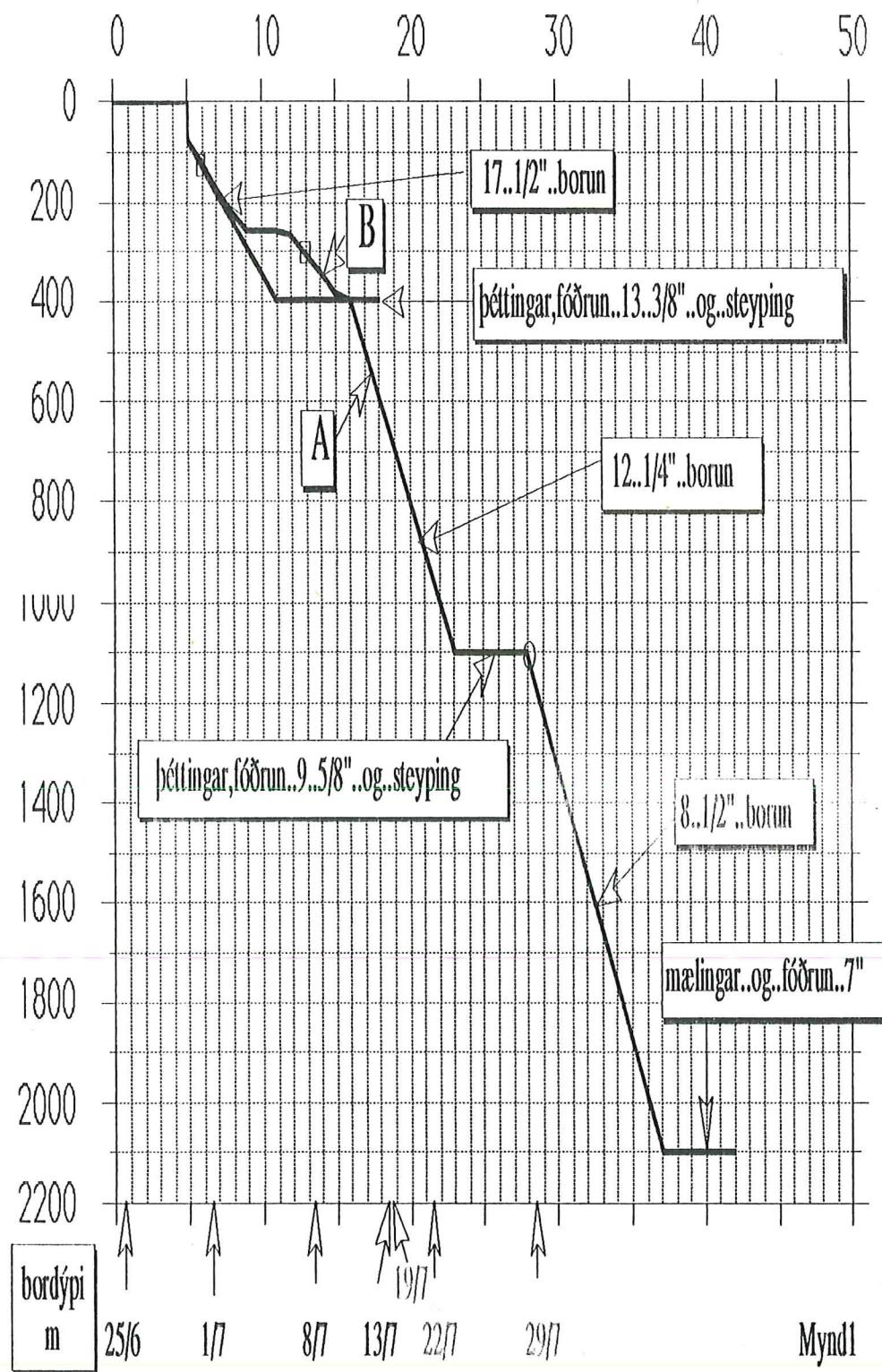
Steindir eins og *kvars* og *wairakít* hafa verið kvarðaðar með tilliti til hita.

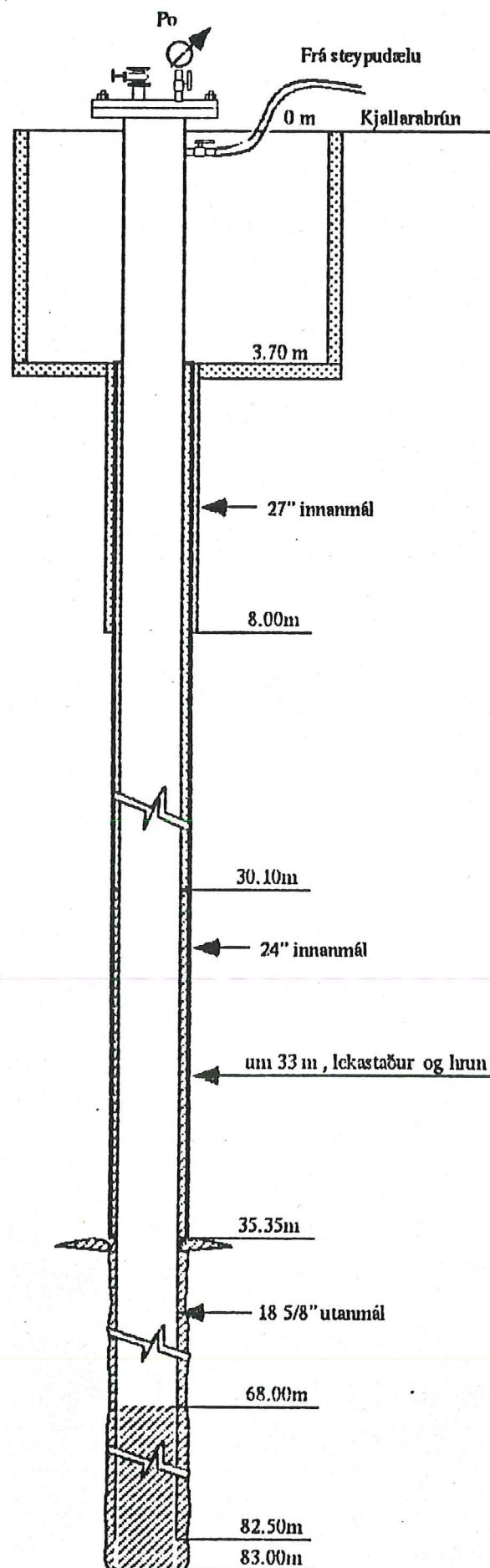
Bættu þe

Borun holu KG-25 í Kröflu

A Áætlun,verkdagar.  
B Borun,verkdagar.

