



ORKUSTOFNUN

RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri

KRAFLA, HOLA KJ-33

3. áfangi: Borun vinnsluhluta í 2011 m dýpi



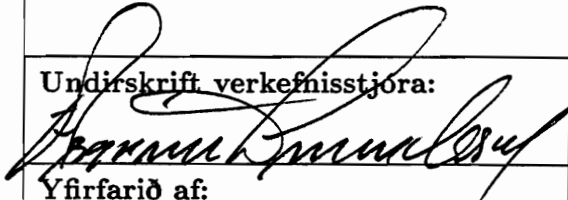
**Ásgrímur Guðmundsson
Benedikt Steingrímsson
Grímur Björnsson
Guðlaugur Hermannsson
Haraldur Sigurðsson
Hilmar Sigvaldason
Hjalti Franzson
Kjartan Birgisson
Sigurður Sveinn Jónsson
Sigvaldi Thordarson
Steinar Þór Guðlaugsson**

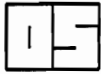
Unnið fyrir Landsvirkjun

1999

OS-99072



Skýrsla nr: OS-99072	Dags: Ágúst 1999	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: KRAFLA, HOLA KJ-33 3. áfangi: Borun vinnsluhluta í 2011 m dýpi	Upplag: 35	
	Fjöldi síðna: 36	
Höfundar: Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson Grímur Björnsson, Guðlaugur Hermannsson, Haraldur Sigurðsson, Hilmar Sigvaldason, Hjalti Franzson, Kjartan Birgisson, Sigurður Sveinn Jónsson, Sigvaldi Thordarson, Steinar Þór Guðlaugsson	Verkefnisstjóri: Ásgrímur Guðmundsson	
Gerð skýrslu / Verkstig: Áfangaskýrsla, 3. áfangi borverks	Verknúmer: 8-630668	
Unnið fyrir: Landsvirkjun		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Lýst er borun þriðja áfanga holu KJ-33 í Kröflu, þ.e. borun fyrir vinnsluhluta með 8 1/2" krónu frá 1120 m niður á 2011 m dýpi og fóðrun hennar með raufuðum leiðara, og gerð grein fyrir þeim gögnum sem safnað var á meðan á boruninni stóð. Holan er á borplani vestan Hveragils kenndu við holu KJ-15. Samkvæmt áætlun var þessi hluti holunnar boraður með upb. 40° stefnu og um 25° halla frá lóðréttu. Þessi verkáfangi hófst 21. júlí og lauk 9. ágúst á 50. verkdegi. Töluverðar tafir urðu við borun neðsta hluta holunnar vegna festu borstrengs. Ekki tókst að losa strenginn og var hann sprengdur sundur á 1855 m dýpi, en þrátt fyrir það tókst ekki að ná álagsstöngum upp úr holunni. Hefðbundnar mælingar voru gerðar í holunni meðan á borun stóð og eftir að henni lauk, borsvarfi safnað á tveggja metra fresti, og jarðlög og ummyndunarsteindir greind eftir borsvarfi. Mæld lekt samkvæmt þrepaprófun bendir til að gæfni holunnar sé sambærileg við holu KJ-32, þ.e. allgöð, en báðar skera þær Hveragilssprunguna. Borverkið er unnið af Jarðborunum hf. samkvæmt verksamningi, en Rannsóknasvið Orkustofnunar annast rannsóknarhlutann samkvæmt samningi þar um.		
Lykilorð: Krafla, háhitasvæði, borhola, jarðlög, ummyndun, vatnsæðar	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra:  Yfirfarið af: ÁsG	



ORKUSTOFNUN

Rannsóknasvið

Reykjavík - Akureyri

Verknr. 8-630668

**Ásgrímur Guðmundsson
Benedikt Steingrímsson
Grímur Björnsson
Guðlaugur Hermannsson
Haraldur Sigurðsson
Hilmar Sigvaldason
Hjalti Franzson
Kjartan Birgisson
Sigurður Sveinn Jónsson
Sigvaldi Thordarson
Steinar Þór Guðlaugsson**

Krafla Hola KJ-33

3. afangi: Borun vinnsluhluta í 2011 m dýpi

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-99072

September 1999

ORKUSTOFNUN - RANNSÓKNASVIÐ

Reykjavík: Grensásvegi 9, 108 Rvk. - Sími 569 6000 - Fax 568 8896

Akureyri: Glerárgötu 36, 600 Ak. - Sími 463 0957 - Fax 463 0998

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

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR.....	3
2. BORSAGA.....	4
2.1. Festa og losunaraðgerðir.....	9
2.2. Lok borunar.....	16
3. BORHOLUMÆLINGAR.....	23
3.1. Þrepaprófun.....	26
4. JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR.....	30
4.1. Vatnsæðar í vinnsluhluta.....	31

TÖFLUR

Tafla 1. Gangur borunar vinnsluhluta með 8 1/2" borkrómu.....	5
Tafla 2. Gýromælingar í borun.....	7
Tafla 3. Halli og stefna mæld fyrir upptekt borstrengs.....	11
Tafla 4. Mælingar á skoli.....	17
Tafla 5. Fóðrunarskýrsla.....	21
Tafla 6. Yfirlit borholumælinga.....	23
Tafla 7. Niðurstöður þrepaprófana í Kröflu.....	29

MYNDIR

Mynd 1. Framvinda borunar.....	4
Mynd 2. Hitamælingar í borun – upphitun 24.07.1999.....	8
Mynd 3. Hitamælingar við sundurskrúfun á streng.....	10
Mynd 4. Teikning af sprengjum 5 og 6.....	13
Mynd 5. Hitamælingar eftir upptekt borstrengs.....	15
Mynd 6. Samanburður á þrýstifalli í KJ-32 og kj-33.....	15
Mynd 7. Örvunaraðgerðir með vixldælingu 30/20 og 100 l/s.....	16
Mynd 8. Jarðlagasnið og mælingar á skoli í borun.....	19
Mynd 9. Þrýstingur á dælum og dæling.....	20
Mynd 10. Jarðlagamælingar eftir að borun lauk.....	25
Mynd 11. Ádæling og þrýstingur á 1400 m dýpi í þrepaprófun.....	26
Mynd 12. Þrýstingur í holu KJ-33 sem fall af lógariþma tímans.....	28
Mynd 13. Jarðlög og jarðlagamælingar.....	33

1. INNGANGUR

Hér á eftir er gerð grein fyrir framgangi borverksins í 3. áfanga holu KJ-33. Í þessum hluta var áætlað að bora niður á allt að 2000 m dýpi og hengja raufaðan leiðara neðan í vinnslufóðringu en endi hennar er á um 1112 metra dýpi. Uppbyggingu halla og stefnu holu KJ-33 og aðgerðum við að stýra holunni er lýst í skýrslu um 2. áfanga. Þar er fjallað um borun fyrir vinnslufóðringu, en öll uppbygging holunnar og sveigja er innan vinnslufóðringarhlutans og var holan komin í rúmlega 24° halla og í um 42° stefnu þegar borun vinnsluhlutans hófst. Borað var með Sperrydrill leðjumótor og læstum streng. Eftirlitsmælingar með SRO-gýrólmæli voru gerðar á völdum stöðum í holunni og er skýrt frá niðurstöðum þeirra í þessari skýrslu. Í lokin var holan kæld, hita-, víddar- og jarðlagamæld samkvæmt áætlun og leiðari settur niður. Eins og gert var ráð fyrir var holan þrepaþrófuð eftir niðurstetningu leiðara.

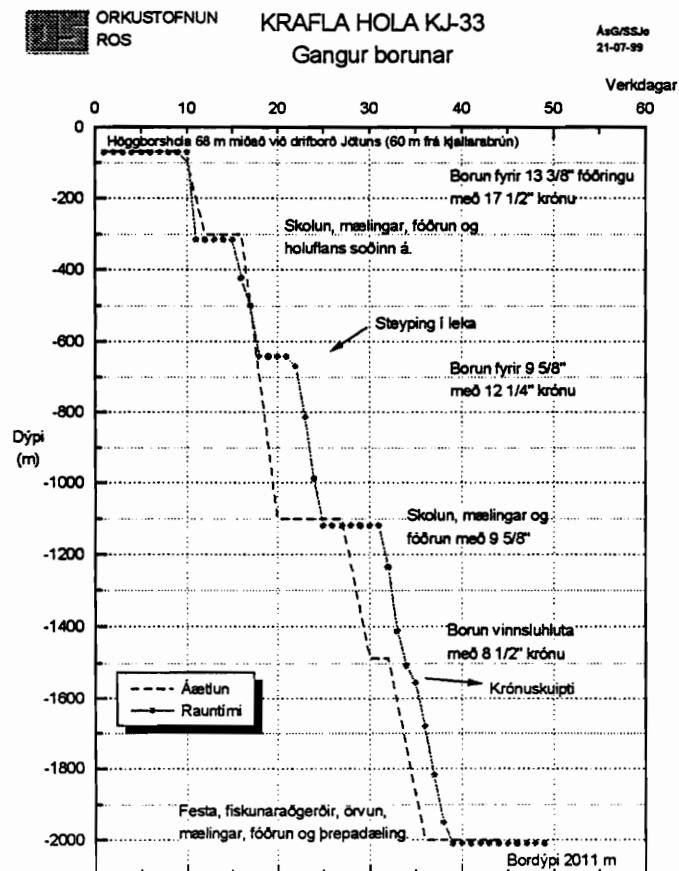
Fjarlægð frá kjallarabrún að efri brún drifborðs er 6,87 m. Allar dýptartölur í þessari skýrslu eru miðaðar við drifborð Jötuns, eins og venja er, nema annað sé tekið fram.

Athurðarás borunarinnar er rakin og greint er frá eða birt öll gögn og upplýsingar, sem fallið hafa til meðan á borun og frágangi holunnar stóð.

Verkið er unnið af Jarðborunun hf. samkvæmt verksamningi KRA-17. Verklýsingar voru unnar af ÁsG/STHOR á Orkustofnun (ÁsG/STHOR-99/01) og verkfræðistofu Guðmundar og Kristjáns.

2. BORSAGA

Áður en sett var niður til borunar vinnsluhluta KJ-33 þurfti að fjarlægja stykki úr holunni sem datt úr CBL-mæli þegar steypugæði voru könnuð eftir steypingu vinnslufóðringar mánudaginn 19. júlí. Um var að ræða miðjustilli úr tilölulega sterku og fjaðrandi stáli. Til þess var notaður karbit-hnallur (junk-mill) sem át upp miðjustillinn en auk hans var stungustykkið (float-collar) borað með karbit-hnallinum og tveir metrar af steypu. Það var gert þriðjudaginn 20. júlí og fram til klukkan 2 aðfaranótt miðvikudagsins 21. júlí. Þá var tekið upp, álagsstangir sprungumældar og undirbúin niðurstetning strengs til að bora í þá stefnu og með þeim halla sem markaður var í borun fyrir vinnslufóðringu. Uppbygging strengs var sem hér segir: 8½” borkróna (open jets), 6¾” Sperrydrill bormótór með 8¼” slíf og 1,15° beygju (6/7 lobe), 8¼” stýring, tengistykki með einstreymisloka, UBHO tengistykki, tengistykki (cross-over), álagsstöng, 8 3/8” stýring, 6 álagsstangir, tengistykki (cross-over), jar, tengistykki (cross-over), 3 álagsstangir, lykilholurýmari og borstangir. Nánari lýsing er sýnd í viðauka 1 aftast skýrslunni. Bormótór af gerðinni Sperrydrill snýst um 170 snúninga við um 40 l/s ádælingu. Strengurinn var “læstur” með tveimur stýringum auk 8¼” stýringar (sleeve) á mótór eins og fram kemur í upptalningu hér á undan. Yfirlit um gang borverksins er sýnt á mynd 1.



Mynd 1. Framvinda borunar.

Hitamæling (áfangi 2) 21. júlí, fyrir niðursetningu borkrónu leiddi í ljós að hiti myndi verða kominn upp fyrir hitaþol borkrónu á um 450 m dýpi. Það þýddi að brjóta þurfti út stangir sem nam niðursetningu niður fyrir ofangreint dýpi. Sett var viðstöðulaust niður á 475 m og síðan var stöngum bætt í með drifskraftinu allt niður á botn og kælt á milli. Klukkan 8 þann 22. júlí var komið niður í 1098 m og þurfti að rýma út svæðið sem hnallurinn hafði borað. Öryggislokar voru prófaðir aðfaranótt fimmtudagsins 22. júlí og virkuðu þeir eins og til stóð. Niðursetningu var síðan haldið áfram. Komið var í berg um klukkan 9 að morgni sama dags. Yfirlit um gang borunar er sýnt í töflu 1. Borun gekk vel allan fimmtudaginn og á miðnætti var dýpi holunnar 1235 metrar. Aðfaranótt föstudagsins var borunin einnig tíðindalítill og áfallalaus en um klukkan 19:40 varð það óhapp við stangaribætingu að flatjárn, sem festir tennur eða kjafta í stangaslifsi, losnaði og lenti ofan í holunni, milli stanga og fódringar. Líklega hefur stykkið fallið til botns, eða því sem næst, og ekki var talin ástæða til að óttast framhaldið og borun átti að halda áfram. Ráð var fyrir því gert að járníð myndi þrýstast í bergið í neðri hluta holunnar og eiga þar náðuga daga. Það sem verra var, slifsið var ónothæft, og ekki um annað að ræða en að fá annað frá Reykjavík með hraði. Starfsmenn JB brugðu skjótt við og komu slifsinu landleiðina á borstað.

Tafla 1. Gangur borunar vinnsluhluta með 8 1/2" borkrónu.

Borkróna 8 1/2"	Dagur	Borun (m)	Bortími (klst.)	Meðalborhr. (m/klst.)	Tími á Borkrónu (klst.)	Dýpi (m)
EHP 61-LKD	22. júlí	115	13,5	8,5	13,5	1235
EHP 61-LKD	23. júlí	177	22	8	35,5	1412
EHP 61-LKD	24. júlí	95	10	9,5	45,5	1507
350DC63CP	25. júlí	48	4	12	4	1555
350DC63CP	26. júlí	125	19	6,6	23	1680
350DC63CP	27. júlí	138	22,5	6,13	45,5	1818
350DC63CP	28. júlí	134	20,5	6,54	66	1952
350DC63CP	29. júlí	59	12	4,9	76	2011
				0		Festa
Samtals		891	123,5	7,2		2011

Á meðan beðið var eftir þessum varahlut var holan kæld eins og áður sagði með 17-18 l/s dælingu og hæfum snúningi á borstreng (15-20 rpm) til að koma í veg fyrir að borkrónan markaði nýja stefnu holunnar með því að narta í vegg hennar en mótórin snýst við dælinguna. Strengnum var slakað niður um 10-15 cm á um það bil 10 mínútna fresti. Tap var mælt á dælum áður en borun hófst á ný og reyndist vera rétt um 5 l/s. Að svo komnu þótti ekki ráðlegt að fara niður með mælitæki til að fá nákvæman halla og stefnu heldur var ákveðið að gera það þegar nægjanlegt skoltap væri komið, sem dygði til að kæla holuna í ádælingu niður að botni. Borun var haldið áfram aðfaranótt laugardagsins og holan dýpkuð í 1479 metra. Þá var komið um það bil 10 l/s tap og upplagt að mæla halla og stefnu með SRO-gýró. Holan var skoluð frá kl. 10:15 - 11:00. Gýrómælirinn fór niður um klukkan 11:30 og var mælingu lokið um klukkan 13.

