



ORKUSTOFNUN

Rannsóknasvið

NESJAVELLIR

Hola NJ-20

3. áfangi:

Borun vinnsluhluta í 1800 m dýpi

**Ásgrímur Guðmundsson
Benedikt Steingrímsson
Sigurður Sveinn Jónsson
Kjartan Birgisson
Ómar Sigurðsson
Sigvaldi Thordarson
Bjarni Guðmundsson**

Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur

1999

OS-99069



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 8-630003

Ásgrímur Guðmundsson
Benedikt Steingrímsson
Sigurður Sveinn Jónsson
Kjartan Birgisson
Ómar Sigurðsson
Sigvaldi Thordarson
Bjarni Guðmundsson

NESJAVELLIR, HOLA NJ-20

3. áfangi: Borun vinnsluhluta í 1800 m dýpi

Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur

OS-99069

September 1999



Skýrsla nr: OS-99069	Dags: September 1999	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: NESJAVELLIR, HOLA NJ-20 3. áfangi: Borun vinnsluhluta í 1800 m dýpi		Upplag: 35
		Fjöldi síðna: 28
Höfundar: Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Sigurður Sveinn Jónsson, Kjartan Birgisson, Ómar Sigurðsson, Sigvaldi Thordarson og Bjarni Guðmundsson		Verkefnisstjóri: Benedikt Steingrímsson
Gerð skýrslu / Verkstig: Áfangaskýrsla, 3. áfangi borverks		Verknúmer: 8-630003
Unnið fyrir: Orkuveitu Reykjavíkur		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Í skýrslunni er lýst borun þriðja áfanga holu NJ-20 á Nesjavöllum, þ.e. borun vinnsluhluta með 8 1/2" krónu niður í 1800 m dýpi, og þeim gögnum sem safnað var á meðan á boruninni stóð. Holan, sem er boruð með Jötni, er í norðurhlíðum Hengils um 46 m vestan holu NJ-14. Borað var með bormótor og stefnuborunartæki til að halda holunni í réttri stefnu og halla. Í byrjun áfangans var stefna holunnar 232° en áætlun gerði ráð fyrir 220° +/-15 stefnu og 30° halla á 750 m dýpi, og var holan sveigð örlítið til suðurs til að ná þeirri stefnu. Boráfanginn hófst 29. apríl á 44 verkdegi og lauk 12. maí á 57. verkdegi. Sýnum af borsvarfi var safnað á tveggja metra fresti og jarðlög og ummyndun greind eftir því samhliða borun eins og venja er, og hefðbundnar borholumælingar gerðar, s.s. á upphitun, holuvídd, jarðlögum, steypingu og vatnslekt auk mælinga á halla og stefnu. Borverkið var unnið af Jarðborunum hf samkvæmt verksamningi við Orkuveitu Reykjavíkur, en rannsóknarhlutinn er unninn af Rannsóknasviði Orkustofnunar skv. samningi.		
Lykilorð: Nesjavellir, háhitasvæði, borhola, jarðlög, ummyndun, vatnsæðar		ISBN-númer:
		Undirskrift verkefnisstjóra: <i>11/10 '99 Þær JS</i>
		Yfirfarið af: BS

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR.....	3
2. BORSAGA.....	4
3. JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR.....	18
4. BORHOLUMÆLINGAR	22
5. ÆREPADÆLING NJ-20.....	24

Töfluskrá:

Tafla 1. <i>Gangur borunar vinnsluhluta með 8 1/2" krónu.</i>	5
Tafla 2. <i>Gýrósmælingar þegar dýpi var 1198 m.</i>	6
Tafla 3. <i>Mælingar á skoli.</i>	9
Tafla 4. <i>Gýrósmælingar í lok borunar í stöngum.</i>	13
Tafla 5. <i>Fóðrunarskýrsla.</i>	16
Tafla 5. <i>Fóðrunarskýrsla frh.</i>	17
Tafla 6. <i>Mælingar í borun.</i>	22

Myndaskrá:

Mynd 1. <i>Gangur borunar í 3. áfanga</i>	4
Mynd 2. <i>Mælingar í borstöngum fyrir upptekt</i>	5
Mynd 3. <i>Jarðlagasnið og mælingar á skoli í borun</i>	8
Mynd 4. <i>MWD-hiti, hitamæling og skoltap</i>	10
Mynd 5. <i>Þrýstimælingar í bordælum</i>	11
Mynd 6. <i>Hitamælingar í NJ-20 eftir borun</i>	11
Mynd 7. <i>Hitamælingar í borlok og þrýstingur á bordælum</i>	12
Mynd 8. <i>Halla- og stefnumælingar með gýrósmæli í vinnsluhluta NJ-20</i>	14
Mynd 9. <i>Þrýstingur utan borstanga í holu við mælitæki (í annulus)</i>	15
Mynd 10. <i>Jarðlagasnið og jarðlagamælingar í NJ-20</i>	20
Mynd 11. <i>Þrýstingsstigull niður á 850 m og frá 1700 upp í 1440 m</i>	24
Mynd 12. <i>Hitamælingar við þrepaprófun 10. og 11.05.1999</i>	25
Mynd 13. <i>Dælingaþrep í þrepaprófun</i>	26
Mynd 14. <i>Þrýstibreytingar í dæluþrófunum 1-3</i>	27
Mynd 15. <i>Einingarþrýstingur við breytilega ádælingu</i>	27

1. INNGANGUR

Í inngangi 1. áfanga um borun holu NJ-20 er fjallað um staðsetningu, hönnun og markmið með borun holunnar. Annar áfangi nær yfir borun fyrir vinnslufóðringu, fóðrun og önnur tengd verk. Þessi áfangi fjallar um borun vinnsluhluta með 8 ½" króna niður á 1800 m dýpi. Bormótor var notaður og stefnuborunartæki til að halda holunni í réttri stefnu og halla, en stefnan í lok borunar fyrir vinnslufóðringu á 735 m dýpi var 232° og hallinn 24,4°. Áætlun gerði ráð fyrir 220° +/-15° stefnu og að 30° halla væri náð á 750 m dýpi. Þar stóð ennfremur:

“Meðan á borun stendur verður stoppað til að mæla stefnu og halla með gýrómæli, en jafnframt verður þá hitamælt. Eftir borun verða stefnuborunartæki og bormótor tekin úr strengnum og settar niður stengur með einstreymisloka í, holan örvuð ef ástæða þykir til, gýrómæld í gegnum stengur, hitamæld, víddarmæld og jarðlagamæld. Þegar búið er að setja niður raufaðan leiðara þá verður holan þrepaðæld.”

Í þessari skýrslu er atburðarás borunarinnar rakin og greint frá eða birt öll gögn og upplýsingar, sem féllu til meðan á borun og fóðrun stóð.

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

Borverkið er unnið af Jarðborunun hf. samkvæmt verksamningi við Orkuveitu Reykjavíkur frá 25. mars 1999, en rannsóknarhlutinn er unninn af Rannsóknasviði Orkustofnunar samkvæmt samningi við Orkuveitu Reykjavíkur frá 30. mars 1999. Forsendum fyrir staðsetningu og hönnun holunnar er lýst í skýrslu Orkustofnunar frá desember 1998 (OS-98075).

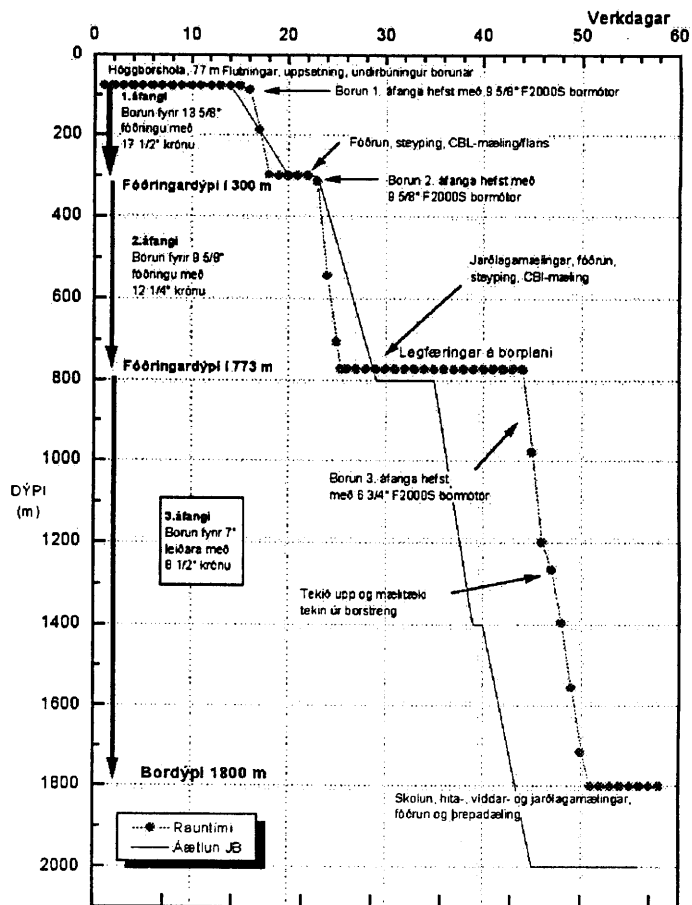
2. BORSAGA

Eftir borun 2. áfanga þurfti að að lagfæra borplanið og var borinn tekinn niður meðan á því stóð.

Að morgni 26. apríl var mastur reist á ný og gert klárt til borunar vinnsluhlutans. Áður en af því kom voru stangir settar niður til að kæla fyrir gýrómælingu. Mælingar byrjuðu kl 17:30 daginn eftir og stóðu fram yfir miðnætti. Eftir fundarhöld þeirra, sem hlut áttu að máli, strax eftir að mælingar lágu fyrir, var ákveðið að fá gýrómælingu sem næst botni áður en haldið væri áfram borun. Síðasti mælipunktur var nálægt 680 m dýpi (bordýpi), en það er um 90 m frá botni. Sett var niður króna til að bora út steypu sem var komið í á rúmlega 680 m dýpi og borun var hætt þegar komið var að stungustykkki og borstrengur tekinn upp. Að kvöldi 29. apríl var bætt við gýrómælingum langleiðina niður að stungustykki eða niður á um 735 m dýpi. Niðurstöður mælinganna voru birtar í skýrslu um 2. áfanga verksins. Gert var klárt til borunar. 29. apríl og telst það vera 1. verkdagur þessa áfanga, en 44. verkdagur við holuna.