Verkdagar





Steyping 18 5/8" fóðringar í holu KG-25.

Holan var forboruð af Höggbor 3.

Holan var fóðruð með:

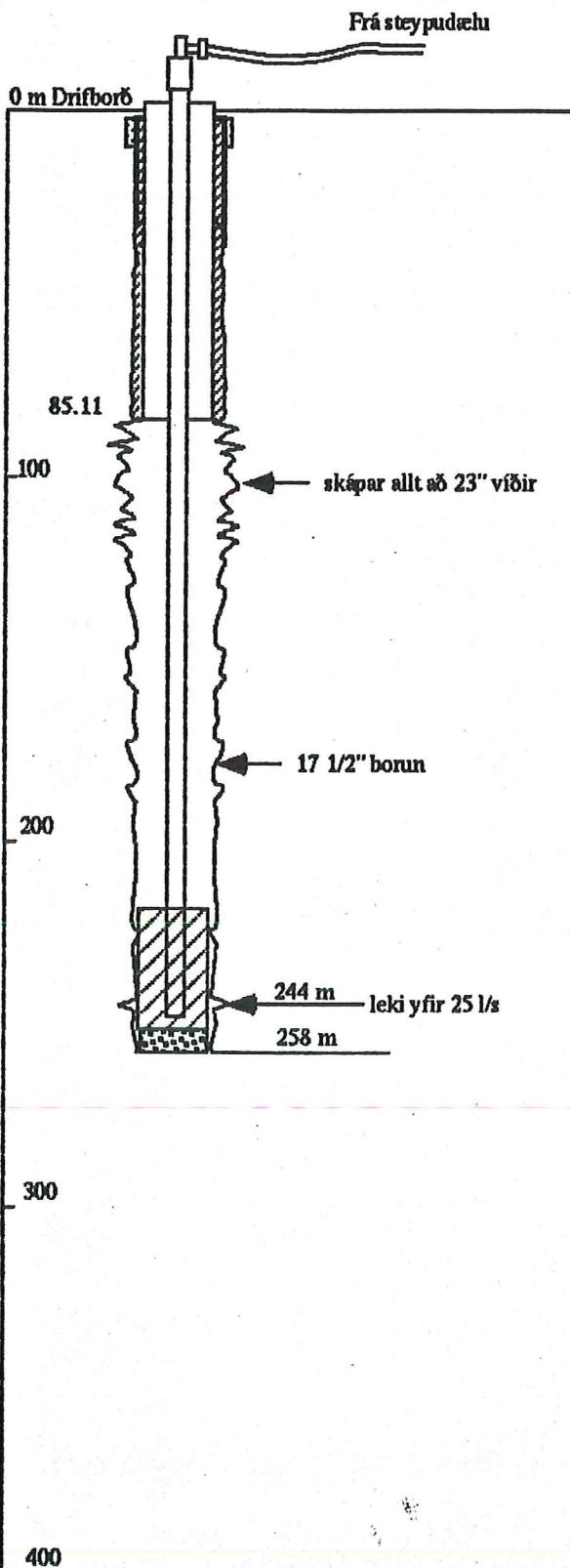
- (1) 27"(ID) yfirborðsfóðringu frá kjallaragólf i 4,30 m dýpi.
- (2) 24"(ID) hjálparfóðringu frá kjallaragólf i 31,65 m dýpi.
- (3) 18 5/8"(OD) fóðringu frá kjallarabrun i 82,05 m dýpi.

Dýpt borkjallara er 3,70 m.

Dýpt borholu var 82,05 m frá kjallarabrun.

Fóðringin var steypt fimmtudaginn 28. Júlí 1990. Leki var í holunni í 35 m dýpi.

Steypt var úr 20 to af portland sementi gegnum fóðringuna, eftirdæling var um 10650 listrar af vatni. Magn eftirdælingar var ákveðið með tilliti til lekans í 35 m dýpinu þannig að ekki væri hætta á að vatnið ræki sementið út úr törendanum, ef sementið næði ekki hærra en í 35 m utan með rörinu. Sementsborð mældist í 26,40 m dýpi milli fóðringa miðað við kjallaragólf. Steypt var utan með fóðringu tvívar, fyrst úr um 4 m<sup>3</sup> og síðan um 1,8 m<sup>3</sup> af sand-sement lögur úr steypubsl. Fóðringin steyptist upp. Sementsborð reyndist í 68 m dýpi innan í fóðurrörinu, miðað við kjallarabrun svo fóðringin er vel steypt.