Mælirinn settist í sérstakt sæti um 11 m ofan við borkrónu og var mælingin tekin á 1430 m dýpi. Stefnan var þar 35,6° og hallinn 26,4°. Okkar ágæti stefnuborari, Arne, taldi rétt eftir að niðurstöður lágu fyrir að sveigja holuna aðeins til hægri (austur).

Þá var strengurinn settur saman og borun haldið áfram. Einni stöng var rennt niður (slædað) án snúnings á drifborði, eftir að stefna hafði verið stillt samkvæmt gýrósmælingunni. Í kjölfarið var drifborðinu snúið við borun. Borun gekk vel fram til klukkan 15:40 á laugardag, þegar dýpið var 1507 m, en þá var eins og hrúnið hafi að borstreng eða svarfið í holunni fallið að álagsstöngunum, því ekki gekk að snúa. Einhverjar æðar höfðu opnast eða verið skornar, því tap jókst í holunni og var um 30-35 l/s (áætlað í um 40 l/s dælingu). Mest alltvað tapaðist í festunni en vatnsgangur hélst upp með strengnum og komu nokkrir lítrar til yfirborðs. Reynt var að toga í strenginn og náðist ein stöng upp en þá sat allt fast. Jar (hnykkir) sem staðsettur var í álagsstangalengju (þrjár álagsstangir ofan á jar) virkaði ekki sem skyldi en gaf þó högg við og við, auk þess sem hann sló á niðurleiðinni en það var talið merki um að hann væri ekki í fullkomnu lagi. Í nokkrum tilraunum tókst að fá strenginn til að snúast og náðust upp þrjár stangir. Strengurinn var laus um klukkan 16:40. Stöngunum var bætt í aftur og þær boraðar niður í festuna uns botni var náð. Nokkuð drag var í holunni og fór átak upp í um 300 amper (eðlilegt átak áætlað um 200 amper) þegar verið var að rýma. Dýpi holunnar var sem fyrr segir 1507 m og þegar búið var að snúa stöngunum ofan í hrunkaflann eða sprungusvæðið í grennd við 1500 m og ná fyrri dýpi var ákveðið að taka upp og skipta um krónu og jar. Að ráði umsjónarmanna tækja Sperrysun (Halliburton) var ástæða til að skipta um jar og jafnframt að skipta um krónu en áður áætluð krónuskripti höfðu verið í grennd við 1600 m dýpi. Jafnframt var ákveðið að gýrósmæla með G2 gýrósmæli fyrir upptektina og hófst sú mæling um kl. 21 og lauk um einni klukkustund síðar. Niðurstöður eru birtar í töflu 2. Hitamæling var gerð í kjölfarið og er hún sýnd á mynd 2. Eins og sést á myndinni hélst holan köld í ádælingu niður að botni. Byrjað var að taka upp um klukkan 22:50 að kvöldi laugardagsins 24. júlí. Smávægileg töf varð þá um nóttina meðan beðið var eftir borkrónu, sem setja átti niður.

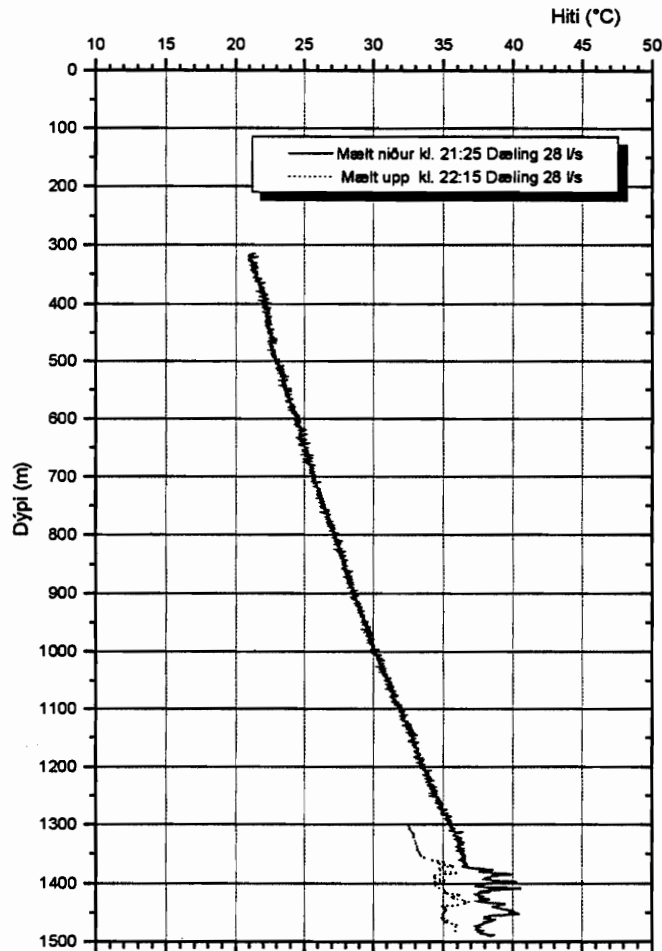
Strengurinn (viðauki 1) fór í holuna með nýjum jar og nýrri krónu og var botni náð og byrjað að bora sunnudaginn 25. júlí klukkan 16:30. Boraðar voru þrjár stangir niður í 1536 metra en þá var komið í fyrirstöður og þrengsli. Til þess að skilja ekki eftir vandamál á þessum stað þá var stöngum rennt aftur og aftur niður þennan kafla, frá 1500 niður í 1536, til léttu áframhaldandi borun. Eftir þetta voru aðstæður við borun erfiðari, þrengingar voru í holunni og mest allt skolvatn tapaðist. Frá krónuskriptum og niðursetningu var tapið á bilinu 30-35 l/s (dæling um 40 l/s) og örlítið vætlaði upp af leirugu skolvatni. Átak var um 300 amper og fór í 380 amper í erfiðustu köflunum og þurfti að bora þá tvisar til þrisvar sinnum til að rýma holuna. Rétt fyrir miðnætti á sunnudag festist strengurinn á nýjan leik. Borsérfræðingur (Arne) frá Sperrysun var kallaður út og tókst undir hans leiðsögn að snúa strengnum og losa úr festunni. Talið var líklegt að festan hafi verið ofan við álagsstangalengju því jarinn sló ekki þótt togað væri í hann. Um klukkan 08:00 að morgni mánudagsins 26. júlí var dýpi 1592 metrar og hafði borun gengið rólega vegna síendurtekinna rýmingaraðgerða. Í 1584 metra dýpi var sömu stönginni skakað 26 sinnum upp og niður til að rýma og losna við þvinganir. Fram eftir degi var boruð um ein stöng á klukkustund og skolað fyrir hverja stangaríbætingu.

Tafla 2. Gýrósmælingar í borun.

Mælt dýpi (m)	Halli (°)	Stefna (°)	Raundýpi (m)	Stefna í N (m)	Stefna í A (m)	Hliðrun frá holutoppi (m)	"Dog leg"
1075	24,26	42,11	1061,09	79,75 N	57,07 E	97,78	0,00
1080	24,67	40,95	1065,64	81,30 N	58,44 E	99,85	3,79
1090	25,30	40,36	1074,71	84,50 N	61,19 E	104,07	2,03
1100	25,89	41,24	1083,72	87,77 N	64,02 E	108,39	2,11
1110	26,30	40,42	1092,70	91,10 N	66,89 E	112,79	1,64
1120	26,87	41,18	1101,65	94,49 N	69,82 E	117,26	1,99
1130	27,14	40,88	1110,56	97,92 N	72,80 E	121,80	0,91
1140	27,15	40,89	1119,46	101,37 N	75,78 E	126,36	0,03
1150	27,17	40,61	1128,35	104,82 N	78,76 E	130,93	0,39
1160	27,09	40,56	1137,25	108,29 N	81,73 E	135,49	0,25
1170	27,01	40,35	1146,16	111,75 N	84,68 E	140,04	0,37
1180	26,88	39,96	1155,07	115,21 N	87,60 E	144,57	0,66
1190	26,93	39,55	1163,99	118,69 N	90,50 E	149,09	0,58
1200	26,96	39,19	1172,91	122,19 N	93,37 E	153,62	0,50
1210	27,05	39,04	1181,81	125,71 N	96,24 E	158,16	0,34
1220	27,13	37,96	1190,72	129,28 N	99,07 E	162,71	1,49
1230	27,25	37,92	1199,61	132,88 N	101,88 E	167,28	0,36
1240	27,34	37,54	1208,50	136,51 N	104,69 E	171,86	0,59
1250	27,21	37,87	1217,39	140,13 N	107,49 E	176,44	0,60
1260	27,09	37,69	1226,29	143,74 N	110,28 E	181,00	0,44
1270	27,03	37,40	1235,19	147,35 N	113,06 E	185,55	0,43
1280	26,99	37,48	1244,10	150,95 N	115,82 E	190,08	0,16
1290	26,85	37,38	1253,02	154,55 N	118,57 E	194,61	0,44
1300	26,76	37,29	1261,94	158,14 N	121,30 E	199,11	0,30
1320	26,69	38,19	1279,81	165,25 N	126,81 E	208,10	0,62
1340	26,40	36,51	1297,70	172,35 N	132,23 E	217,03	1,21
1350	26,52	37,11	1306,65	175,92 N	134,90 E	221,47	0,88

Jafnframt var svarfi safnað í svarfassa og tekin prufa eftir hverja stöng. Kassinn var hreinsaður þess á milli. Svarfið sem kom upp var mjög fínkorna en gefur engu að síður gagnlegar upplýsingar um jarðlögin sem borað var í gengum. Fylgst var öðru hvoru með hvað það tók skolvatnið langan tíma að koma upp eftir stangaríbætingar. Var það gert til að meta hvort nýir lekastaðir hefðu verið skornir eða hvort fyrri lekastaðir þéttust af svarfi, sem losað var í boruninni. Jafnframt var fylgst reglulega með skoli úr holunni meðan á borun stóð.

Borun gekk vel neðan við 1600 m og óeðlilegar þrengingar voru úr sögunni. Talið var að þau vandamál hafi horfið um leið og álagstangirnar voru komnar fram hjá festustaðnum og æðunum á rúmlega 1500 m dýpi. Á 1750 m dýpi tapaðist allt skol (dæling um 40 l/s) í um 20 mínútur. Skoltap jókst enn á ný í 1826-1832 m dýpi. Eftir það tók það skolið um 3-5 mínútur að koma aftur eftir hverja stangaríbætingu. Sýni af mjög finu svarfi var tekið á 2 m fresti, og greint, þar til komið var niður í um 1936 m dýpi. Þá bilaði önnur dæla borsins og var ekki nothæf í nokkra tíma, sem leiddi til þess að skol og svarf náði ekki til yfirborðs. Eftir það reyndist skoltap algert, þótt dælur væru í lagi og dældu 40 l/s.



Mynd 2. Hitamælingar í borun – upphitun 24.07.1999.

Upphafleg áætlun gerði ráð fyrir að bora í 2000 m dýpi. Síðar var ákveðið að bora niður í 2050 m dýpi, ef ekki yrði vart við nein borvandráði, sem kölluðu á endurskoðun þeirrar áætlunar. Borun gekk vel niður í 2011 m dýpi, en vart hafði orðið við aukið drag í strengnum þegar síðasta stöng var boruð í það dýpi. Eins og venja var við íbætingar á stöngum þá var skolað í um 5 mínútur til að fjarlægja svarf. Dæling var síðan tekin af annarri dælu og svo híft. Er komið var tæpan meter frá botni festist strengurinn kyrfilega.

2.1. Festa og losunaraðgerðir

Reynt var að losa úr festunni með jar (ásláttartól sem er ofarlega í álagsstangalengjunni (sbr. viðauka 1). Unnt var að láta jarinn gefa fjögur högg niður á við og fimm upp á við, en eftir það virkaði hann ekki. Reynt var með ýmsum ráðum að losa strenginn, eins og:

- ✓ Togað í strenginn með allt að 300.000 punda togi á sama tíma og snúið var upp á hann.
- ✓ Strengur látinn falla úr miklu togi í lítið.
- ✓ Streng haldið í togi og snúningi og dælt af krafti.
- ✓ Streng haldið í “hlutlausu”, þ.e að ekkert átak var á streng við krónu, og allt að 50 l/s dælt niður.
- ✓ Blandaður var geltappi til að senda niður í þeirri von að hann næði að smyrja (“lúbrikerá”) og hreyfa við þeim örðum sem festu strenginn, en án árangurs.

Að morgni föstudaginn 30. júlí var strengnum haldið “hlutlausum” í um 6 klst, og um 45 l/s dælt í gegnum hann. Síðan var tekið á strengnum og honum snúið með breytilegu togi. Eitthvað örlaði á hreyfingu sem lýsti sér í að vigtin, sem sýnir þunga og tog á borstrengnum, fór úr um 30.000 pundum upp í um 100.000 pund, sem benti til að strengurinn hefði sigið aðeins. Einnig hækkaði þrýstingur á dælum í 50 l/s dælingu úr um 800 psi upp í um 1000 psi. Þótt strengurinn væri fastur, benti þessi smávægilega breyting til að hann væri líklegast ekki kengfastur.

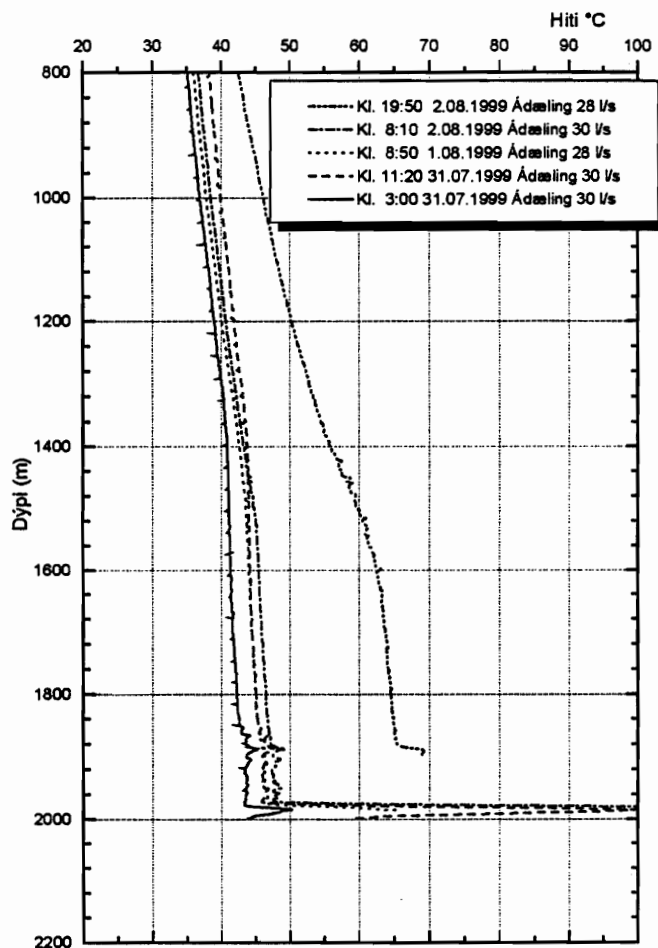
Orsakir festu eru sjaldnast fullkomlega ljósar, og er þessi festa engin undantekning þar á. Benda má á eftirfarandi gögn:

- ✓ Vart hafði orðið við þrengsli í holu í síðustu stangaríbætingu.
- ✓ Þrýstingur á dælum við stöðuga dælingu tók að hækka óreglulega nokkrum tímum eftir festu. Það gæti bent til að fallið hefði frekar að strengnum er leið á losunaraðgerðir. Þrýstingur var nokkkuð rokkandi (+/- 100 psi).
- ✓ Jarinn virkaði í byrjun og sló alls 9 sinnum, en eftir það reyndist hann óvirkur. Það benti til að:
 1. Festan væri ofan við jarinn. Það gaf til kynna að svarf hefði fallið og/eða hrunið hefði ofan á álagsstangalengjuna.
 2. Jarinn væri bilaður. Ef svo væri þá gæti festan verið við stýringarnar og/eða borkrónu.