Áætlað var, eins og að framan greinir, að byggja upp um 30° halla og sveigja holuna til suðvesturs. Til verksins var notaður 6 ¾" F2000S bormótór með 1° fastri sveigju. Uppbygging strengs var annars sem hér segir. Notuð var (1) 8 ½" borkróna af gerðinni Reed insert bit open, (2) 6 ¾" F2000S bormótór með 8 ¼" slíf, (3) 8 1/8" NM (non-magnetic) stýring, (4) MWD tengistykki (cross-over), (5) þrýstimælir (söbbur), (6) MWD-mælitæki nr. 1, (7) MWD-tengistykki (cross-over), (8) 8 ¼" NM-stýring, (9) NM-álagsstöng, (10) MWD-tengistykki (cross-over), (11) MWD-álagsstöng án mælitækja, (12) MWD-mælitæki nr. 2, (13) tengistykki (cross-over), (14) 6 álagsstangir, (15) tengistykki (cross-over), (16) jar, (17) tengistykki (cross-over), (18) 3 álagsstangir, (19) tengistykki (cross-over), (20) borstengur. Nánari upplýsingar um borstrenginn er að fá í viðauka 1.

Niðurstöðu lauk rétt fyrir miðnætti þann 29. apríl og var þá byrjað að bora afganginn af stungustykkinu. Komið var niður úr stungustykki, steypu í tveimur röðum (rúmlega 20 metrar) og endaskó og byrjað að bora í bergi um kl. 2:30 aðfaranótt 1. maí. Eins og fram kemur í töflu 1 og á mynd 1 þá gekk borun í berg vel. Borað var með um 5 – 10 tonna álagi og var snúningur á borstreng að jafnaði 45 – 50



Mynd 1. Gangur borunar í 3. áfanga.

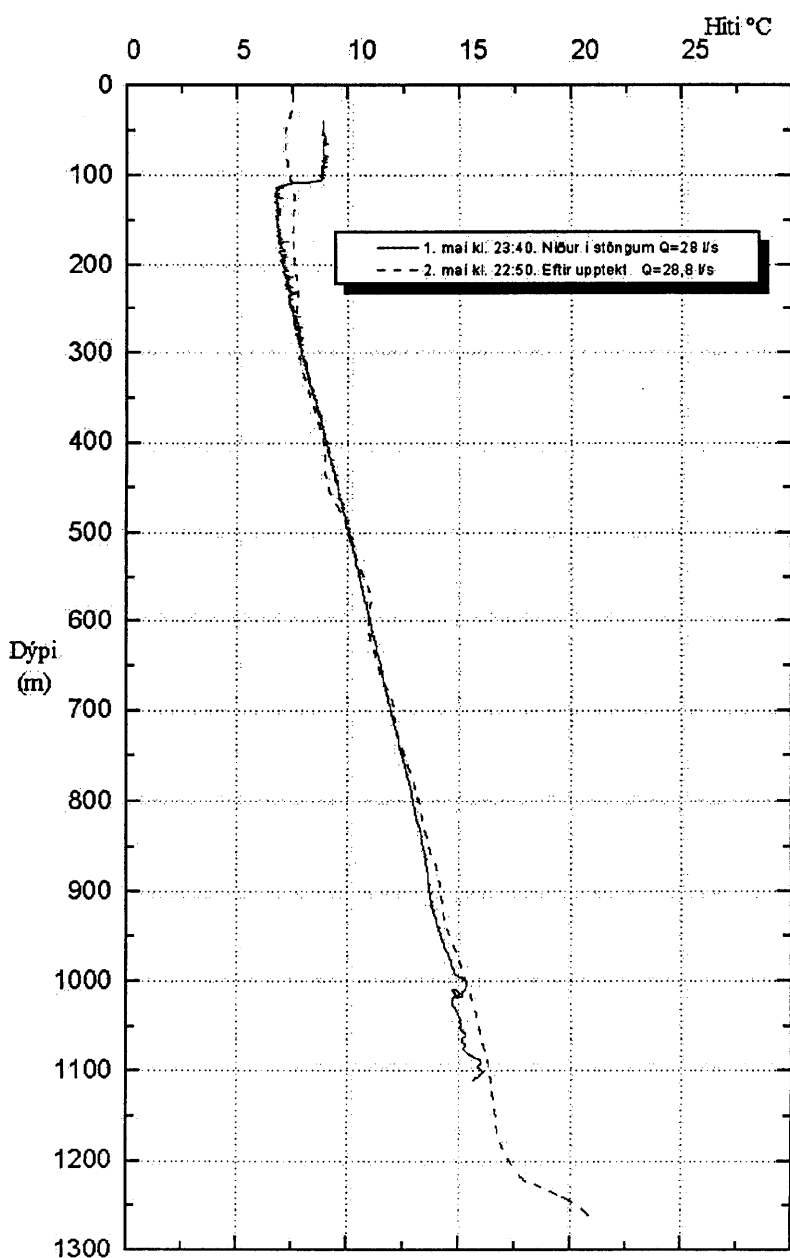
snúningar á mínútu og til viðbótar snúningur bormótors, þannig að snúningur á borkrónu var um 220 sn/mín.

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

Borkróna 8 1/2"	Dagur	Borun (m)	Bortími (klst.)	Meðalborhr. (m/klst.)	Tími á Borkrónu (klst.)	Dýpi (m)
EHP 61(AK 7810)	30. apríl	206	14	14,7	14	979
EHP 61 (AK 7810)	01. maí	219	13,5	16,2	27,5	1198
EHP 61 (AK 7810)	02. maí	67	5	13,4	32,5	1265
EHP AD	03. maí	130	12	10,4	12	1395
EHP AD	04. maí	160	15,5	10,3	27,5	1555
EHP AD	05. maí	160	16,5	9,7	44	1715
EHP AD	06. maí	85	14	6,1	58	1800
Samtals:		1027	90,5	11,4	90,5	1800

Snúningsálag á drifborð var eðlilegt allan tímann miðað við stefnuborun og drag í holunni var lítið meira en 60 þúsund pund þegar mest var. Klukkan 21 þann 1. maí, þegar komið var niður í 1198 m dýpi var ákveðið að taka upp til að fá nákvæma mælingu á halla og stefnu holunnar.

Holan var skuluð áður en hafist var handa við mælingar. Mælingabíll Orkustofnunar var kominn á staðinn um kl. 22:00. Mælingar hófust kl. 23:30 og var byrjað á því að renna hitamæli niður til að kanna hitaástandið. Reyndist holan vera því sem næst köld alla leið í botn. Með góðum vilja mátti sjá örlítið brot við staðinn sem talinn er vera líklegur lekastaður, í grennd við 930 metra (mynd 2). Gýrósmælingar Sperry Sun komu síðan í kjölfarið og eru niðurstöðurnar í töflu 2. Annars má segja um þær



Mynd 2. Mælingar í borstöngum fyrir upptekt.

að halli er mjög jafn og góður og engar misfellur á honum. Stefna er innan þeirra marka, sem til var ætlast. Síðasta mæligildi á stefnu í lok borunar fyrir vinnslufóðringu var 232°. Ákveðið var að sveigja holuna örlítið til suðurs og láta hana enda í 220°.

Tafla 2. Gýrósmælingar þegar dýpi var 1198 m.

Dýpi	Halli	Stefna
700.000	23.570	235.200
710.000	24.250	234.500
720.000	24.600	234.050
730.000	25.100	234.440
740.000	25.830	234.170
750.000	25.900	234.240
760.000	26.400	232.610
770.000	26.670	234.310
780.000	27.330	231.150
790.000	27.620	230.860
800.000	28.200	227.170
810.000	28.500	227.280
820.000	28.860	226.140
830.000	29.210	224.660
840.000	29.630	222.680
850.000	29.990	221.900
860.000	30.380	218.950
870.000	30.350	218.330
880.000	30.920	217.100
890.000	30.920	214.440
900.000	31.130	211.460
910.000	30.820	211.780
920.000	30.970	208.840
930.000	30.780	210.470
940.000	30.410	210.250
950.000	30.060	208.440
960.000	30.180	210.140
970.000	30.400	209.050
980.000	30.320	209.070
990.000	30.080	209.890
1000.000	30.390	209.220
1010.000	30.500	208.510

Stefna á 1000 metra dýpi skv. gýrósmælingu næturinnar var 210° og virtist ætlunarverkið hafa tekist og kannski örlítið um of. Stefnubreyting var á löngum kafla en hafði ekki

áhrif á borun þannig að engar sérstakar þvinganir (tork) vegna þess höfðu áhrif á borstrenginn. Holan tók við öllu vatni sem dælt var á hana, vel yfir 45 l/s. Hallamælingar voru gerðar með 25 l/s utanádælingu.

Þegar mælingum var lokið var bætt í stöngum sem teknar höfðu verið úr vegna mælinganna. Þegar taka átti strenginn upp var hann fastur og þurfti að láta “jarinn” (snúningsátakshnykkinn) lemja nokkrum sinnum á festuna áður en strengurinn losnaði. Þegar það var frá var beðið eftir merki frá MWD-tækjum til að stilla af borstrenginn en ákveðið var að renna einni stöng til að rétta af stefnu og færa stefnu holunnar meira til vesturs. Ekkert merki barst frá MWD-tækjum þrátt fyrir að dæling væri tekin af, en þá átti tækið að byrja að mæla. Umsjónarmenn frá Pathfinder fundu það út að vegna tapsins í holunni væri sog í strengnum og því væri sífellt rennsli í gegnum MWD-tækin og þau fengju því ekki löglegt boð um að hefja mælingar. Lagt var á ráðin um hvernig ætti að bregðast við þessu og var fundin lausn á því. Skipt var á utanádælingu og dælt með hámarksdælingu í 10 mínútur og var haft lokað gegnum drifskafið á meðan. Höfð voru snör handtök við að skipta yfir á dælingu gegnum streng og virðist tíminn sem leið á meðan skipt var yfir hafa verið nægur til að ekkert rennsli væri í stöngum þann tíma sem tækin þurftu til að meðtaka boðin. Sá tími var 30 sekúndur. Eftir það gekk vel að ná merki frá tækjunum og var boruð ein stöng strax í kjölfarið. Ekkert skolvatn kom upp en undir lok stangarinnar fór að vætla út um frárennslið (“flow-line”). Næstu stöng var bætt í og henni snúið niður. Á henni miðri kom upp gusa af vatni og svarfi en síðan hvarf allt. Rétt neðan við miðja stöng fór aftur að vætla upp úr holunni um 2-4 l/s. Þessar aðgerðir tóku um 8 tíma og byrjaði borun á ný kl. 5 undir morgun 2. maí. Haldið var áfram að bora í algjöru skoltapi þar til klukkan 14:25 sama dag, þegar ákveðið var að stöðva borun og var dýpi holunnar 1265 m. Þá var orðið ljóst að mælitækin niðri í holunni (MWD og LWD) nýttust ekki lengur vegna algjörs skoltaps. Ekki hafði komið dropi upp frá því í 1246 m dýpi kl. 11:40 um morguninn, en skol var tæpir 50 l/s eða eins mikið og hægt var að dæla gegnum bormótorinn. Boðað var til verkfundar á Nesjavöllum með verkkaupa, verktaka og ráðgjöfum við borunina. Niðurstaða fundarins var að taka borstrenginn upp og taka úr honum mælitækin og setja síðan að öðru leyti eins niður, en með ónotaðri borkrónu. Krónan, sem var niðri, hafði þá snúist 500 þúsund snúninga. Byrjað var að taka upp um kl 18:00 og var því lokið um kl. 23:00, en þá voru komnir á staðinn mælingamenn OS til að hitamæla. Mælingin er sýnda á mynd 2 og sést að allt vatn í ádælingu tapaðist út við botn holunnar.