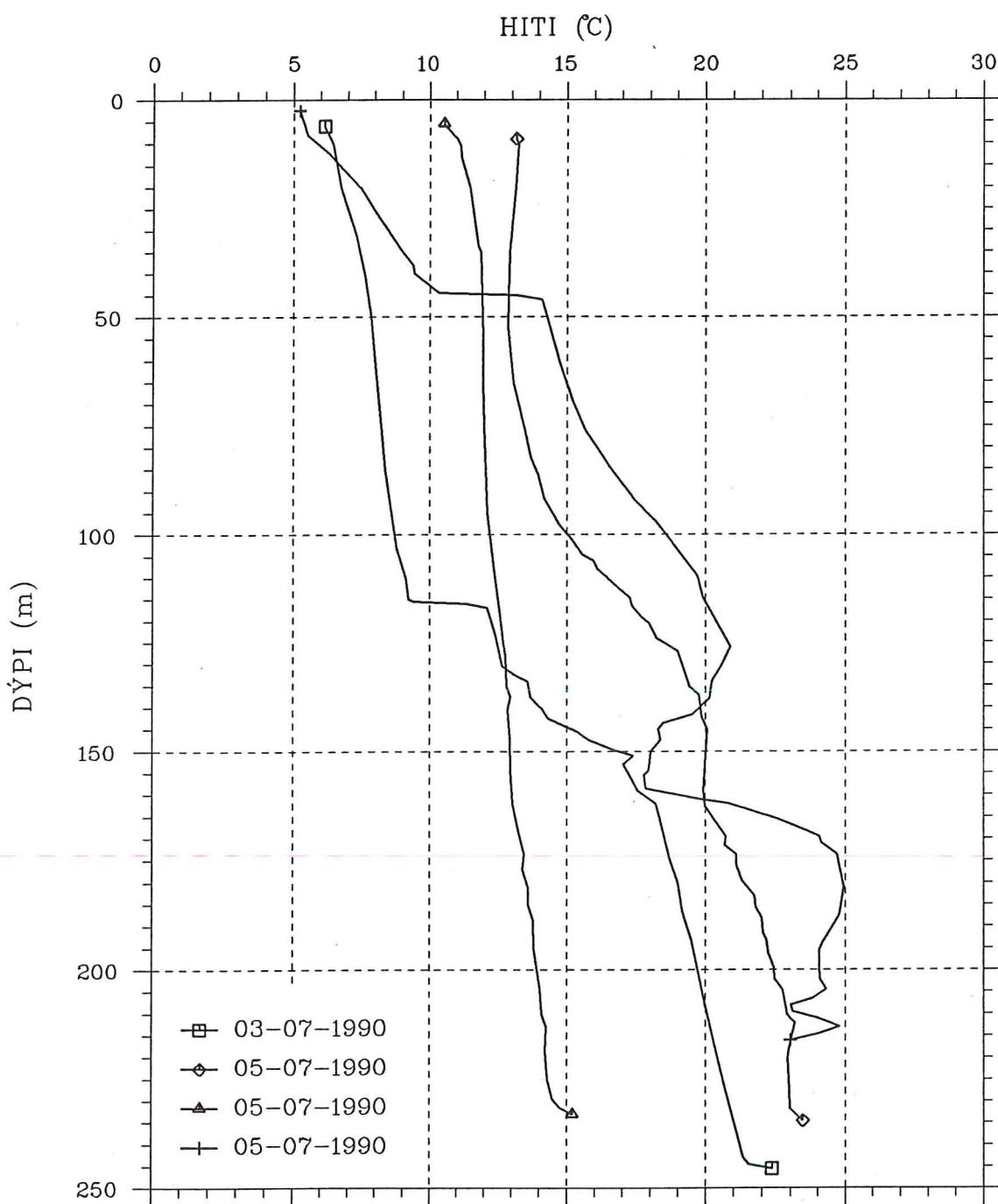
Steypingar í leka við borun með 17 1/2" borkrónu. Steypt í leka í 244 m dýpi. Bordýpi var 257 m og botnfall 10 m.

Steypt gegnum stengur:

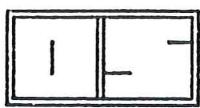
- (1) Steypt þriðjudaginn 3. júlf kl 23:05 til 23:22. Stangarendi í 246 m dýpi. Steypt úr um 6 to af portland sementi. Magn vatns í eftirdælingu var ákveðið með hliðsjón af mældu vatnsborði í holunni. Steypuborð mældist í 218 m dýpi í holunni. Þegar sementið var orðið hart og átti að fara að setja niður borkrónu til borunar, gaus gas upp úr holunni og reyndist leki í henni yfir 25 l/s. Þegar dælt var vatni á hana, og var því ákveðið að steypa aftur í holuna.
- (2) Steypt var ofan á fyrstu steypu að morgni miðvikudagsins 4. júlf kl 7:19 til 7:25. Stangarendi var hafður í 209 m dýpi. Steypt var úr 3 to af portland sementi. Steypuborð mældist í 214 m dýpi í holunni. Holan var þétt, en þegar hún var fyllt upp af vatni kl 10:30, fór hún að leka um 15 - 20 l/s. Steypan var látin harðna og síðan boruð niður í 247 m. Lengra varð ekki borað vegna botnfalla í holunni. Holan var hita og víddarmæld til að finna leka-staði og skápa í holunni til að ákveða framhalds aðgerðir. Botnfall náði nú upp í 239 m dýpi.
- (3) Steypt var ofan í botnfallið fimmtudaginn 5. júlf kl 14:23 til 14:32 úr 7 to af portland sementi með sérstaklega útbúinni stöng, sem tókst að skola niður í botnfallið í 243.5 m dýpi. Þegar lyfta átti stöngunum upp eftir steypingu, sátu þær fastar og varð að skola þær lausar og toga með yfir 100.000 pundi átaki í þær. Líklegt er að hrún úr holu hafi fallið ofan á stangartengi (tool joint) í steypingunni. Holan var hitamæld og löðað niður á steypu fyrir niðursetningu borkrónu. Steypuborð reyndist í 208 m dýpi og holan var þétt. Þegar steypa hafði verið boruð niður í 243 m dýpi fór holan að leka sem fyrr, leki var frá 10 til 40 l/s. Ekki tókst að komast niður úr botnfallinu frekar en fyrr, en holan þéttist öðru hvoru í þessum tilraunum. Var því ákveðið að blanda borleðju og bæta í hana þéttiefnum, sem til voru í Kröflustöð frá fyrri tíð. Þegar borað var með þessari borleðju hélst holan þétt og boraðist niður úr botnfallinu, sem hindrað hafði borunina áður. Þar með lauk steypingum í lekann í 244 m dýpi og borun holunnar hófst að nýju.