Norskur sérfræðingur í losunarmálum frá fyrirtækinu Red Baron, Trygve Bertelsen, var fenginn til að aðstoða við losun festunnar. Leist honum í stuttu máli best á að skrúfa strenginn í sundur neðan við jarinn, setja þar inn annan jar og slá strenginn lausan. Hann setti aukinn snúning á borstrenginn (10 snúninga) auk þess að toga með 360.000 pundum. Eftir um klukkustunda bið með strenginn í þeirri stellingu minnkaði togspennan á viktinni um 20.000 pund, sem benti til að strengurinn hafði eitthvað hnikast til, en síðan ekki söguna meir.

Reynt var áfram að losa strenginn með hefðbundnum aðferðum fram til klukkan 2:45 aðfaranótt laugardasins 31. júlí, en þá var hitamælt í borstreng með 30 l/s ádælingu og fór mælirinn niður á einstreymislöka á 1994 m dýpi. Mælingin var tvíþætt. Annars

vegar að kanna hitann við þessi skilyrði og hins vegar að CCL-mæla (casing collar locator) og staðsetja með því nákvæmlega samskeyti í borstrengnum með dýpi. Hitamælingin sýnir á mynd 3 að ádælingin kældi holuna greinilega niður í tæplega 1980 m dýpi, sem er óræk vísbending um að þar niðri. Óverulegir hitatoppar koma fram á um 1850-1920 m bili og svo einn meira áberandi á rúmlega 1980 m dýpi. Mögulega benda þessir toppar til snertingar borstrengs við heitara berg og/eða hrunkafla í holunni. Ennfremur er athyglisvert að kæling er greinileg við botn neðan við hitatoppinn, sem gefur til kynna leka þar niðri.



Mynd 3. Hitamælingar við sundurskrúfun á streng.

Eftir að niðurstöður mælinga lágu fyrir var ákveðið gýrómæla holuna með SRO mælinum frá 1350 m, en fyrir lágu mælingar með G2 tækinu þangað niður. Með því átti að freista þess að fá góða mælingu, sem mundi duga fyrir mat á halla og stefnu holunnar. Niðurstöður mælinganna, sem náðu niður á 1990 m, voru taldar vel ásættanlegar og var því ekki talin ástæða til að mæla á ný með nákvæmari tækjum í lokin. Mælingarnar eru sýndar í töflu 3. Þetta er mjög nærri áætlaðri stefnu, sem var 40° og 25° halla frá lóðréttu.

Tafla 3. Halli og stefna mæld fyrir upptekt borstrengs.

Mælt dýpi (m)	Halli (°)	Stefna (°)	Raundýpi (m)	Hliðrun frá holutoppi (m)	Hnit (m)	Hnit (m)
1110	26,30	40,42	1092,70	112,87	91,23 N	66,88 A
1115	26,58	40,80	1097,18	115,10	92,92 N	68,33 A
1120	26,87	41,18	1101,64	117,35	94,61 N	69,80 A
1130	27,14	40,88	1110,55	121,89	98,04 N	72,78 A
1140	27,15	40,89	1119,45	126,45	101,49 N	75,77 A
1150	27,17	40,61	1128,35	131,01	104,95 N	78,75 A
1160	27,09	40,56	1137,25	135,57	108,41 N	81,72 A
1170	27,01	40,35	1146,16	140,12	111,87 N	84,67 A
1180	26,88	39,96	1155,07	144,65	115,33 N	87,59 A
1190	26,93	39,55	1163,99	149,18	118,81 N	90,48 A
1200	26,96	39,19	1172,90	153,71	122,31 N	93,36 A
1210	27,05	39,04	1181,81	158,25	125,84 N	96,22 A
1220	27,13	37,96	1190,72	162,80	129,40 N	99,06 A
1230	27,25	37,92	1199,61	167,37	133,01 N	101,87 A
1240	27,34	37,54	1208,50	171,95	136,63 N	104,67 A
1250	27,21	37,87	1217,39	176,53	140,26 N	107,47 A
1260	27,09	37,69	1226,28	181,09	143,86 N	110,27 A
1270	27,03	37,40	1235,19	185,63	147,47 N	113,04 A
1280	26,99	37,48	1244,10	190,17	151,08 N	115,80 A
1290	26,85	37,38	1253,01	194,69	154,67 N	118,56 A
1300	26,76	37,29	1261,94	199,20	158,26 N	121,29 A
1320	26,69	38,19	1279,80	208,18	165,37 N	126,80 A
1340	26,40	36,51	1297,70	217,11	172,47 N	132,22 A
1350	26,52	37,11	1306,65	221,56	176,04 N	134,89 A
1450	26,59	41,60	1396,11	266,23	210,59 N	163,22 A
1550	26,53	42,80	1485,55	310,91	243,71 N	193,25 A
1700	26,96	42,20	1619,51	378,35	293,48 N	238,85 A
1800	26,97	40,80	1708,64	423,68	327,44 N	268,90 A
1850	26,96	40,00	1753,20	446,35	344,70 N	283,59 A
1900	27,11	39,10	1797,74	469,07	362,23 N	298,06 A
1950	26,80	40,60	1842,31	491,73	379,63 N	312,58 A
1990	26,06	39,60	1878,13	509,54	393,24 N	324,05 A

Áætlunin gerði ráð fyrir að slá borstrenginn í sundur eins nærri festunni og mögulegt væri og setja þar inn öflugan jar og jar-magnara. Á þann hátt væri hægt að lemja

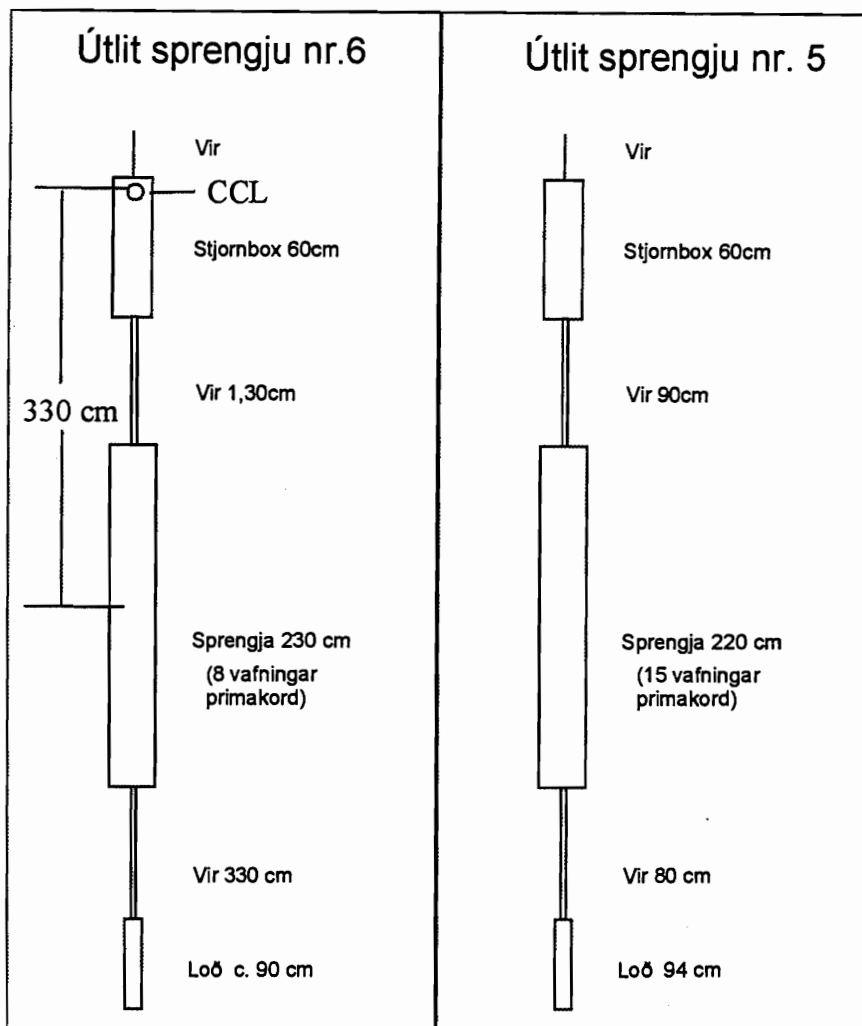
strenginn lausan upp úr prísundinni. Byrjað var á að snúa 4 $\frac{3}{4}$ hringi rangsælis á streng, og strengur hafður með um 10.000 punda togi við skotstaðinn (tog alls 138.000 pund). Sprengja var sett við 1962,5 m dýpi á móts við álagsstangasamskeyti. Fyrsta sprengitilraun mistókst, þar sem rafmagn lak út. Önnur sprengja var þá útbúin, og tækin yfirfarin. Hitamælt var (mynd 3) og sýndi mælingin óbreytt hitaástand holunnar frá síðustu mælingu. Sprengjan var síðan sett niður. Svo virtist sem CCL hætti að virka þegar komið var niður í kollalengjuna, og ekki tókst að komast niður fyrir jarinn. Reynt var að sprengja á samskeytum ofan við jarinn. Ekki var ljóst hvort sprungið hafi, og er sprengjubúnaður kom upp úr holu sást að virinn sem sprengjan og lóðið var fest í hafði slitnað frá. Reynt var að skola því sem eftir var af sprengjunni niður til botns og tókst það. Við það hækkaði dæluþrýstingur í dælingu í gegnum streng og fór hann í 500 psi við aðeins 4 1/s dælingu. Aðfaranótt sunnudagsins 1. ágúst var reynt að losa úr festu með því að toga og snúa upp á strenginn, en árangurs. Þrátt fyrir þrengingar niður við einstreymisloka var unnt að halda holunni kaldri með utanádælingu eins og fram kom í næstu hitamælingu sem gerð var kl. 8:50 um morguninn. Hitinn hafði heldur hækkað við neðri stýringuna eins og sést á mynd 3. Sprengja númer 3 var næst útbúin. Hún var látin síga niður borstrenginn um kl. 14 sunnudaginn 1. ágúst, og var henni ætlað að springa við mót álagsstanga á um 1962,5 m dýpi. Er hún var komin í skotstöðu náðist ekki samband við hana, og var hún dregin ósprungin upp. Haldinn var verkfundur um framhald málsins.

Ákveðið var að ná í annan mælingabíl með annan mælistreng, þar sem ekki var öruggt að mælivír MAN-mælingabíls væri heill. Einnig voru kallaðir fleiri mælingamenn á vakt til þess að hvíla þá sem staðið höfðu í ströngu, og að gera við þær bilanir sem auðsjáanlega voru í sprengjubúnaðinum. Annar mælibíll frá OS kom í Kröflu aðfaranótt mánudagsins 2. ágúst. Sprengisérfræðingur frá OS kom með flugi til Akureyrar að kvöldi 1. ágúst. Hvíldust menn um nóttina og komu til verka í morgunsárið mánudaginn 2. ágúst.

Farið var vandlega yfir allan sprengjubúnað, og sprengja 4 síðan látin síga niður á 1962,5 m dýpi sem fyrr. Ekki myndaðis samband við sprengjuna og var híft upp. Áfram var leitað að mögulegum vanköntum, þeir lagaðir og enn fór sprengja í holuna (sprengja 5) á sama stað og síðast og var sprengd um kl. 17 (mynd 4). Loksins sprakk sprengjan. Er upp kom vantaði lóðið og hefur það orðið eftir niðri í strengnum, þar sem sprengt var. Ekki varð vart við að strengurinn hafi skrúfast í sundur eða losnað upp á gengjum við sprengjustaðinn. Það eina sem breyttist var að togið á borstrenginn hafði aukist um 4000 pund, sem bendir til að hann hefði sigið örlítið í holunni. Reynt var að kanna með togi hvort eitthvað hafi skrúfast í sundur, en engin merki fundust um slíkt.

Að kvöldi 2. ágúst var 6. sprengjan útbúin og var ætlunin að freista þess að skrúfa í sundur á stangarmótum á 1855 m dýpi, 3 stöngum ofan við, en það var líklega ofarlega á meintum festustað. Togað var í strenginn með 128.000 pundum og 8 hringir snúnir rangsælis upp á strenginn. Uppdráttur þeirrar sprengju er sýndur á mynd 4. Notaðir voru 8 vafningar af primakord sprengjuefni, enda þarf minna sprengjuefni til að slá í sundur borstangir en álagsstengur. Sprengt var um klukkan 22:30 (2. ágúst). Ekki sprakk og var talið líklegt að sambandsleysi hafi orðið milli sprengibox og sprengju. Enn var sprengja sett niður um kl. 0:30 aðfaranótt þriðjudagsins 3. ágúst, og hafði nú verið komið fyrir 2 hvellhnettum. Þrátt fyrir að gott samband við sprengju mældist á yfirborði þá var ekkert samband við hana er niður kom á 1855 m dýpi, og var híft úr holu á ný. Sprengjan

yfirfarin og síðan slakað aftur niður. Sprengt var kl. 02 og tókst í það sinn, en með herkjum, sem borholumælingamenn kölluðu “Desperato” aðferðina. Klukkan 2:50 var tekið í strenginn og reyndist hann laus. Borstrengur var hífður úr holu og var kominn í mastur klukkan 9:30. Allar gengjur voru losaðar og hertar áður en sett var í mastur. Strengurinn skrúfaðist í sundur á þeim stað sem ætlað var, þ.e.á 1855 m dýpi.



Mynd 4. Teikning af sprengjum 5 og 6.