Aðfaranótt mánudagsins 3. maí var strengur settur niður á nýjan leik, króna, mótör með stýringu, tvær stýringar, jar (hnykkir), key-seat-wiper (lykilholurýmari) og álagstangir. Til að tryggja að ekkert svarf væri á sveimi í holunni var hún skoluð í 10 mínútur fyrir hverja stangaribætingu. Dælt var um 46 l/s í boruninni og var skoltap algert. Bormótorinn hleypir í gegnum sig tæpum 50 l/s, sem er meira en fullnægjandi vatnsmagn í 8 ½” holu. Svarfið var mulið smátt þannig að það skolaðist út í æðar og borað var þannig meðan óhætt þótti. Borað var í algjöru skotapi þar til komið var niður í 1800 m dýpi kl. 17 fimmtudagin 6. maí. Ekki þótti ástæða að taka frekari áhættu eða með öðrum orðum best væri að hætta að skemmta skrattanum. Engin sérstök ástæða í boruninni gaf tilefni til að hætta á þessum stað þar sem allt gekk mjög léttilega, en við aðstæður sem þessar geta alltaf komið upp ófyrirséð atvik, sem geta valdið vandræðum og gott er að forðast.

Þegar borun lauk var holan skoluð í rúma klukkustund og fylgst með þrýstingi á meðan. Níu borstangir voru brotnar út en stöðvað var við þriðju hverja og dælt í gegnum

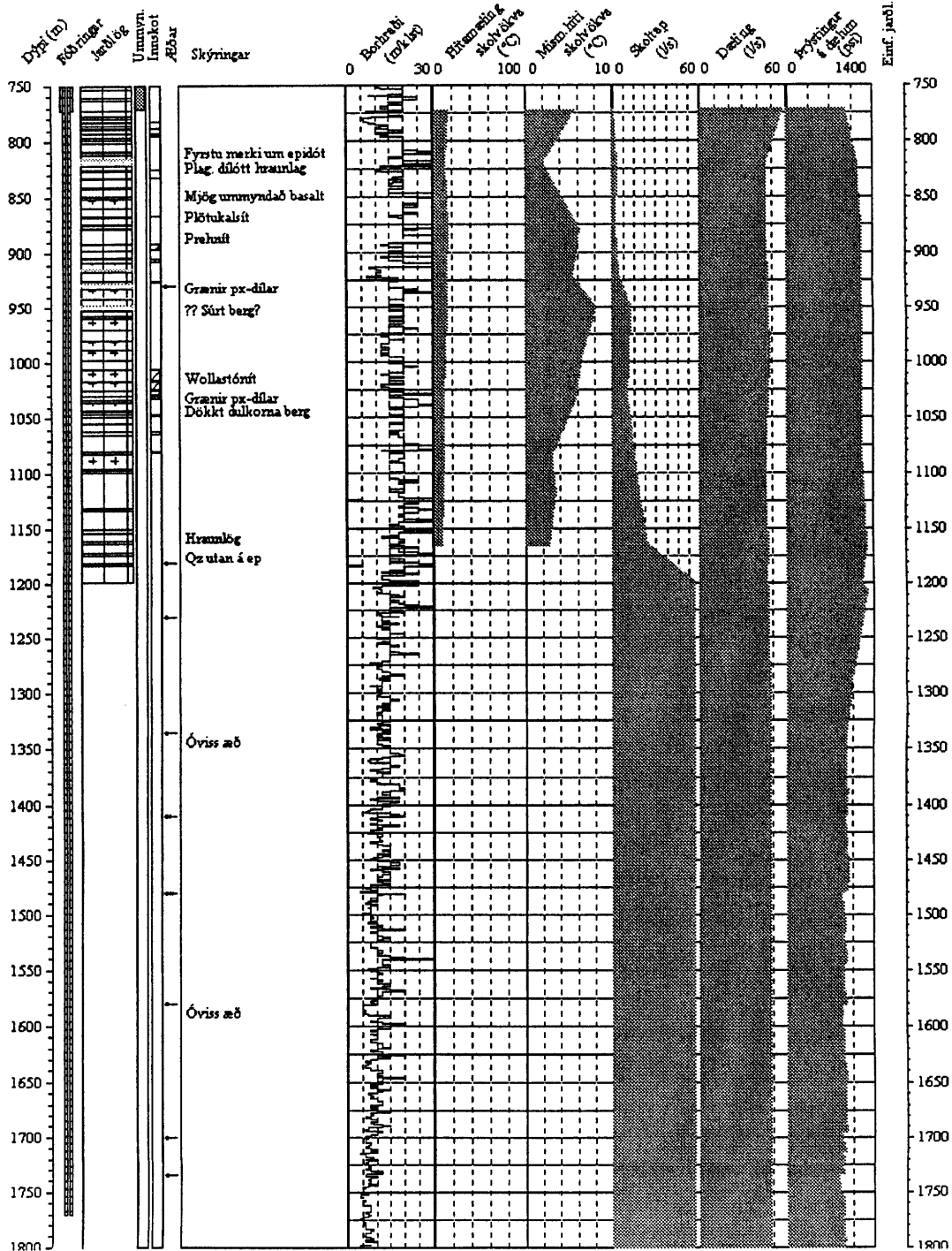


Staður: Nesjavellir
Holunafn: NJ-20

Bor: Jötunn
Dýptarbil: 750-1800 m

Skolvökvi: Vatn
Verkhliuti: 3. áfangi

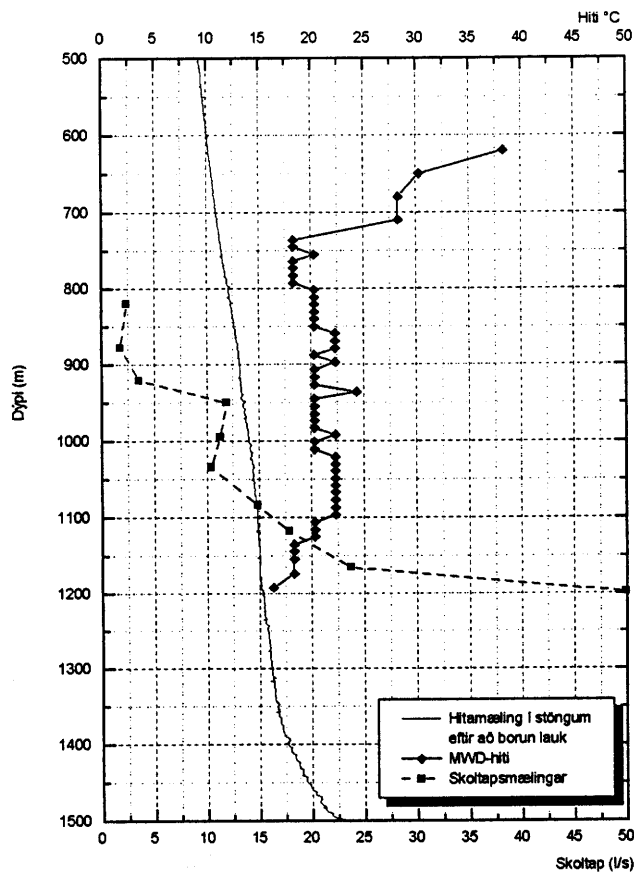
Staðarnúmer:
Starfsmenn: ÁsG/SSJ/ó/HF



Mynd 3. Jarðlagasnið og mælingar á skoli í borun.

Tafla 3. Mælingar á skoli.