JHD-JFR-6607 ÁsG  
90.10.0411 T

KRAFLA HOLA KG-25  
Hitamælingar vegna þéttungatilrauna



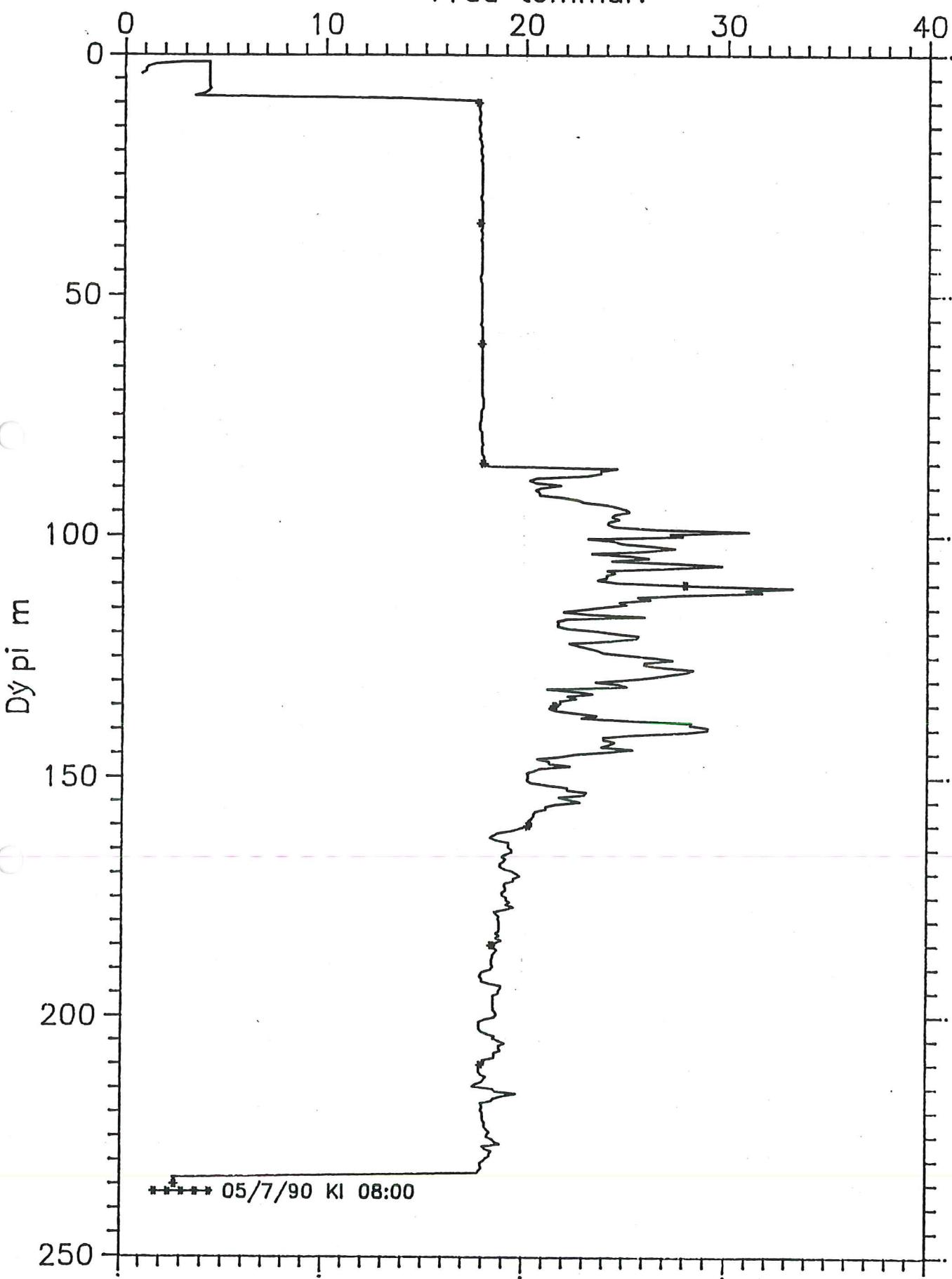
Mynd 4



05-07-90  
JH/AsG

Krafla  
Hola KG-25  
Víddarmælin.

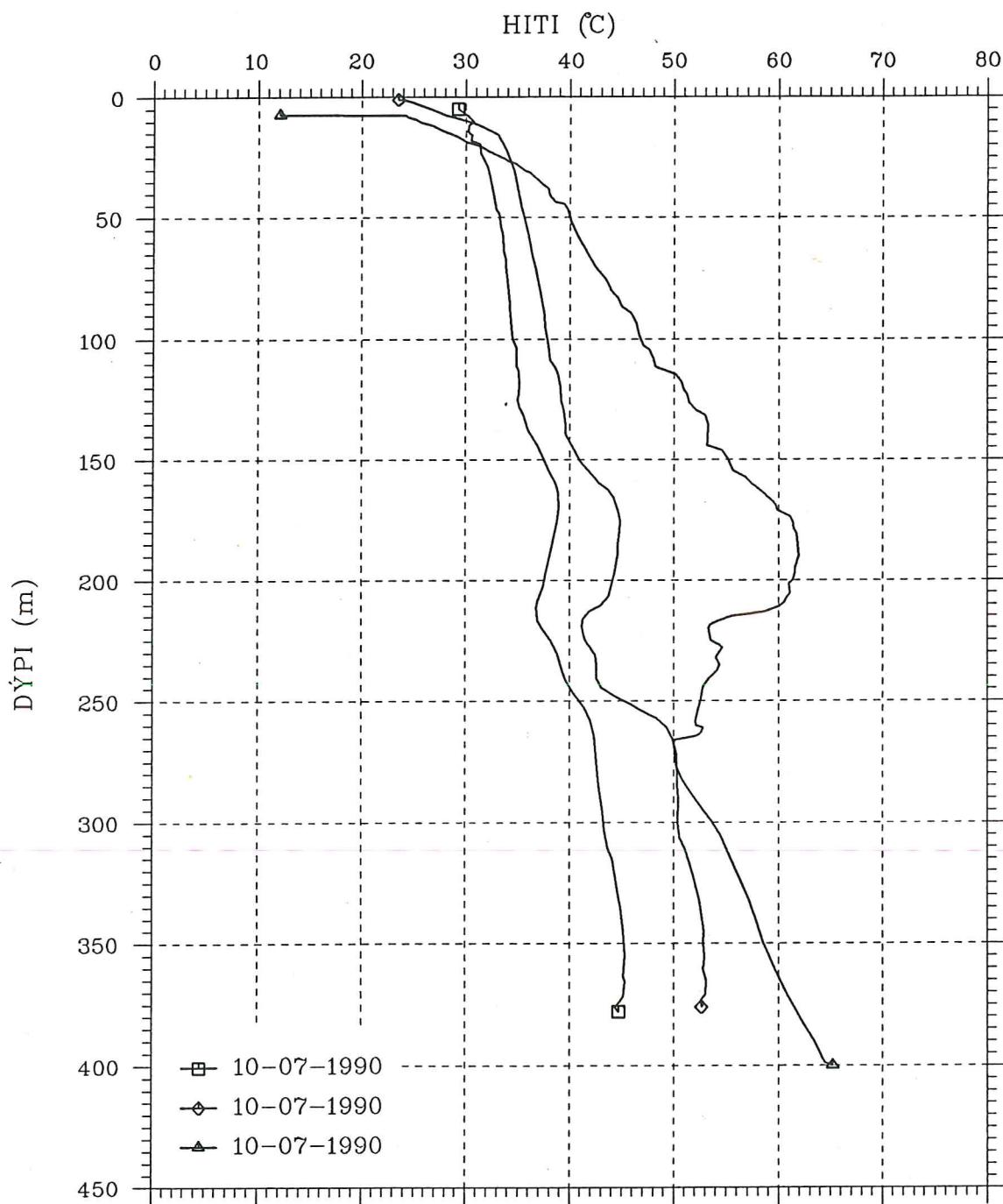
Vídd tommur.