Trygve Bertelsen, norsk sérfræðingurinn mældi þvermál þess stangarenda sem upp kom, og reyndist þvermál hans vera 6 1/32" í stað 6 1/4". Það virtist vera heldur grannt fyrir það “overshot” sem Trygve kom með. Því var gert ráð fyrir að fara niður með stangir og reyna að skrúfa strenginn saman. Ákveðið var að skrúfa í strenginn með tengistykki (sub) á endanum. Í strengnum var síðan “bumper sub”, jar, 4 álagsstengur, jar “intensifier” (magnari), og borstangir þar fyrir ofan. Strengur var settur í holu og tókst auðveldlega að tengja í fiskinn. Togað var í strenginn með allt að 320.000 pundum, og sló jarinn vel og drengilega í því átaki. Strengurinn hnikaðist upp og minnkaði átakið niður í um 220.000 pund. Er strengurinn var kominn upp um eina 15 m, slitnaði hann. Við það þeyttist blökkinn upp um 5-10 m, slinkur kom á vírinn efst í mastrinu, og fór út af hjólinu. Hann marðist á einum stað, sem þýddi að taka þurfti þá skemmd í burtu. Aðfaranótt miðvikudagsins 4. ágúst var unnið við að draga upp nýjan

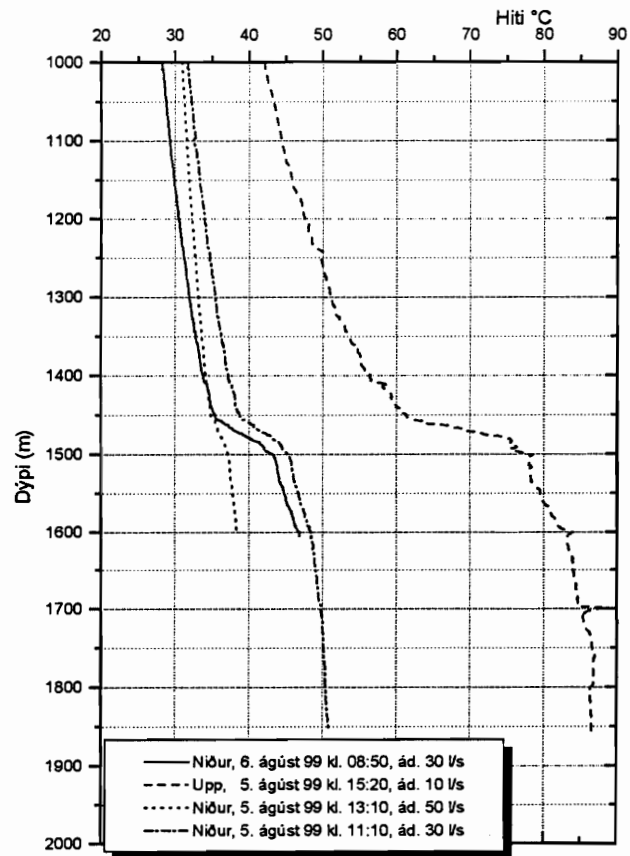
vír í stað þess er laskaðist. Fljótlega kom í ljós að strengurinn slitnaði á miðri 12. stöng, og voru þær stangir teknar úr holu. Síðan var fiskað í þann hluta með utanyfirhulsu (overshot) sem snittaði sig fasta við stangarbrotið. Sú aðgerð tókst vel og var síðan togað í strenginn. Fyrstu 5 metrarnir voru erfiðir í togi (u.þ.b. 230 þús. pund) en eftir það var ekki annað að sjá en að strengurinn væri laus (um 170 þús pund). Þó vöknudu strax grunsemdir hjá reyndum jöxlum í faginu að hugsanlega væri ekki allur fiskurinn á. Borstrengurinn var verulega afmyndaður eftir högginn og togið vegna festunnar. Líklega er stór hluti hans orðinn ónothæfur.

Grunurinn reyndist á rökum reistur. Það þótti nokkuð öruggt þegar komið var að fyrstu álagsstöngum sem settar höfðu verið niður með jarnum að góður hluti væri ennþá eftir niðri því þyngdin sem þá hékk í var aðeins 20 þúsund pund. Það var síðan staðfest milli kl. 1 og 2 um nóttina. Tvær og hálf stöng komu upp til viðbótar því sem síðast var sett niður sem þýðir að í holunni eru allar álagsstangirnar, sem notaður voru við borunina, og auk þess hálf stöng ofan á. Neðstu stangirnar og stangarbrotið voru með því sérkennilegasta sem upp hefur komið úr holu. Snúið var upp á þær, þær misteigðar og að hluta til eins og snigill í laginu. Auk þess að neðsta stöngin væri slitin í sundur var hún nánast rifin í tvennt hálfum metra ofar. Til þess að hægt væri að brjóta út stangirnar þurfti að brenna í sundur þær verst útlítandi, þar sem ekki var hægt að koma við tækjum til að losa þær. Eftir að hafa upplifað þau vonbrigði að fá ekki allt upp úr holunni voru möguleikar í stöðunni metnir, en þeir voru sem hér segir:

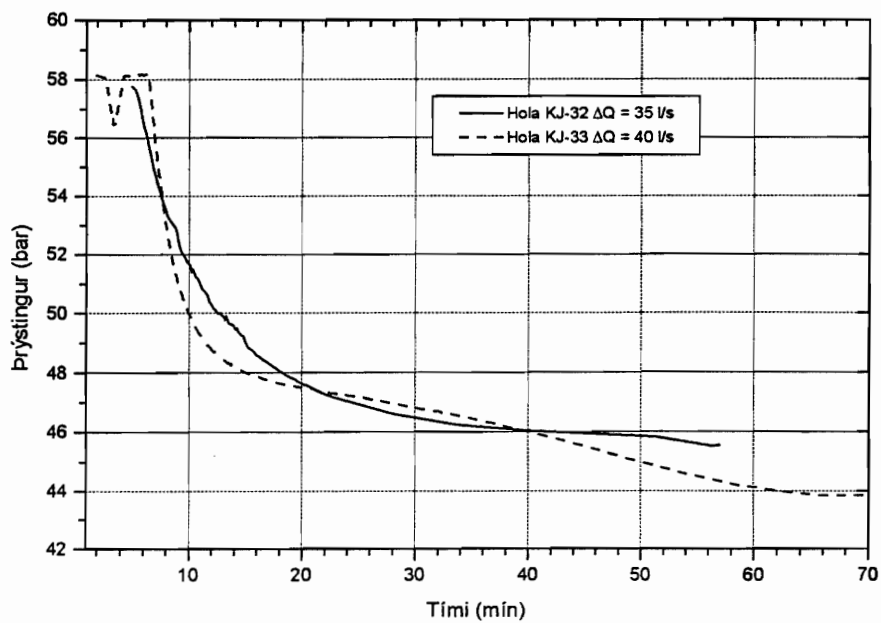
- ✓ Fiskun, þ.e. að mylja ofan af endanum eða mylja stangarbrotið niður að lykilholurýmara og fiska síðan.
- ✓ Steypa í botninn og bora aðra holu til hliðar við fiskinn.
- ✓ Meta lekt holunar við þessar aðstæður og kanna hvort hún væri ásættanleg.

Ádæling var höfð stöðug meðan á öllum þessum aðgerðum stóð, 159 slög, sem jafngildir tæpum 30 l/s og var vatnsborð einhvers staðar niðri í holu. Ákveðið var að skoða síðast nefnda liðinn hér að ofan áður en frekari aðgerðir væru ákveðnar.

Byrjað var að hitamæla kl. 10 að morgni fimmtudagsins 5. ágúst og síðan skoðuð viðbrög við ádælingu 10, 30 og 50 l/s. Hitamælingarnar eru sýndar á mynd 6. Ádælingin gaf til kynna lekt, sem var vel yfir meðallagi miðað við aðrar Kröfluholur, samanber mynd 7. Nánar er fjallað um hana í kaflanum um þrepaðælingu. Þessi athugun gaf sem sagt til kynna að holan væri vel opin eins og hún leit út á þessum tíma. Niðurstaðan var lögð fram sem innlegg á fundi, sem haldinn var eftir hádegi á fimmtudeginum, með verkataka, verkkaupa, ráðgjöfum (Orkustofnun, Sperrysun, Red Baron) og fulltrúum tryggingafélagsins sem tryggði borstrenginn. Eftir ítarlega umræðu fékkst sú niðurstaða að best væri að láta fiskinn eiga sig í holubotninum og ganga frá holunni í því ástandi sem hún var í.



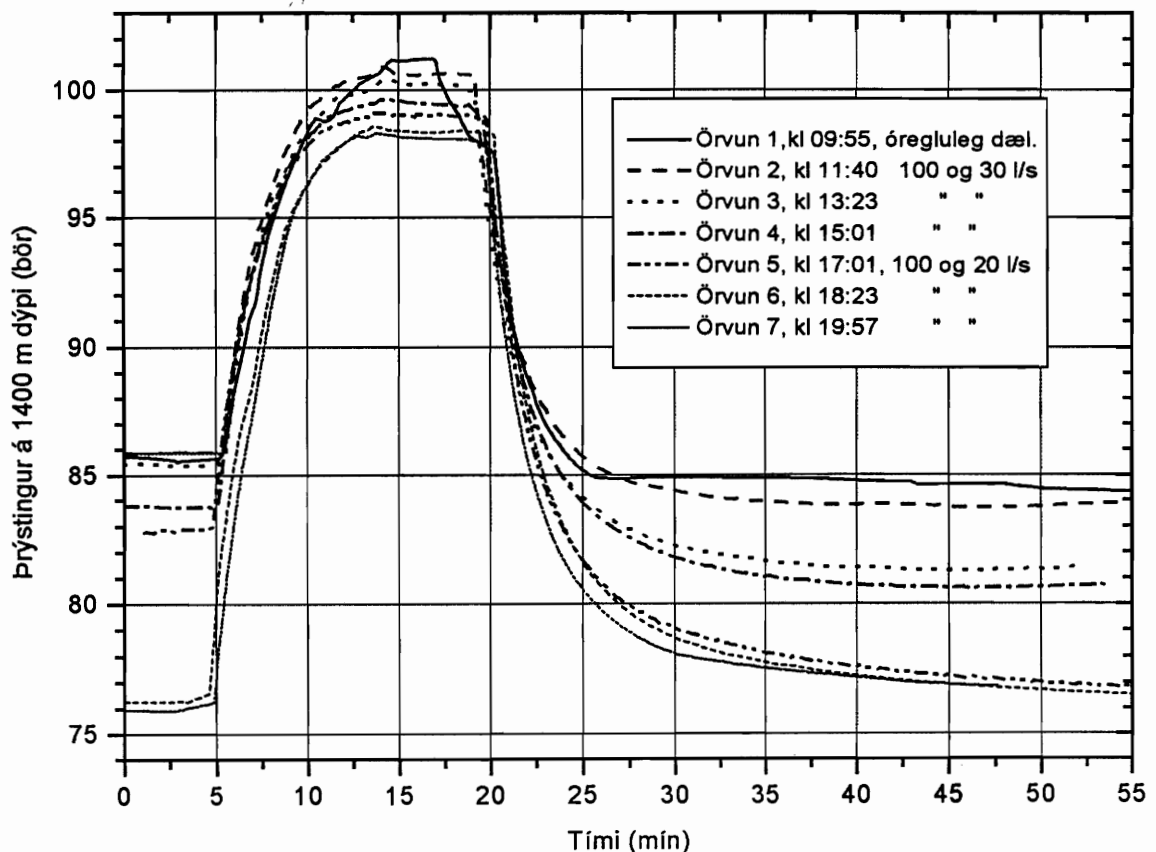
Mynd 5. Hitamælingar eftir upptekt borstrengs.



Mynd 6. Samanburður á þrýstifalli í KJ-32 og kj-33.

2.2. Lok borunar

Eftir fund voru stangir, sem voru í mastri, brotnar út og lagðar til hliðar, þar sem ekki var talið ráðlegt að nota þær frekar við borverk. Því verki var lokið að morgni föstudagsins 6. ágúst og þá skoðaðir þeir möguleikar að örva holuna. Um hádegisbilið var búið að skjóta á hana tvisar sinnum um 100 l/s um 10-13 mínútur í senn. Þrýstimælir var hafður á 1400 m dýpi og sýndi um 85 bar við 30 l/s og hækkaði upp í um 101 bar við að fara úr 30 í um 100 l/s, sem gefur til kynna all góða lekt eða $\Delta P \sim 16$ bar við $\Delta Q \sim 70$ l/s. Allur dagurinn fór í örvunaraðgerðir og var ekki annað að sjá en að holan hafi haft gott af því. Alls var skotið niður sjö 100 sekúndulíttra púlsum, sem stóðu hver um sig í um 15 mínútur. Tveir tímar liðu á milli púlsa meðan borkarið fylltist. Niðurstöður eru sýndar á mynd 7 hér á eftir. Þar sést að þó svo að form þrýstipúlssanna sé mjög líkt innbyrðis þá var þrýstimunur milli fyrsta og síðusta púlssins 5 bar. Þetta má túlka á þann hátt að rennlistregða hafi minnkað næst holunni vegna þess að svarf skolaðist lengra út og kemur vart meira við sögu. Örvunaraðgerðum var hætt þegar sami þrýstingur mældist í 6. og 7. skoti. Þá tóku við jarðlagamælingar og er nánar fjallað um þær hér að aftan.



Mynd 7. Örvunaraðgerðir með vixldælingu 30/20 og 100 l/s.

Tafla 4. Mælingar á skoli.

Dagsetning	Klukkan	Dýpi m	Þrýstingur PSI	Dæla 1 slög	Dæla 1 l/s	Dæla 2 slög	Dæla 2 l/s	Dæling alls l/s	Tap cm	Tap l/s	Skothraði m/mín	Ími frá boir mín	Svarf m/mín	TFB mín	Hiti nður °T	Hiti upp °T	diff.hiti °T
22.07.1999	10:15	1128	875	110	20,38	110	20,38	40,77	0	0,00	104,80	10,76	99,80	11,30	21,3	31,6	10,3
22.07.1999	14:00	1158	875	111	20,57	109	20,20	40,77	0	0,00	104,80	11,05	99,80	11,60	21,5	31,6	9,5
22.07.1999	17:30	1184	875	111	20,57	109	20,20	40,77	4,3	1,27	101,54	11,66	96,54	12,26	22,5	31,1	8,6
22.07.1999	20:50	1207	900	109	20,20	108	20,01	40,21	8,5	2,51	96,92	12,45	91,92	13,13	20,4	29,8	9,4
23.07.1999	01:05	1246	825	109	20,20	111	20,57	40,77	6	1,77	100,25	12,43	95,25	13,08	19,4	28,8	9,4
23.07.1999	05:05	1283	890	112	20,75	111	20,57	41,32	7	2,07	100,92	12,71	95,92	13,38	19,8	29,1	9,3
23.07.1999	07:15	1303	900	110	20,38	111	20,57	40,95	15	4,43	93,90	13,88	88,90	14,66	20,3	30,9	7,6
23.07.1999	10:00	1328	900	109	20,20	110	20,38	40,58	4	1,18	101,29	13,11	96,29	13,79	20,5	30,1	9,6
23.07.1999	12:00	1348	875	109	20,20	112	20,75	40,95	6	1,77	100,72	13,38	95,72	14,08	21,8	31,8	10
23.07.1999	16:20	1385	900	113	20,94	110	20,38	41,32	8	2,36	100,16	13,83	95,16	14,55	23,8	33,8	10
23.07.1999	19:00	1405	880	113	20,94	112	20,75	40,58	8	2,36	98,25	14,30	93,25	15,07	23,8	34	10,2
24.07.1999	04:00	1423	950	111	20,57	112	20,75	41,32	10,5	3,10	98,26	14,48	93,26	15,26	19,5	29	9,5
24.07.1999	06:15	1441	900	110	20,38	111	20,57	40,95	9	2,66	98,45	14,64	93,45	15,42	20	29	9
24.07.1999	09:15	1467	875	109	20,20	111	20,57	40,77	25	7,38	85,84	17,09	80,84	18,15	20,5	28,1	7,6
24.07.1999	09:45	1475	880	112	20,75	110	20,38	41,14	35	10,33	79,21	18,62	74,21	19,88	21,1	28	6,9
24.07.1999	14:30	1493	880	110	20,38	112	20,75	41,14	64	18,88	57,21	26,09	52,21	28,59	24,3	28,3	4
26.07.1999	15:30	1642	1642	150	27,80	111	20,57	48,36		28,50	51,06	32,16	46,06	35,65			0
27.07.1999	08:00	1727	131	131	24,27	111	20,57	44,84		25,00	51,01	33,86	46,01	37,54			0
27.07.1999	13:00	1756	160	160	29,65	111	20,38	50,03		30,40	50,47	34,80	45,47	38,62			0
27.07.1999	16:30	1774	150	150	27,80	110	20,38	50,03		28,50	-1,81	-978,85	-6,81	-260,41			0
28.07.1999	10:00	1878	122	122	22,61	103	0,00	22,61		24,89	-5,87	-319,94	-10,87	-172,77			0
28.07.1999	17:30	1926	131	131	24,27	103	0,00	24,27		24,70	-1,09	-1759,96	-6,09	-316,03			0
29.07.1999	01:00	1956	840	103	19,09	103	19,09	38,17		38,00	0,44	4428,89	-4,56	-429,10			0

Eins og venja hefur verið við háhitaboranir þá var fylgst reglulega með skoli. Það var mælt á fjögurra tíma fresti og skráð. Þess á milli var mælt ef talið var að einhverjar breytingar hefðu átt sér stað. Niðurstöður eru sýndar í töflu 4 og á mynd 8 ásamt jarðlagasniði og borhraða. Eins og fram kom hér á undan þá mældist lítið tap í efri hlutanum. Á um 1200 m dýpi mældist um 2,5 l/s skoltap, en fram að því hafði holan verið þétt. Næsta marktæka skoltap var mælt á bilinu 1283-1301m og var 4,4 l/s. Litlar sem engar breytingar áttu sér stað fyrr en komið var á dýptarbilið 1441-1467 m, en þar fór tapið í 7,4 l/s. Eftir það jókst skoltap milli mælinga eins og kemur fram í töflu 4 og á 1642 m var það komið í tæpa 30 l/s og erfitt að meta skoltapsbreytingar eftir það, þegar skol var lítið eða allt tapaðist. Þegar skol hætti að koma upp var brugðið á það ráð að skrá þrýsting á dælum á tveggja metra fresti. Tilgangurinn með því var fá upplýsingar um þrýstibreytingar í holunni ef æðar myndu verða skornar. Niðurstöður eru sýndar á mynd 9.