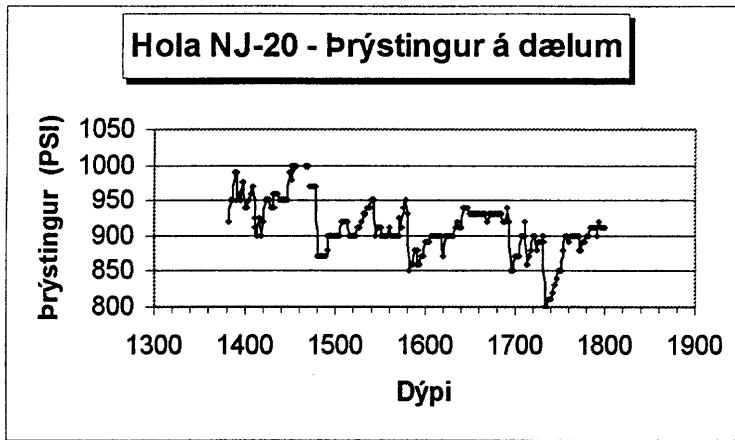
Dagsetning	Klukkan	Dýpi	Þrýstingur	Dæla 1	Dæla 1	Dæla 2	Dæla 2	Dæling alls	Tap	Skolhraði	Tími frá botni	Svarf	TFB	Hiti niður	Hiti upp	diff.hiti
		m	PSI	slög	l/s	slög	l/s	l/s	cm	m/mín	mín	m/mín	mín	°T	°T	°T
30.04.1999	08:00	820	1150	123	22,79	123	22,79	45,58	2,38	111,06	7,38	96,06	8,54	11,5	13,5	2,0
30.04.1999	13:30	878	1200	123	22,79	123	22,79	45,58	1,78	112,61	7,80	97,61	9,00	9,4	15,6	6,2
30.04.1999	17:30	921	1200	129	23,90	124	22,98	46,88	3,56	111,36	8,27	96,36	9,56	8,4	13,8	5,4
30.04.1999	21:00	950	1200	128	23,72	124	22,98	46,70	11,88	89,50	10,61	74,50	12,75	6,2	14,4	8,2
01.05.1999	01:30	995	1200	129	23,90	130	24,09	47,99	11,29	94,35	10,55	79,35	12,54	6,6	13,1	6,5
01.05.1999	05:30	1034	1200	130	24,09	123	22,79	46,88	10,40	93,78	11,03	78,78	13,12	6,2	12,0	5,8
01.05.1999	10:00	1084	1200	122	22,61	120	22,24	44,84	14,85	77,10	14,06	62,10	17,46	8,2	11,2	3,0
01.05.1999	13:20	1118	1250	122	22,61	123	22,79	45,40	17,85	70,82	15,79	55,82	20,03	6,5	10,0	3,5
01.05.1999	17:45	1165	1300	127	23,53	125	23,16	46,70	23,76	58,96	19,76	43,96	26,50	6,0	8,7	2,7
01.05.1999	22:00	1198	1200	126	23,35	124	22,98	46,33	>46	~	~	~	~	~	~	~
02.05.1999	06:00	1207	1300	126	23,35	129	23,90	47,25	>47,2	~	~	~	~	~	~	~
03.05.1999	10:30	1285	1050	128	23,72	125	23,16	46,88	total	~	~	~	~	~	~	~
03.05.1999	16:00	1337	950	130	24,09	128	23,72	47,81	total	~	~	~	~	~	~	~
03.05.1999	21:00	1380	940	131	24,27	128	23,72	47,99	total	~	~	~	~	~	~	~
04.05.1999	08:00	1466	1000	131	24,27	128	23,72	47,99	total	~	~	~	~	~	~	~



Mynd 4. MWD-hiti, hitamæling og skoltap.

strenginn um 48 l/s í 15-20 mínútur og fylgst með þrýstingi. Hann var í öllum tilfellum um 790 psi. Eða rétt neðan við lægsta mældu þrýsting í borun. Tekið var upp og síðan settar borstengur niður á 1789,5 m dýpi með einstreymisloka um 1,5 m frá neðri enda. Holan reyndist vera hrein niður í botn. Meðan borstrengur var tekinn upp og settur niður aftur runnu á holuna tæpir 30 l/s.

Eins og venja hefur verið við háhitaboranir 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 3 og á mynd 3 ásamt jarðlagasniði og borhraða. Skoltap var 1-2 l/s framan af og jókst rólega, en milli mælinga frá því að dýpið var 921 m og síðan 950 m þá hafði skoltapið aukist um 8 l/s og var komið í tæpa 12 sekúndulíttra. Veik vísbending sást í mælingum á þrýstingi niðri í holu um að tapið hafi verið á 934 m dýpi, en í svarfinu má greina breksíulegt basalt eða túff á þessu dýpi við innskotsjaðar. Litlar breytingar sáust þar til komið var í 1084 m, en þá var tapið tæpir 15 l/s. Á næstu 100 m jókst skoltapið stöðugt og var komið yfir 50 l/s þegar stoppað var á 1198 m dýpi. Það sést einnig í töflu 3 að þegar skoltapið jókst þá minnkaði smám saman mismuna-hitinn á skolinu niður og upp. Eins og oft áður þá voru upplýsingar frá MWD-hita notaðar til samanburðar við mælingar á skoli og mældum hita til þess að sjá hvar opningar gætu verið (mynd 4). Breytingar neðan vinnslufóðringar eru sjáanlegar neðan við 900 og 1200 m dýpi, á þeim stöðum sem breytingar verða í skoli. Aftur á móti sést þetta ekki í hitamælingunni þar sem kæling niður holuna felur þetta.

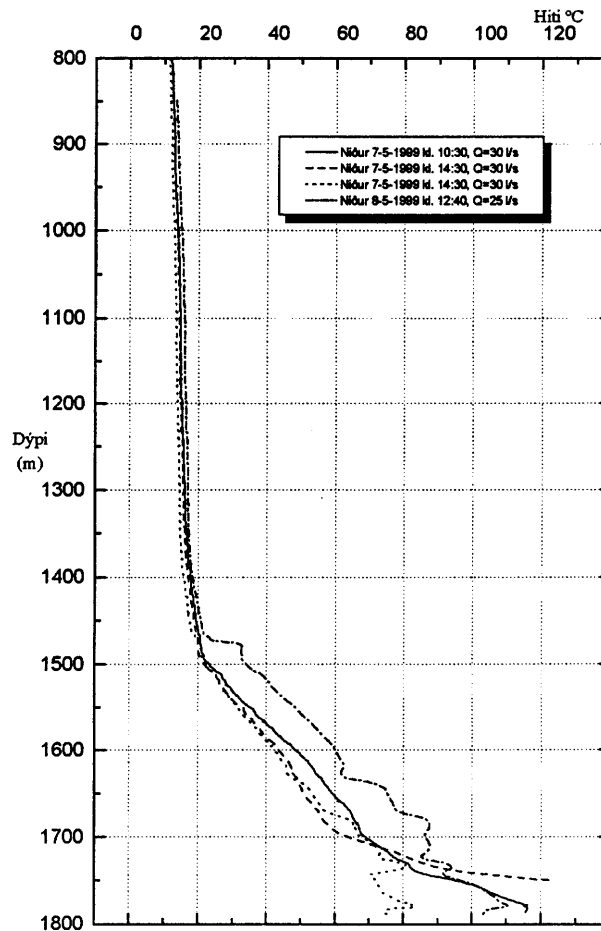


Mynd 5. Þrýstimælingar á bordælum.

unnt sé að nota þrýstinginn til hliðsjónar af því hvort vatnsborð holunnar er að breytast var þess gætt að lesa af mælinum við sambærilegar aðstæður t.d. halda álaginu alltaf við 10.000 pund eða þar um bil eins og gert var. Annars var hætt við því að þrýstingsbreytingarnar stöfuðu af því að mótörinn tæki meira á og byggði upp hærri bakþrýsting. Bormótörinn var knúinn vatni undir þrýstingi. Eins og mynd 5 sýnir þá voru nokkrar sveiflur í aflestrum á þrýstingi og að því best verður séð marktækar. Á

Eftir að skol hætti að koma upp fylgst reglulega með þrýstingi á 2 m fresti og hann skráður á síritablöðin í “kjafta-kerlingunni”.

Þrýstibreytingar geta gefið vísbendingar um opningar niðri í holu enda fellur þrýstingur venjulega þegar nýjar æðar opnast inn í holu eftir því sem dýpkar enda fellur vatnsborð þegar slíkt hendir. Til að

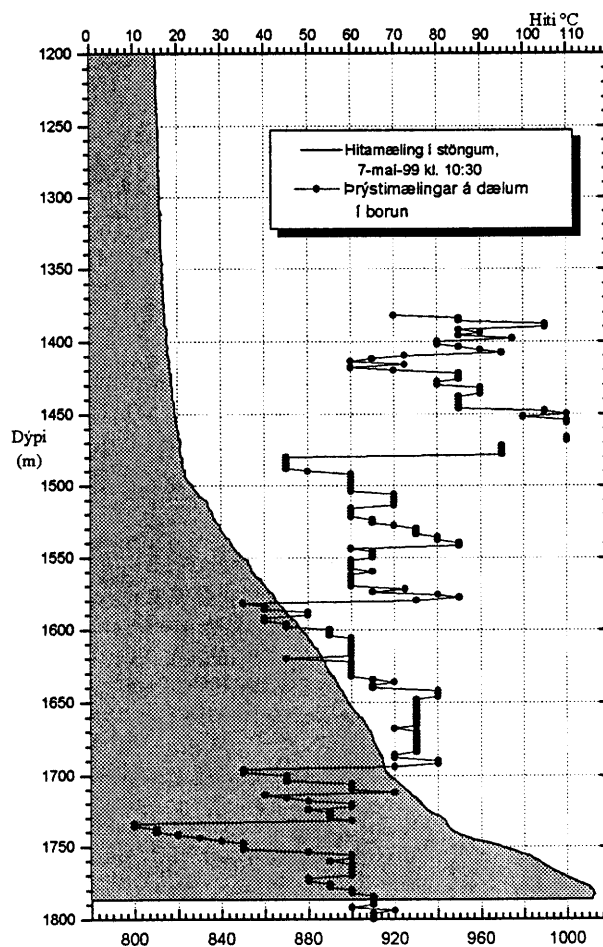


Mynd 6. Hitamælingar í NJ-20 eftir borun.

1390 m dýpi féll þrýstingur um 40 psi og reis síðan lítilega og féll aftur í 1400 m. Enn skarpari breyting varð á um 1410 m dýpi en þá féll þrýstingur um 70 psi. Síðan steig

hann með smávægilegum breytingum þar til 1470 m dýpi var náð, en þá féll þrýstingur um 30 psi og síðan um 100 psi til viðbótar nokkrum metrum neðar. Næsta breyting var í 1515 m dýpi en þar féll þrýstingur um 20 psi. Ef áfram er skoðað þá kom næsta áberandi þrýstifall á rúmlega 1540 m dýpi eftir um þriggja tíma skolon og spurning hvort það hafi verið marktækt. Aftur á móti varð næsta þrýstifall í 1580 m dýpi marktækt en þá féll þrýstingur um 100 psi. Sama hegðun hélt áfram er neðar dró eins og á 1690-1700 og 1735 m dýpi, en í báðum tilfellum var um 100 psi þrýstifall. Draga má þá ályktun að góðar æðar hafi verið skornar á 1410 – 1420, 1470 – 1480, 1580, 1690-1700 og 1735 m dýpi, og e.t.v. smáæðar þar sem minni þrýstingsbreytingar hafa verið. Þó ber að hafa í huga að eftir því sem dýpra kom niður í kerfið gátu komið fram miklar þrýstibreytingar þó æðarnar væru smáar.