Mynd 5

JHD-JFR-6607 ÁsG  
90.10.0412 T

KRAFLA HOLA KG-25  
Upphitunarmælingar



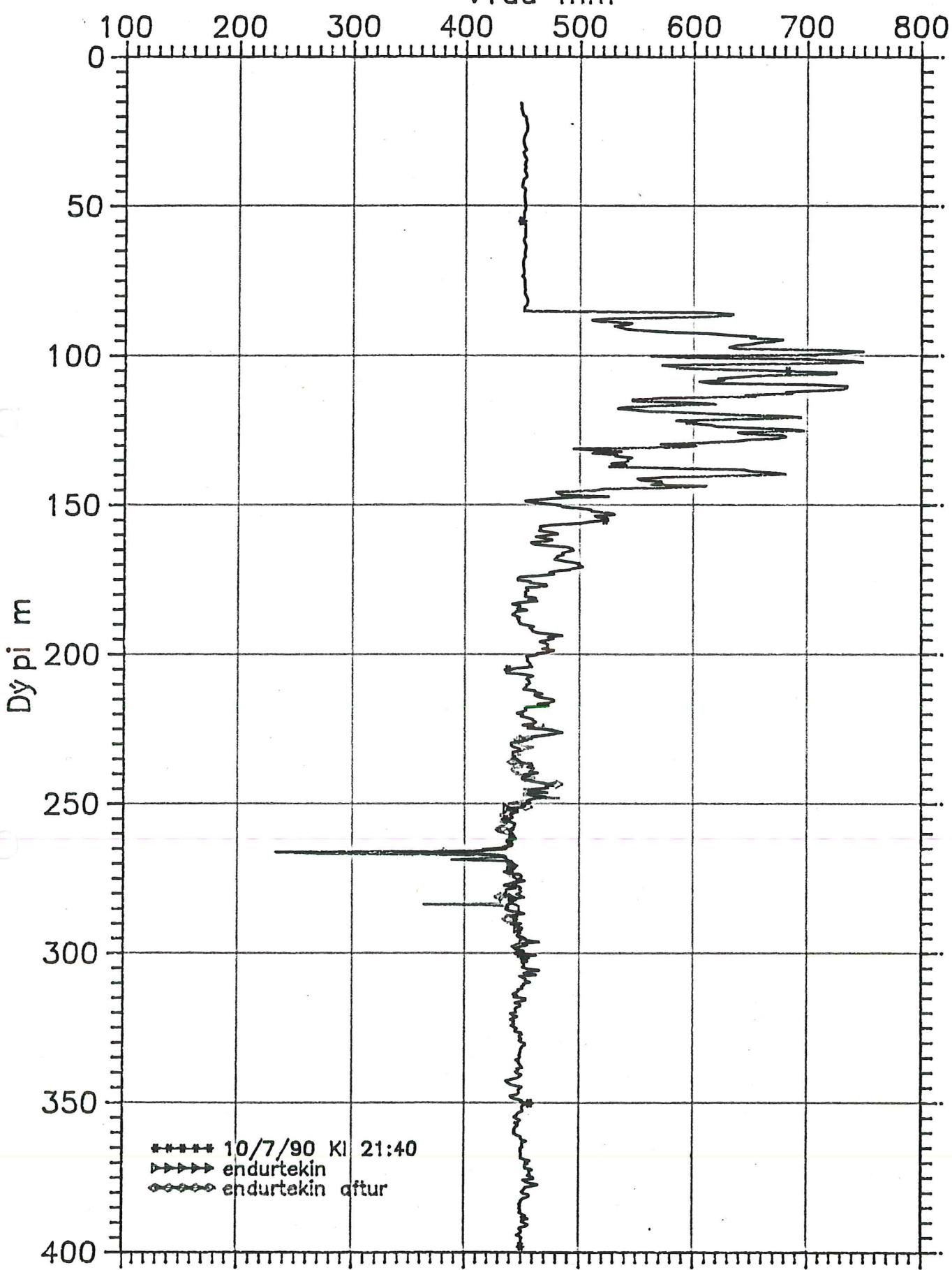
Mynd 6



10-07-90  
JH/AsG

Krafla  
Hola KG-25  
Viddarmæling.