Mælingum í opinni holu lauk undir morgun laugardagsins 7. ágúst og virðist einhverra hluta vegna vera regla frekar en undantekning að mælingaprógramið sé unnið í skjóli nætur. Leiðari fór af stað niður í holu um hádegisbilið sama dag. Efstu 3 rörin voru heil, annað hvert niður á 1338 m og öll raufuð þar neðan við miðað við flans (ath. bil milli flans og borpalls er 7,3 m). Leiðarinn settist, þegar hann var 127,5 m frá botni holunnar eða á efri enda fisksins, sem varð eftir í holunni. Síðan var leiðarinn dreginn um 10 m upp og hengdur í vinnslufóðringu. Þannig er 10 m bil frá fiski að fóðringarskó. Leiðarinn var hengdur um kl. 8 sunnudagsmorguninn 8. ágúst og hangir á 1081,3 m dýpi (miðað við flans) í vinnslufóðringunni. Allar nánari upplýsingar um leiðarann er að finna í fóðrunarskýrslu í töflu 5. Stangir voru síðan brotnar út áður en kom að þrepaðælingu. Sú breyting var gerð á venjubundnum frágangi fyrir þrepaðælingu að aðeins var höfð ein stöng í snúningsborðinu og lokað að henni með öryggislokum til að hindra loftstreymi niður með dælingunni.

Borholumælingum í þriðja áfanga holu 33 lauk með þrepaþrófun holunnar, sem hófst síðdegis á sunnudeginum 8. ágúst og lauk um kl 3 aðfaranótt mánudagsins 9. ágúst. Fjallað er um niðurstöður í kaflanum um borholumælingar. Skemmst er frá því að segja að þrýstingi holunnar er gersamlega stjórnað af æðakaflanum á 1465 til 1500 m og stillti holuþrýstingurinn sig að þrýstingi þeirrar æðar í flestum þrepum. Millirennslí hefur verið talsvert og hitnar þá holan milli stóru æðanna tveggja. Það leiðir til þess að þrýstingstoppur koma í upphafi þrepa en hjaðna síðan niður þegar áður heit vatnssúlan milli æðanna kólnar og þyngist. Gott hefði verið að hafa meira vatnrennslí til borsins til að kæfa efri æðina og helst láta hana taka líka við ádælingunni. Líklega hefði þurft vel yfir 50 l/s ádælingu til þess.

Mastur var fellt kl. 13:30 mánudgáinn 9. ágúst á 50. verkdegi og tók 3. áfanginn alls 20 verkdays.



ORKUSTOFNUN
Rannsóknasvið

Borgögn KJ-33 Krafla

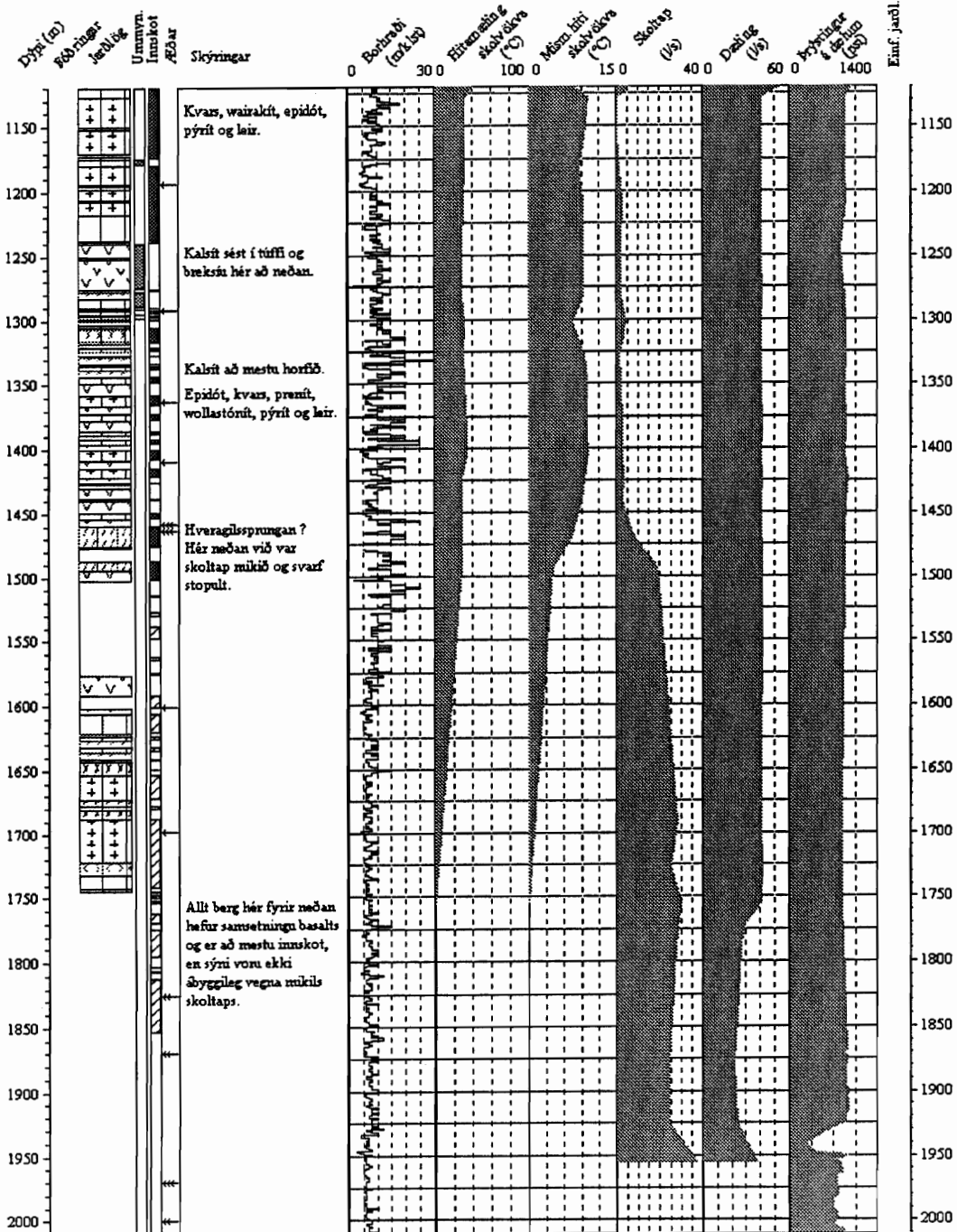
8. ágúst 1999

Staður: Krafla
Holunafn: KJ-33

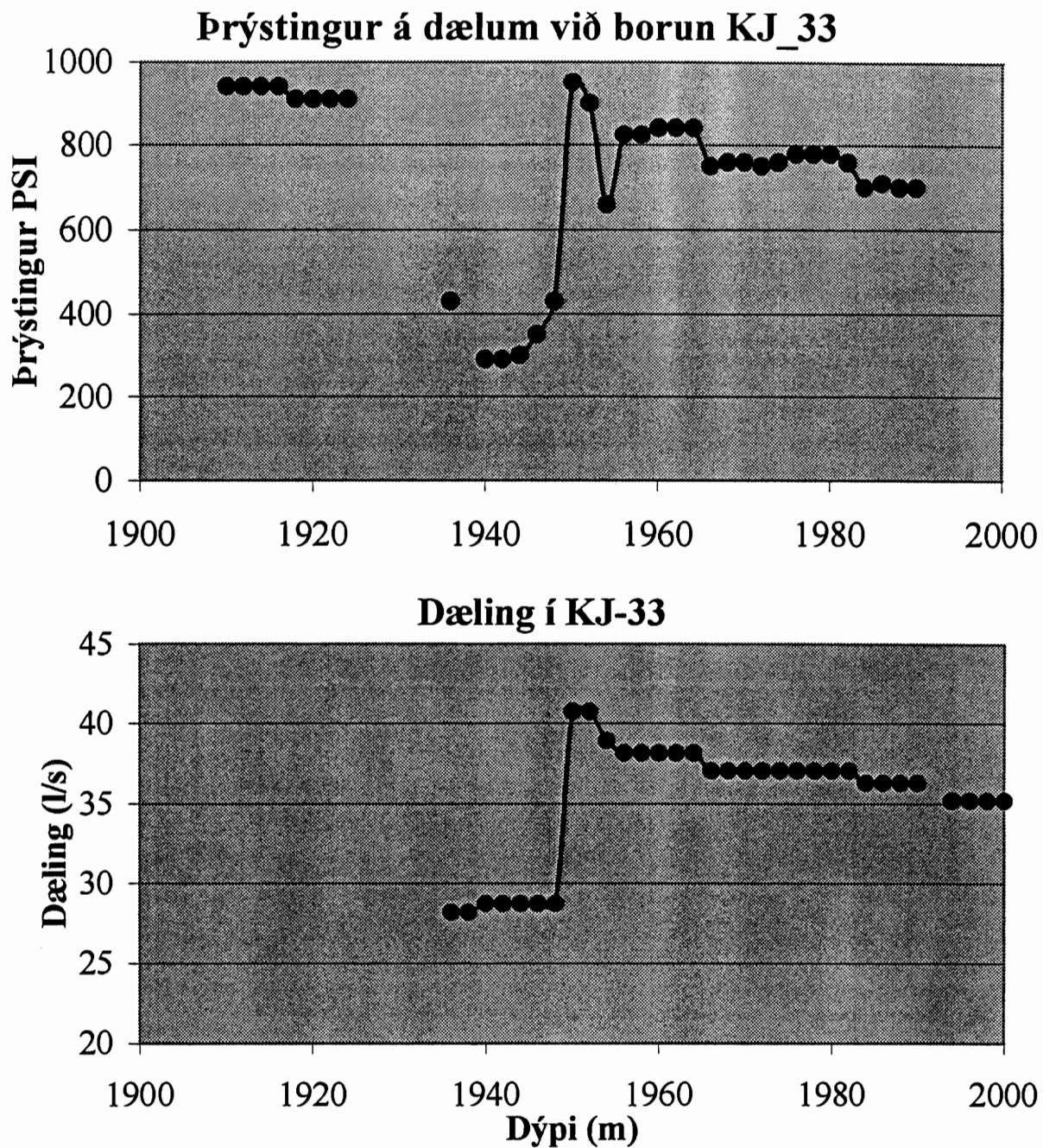
Bor: Jötunn
Dýptarbil: 1120-2011 m

Skotvökví: Vatn
Verkhliuti: 3. áfangi

Staðarnúmer: 58033
Starfsmenn: AsG/SSJo/HF



Mynd 8. Jarðlagasnið og mælingar á skoli í borun.



Mynd 9. Þrýstingur á dælum og dæling.

Tafla 5. Fóðrunarskýrsla.

 JARDBORANIR HF SKIPHOLTÍ 50D - 105 REYKJAVÍK	FÓÐRUNARSKÝRSLA		Eyðublað nr. 68-051

Verk nr. 42670	Hola nr. KJ-33	Borstaður Krafla	Bor Jötunn	Verkkaupi Landsvirkjun
Vidd holu 8 1/2"	Dýpt holu mv. drifborð 2011m	Fóðring nr. 4	Fóðrun framkv. dags. 1999.08.07.	Útfyllt af: K.S.

Holudýpi frá flangsi				2.003,64 m				Fóðringard. frá fl.				1.869 m				
FÓÐRING	Gerð	K-55		Þyngd		26 lbs/ft		Röratatning				LENGD		NR	MS	ALLS m
	Utánmál	7"		Innánmál		159,4 mm						Hengist		er í		1081,28
	Veggþykkt	9,2 mm		Pöntunar nr.				0,84	Heng				1082,12			
	Tengi	Skrúfuð Buttress						11,00	1	H		1093,12				
	Flang	Fóðring hangir í Burns upphengi í 1081,28m						12,20	2	H		1105,32				
	Stungutengi							11,90	3	H		1117,22				
	Skór	Stýriskór með 3"gati						13,31	4	R		1130,53				
STEYPING	Miðjustíllar	stk	Steyputappar		stk			13,55	5	R		1144,08				
	Steypa 1 þurrefni	kg	Tafefni		kg			13,63	6	R		1157,71				
	Eðlisþyngd	kg/l	Steypingartími		min			12,22	7	H		1169,93				
	Steyputæki							13,61	8	R		1183,54				
	Steypa kom upp	?	Eðlisþyngd steypu upp		kg/l			12,22	9	H		1195,76				
	Eftirdæling	ltr	Eftirdæling		min			13,47	10	R		1209,23				
	Steypa 2 þurrefni	kg					11,95	11	H		1221,18					
FRÁGÁGGUR	Dýpi á steypu utan röra	m	Steypt utan með eftir		klst			13,61	12	R		1234,79				
	Steypa þurrefni	kg	Skorið ofan af eftir		klst			12,80	13	H		1247,59				
	Dýpi á steypu í röri	m	Steypa boruð eftir		klst			13,36	14	R		1260,95				
								12,26	15	H		1273,21				
ATHUGASEMDIR								13,61	16	R		1286,82				
10 álagsstangir, bormótor, 2 stýringar, jar, lykilholurýmari, 5 subbar, króna og 5m af								11,70	17	H		1298,52				
stöng eru í botninum á holuni eða alls metrar 127,50.								13,44	18	R		1311,96				
Efri endi þessara tækja er í 1879m miðað við flangs.								12,17	19	H		1324,13				
Efri endi upphengis er í 1081m.								13,63	20	R		1337,76				
								13,61	21	R		1351,37				
								13,62	22	R		1364,99				
								13,58	23	R		1378,57				
								13,64	24	R		1392,21				
								13,31	25	R		1405,52				
								13,80	26	R		1419,32				
								13,27	27	R		1432,59				
								13,78	28	R		1446,37				

Tafla 5. (frh)

 JARÐBORANIR HF SKIPHOLTÍSD - 105 REYKJAVÍK	FÓÐRUNARSKÝRSLA		Framhaldseyðublað nr. 68-051