Byrjað var að hitamæla í stöngum kl. 10:30 að morgni 7. maí og var því lokið kl. 11:40. Mælingarnar eru sýndar á mynd 6. Nánast beinn rennslisferill var niður í æð á tæpum 1500 m, en æðar þar ofan við sáust ekki í mælingunni. Neðsta æð var á 1735-1740 m dýpi. Mynd 7 var teiknuð upp í meiri upplausn og sýnir hitamælingu og mælingar á



Mynd 7. Hitamæling í borlok og þrýstingur á bordælum.

þrýstingi, sem bormenn skráðu í borun. Þessar tvær óháðu aðferðir styðja nokkuð vel staðsetningu æða í holunni og ýttu undir það að örva æðarnar í tæplega 1700 m og 1735-1740 m.

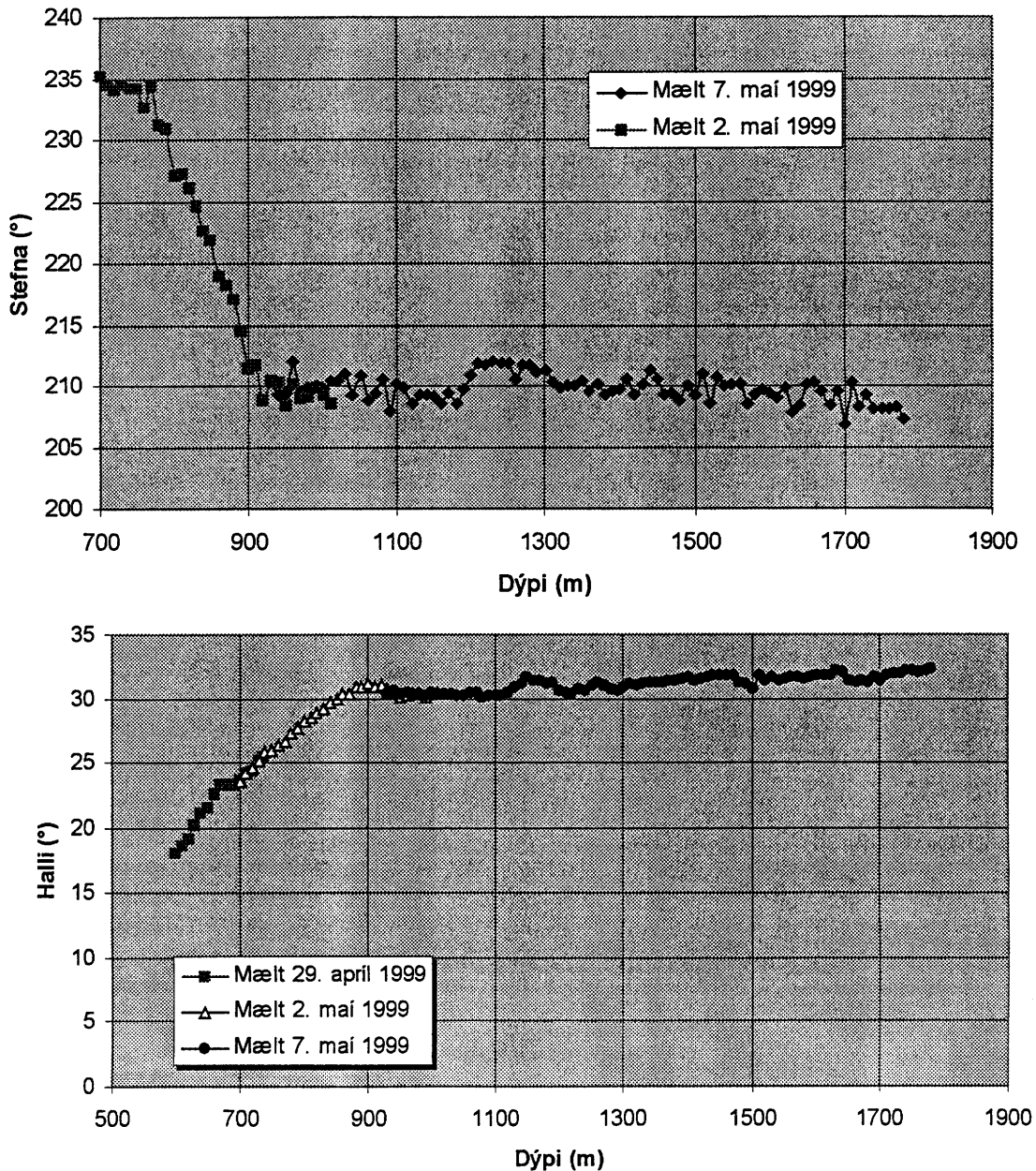
Að loknum hitamælingum var holan stefnu- og hallamæld með gýrómæli niður að einstreymisloka, sem var á 1788 m dýpi. Engin dæling var meðan á gýrómælingu stóð en strax á eftir var sett á dæling í gegnum strenginn. Niðurstöður mælinga eru sýndar í töflu 4 og á mynd 8. Miðað var við að stefna holunni í 230° +/-15.

Tafla 4. *Gýrómælingar í lok borunar í stöngum.*

Dýpi (m)	Halli (°)	Stefna (°)	Dýpi (m)	Halli (°)	Stefna (°)
930	30,39	210,47	1360	31,26	209,6
940	30,58	209,25	1370	31,37	210,17
950	30,39	209,41	1380	31,45	209,34
960	30,47	212,02	1390	31,59	209,61
970	30,4	209,49	1400	31,68	209,64
980	30,29	209,89	1410	31,47	210,51
990	30,25	209,97	1420	31,48	209,34
1000	30,45	209,72	1430	31,72	210,2
1010	30,38	210,43	1440	31,8	211,31
1020	30,39	210,4	1450	31,82	210,62
1030	30,32	211,03	1460	31,75	209,34
1040	30,24	209,27	1470	31,75	209,47
1050	30,16	210,85	1480	31,31	208,81
1060	30,41	208,77	1490	31,14	209,94
1070	30,43	209,43	1500	30,72	209,25
1080	30,12	210,56	1510	31,74	211,08
1090	30,24	208,04	1520	31,41	208,56
1100	30,23	210,12	1530	31,64	210,67
1110	30,2	209,83	1540	31,45	209,93
1120	30,5	208,55	1550	31,58	210,16
1130	30,83	209,21	1560	31,71	210,1
1140	31,19	209,25	1570	31,65	208,6
1150	31,66	209,11	1580	31,6	209,28
1160	31,35	208,5	1590	31,61	209,72
1170	31,35	209,43	1600	31,74	209,42
1180	31,1	208,59	1610	31,79	208,99
1190	31,3	209,78	1620	31,78	209,91
1200	30,58	210,82	1630	32,16	207,86
1210	30,44	211,82	1640	32,08	208,39
1220	30,3	211,79	1650	31,38	210,18
1230	30,71	212,09	1660	31,31	210,3
1240	30,66	211,83	1670	31,44	209,55
1250	31,02	211,91	1680	31,27	208,39
1260	31,34	210,62	1690	31,69	209,5
1270	31,01	211,71	1700	31,38	206,85
1280	30,7	211,79	1710	31,82	210,29
1290	30,67	211,23	1720	31,92	208,24
1300	30,94	211,26	1730	31,96	209,31
1310	31,09	210,29	1740	32,21	208,13
1320	30,99	209,83	1750	32,15	208,17
1330	31,15	210,02	1760	32,11	208,12
1340	31,22	210,04	1770	32,24	208,27
1350	31,29	210,39	1780	32,38	207,27

Þessar forsendur voru lagðar fyrir borun vinnslufóðringar. Í vinnsluhlutanum voru vikmörk minnkuð þannig að þau voru $\pm 10^\circ$ og var viðmiðið stefna holunnar við fóðringarenda vinnslufóðringar. Hallaupbyggingin var áætluð $2^\circ/30\text{m}$ frá þeim stað er byrjað var að sveigja holuna á um 320 m dýpi og þar til 30° halla væri náð. Þó skipti ekki máli hvort hallinn væri lítilega yfir þeim mörkum eða undir, þar sem hugsunin með staðsetningunni og stefnunni var fyrst og fremst að bora inn í svæði sem ekki var hægt að komast að með bor beint niður af landfræðilegum ástæðum. Raundýpi í borlok var samkvæmt mælingum tæpir 1640 m og fjarlægð holubotns frá holutoppi í láréttu plani var um 655 m.

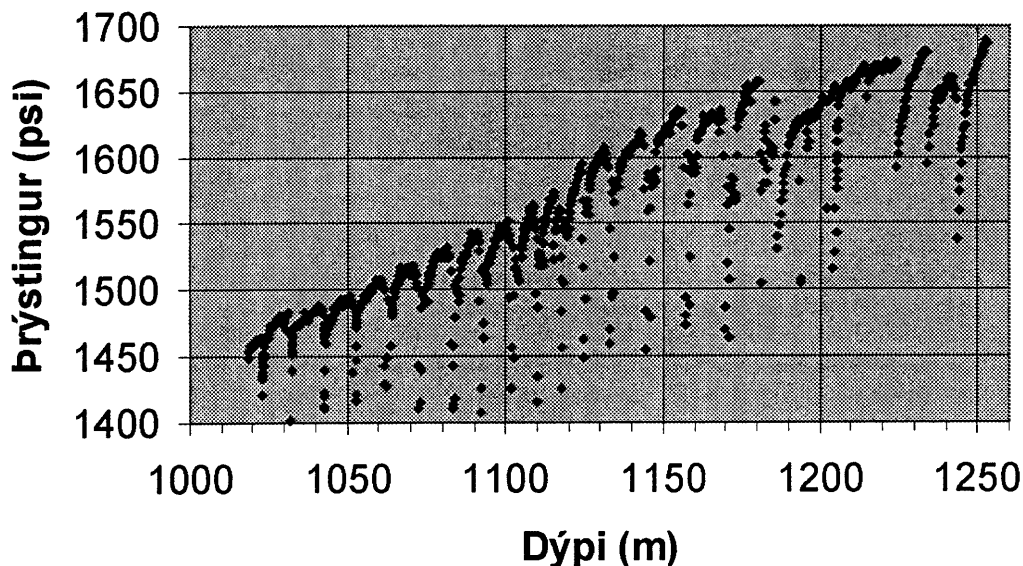
Í fyrsta skipti hér á landi var borað með búnaði sem nefndur er LWD (log-while-drilling). Um var að ræða í þessu tilfelli síritandi þrýstimæli, sem sendir merki til



Mynd 8. Halla- og stefnumælingar með gýrómæli í vinnsluhluta NJ-20.

yfirborðs um þrýsting á skolvökva innan í borstöngum og utan við þær. Vonir voru við það bundnar að sjá mætti með þessum hætti þegar sprungur væru skornar og skolvökvi tapaðist þar út. Aflestur úr tækinu var skráður á yfirborði meðan þess naut við og í tímabundið minni þess. Skráning á gögnum frá tækinu er sýnd á mynd 9. Fljótlega kom í ljós að það nýttist ekki til þeirra hluta sem stofnað var til, þ.e. skráning á yfirborði meðan á borun stóð sýndi eingöngu stangaíbætingar. Ef vatnsborð féll í holunni þá var ekki hægt að fá merki frá tækinu en tímabundin skráning var í gangi inn á minni þess. Veik vísbending kom fram í geymsluminni þrýstisöbbsins um að vatnsborð gæti verið á 360 m dýpi og var það staðfest síðar með þrýstimæli.