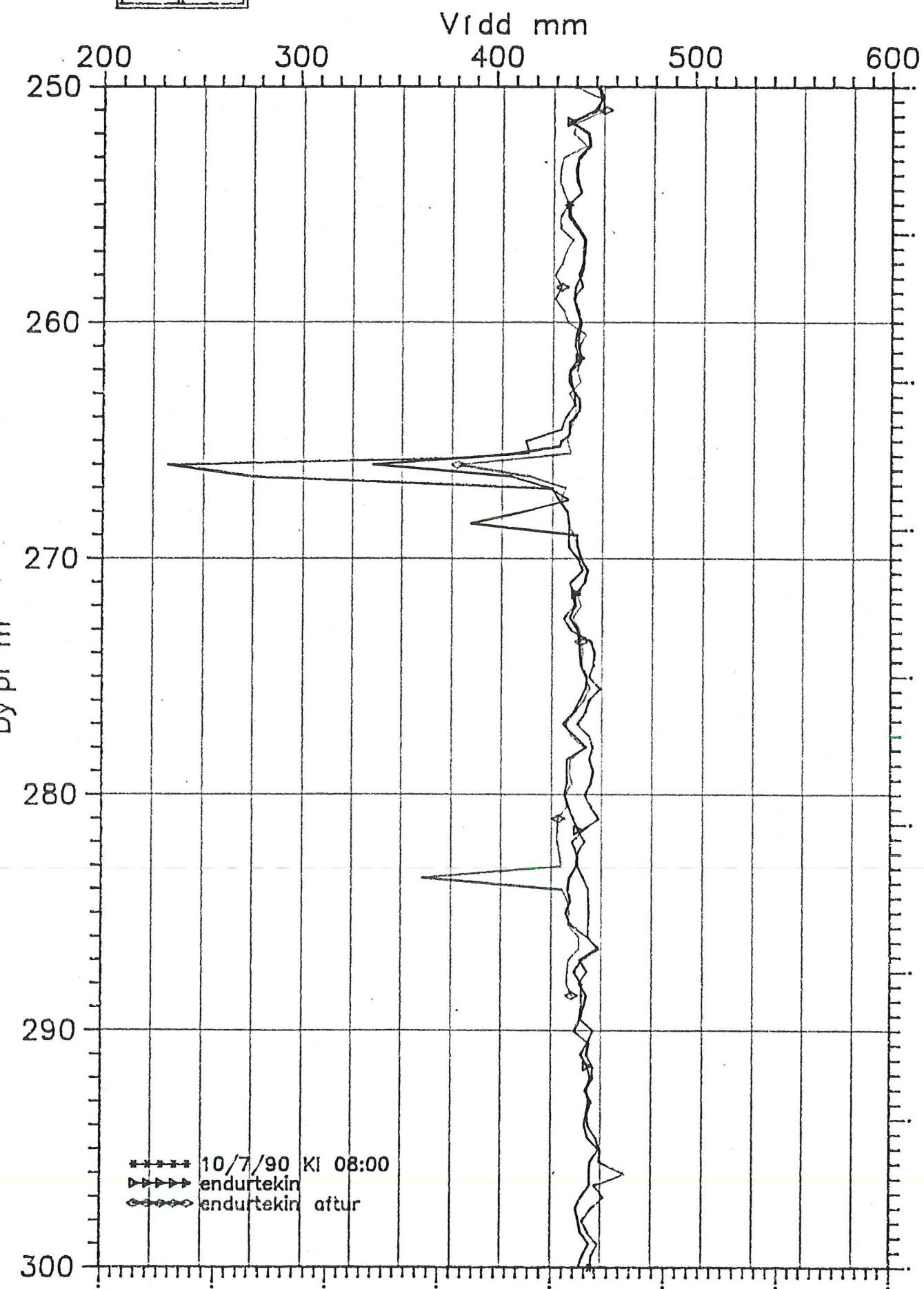
Vidd mm





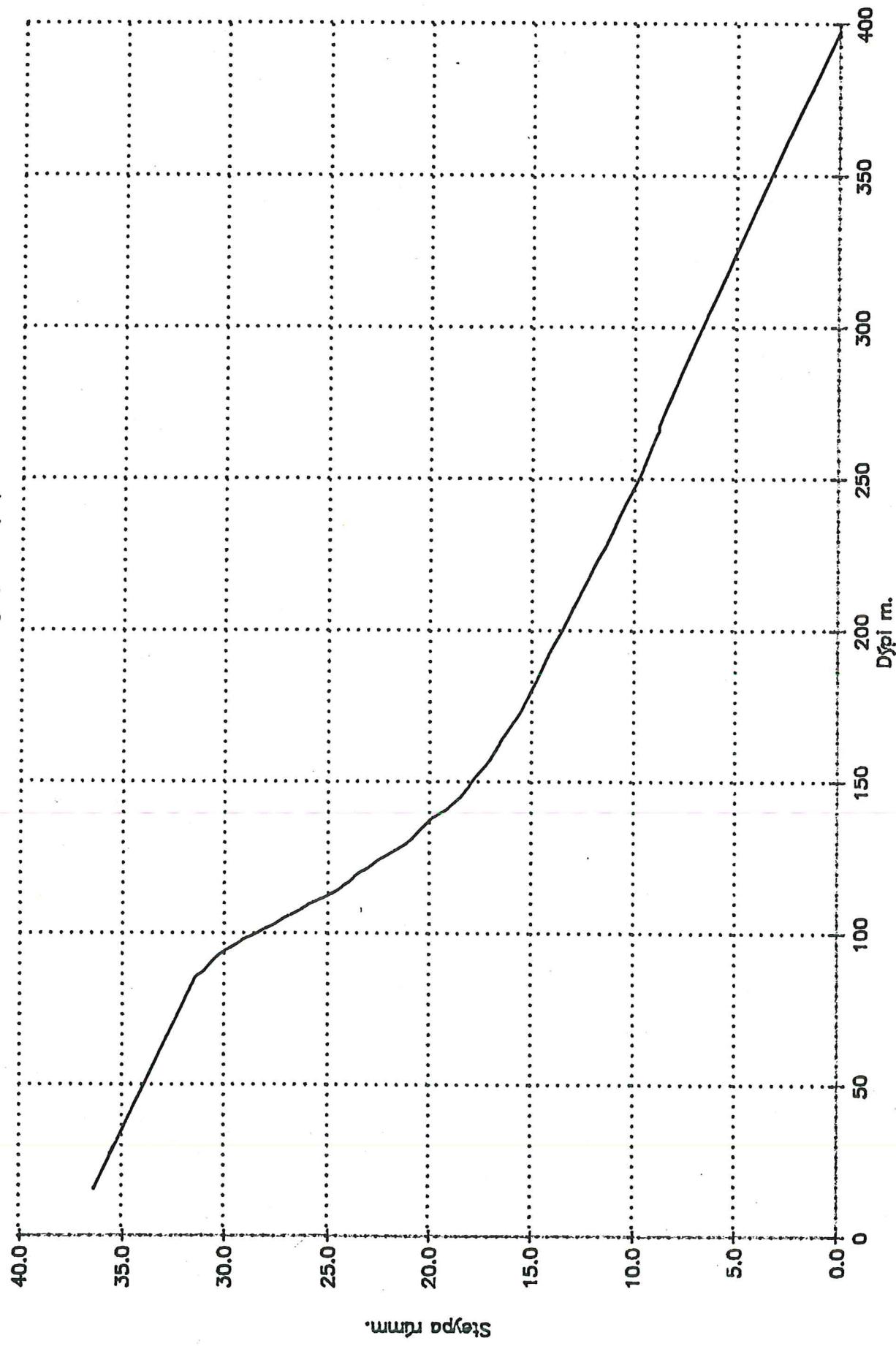
10-07-90  
JH/AsG

Krafla  
Hola KG-25  
Viddarmælin.



# KG-25 Steypumagn.

Reiknað fr. yfddarmælingu /JH 11/7/90



Mynd 9

# Kröflustöð hola KG-25

Fóðrun og steyping 13 3/8" fóðuringar.