Verk nr. 42670	Hola nr. KJ-33	Borstaður Krafla	Fóðring nr. 4	Blaðsíða nr. 2
-------------------	-------------------	---------------------	------------------	-------------------

RÖRATALNING				RÖRATALNING				RÖRATALNING			
LENGD	NR.	MS	ALLS m	LENGD	NR.	MS	ALLS m	LENGD	NR.	MS	ALLS m
13,59	29	R	1.459,96								
13,89	30	R	1.473,85								
13,25	31	R	1.487,10								
13,94	32	R	1.501,04								
13,50	33	R	1.514,54								
14,08	34	R	1.528,62								
13,37	35	R	1.541,99								
13,97	36	R	1.555,96								
13,78	37	R	1.569,74								
13,85	38	R	1.583,59								
13,86	39	R	1.597,45								
13,47	40	R	1.610,92								
13,54	41	R	1.624,46								
13,36	42	R	1.637,82								
13,86	43	R	1.651,68								
14,02	44	R	1.665,70								
13,32	45	R	1.679,02								
14,00	46	R	1.693,02								
13,40	47	R	1.706,42								
13,31	48	R	1.719,73								
13,52	49	R	1.733,25								
13,37	50	R	1.746,62								
14,00	51	R	1.760,62								
13,31	52	R	1.773,93								
13,87	53	R	1.787,80								
13,14	54	R	1.800,94								
13,25	55	R	1.814,19								
13,98	56	R	1.828,17								
14,02	57	R	1.842,19								
13,13	58	R	1.855,32								
13,32	59	R	1.868,64								
0,35	skór		1.868,99								

3. BORHOLUMÆLINGAR

Yfirlit mælinga í 3. áfanga er sýnt í töflu 6. Mælingamenn komu fyrst til mælinga í 3. áfanga þegar aðstoð var veitt við gýró-mælingar Sperry-Sun manna þann 24. júlí upp úr kl. 11. Þá var bordýpi 1479 m og komst mælirinn þeirra í um 1430 m dýpi. Síðar sama dag festist borstrengurinn í 1507 m dýpi og þegar honum hafði verið hnykkt lausum var ákveðið að fara með nákvæmari gýró-mælinn niður. Þetta var gert um kl 19:30 og komst sá mælir í um 1350 m dýpi. Eftir þá gýró-mælingu var hitamælt í stöngum við 28 l/s utanádælingu og eru þær mælingar sýndar á mynd 2. Þar sést að holan kælir sig vel niður á 1350 m dýpi, en þar fyrir neðan eru smá hitatoppar. Dálítið ósamræmi er í því dýpi sem topparnir koma inn á, en það stafar af því að í mælingunni niður smáskekkjist dýpið í tölvuskrauningu, og sýndi í botni (1475 m) 15 m of mikið dýpi, eða 1490 m. Í mælingunni upp varð ekki vart við slíka dýptarskekkju.

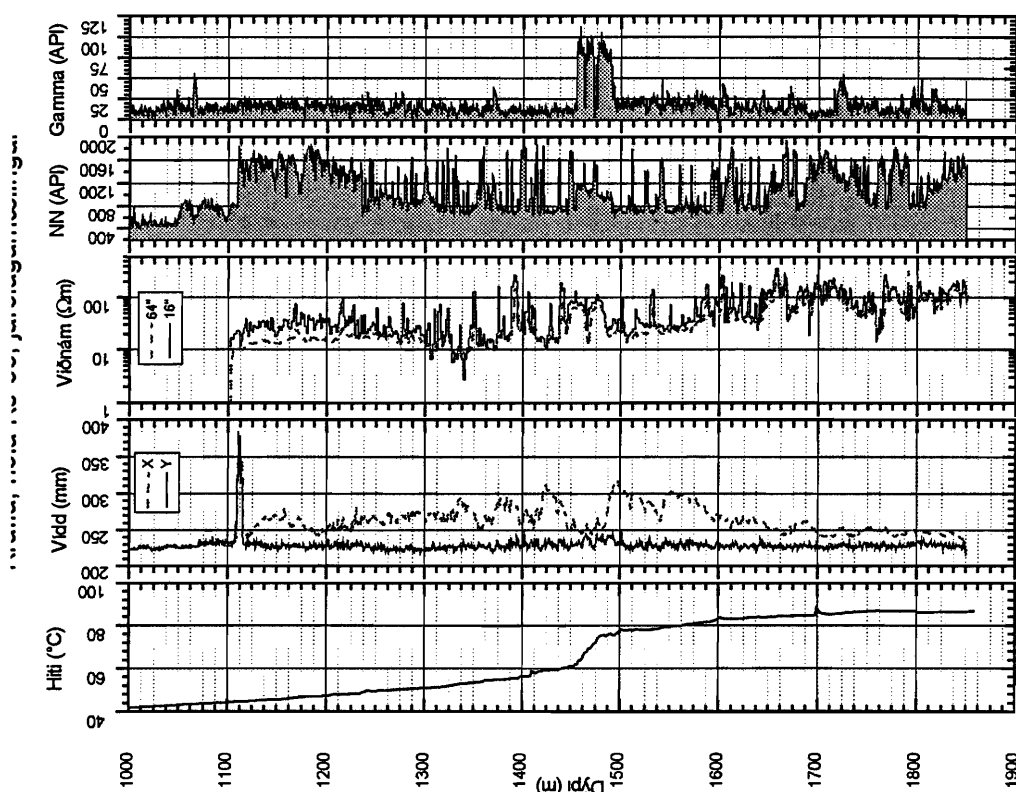
Tafla 6. Yfirlit borholumælinga.

Dags.	Tími	Mæling	Dýptarbil	Tilgangur	Skrá	Aths
24.07.99	21:15-21:23	Híti	50-315	Upphitun	H0724211	Dýpi ruglaðist í 315 m. Q=-28 l/s
24.07.99	21:24-21:55	Híti	315-1490	Upphitun	H0724212	Dýpi smáskekkjist. Q=-28 l/s
24.07.99	21:55-22:15	Híti	1475	Upphitun	T0724215	Upphitun á 1475 m, Q=-28 l/s
24.07.99	22:15-22:20	Híti	1475-1300	Upphitun	H0724221	Dýpi í lagi. Q=-28 l/s
31.07.99	03:00-04:10	Híti	10-1994	Upphitun	H0731030	Q=-30 l/s
31.07.99	03:00-04:10	CCL	10-1994	Samskeyti	M0731030	V/fyrirhugaðra sprenginga
31.07.99	04:11-04:26	Híti	1994	Upphitun	T0731041	Q=-30 l/s
31.07.99	04:28-04:41	Híti	1994-1500	Upphitun	H0731042	Q=-30 l/s
31.07.99	04:28-04:41	CCL	1994-1500	Samskeyti	M0731042	V/fyrirhugaðra sprenginga
31.07.99	11:20-12:10	Híti	11-1994	Upphitun	H0731112	Q=-30 l/s
31.07.99	11:20-12:10	CCL	11-1994	Samskeyti	M0731112	Vir merktur fyrir sprengju 1
31.07.99	15:00	Sprengja 1. 15 *2,20 m af primacord. Dýpi 1962,5 m. Sprakk ekki.				
31.07.99	19:00	Sprengja 2. (Eins og sprengja 1). Dýpi 1915 m. Slitnaði frá og varð eftir				
01.08.99	08:50-09:30	Híti	1100-1985	Upphitun	H0801082	Q=-28 l/s
01.08.99	08:50-09:30	CCL	1100-1995	Samskeyti	M0801082	Vir merktur fyrir sprengju 3
01.08.99	16:00	Sprengja 3. (Eins og sprengja 1). Dýpi 1962,5 m. Sprakk ekki.				
02.08.99	08:10-09:20	Híti	0-1980	Upphitun	H0802081	Q=-30 l/s
02.08.99	08:10-09:20	CCL	0-1980	Samskeyti	M0802081	Vir merktur fyrir sprengju 4
02.08.99	12:00	Sprengja 4. (Sama og sprengja 3, ný hvellhetta). Dýpi 1962,5 m. Sprakk ekki.				
02.08.99	17:00	Sprengja 5. (Sprengja 4, ný hvellh.). Dýpi 1962.5 m. Sprakk . Skrófaðist ekki í sundur				
02.08.99	19:50-20:50	Híti	10-1900	Upphitun	H0802195	Q=-28 l/s
02.08.99	19:50-20:50	CCL	10-1900	Samskeyti	M0802195	Vir merktur fyrir sprengju 6
02.08.99	10:30	Sprengja 6. 8*2.3 m af primacord. Dýpi 1856 m. Sprakk ekki				

03.08.99	00:20	Sprengja 7. (Sprengja 6 með auka hvellhettu). Dýpi 1856 m. Sprakk ekki				
03.08.99	02:07	Sprengja 8. (Sama og sprengja 7). Dýpi 1856 m. Sprakk . Skrófaðist í sundur				
05.08.99	10:58	Þrýstingur	0-1000	Lektarmat	P0805105	Eftir upptekt, fiskur í holu
05.08.99	11:18	Hiti	1000-1855	“ “	H0805111	Ekki leitað að botni, festuhætta
05.08.99	12:00-13:10	Þrýstingur	1000	“ “	P0805120	Tekið þrep, dæl. úr 30 í 50 l/s
05.08.99	13:11	Hiti	1000-1600	“ “	H0805131	Ath. hvort 1500m æð gefi inn
05.08.99	13:36	Þrýstingur	1000	“ “	P0805133	Ádæling niður í 10 l/s
05.08.99	14:56	Þrýstingur	1000	“ “	P0805152	framhald af fyrra
05.08.99	15:22	Hiti	1000-1858	“ “	H0805152	Æðaskoðun í tölum. millirennslu
05.08.99	16:25	Þrýstingur	1850-0	“ “	P0805144	
06.08.99	08:30-08:56	Þrýstingur	0-1000	Örvun	P0806083	Upphaf örvunaraðgerða
06.08.99	08:55	Hiti	1000-1610	Örvun, frh.	H0806085	
06.08.99	09:15	Þrýstingur	1610-1400	Örvun, frh.	P0806091	Farið í að taka þrep
06.08.99	09:20-11:00	Þrýstingur	1400	Örvun, frh.	P0806091	aukið úr 30 í 100 l/s í 15 mín
06.08.99	11:00-11:14	Þrýstingur	1400	Örvun, frh.	P0806110	
06.08.99	11:25	Þrýstingur	1400	Örvun, frh.	P0806112	
06.08.99	11:40	Þrýstingur	1400	Örvun, frh.	P0806114	100 l/s skot sett í kl 11:41
06.08.99	12:58-14:10	Þrýstingur	1400	Örvun, frh.	P0806125	100 l/s skot sett í kl 13:23
06.08.99	14:13	Þrýstingur	1400	Örvun, frh.	P0806141	100 l/s skot sett í kl 15:01
06.08.99	16:56	Þrýstingur	1400	Örvun, frh.	P0806165	100 l/s skot sett í kl 17:01
06.08.99	18:05	Þrýstingur	1400	Örvun, frh.	P0806180	100 l/s skot sett í kl 18:23
06.08.99	19:30	Þrýstingur	1400	Örvun, frh.	P0806193	100 l/s skot sett í kl 19:57
06.08.99	20:44	Hiti	1400-1856	Prógramm	H0806204	Örvunum lýkur
06.08.99	20:55	Þrýstingur	1853-0	“	P0806221	farið í jarðlagamælingar
06.08.99	22:15	XY-vidd	1850-0	“	XY0806221	óregla í fôðringu, líklega vb.
07.08.99	00:05	NN og G	1850-0	“	NG0807000	
07.08.99	04:02	XY-vidd	600-0	“	XY0807040	fôðring mæld aftur án ádæl., ok.
07.08.99	05:30	Viðnám	1850-1100	“	vidn_upp	mælt með NB-765
07.08.99	14:04	Hiti	0-1870	Þrepapref	H0808140	Upphaf þrepaprófs, 28.5 l/s
07.08.99	16:01	Þrýstingur	0-1870	“	PRES1.28ls	
07.08.99	16:30	“	1400	“	threp1.dat	1. þrep, 28.5 í 20 l/s kl 16:30
07.08.99	18:54	“	1400	“	threp1a.dat	1. þrep, frh.
07.08.99	19:50	“	1400	“	threp2.dat	2. þrep, 20 í 35 l/s kl 22:50
07.08.99	22:45	“	1400	“	threp3.dat	3. þrep, 35 í 50 l/s kl 23:20
08.08.99	00:16	“	1400	“	threp4.dat	4. þrep, 50 í 0 l/s kl 00:24
08.08.99	01:00	Hiti	1400-0	“	h0530.dat	mikið loft á öryggisbúnað á topp

Næstu mælingar í þessum áfanga voru gerðar á tímabilinu laugardaginn 31. júlí til þriðjudagsins 5. ágúst. Mælingunum er lýst í kaflanum hér á undan þar sem fjallað er um losun úr festu (kafla 2.1 um festu og losunaraðgerðir) og einnig eru þær listaðar upp í töflu 6. Um er að ræða hita- og CCl-mælingar í tengslum við sprengingar til hjálpar við að skrúfa strenging í sundur niðri í holu.

Enn þurfti mælingar eftir að borstrengurinn slitnaði og stangir voru komnar úr holu miðvikudaginn 5. ágúst. Gerðar voru hitamælingar og tekið þrýstifall til að meta gæfni holunnar. Afráðið var að beita sömu aðferðum og í holu 32 þar sem hún er um margt lík holu 33 hvað varðar æðar og dýpi á þær. Hitamælingarnar á mynd 5 sýna vel að æðakaflinn á 1465 til 1500 m veitir vatni inn í holuna ásamt ádælingunni á toppi þ.a. botnæðin svalg auðveldlega yfir 50 l/s. Á mynd 6 er sýnd þrýstijöfnun á 1000 m dýpi í holum 32 og 33. Eru ferlarnir óvenju líkir. Þótti þá óhætt að spá því að holurnar tvær verði systur í afköstum.



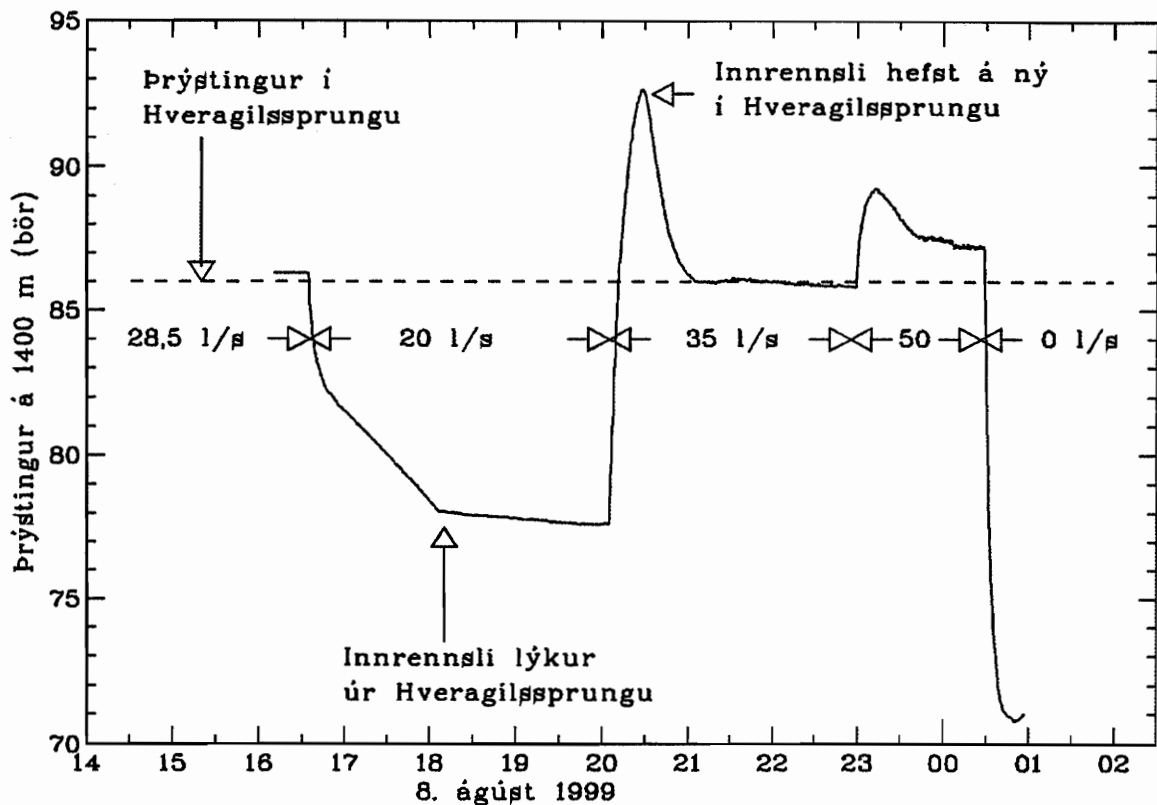
Mynd 10. Jarðlagamælingar eftir að borun lauk.