Holan var skoluð eftir mælingar 7. maí. Klukkan 17 var dæling aukin úr 30 í 40 l/s og klukkustund síðar minnkuð í 25 l/s. Ákveðið var síðan að kæla holuna í gegnum stangir fram á næsta dag með það í huga að örva neðstu æðarnar sem komu fram í hitamælingum (mynd 6). Byrjað var að dæla 50 l/s kl. 20 og morguninn eftir kl. 8 þann 8. maí var dælingin minnkuð í 40 l/s. Klukkan 9:20 var dæling minnkuð vegna misskilnings niður í 25 l/s en aukin aftur í 40 l/s 10 mínútum síðar. Fylgst var með hita og þrýstingi í holunni frá rúmlega 9 til kl 13:40, en þá var dæling aukin upp í 50 l/s í rúma klukkustund, þar til byrjað var að taka borstreng upp kl. 15. Teknir voru 26 standar upp í mastur og var utanádæling höfð 30 l/s á meðan. Aðrar stangir voru brotnar út. Byrjað var að jarðlagamæla kl. 23. Mælingum lauk að morgni 9. maí og var byrjað á niðursetningu leiðara kl. 9:15. Leiðari var kominn niður og hengdur klukkan rúmlega 6 og eru allar frekari upplýsingar þar um er að finna í fóðrunarskýrslu í töflu 5.



Mynd 9. Þrýstingur utan borstanga í holu við mælitæki (í annulus).

Stangir voru teknar upp í mastur og gert klárt fyrir þrepaðælingu, sem hófst kl. 15 og er lýst í samnefndum kafla hér að aftan. Mælingum lauk síðan upp úr kl. 2 aðfaranótt miðvikudagsins 12. maí, sem jafnframt var síðasti verkdagur við holuna. Alls hafði verkið tekið 57 verkdaga, en það er óvenjulangur tími, sem m.a. var vegna viðgerða á borplani eftir að öðrum áfanga lauk (mynd 1).

Tafla 5. Fóðrunarskýrsla.

	FÓÐRUNARSKÝRSLA	Eyðublað nr. 68-051
JARÐBORANIR HF		

Verk nr. 42668	Hola nr. NJ - 20	Borstaður Nesjavellir	Bor Jötunn	Verkkaupi Orkuveita Reykjavíkur
Vidd holu 8 1/2"	Dýpt holu mv. drifborð 1800 m	Fóðring nr. 4	Fóðrun framkv. dags. 9 - 10 /5 '99	Útfyllt af: B.G.

Holudýpi frá flangsi				Fóðringard. frá fl.				Röretalning											
Gerð		K -55 þyngd		26 lbs/ft		LENGD		NR		MS		ALLS m							
Utanmál		7"		Innanmál		159,4 mm		Upphengi er í				735,07							
FÓÐRING	Veggþykkt		9,2 mm		Þöntunar nr.														
	Tengi		Skrúfuð" Buttress"				0,85		Hengi				735,92						
	Flangs		Fóðring hangir í Burns upphengi í 735 07 m frá fláns				13,87		1		H		749,79						
	Stungutengi						13,88		2		H		763,67						
	Skór		Stýriskór				13,80		3		H		777,47						
	Miðjustillar		stk		Steyputappar		13,36		4		H		790,83						
							13,46		5		H		804,29						
STEYPING	Steypa 1 þurrefni		kg		Tafefni		kg		14,17		6		H		818,46				
	Eðlisþyngd		kg/l		Steypingartími		min		12,15		7		H		830,61				
	Steyputæki						12,66		8		H		843,27						
	Steypa kom upp ?				Eðlisþyngd steypu upp		kg/l		13,76		9		NR		857,03				
	Eftirdæling		ltr		Eftirdæling		min		13,45		10		NR		870,48				
	Steypa 2 þurrefni		kg				13,63		11		NR		884,11						
							13,87		12		NR		897,98						
FRÁGANGUR	Dýpi á steypu utan röra		m		Steypt utan með eftir		klst		13,61		13		NR		911,59				
	Steypa þurrefni		kg		Skorið ofan af eftir		klst		13,92		14		NR		925,51				
	Dýpi á steypu í röri		m		Steypa boruð eftir		klst		13,70		15		NR		939,21				
									13,77		16		NR		952,98				
									13,46		17		MR		966,44				
ATHUGASEMDIR												13,85		18		NR		980,29	
55 stk eru gömul raufuð rör 15 stk ný raufuð og 8 stk ný óraufuð												13,61		19		NR		993,90	
Gömlu rörin fóru first niður svo 15 stk ný raufuð og svo 8 stk ný óraufuð												14,00		20		NR		1007,90	
												13,77		21		NR		1021,67	
												13,59		22		NR		1035,26	
												14,00		23		NR		1049,26	
												13,28		24		GR		1062,54	
NR ÞÉÐIR NÝ RAUFAÐ GR GÓMUL RAUFAÐ H HEILRÖR												13,04		25		GR		1075,58	
												12,57		26		GR		1088,15	
												13,30		27		GR		1101,45	
												13,33		28		GR		1114,78	

Tafla 5. Fóðrunarskýrsla frh.

	FÓÐRUNARSKÝRSLA	Framhaldseyðublað nr. 68-051
JARÐBORANIR HF		

Verk nr. 42668	Hola nr. NJ -20	Borstaður Nesjavellir	Fóðning nr. 4	Blaðsíða nr. 2
-------------------	--------------------	--------------------------	------------------	-------------------

RÖRATALNING				RÖRATALNING				RÖRATALNING			
LENGD	NR.	MS	ALLS m	LENGD	NR.	MS	ALLS m	LENGD	NR.	MS	ALLS m
13,49	29	GR	1.128,27	13,29	61	GR	1.553,94				
13,54	30	GR	1.141,81	13,08	62	GR	1.567,02				
13,39	31	GR	1.155,20	12,62	63	GR	1.579,64				
13,59	32	GR	1.168,79	13,45	64	GR	1.593,09				
13,54	33	GR	1.182,33	13,59	65	GR	1.606,68				
13,53	34	GR	1.195,86	12,01	66	GR	1.618,69				
13,31	35	GR	1.209,17	11,93	67	GR	1.630,62				
13,48	36	GR	1.222,65	13,33	68	GR	1.643,95				
13,58	37	GR	1.236,23	13,36	69	GR	1.657,31				
13,52	38	GR	1.249,75	13,37	70	GR	1.670,68				
12,30	39	GR	1.262,05	13,49	71	GR	1.684,17				
13,17	40	GR	1.275,22	13,43	72	GR	1.697,60				
13,20	41	GR	1.288,42	13,30	73	GR	1.710,90				
12,56	42	GR	1.300,98	13,32	74	GR	1.724,22				
13,19	43	GR	1.314,17	13,41	75	GR	1.737,63				
13,19	44	GR	1.327,36	13,56	76	GR	1.751,19				
13,36	45	GR	1.340,72	13,43	77	GR	1.764,62				
13,13	46	GR	1.353,85	12,83	78	GR	1.777,45				
13,26	47	GR	1.367,11	0,35		SK	1.777,80				
13,57	48	GR	1.380,68								
12,84	49	GR	1.393,52								
13,49	50	GR	1.407,01								
13,13	51	GR	1.420,14								
13,34	52	GR	1.433,48								
13,47	53	GR	1.446,95								
13,50	54	GR	1.460,45								
13,38	55	GR	1.473,83								
13,31	56	GR	1.487,14								
13,09	57	GR	1.500,23								
13,49	58	GR	1.513,72								
13,29	59	GR	1.527,01								
13,64	60	GR	1.540,65								

3. JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR

Svarfsýni voru tekin á tveggja metra fresti eins og venja er við boranir. Sýnin voru greind samhliða borun, bæði jarðlög og ummyndun, og stuðst við niðurstöður greiningar við frekara áframhald. Hér á eftir er lýsing á jarðlögum og þau eru sýnd á mynd 3 ásamt borhraða og mælingum á skoli meðan á borun stóð. Síðan eru jarðlagasnið, borhraði og jarðlagamælingar sýndar á mynd 10.

773 – 960 m dýpi. Basalthraunlög. Þessi kafli einkennist af basalthraunlögum með breksíum á milli. Bergið er grágrænt á lit fínkornótt og ummyndað. Bergið er blöðrótt og eru blöðrur ýmist fylltar eða allt að því tómar. Þunn fínkorna ferskleg basaltinnskot skera staflann öðru hvoru og eru dreifð. Í svarfinu eru víða “kontakt”-breksíur, fínkorna jaðrar innskota sem eru bakaðir og sést oft litabreyting eða lagskipting í grófleika kornanna. Á rúmlega 930 metra dýpi er ein slík breksía eða þunnt lag af fremur glerkenndu ummynduðu bergi og gæti vatnsæð verið því tengd. Ummyndun einkennist af kalsíti, kvarsi, wairakíti, pýríti og leir, líklega klóríti. Lámontít sést efst en hverfur síðan. Á rúmlega 800 m dýpi sást epidót fyrst og er vottur af því í öllum kaflanum.