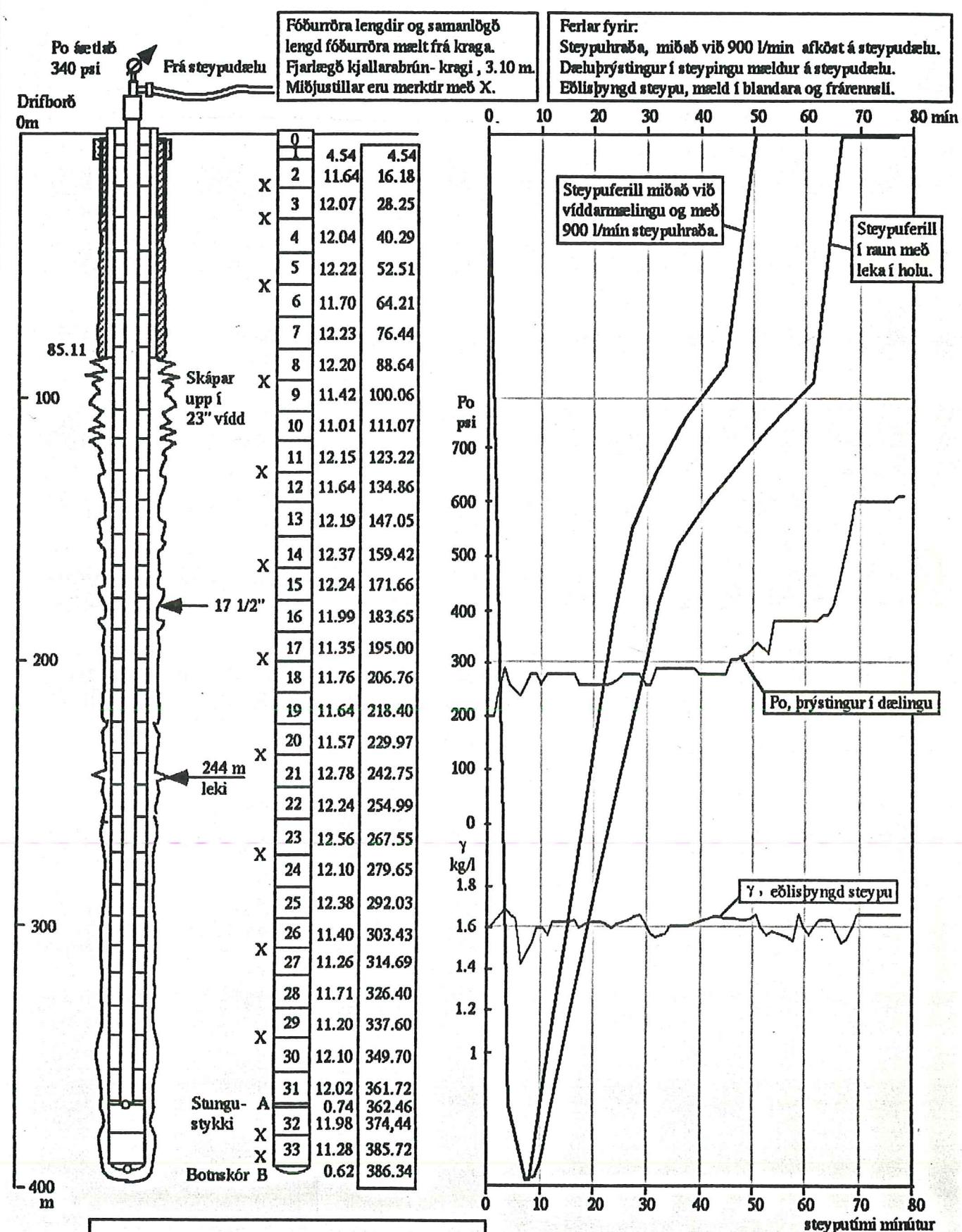
90-07-15 SBen

Útg. 2 / 07-20

Útg. 3 / 07-21

Útg. 4 / 07-24

Mynd 10



Steyping föringar hófst kl. 9:06 að morgni 12. júlí.  
Steypt var úr 59,8 to af sementsblöndu, eðlisþyngd  
steypu var 1,64, steyputími var 69 mínútur.  
Eftürdæling var 3525 lítrar og tók 7 mínútur. Steypa  
kom upp en seig sflan í 67 m dýpi. Steypu var ofaná  
eftr 4 tíma úr 5 to af sementsblöndu með eðlisþyngd  
1,75 og steyptist holan upp.

Sementsblanda var:

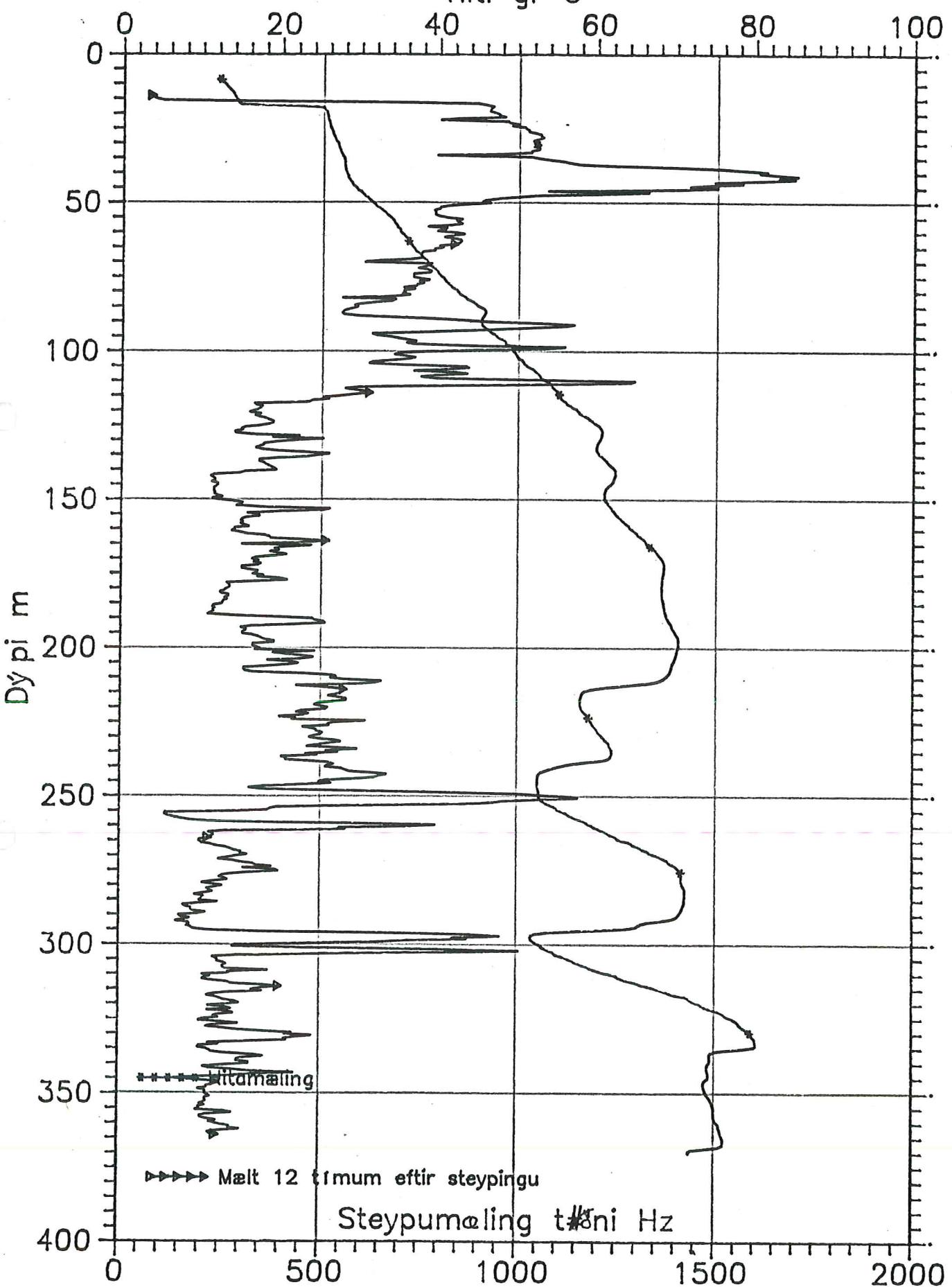
Portland cement frá SR .	100 kg
Kísilsallí (-325 mesh)	40 kg
Perlusteinn (Manville 4X/37).	2 kg
Bentonit	2 kg
Tafefni HR-4	0.5 kg



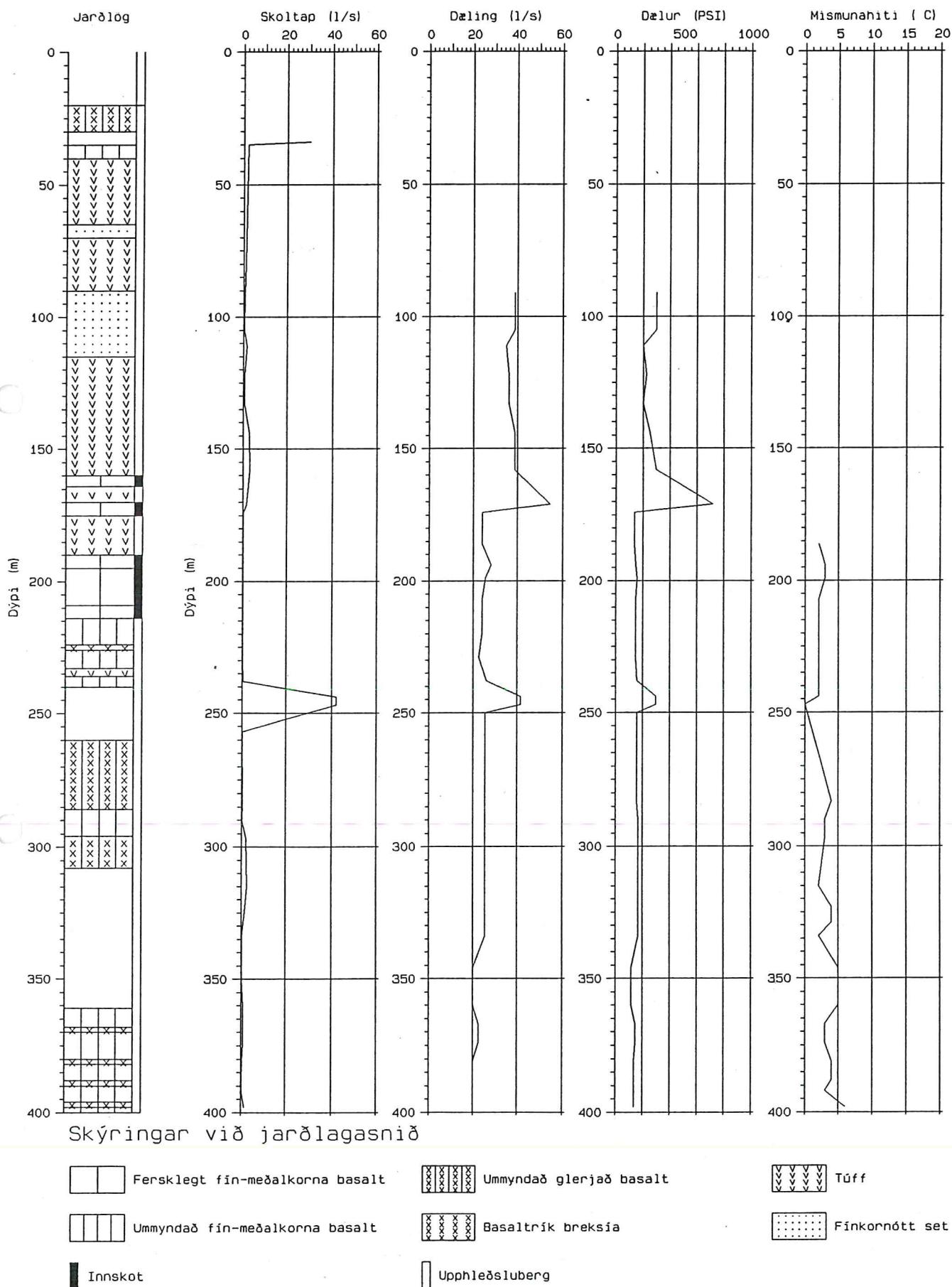
12-07-90  
JH/AsG

Krafla  
Hola KG-25  
Steypumlæling

Hiti gr C



KRAFLA HOLA KG-25  
Einfaldað jarðlagasnið og mælingar meðan á borun stóð



Mynd 12

# KRAFLA HOLA KG-25

Einfaldað jarðlagasnið og dreifing ummyndunarsteinda