Að lokinni ákvörðum um örlög fíksins í holunni voru gerðar nokkrar örvunartilraunir og má sjá niðurstöður þeirra á mynd 7. Þar á eftir komu svo hefðbundnar jarðlagamælingar áður en leiðari var settur niður. Niðurstöðurnar eru sýndar á mynd 10. Hitamælingin sýnir aðaleinkenni holunnar. Tvær æðar eru ráðandi. Sú efri í 1460 m gefur inn í holuna með ádælingunni og botnæðarnar taka við því öllu. Viddarmælingin sýnir verulegan mun á XY-örmunum. Y-ferillinn sýnir skápalaus holu meðan X-ferillinn sýnir hið gagnstæða. Einn möguleiki í túlkun á þessu fyrirbæri er að X-armurinn hafi leitað í far sem borstrengurinn nuddaði í holuvegginn á meðan borun stóð. Athyglisvert er að þau einkenni koma ekki fram í súra berginu við efri æðina.

Nifteindadreifingin og viðnámið sýna ótvírætt að holan sker fjölda innskota, sem koma fram sem toppar í ferlunum. Gammamælingin sýnir á áberandi hátt súrt innskot á 1460-1500 m dýpi og er talið að þar sé farið í gegnum Hveragilssprunguna.

3.1. Þrepaþrófun

Byrjað var að þrepaþrófa holu KJ-33 síðdegis þann 8. ágúst 1999. Fylgt var venjunn í slíkum þrófunum. Þrýstimælir var hafður á 1400 m dýpi, sem er rétt ofan við 1460 m æðina sem fylgir Hveragilssprungunni. Þótti þar nógu kyrrt gagnvart millirennisli sem veldur hröðum hitabreytingum og reki í þrýstiskynjaranum. Mynd 11 sýnir sögu rennslis og þrýstings í þrepaþrófinu.



Mynd 11. Ádæling og þrýstingur á 1400 m dýpi í þrepaþrófun.

Þegar í upphafi var ákveðið að prófa holuna í fjórum rennslisþrepum, þ.e. 20, 35, 50 l/s og svo í lokin 0 l/s eins lengi og aðstæður leyfðu.

Snemma varð ljóst að viðbrögð holunnar við breytilegri ádælingu voru um margt lík því sem mældist í holu KJ-32, og er það að vonum því holunnar tvær eiga það sammerkt að skera báðar Hveragilssprunguna og taka síðan aðra æð niður undir 1700-1800 m dýpi.

Í báðum tilvikum eru æðarnar í Hveragilssprungunni ýmist að taka við eða láta frá sér vökva eftir því hver þrýstingurinn er í holunni. Vegna þessa telst einungis hluti þrýstingssögunnar á mynd 11 nothæfur í hefðbundna úrvinnslu þrepaþrófsins.

Skoðun myndar 11 sýnir að ráðandi þrýstingur á 1400 m dýpi er í kringum 86 bar, hvort sem ádælingin er 28, 35 eða 50 l/s. Hér er talið að sá þrýstingur einkenni

Hveragilssprunguna. Er hann þá u.þ.b. 92 bar þegar tekið er tillit til vatnssúlunnar sem er milli þrýstiskynjarans og æðarinnar á 1460 m. Þegar hola 32 var þrepaprófuð, var þrýstiskynjarinn á 1000 m dýpi, þrýstingur þar u.þ.b. 72 bar og Hveragilssprungan kom í holuna á 1200 m dýpi. Ef aftur er leiðrétt fyrir 200 m langri vatnssúlunni milli æðar og nema fæst að þrýstingur Hveragilssprungunnar í borun holu 32 er 92 bar eða nákvæmlega sá sami og í holu 33. Því þykir ljóst að Hveragilssprungan er mjög gufurík á þessum stað og að þrýstistigull með dýpi ræðst af eðlisþyngd gufunnar en ekki vatnsins. Eins má ætla að ekki hafi komið til hraðs þrýstiniðurdráttar í sprungunni milli þess að holu 32 er hleypt upp og borun holu 33 lýkur.

Þrýstingur holu KJ-15 í upphitnun, á dýpisbilinu 1200-1500 m, var 90-110 bar. Því má meta þrýstifall í Hveragilssprungunni sem e.t.v. 10 bar og að hámarki 20 bar síðan hola 15 er boruð árið 1980.

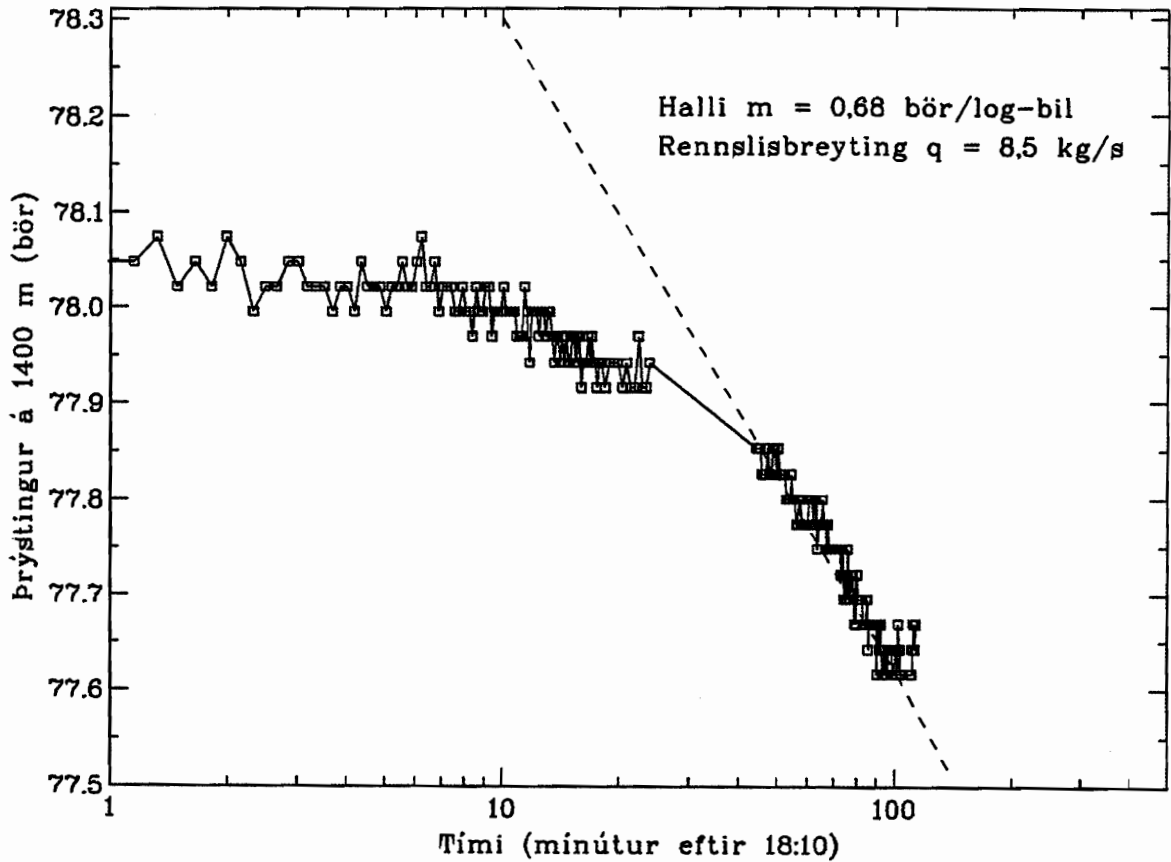
Annar merkur þáttur í þrýstisögunni á mynd 11 eru topparnir tveir sem koma við það að ádæling er aukin. Þar með vex þrýstingur í holunni langt yfir þann þrýsting sem er á Hveragilssprungunni. Mjög líklegt er að hér valdi hlutlektir vatns og gufu sem ýmist geta fest/losað vatnsfasann meðan gufufasinn flæðir/festist. Má þá giska á að eftirfarandi eigi sér stað í þrepaprófinu:

1. Í fyrsta þrepinu fellur holuþrýstingurinn niður fyrir þrýsting Hveragilssprungunnar. Við það tekur vatn að renna úr sprungunni inn í holuna. Forðinn er hins vegar lítill, bæði vegna þess að þyngdaraflið dregur hluta ádælingarvatnsins niður eftir bratt hallandi Hveragilssprungunni, og eins hitnar það og blandast gufu og verður þannig illa til hnikað. Þennan vatnsforða þrýtur hins vegar u.þ.b. klukkan 18. Kemur þá brot í þrýstiferlinn. Eftir það er þrýstingi holunnar stýrt af botnæðunum. Má þá nota þennan hluta prófsins til að meta lekt þeirra. Væntanlega blæðir þurri gufu inn í holuna úr Hveragilssprungunni á meðan, en magnið er lítið.
2. Þegar ádælingin vex svo úr 20 í 35 l/s rýkur holuþrýstingurinn vel upp fyrir þrýsting Hveragilssprungunnar. Hún þumbast hins vegar að taka við vatninu sökum þess að við ráðandi gufuhluta er lekt vatnsfasans mjög lág. Að því kemur þó að smávægilegt innrennsli til æðarinnar nær að þetta næga gufu til að lekt myndast fyrir vatnsfasann. Hann nær þar með að steypast inn í sprunguna og holuþrýstingurinn sígur jafnframt að þrýstingi Hveragilssprungunnar.
3. Þessi leikur endurtekur sig svo við að ádæling vex úr 35 í 50 l/s en þó ekki eins afgerandi og í fyrri sinnið. Rennslisflötur vatnsfasans innan gufuráðandi Hveragilssprungunnar vex eitthvað en iðustreymistöþ gætu valdið því að þrýstingur endar um 1 bari hærra en í fyrri þrepum.

Saga þrýstings milli klukkan 18 og 20 var svo túlkuð með hefðbundnu verkfæri grunnvatnsfræðinnar, þ.e. gert er ráð fyrir að ádælingarvatnið fari út í óendanlega stórt og einsleitt, lárétt jarðlag. Fæst þannig samanburður á lekt botnæða holu 33 við aðrar holur á Kröflusvæðinu. Mynd 12 sýnir niðurstöðuna.

Lekt botnæða holu KJ-33 er samkvæmt þrepaprófinu þokkaleg, eða kringum 2 Dm (Darcy-metrar). Tafla 7 gefur betri tilfinningu fyrir þessu, en þar eru dregnar saman niðurstöður þrepaprófana í ýmsum Kröfluholum. Meðaltal margfeldis lektar og þykktar (kH) er um 2,5 Dm í þessum holum. Botnæðar KJ-33 lenda því rétt undir lektarmeðaltalinu, en slaga samt upp í lekt Suðurhlíðaholnanna KJ-14 og KJ-17.

Í lokin má áætla svonefndan viðnámsstuðul botnæða holu 33. Hann lýsir því hve mikið vatnsborð sveiflast við það að dæling breytist svo nemi einum sekúndulítra. Mynd 11 sýnir að milli klukkan 18 og 20, þegar ádæling er 20 l/s, er þrýstingur á 1400 m u.þ.b. 78 bar. Hann fellur svo niður undir 70 bar við að ádælingin hættir. Fæst þá að viðnámsstuðull botnæðanna er u.þ.b. 4 m/(l/s). Til samanburðar má geta þess að góðar Svartsengisholur eru með þetta gildi á bilinu 1-2 m/(l/s).



Mynd 12. Þrýstingur í holu KJ-33 sem fall af lógariþma tímans.

Tafla 7. Niðurstöður þrepaprófana í Kröflu.

Hola	kH (Dm)	Sx10 ⁻⁸ (m/Pa)	s	Hola	kH (Dm)	Sx10 ⁻⁸ (m/Pa)	s
6	1.6	'	'	16	0.9	'	'
7	2.1	'	'	16A	1.2	'	-1.5
8	1.75	'	'	17	2.5	'	'
9	4.0	'	'	18	0.1	'	'
10	2.5	'	'	21	5-6	'	'
11	1.6	'	'	27	1.8	-2	16
12	2.4	'	'	28	16	0.5	0.9
13	1.5	'	'	29	0.9	-1	'
14	2.2	'	'	30	0.9	'	'
15	1.5	'	'	31	1.8	-3	9
'	'	'	'	33	2.0	'	'

Ath. að gildin eru fengin úr ýmsum áttum. Margar heimildir gefa upp leiðnistuðul kH/μ þar sem μ er skriðseigja vatnsins. Hér er gildið á kH reiknað út frá seigju fullheits kerfis, oftast er hitinn þá kringum 300°C.

Þess má geta hér í lokin að hefð er fyrir að setja mörg hundruð metra borstreng niður í þrepaprófunum. Sér þá strengurinn um að hirða mest allt loftið sem sogast niður með ádælingavatninu. Nú var hins vegar aðeins ein stöng höfð í toppnum og þétt að henni annars vegar með gosvörum og hins vegar með tappa utan um mælingavírinn efst á stönginni. Fór þannig sáralítið loft niður þó vissulega væri holan með soghljóðum á meðan. Auk þess varð fyrsta ágústfrost sumarsins 1999 í Kröflu innan í þessum ágæta tappa.

4. JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR

Eins og venja er þá var safnað svarfsýnum á reglubundinn hátt með tveggja metra bili. Þau voru greind samhliða borun og niðurstöður eru sýndar á jarðlagasniði á mynd 13 ásamt jarðlagamælingum. Einnig var ummyndun greind.

Borhraði var mjög mikill framan af eins og sést í töflu 1 hér að framan og því er ekki við því að búast að jarðlagasnið geti náð sömu nákvæmni og þegar um hægari borun er að ræða. Ennfremur jókst skoltap verulega neðan 1500 m dýpis og því lítið svarf sem kom upp og þá aðeins finasta kornastærðin. Tekið var til þess ráðs þegar lítið skol kom upp að safna svarfi milli stangaribætinga í svarfkassann við endann á frárennslinu frá holunni. Þannig fengust sýni, sem ekki var hægt að fá með venjulegri sýnatöku. Eftir að sýni hafði verið tekið var svarfkassinn tæmdur og hreinsaður fyrir næstu sýnatöku. Á köflum kom ekkert upp og eru þar eyður í greiningunni. Jarðlagamælingarnar fylla því upp í þá mynd sem óljós er við svarfgreiningu.