960 – 1050 m dýpi. Basalthraunlög. Meðal-grófkorna basalt. Bergið er svipað hraunlögnum að öllu leyti nema kornastærðin. Frá um 960 metrum og niður í um 1000 metra er afar einsleit myndun úr basalti, fremur grófkorna og með litlu af blöðrum en talsvert dílótt og eru grænleitir pýroxen dílar nokkuð áberandi í sumum sýnum. Breksíur sjást á milli hraunlaga og eru alla jafna mikið ummyndaðar. Sömu ummyndunarsteindir eru í þessum kafla og fyrir ofan nema hvað það sést einu sinni í wollastónít og prehnít á rúmlega 1000 m dýpi. Rétt neðan við 1000 metra (1006 m) koma inn fjórir metrar af upphleðslubergi, ljósu mikið ummynduðu blöðróttu basalti með miklu af wairakíti og sérstaklega prehníti með wollastónít þráðum. Það er meiri ummyndun og vísbending um hærri hita en innskotin í nágrenninu sem er með talsverðu af wairakíti og stöku epidót kristal í smáum blöðrum, gjarna með kvarsi og pýríti en annars er pýrít algengasta sekundera steindin í innskotunum auk þess sem þar er oft vottur af oxun. Tíðni innskota er lítil í efri hlutanum en eykst til muna þegar neðar dregur og er eðlilega meira um kontaktmola við innskotin en í efri hlutanum.

1050 – 1190 m dýpi. Basalthraunlög. Fín-meðalkorna basalt grágrænt á lit, blöðrótt og ummyndað. Í efri hlutanum skiptast á fínkorna og grófkorna basaltlög en er neðar dregur verður fínkorna bergið ráðandi. Í ummyndunarsteindirnar bætist við prehnít og epidót er orðið meira áberandi en á undan. Kalsít hverfur öðru hvoru en kemur alltaf aftur inn. Ummyndun er talsverð en nokkuð breytileg eftir því hvort um er að ræða innskot eða upphleðsluberg. Wollastónít kemur inn á um 1060 m dýpi og gefur til kynna hita yfir 260-270°C. Þar er ummyndunarstigið á þeim nótum að wollastónít finnst með prehníti, auk þess sem epidót sést við og við. Vottur af pýríti er sjáanlegur í nærfellt hverju sýni. Þegar kemur í innskotin verða ummyndunarsteindir ekki eins áberandi, einfaldlega vegna þéttleika bergsins og þar virðist ummyndunin detta örlítið niður og er mest um epidót, pýrít og wairakít.

1190 – 1800 m dýpi. Svarf vantar á öllum þessum kafla, þar sem borað var með algjöru skoltapi allan tímann. Jarðlagamælingar bæta það nokkuð upp og verður það betur tekið fyrir í lokaúrvinnslu. Samt er rétt að geta þess að nokkuð ber á ísúru og súru bergi neðan við 1275 m. Áberandi súr kafli sést á 1380-1420 m dýpi.

Vatnsæðar í vinnsluhluta

930 m dýpi. Vatnsæð sást í skolmælingum, þar sem skoltap jókst úr 4 í 12 l/s. Auk þess mátti með góðum vilja sjá þar breytingu á hitaferli á mynd 12. Æðin er í basaltbreksíu neðan við þunnt finkorna basaltinnskot.

1034 - 1165 m dýpi. Á þessum kafla eyskt skoltap í stökkum frá 10,4 í 23,8 l/s. Erfitt er að staðsetja æðarnar með vissu þar sem þær sjást ekki í hitamælingum. Í svarfinu má greina nokkur basaltinnskot í þessum hluta eins og fram kemur á jarðlagasniði á mynd 3 og MWD-hitmælingum á mynd 4.

1180 m dýpi. Allt skol tapast eða > 46 l/s. Litlar sem engar upplýsingar er að fá þar fyrir neðan úr svarfinu, enda hætti svarf alveg að komu upp litlu neðar og það sem var í síðustu sýnum var ekki marktækt. Svarfið fyrir ofan var úr finkornóttu ummynduðum basalhraunlögum. Æðin sést í skoltapsmælingum og í MWD-hitamælingum (mynd 4).

1230 m dýpi. Æðin sést í skolmælingum.

1335 m dýpi. Æðin sést í þrýstimælingum.

1410 m dýpi. Æðin sést í þrýstimælingum.

1480 m dýpi. Æðin sést í þrýstimælingum og hitamælingu og er líklega öflugasta æðin í holunni..

1580 m dýpi. Æðin sést í þrýstimælingum.

1700 m dýpi. Æðin sést í þrýstimælingum og hitamælingu.

1735 m dýpi. Æðin sést í þrýstimælingum og hitamælingu.

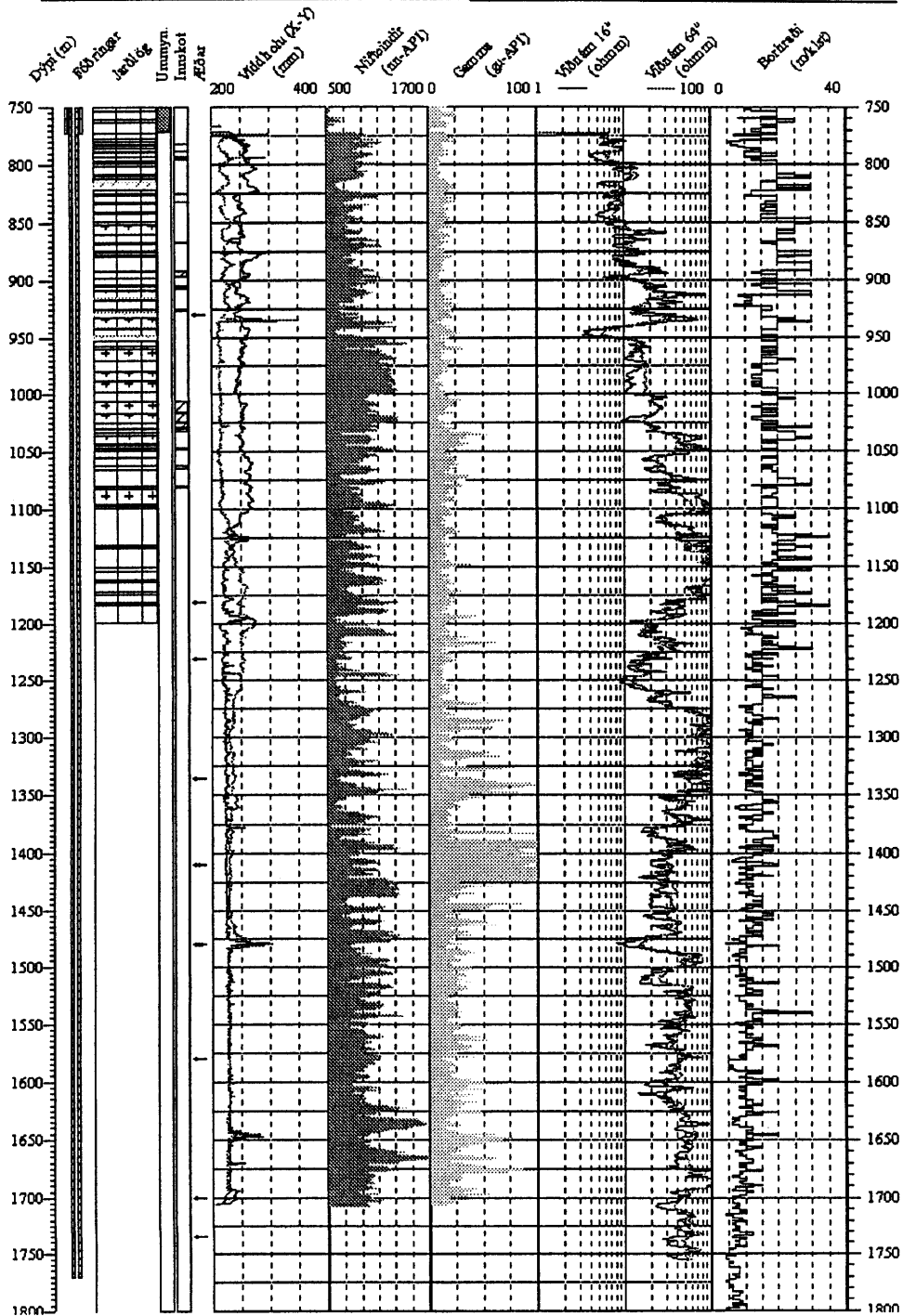


Staður: Nesjavellir
Holunafn: NJ-20

Bor: Jötunn
Dýptarbil: 750-1800 m

Skólvökví: Vatn
Verkhlutí: 3. áfangi








Staðarnúmer:
Starfsmenn: ÁsG/SSJ o/HF





Mynd 10. Jarðlagsnið og jarðlagamælingar í NJ-20.

Skýringar við jarðlagasnið og bergummyndun





Berggerðir

	Basalttúff
	Basaltbreksía
	Glerjað basalt
	Dul-finkorna basalt
	Meðal-grófkorna basalt
	Grófkorna basalt
	Svarf vantar

Innskot




	Innskot
	Hugsanlegt innskot

Ummyndunarstig

	Engin ummyndun
	Lítill ummyndun
	Meðal ummyndun
	Mikil ummyndun

Sym.
nr.

Vatnsæðar

7		Lítill æð
8		Meðal æð
9		Stór æð

4. BORHOLUMÆLINGAR

Borholumælingar í þriðja áfanga eru sýndar í töflu 6, en þær hófust 1. maí 1999 kl. 23:30 þegar hiti í stöngum var mældur við 28 l/s utanádælingu og reyndist holan kæla sig eins langt niður og séð var. Með góðum vilja má sjá örlítið brot við 930 m sem talinn er vera líklegur lekastaður, sjá mynd 2. Gýrósmælingar Sperry Sun fylgdu síðan í kjölfarið. Næsta hitamæling var síðan gerð 2. maí kl. 22:30, en þá hafði borstrengur verið tekinn upp úr holu þar sem skipta átti um borkrónu og taka MWD og LWD mælitæki úr borstrengnum. Bordýpi var þá 1265 m, og sést af mælingunni (mynd 2) að allt skolvatn tapast í æð niðri við botn holunnar.