Hér á eftir er stuttaraleg lýsing á því sem fyrir augu bar í svarfinu og var greint meðan borunin stóð yfir:

1120-1154 m. Basaltinnskot. Meðal-grófkorna fersklegt basaltinnskot. Bergið er finna ofantil en verður örlítið grófara þegar neðar dregur. Mjög lítið sem ekkert er af ummyndunarsteindum og ekkert kalsít er sjáanlegt.

1154-1176 m. Basaltinnskot. Innskotsberg að mestum hluta. Ofan til er grásvart meðal-til grófkorna basalt með sprungufyllingum. Kvars og wairakit eru í sprungunum en einnig sjást smáar þyrpingar af epidóti í berginu. Bergið er talsvert sprungið og neðantil er dreif af mjög ummynduðu basalti – sennilega hraunlögum sem mynda staflann sem innkotin skera. Grænleita upphleðslubergið verður meira áberandi neðst í þessari syrpu og eins gæti verið um að ræða bakaða snertifleti innskots og grannbergs þess.

1176-1182 m. Basalt hraunlög. Grænleit ummynduð basalhraunlög, nokkuð glerjuð. Epidót er meira áberandi en í innskotsberginu að ofan en ekkert kalsít er sjáanlegt.

1182-1244 m. Basaltinnskot. Þétt og einsleitt meðal-grófkorna fersklegt basaltinnskot með grænleitum pýroxendílum og plagíóklas. Bergið er grænleitt og ummyndunarsteindir sem sjást eru epidót, kvars og pýrit. Neðst voru brotkorn sem eru samsett úr grófkorna innskotsbergi og finkorna grábleiku bergi. Frá 1196-1198 m er finkorna fersklegt basaltinnskot og sker stærra innskot fyrir ofan og neðan, sem er sennilega það sama og nær niður í 1204 m. Þaðan og niður í 1210 m er tiltölulega mikið ummyndað meðal-grófkorna basaltinnskot. Vottur er af kalsedón/kvarsi í sprungum. Bergið er þar mjög hvítshellótt af ummyndun (albit/sphen). Síðan tekur við minna ummyndað berg af sömu kornastærð og nær niður í 1220 m, með vott af pýriti í. Neðst í þessum innkotakafli er finkorna meðalummyndað brúnleitt dilótt basaltinnskot, sem nær niður á 1242 m dýpi. Mikið er af málmsteindum í berginu en ummyndunarsteindir eru fáar. Vottur er af pýriti og einnig sést vottur af dökkgærnnum finkorna leir (klórit). Neðsti hluti innskotsins er örlítið grófkornóttari og gæti verið annað þunnt innskot, eða innkotajaðar.

1244-1276 m. Móberg. Ljóst, örlítið grænleitt, útfellingaríkt mjög ummyndað túff með nokkru af kalsíti, en aðallega leir og smávöxnu pýriti. Einnig er epidót sem er mest

bundið við sprungur. Í túffinu eru linsur af grófara og dekkra túffi með sömu ummyndunarsteindum.

1276-1459 m. Basalthraunlög og innskot. Allur þessi kafli er samsettur úr basaltlögum eða innskotum af sömu gerð. Bergið er ýmist fin- eða grófkorna og eru lögin aðskilin af basaltbreksíum og túffi. Innskotin eru að jafnaði minna ummynduð. Leir (klórít) er sem áður aðalumyndunarsteindin. Túffið er alltaf mjög útfellingaríkt og sést kalsít í því m.a. niður á 1390 m dýpi en hverfur þar alveg og wollastónít fer að verða áberandi. Annars eru helstu ummyndunarsteindir epidót, kvars og pýrít, en wollastónít, prehnít og kvars sjást öðru hvoru. Ef mynd 13 er skoðuð þá sjást á mjög afgerandi hátt basaltinnskotin þar sem hátt útslag kemur fram í NN-ferlinum vegna minnkandi grops .

1459-1499 m. Súrt innskot. Kornastærðin er á bilinu dul-meðalkorna og bergið er mjög ljóst, nánst hvítt. Talið er að hér sé um að ræða innskot tengt Hveragilssprungunni. Þunnt basaltlag sker súra lagið á 1476 m dýpi. Vegna mikils skoltaps fékkst ekkert svar af 10 metra kafla, frá 1477-1487 m. Þar neðan við er aftur komið í súra bergið. Þessi súra myndun er mjög afgerandi í gamma mælingunni á mynd 13. Helstu ummyndunarsteindirnar í háhita sjást í þessum kafla eins og epidót, kvars, prehnít, wollastónít og pýrít. Minna virðist vera um leir í súra berginu samanborið við basaltið.

1499-1653 m Basalthraunlög og innskot. Sams konar kafli og fyrir ofan súra bergið þ.e. samsettur úr basaltlögum eða innskotum af sömu gerð. Bergið er ýmist fin- eða grófkorna og eru lögin aðskilin af basaltbreksíum og túffi. Innskotin eru að jafnaði minna ummynduð. Sömu ummyndunarsteindir og hér að ofan.

1653-1744 m. Basaltinnskot. Bergið er að jafnaði meðal-grófkorna, en mismikið ummyndað. Á 1722-1732 m dýpi getur verið ísúrt innskot en vísbending um það er bæði í svarfi og gamma-mælingu. Eingöngu háhitaummyndun mikið tengd sprungum.

1744-1936 m. Basaltlög. Svarfið er ákfluga erfitt til greininga á þessum kafla, bæði að það kom upp nokkuð stopult og síðan var það alfinasti hlutinn er kom upp. Niður á 1850 m eru mælingar til hliðsjónar og benda til þess að basaltinnskot séu ráðandi.

1936-2010 m. Svarf vantar vegna skoltaps.

4.1. Vatnsæðar í vinnsluhluta

1194 m dýpi. Smávægilegt skoltap mældist eða 1-2,5 l/s. Ekki sést neitt í hitamælingu, en meint æð er á innskotajaðri.

1292 m dýpi. Á þessu dýpi jókst skoltap um 2 l/s og var tæplega 4,5 l/s. Æðin sést þar sem nýverið er komið niður úr móbergskafli niður í basaltinnskot. Hún sést ekki í hitamælingum.

1363 m dýpi. Smávægileg aukning í skoltapi eða innan við 1 l/s. Í basaltinnskoti neðan við móberskafla. Venjulega er ekki fjallað um æðar tengdar svo litlu skoltapi, en í þessu tilviki var greinileg æð í hitamælingum eins og sést á mynd 2.

1409 m dýpi. Skoltap jókst um tæpa 2 l/s og fór í rúma 3 sekúndulíttra. Er í grófkorna basaltinnskoti neðan við ummyndað túff. Má sjá ef grannt er skoðað í hitamælingum á mynd 2.

1458 m dýpi. Skoltap fór í tæpa 7,5 l/s og jókst þar af leiðandi um rúma 4 sekúndulíttra. Æðin sést rétt í þann mund þegar súrt innskot tengt við Hveragilssprunguna er skorið. Sást í hitamælingu sem gerð var 5. ágúst.

1464 m dýpi. Hér er sennilega sama æðin og lýst er fyrir ofan og skoltap er komið í rúma 10 l/s. Bergið er súrt innskot. Sást í hitamælingu sem gerð var 5. ágúst.

1490 m dýpi. Skoltapið hefur aukist í tæpa 19 l/s og enn er verið að bora í súra berginu sem álitði er að tengist meintri Hveragilssprungu. Sást í hitamælingu sem gerð var 5. ágúst.

1601 m dýpi. Á umræddu dýpi er lekinn kominn í 28,5 l/s og er vafalaust að mestu tengdur sprungunni sem skorin var fyrir ofan. Aukningin getur að einhverju eða öllu leyti verið tengd því að lekinn jókst við það að stoppað var skömmu eftir að komið var niður fyrir 1500 metrana. Sást í hitamælingu sem gerð var 5. ágúst.

1698 m dýpi. Erfitt er að sjá æðina í öðrum gögnum en hitamælingu, sem gerð var 5. ágúst. Nifteindir og svarf gefa til kynna að hún sé tengd grofkorna innskoti.

1825 m dýpi. Eða þar í nánd æð kom fram í hitamælingum og skv. nifteindum við innskotajaðar.

1870 m dýpi. Æð sást í hitamælingum þegar reynt var að skrúfa streng í sundur.

1970 m dýpi. Öflug æð samkvæmt hitamælingum.

2000 m dýpi. Öflug æð samkvæmt hitamælingum.



ORKUSTOFNUN
Rannsóknasvið

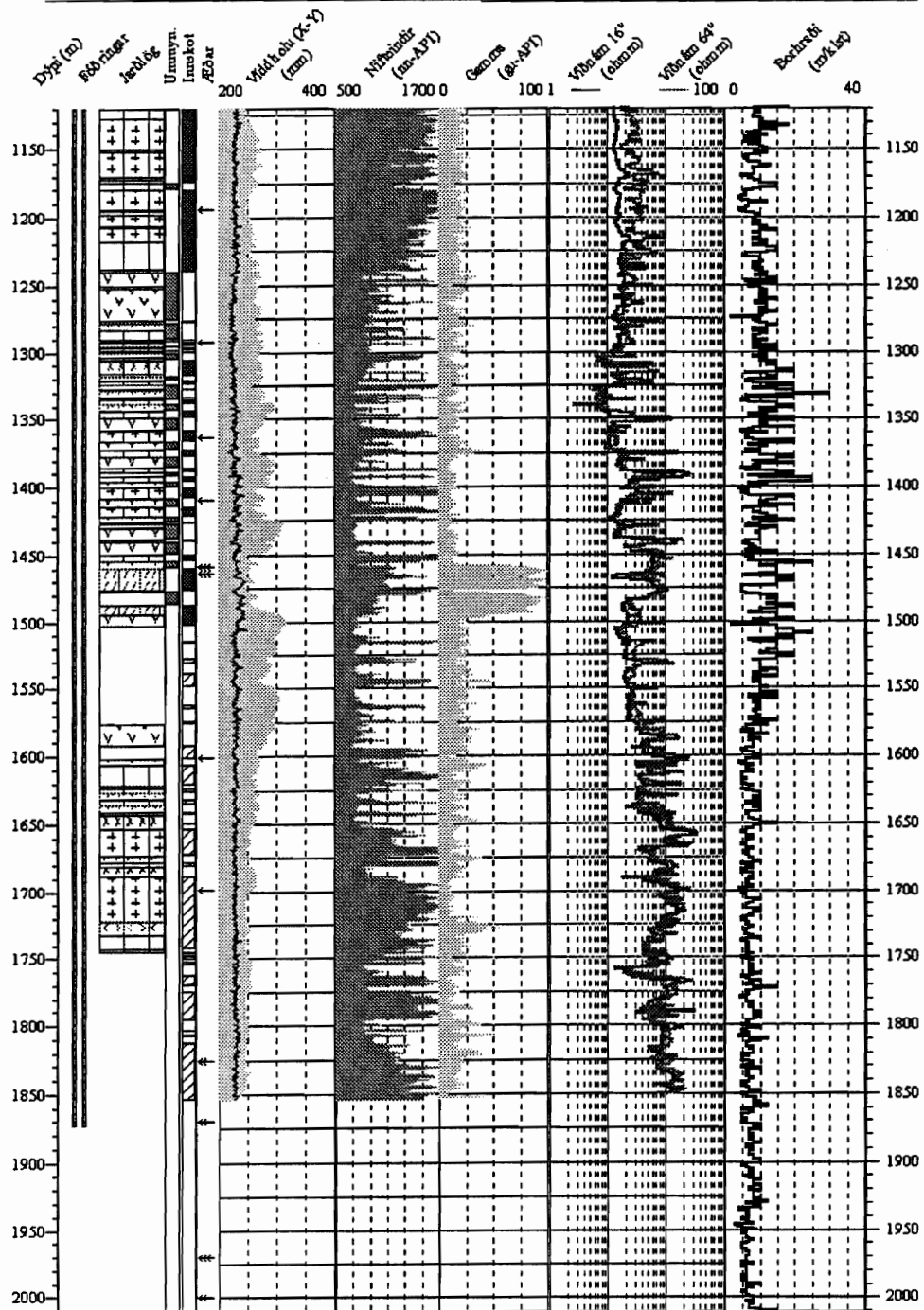
Jarðlagamælingar

8. ágúst 1999

Staður: Kräfte
Holunafn: KJ-33

Bor: Jötunn Skoivökvi: Vatn
Dýptarbil: 1120-2011 m Verkhúti: 3. áfengi









Staðarnúmer: 58033
Starfsmenn: A.S/G/SSJ o/HF





Mynd 13. Jarðlög og jarðlagamælingar.

Skýringar við jarðlagasnið og bergummyndun





Berggerðir

	Basalttúff
	Basaltbreksía
	Glerjað basalt
	Fín-meðalkorna basalt
	Meðal-grófkorna basalt
	Ísúrt dul-meðalkorna berg
	Stórt dul-meðalkorna berg
	Svarf vantar

Innskot




	Innskot
	Hugsanlegt innskot

Ummyndunarstig

	Engin ummyndun
	Lítill ummyndun
	Meðal ummyndun
	Mikil ummyndun

$\frac{\text{á.m.}}{\text{kr}}$

Vatnsæðar

7		Lítill æð
8		Meðal æð
9		Stór æð

Viðauki 1



8 1/2" BHA proposal. 1120m-

20.jul.99

KJ-33

Ser no	Component		NO	Conn. BTM	Conn. Top	OD	ID	FN	Comp. Length	Total length
SM 2796	8 1/2" Bit Open jets	Jardboranir	1		4 1/2" Reg				0,26	0,26
675138	6 3/4" Sperrydrill with 8 1/4" sleeve.	Halliburton	2	4 1/2" Reg	4 1/2" IF	6 3/4"			8,45	8,71
AB578	1.15deg bend. 6/7 lobe.	Halliburton	3	4 1/2" IF	4 1/2" IF	6 1/2"	3"	0,74	1,61	10,32
	8 1/4" IB Stabiliser	Jardboranir	4	4 1/2" IF	4 1/2" IF	6 1/4"	2 1/4"		0,71	11,03
17	UBHO SUB	Halliburton	5	4 1/2" IF	4 1/2" IF	6 1/4"	3"		0,79	11,82
	X/O	Jardboranir	6	4 1/2" IF	5 1/2" H90			0,39	0,73	12,55
	1 x DC	Jardboranir	7	5 1/2" H90	5 1/2" H90				9,46	22,01
	8 3/8" IB Stabiliser (Jardboranir)	Jardboranir	8	5 1/2" H90	5 1/2" H90	6 3/4"	2 3/4"	0,59	1,47	23,48
	6 x 7 1/4" DC	Jardboranir		5 1/2" H90	5 1/2" H90				56,65	80,13
	X/O	Jardboranir		5 1/2" H90	4 1/2" IF				0,80	80,93
	JAR	Jardboranir	10	4 1/2" IF	4 1/2" IF	6 1/2"	2 3/4"	0,51	10,73	91,66
	X/O	Jardboranir		4 1/2" IF	5 1/2" H90				0,46	92,12
	3 x 7 1/4"	Jardboranir		5 1/2" H90	5 1/2" H90				28,31	120,43
	Keyseatwiper	Jardboranir		5 1/2" H90	4 1/2" IF				2,07	122,50
	5" DP	Jardboranir		4 1/2" IF	4 1/2" IF					122,50

9 5/8" shoe at 1111m.
Total weight of BHA 35Klbs