Næst var síðan komið til mælinga 7. maí þegar borun í 1800 m dýpi var lokið. Byrjað var á hitamælingu kl. 10:30. Því næst var gýrósmælt. Að því loknu var síðan þrýstingur mældur til að finna vatnsborð við 30 l/s ádælingu, en sú dæling hafði verið á frá því kvöldið áður, og reyndist vatnsborðið vera nálægt 355 m. Híti var síðan mældur milli 500–1750 m dýpis. Þessu næst var framkvæmt stutt þrepapróf á 850 m dýpi, fyrst var ádæling aukin frá 30 í 40 l/s, en síðan minnkuð úr 40 í 25 l/s. Hitamælingarnar eru sýndar á mynd 6, en fjallað er um þrýstimælingarnar í kaflanum um þrepaprófanir. Mælingarnar á mynd 6, sýna nánast beinann rennslisferil niður í æð á tæpum 1500 m, en æðar þar ofan við sjást ekki í þessari mælingu. Neðsta æð samkvæmt mælingum virðist vera á um 1740 m dýpi.

Hitamælingar og stutt þrepapróf var síðan endurtekið að morgni 8. maí, en undanfarna nótt hafði verið dælt 50 l/s á holuna. Eitt þrep var tekið, frá 40,8 niður í 25,4 l/s, og er fjallað um það ásamt öðrum þrepaprófunum í næsta kafla. Hitamælingarnar á undan og eftir þessu þrepaprófi eru sýndar á mynd 6.

Næst var farið til jarðlagamælinga eftir að bormenn höfðu tekið upp borstreng, og byrjuðu þær 8. maí kl. 23:10 á hitamælingu sem gerð var í 40 l/s ádælingu, eins og þær jarðlagamælingar sem síðan voru gerðar. Reynt var að finna vatnsborð með þrýstimælingu, en vegna mikils lofts í vatnssúlunni vegna ádælingarinnar var erfitt að finna eitthvert ákveðið vatnsborð. Þessu næst voru nifteindir og náttúruleg gammageislun mæld, síðan vídd holunnar, og að lokum voru viðnámsmælingar gerðar. Þessar mælingar eru allar sýndar á mynd 10, en þar má sjá nokkrar jarðlagasyrpur, sérstaklega er áberandi súrt lag í kringum 1400 m dýpi. Frekari úrvinnsla jarðlagamælinganna bíður lokaskýrslu.

Mælingum í 3. áfanga lauk síðan með þrepaprófun 10.-11. maí og er fjallað um þær mælingar í næsta kafla.

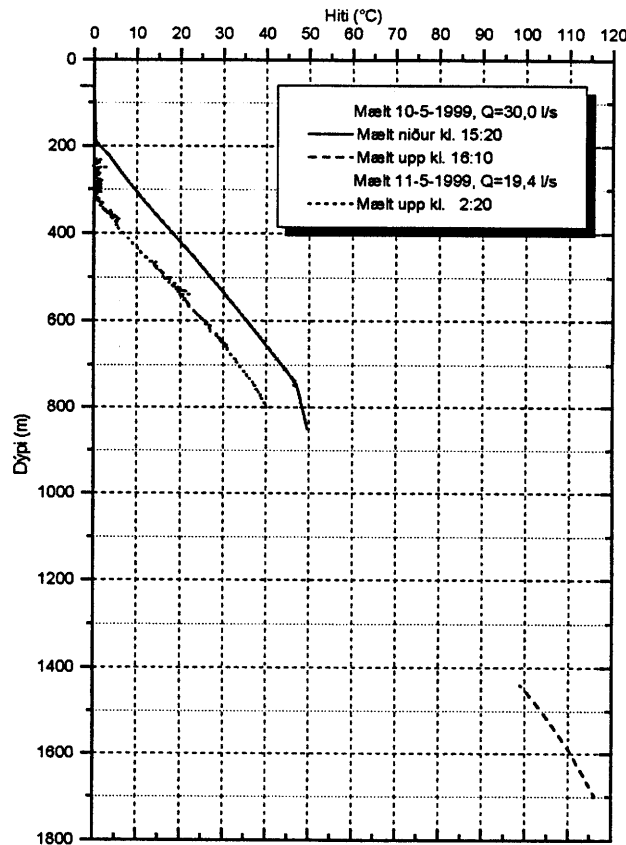
Tafla 6. *Mælingar í borun.*

Dags.	Tími	Mæling	Dýptarbil	Tilgangur	Skrá	Athugasemdir
1-5-1999	23:30-00:30	Híti	39-1110	Upphitun	H0501234	Í stöngum, Q=28 l/s
2-5-1999	22:30-23:20	Híti	10-1265	Upphitun	H0502225	Eftir upptekt, Q=28,8 l/s
7-5-1999	10:30-12:00	Híti	20-1787	Upphitun	H0507103	Í stöngum, Q=30 l/s
7-5-1999	14:00-14:30	Þrýstingur	20-500	Vatnsborð	P0507140	Í stöngum, Q=30 l/s
7-5-1999	14:35-15:30	Híti	500-1750	Upphitun	H0507143	Í stöngum, Q=30 l/s
7-5-1999	15:45-17:55	Þrýstingur	850	Þrepapróf	P0507154	Q aukið úr 30 í 40 l/s
7-5-1999	17:55-19:15	Þrýstingur	850	Þrepapróf	P0507175	Q minnkað úr 40 í 25 l/s

8-5-1999	09:40-10:40	Hiti	15-1789	Upphitun	H0508094	Í stöngum, Q=40 l/s
8-5-1999	10:40-11:00	Þrýstingur	1765-850	Stigull	P0508104	Q=41,5 l/s
8-5-1999	11:00-11:20	Þrýstingur	850	Þrepapróf	P0508110	Mælir að jafna sig
8-5-1999	11:10-12:40	Þrýstingur	850	Þrepapróf	P0508112	Q minnkað úr 41 í 25 l/s
8-5-1999	12:40-13:10	Hiti	850-1789	Upphitun	H0508124	Í stöngum, Q=25 l/s
8-5-1999	23:10-00:20	Hiti	20-1760	Upphitun	H0508231	Eftir upptekt, Q=40 l/s
9-5-1999	00:35-01:10	Þrýstingur	900-50	Vatnsborð	P0509003	
9-5-1999	02:20-04:45	Nifteindir	1700-750	Jarðlög	N0509022	
9-5-1999	02:20-04:45	Nat. Gamma	1700-750	Jarðlög	G0509022	
9-5-1999	06:00-07:30	XY-vidd	1700-50	Holuvidd	X/Y0509060	Lítið um skápa
9-5-1999	08:25-09:05	Viðnám	1750-760	Jarðlög	S/L0509082	16" og 64" skautabil
9-5-1999	08:25-09:05	Sjálfpenna	1750-760	Jarðlög	A0509082	Stílt á 64"
10-5-1999	15:20-15:50	Þrýstingur	60-850	Vatnsborð	P0510152	Leiðari kominn í holu
10-5-1999	15:50-16:10	Hiti	850-1754	Upphitun	H0510155	
10-5-1999	16:10-16:20	Þrýstingur	1700-1440	Stigull	P0510161	
10-5-1999	16:20-16:40	Þrýstingur	1450	Þrepapróf	P0510162	Mælir að jafna sig
10-5-1999	16:40-20:10	Þrýstingur	1450	Þrepapróf	P0510164	Q úr 30 í 48 l/s
10-5-1999	20:10-22:50	Þrýstingur	1450	Þrepapróf	P0510201	Q úr 48 í 58 l/s
10-5-1999	22:50-01:40	Þrýstingur	1450	Þrepapróf	P0510225	Q úr 58 í 19 l/s
11-5-1999	01:40-01:50	Hiti	1450-1630	Upphitun	H0511014	
11-5-1999	01:50-02:20	Hiti	1630-800	Upphitun	H0511015	
11-5-1999	02:20-02:40	Þrýstingur	800-200	Stigull	P0511022	

5. ÞREPADÆLING NJ-20

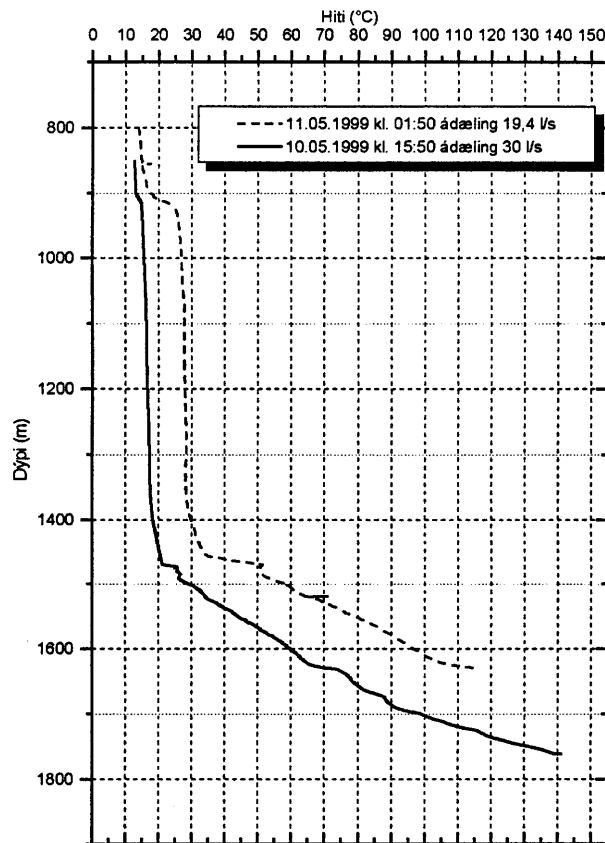
Að morgni 10. maí var búið að setja raufaðann leiðara í holuna og um hádegi höfðu stangir verið teknar upp og sleppistykki leiðara losað af. Undirbúningur að þrepaðælingu var þá hafinn. Settar voru niður opnar stangir niður á rúmlega 450 m dýpi eða vel niður fyrir dýpsta mælda vatnsborð í holunni (um 360 m). Dýpistölur miðast við drifborð Jötuns. Meðan leiðari var settur í holuna var dælt á hana 30,0 l/s og hafði sú dæling verið stöðug í um sólarhring.



Mynd 11. Þrýstingsstigull niður á 850 m og frá 1700 upp í 1440 m.

Byrjað var á að mæla þrýstingsstigul niður á 850 m dýpi upp úr kl. 15 (mynd 11). Vatnsborð fannst á um 190 m dýpi við 30 l/s ádælingu, en hafði áður fundist á allt að 360 m dýpi fyrir svipaða eða aðeins minni ádælingu. Ástæður fyrir breyttri hegðun holunnar, þ.e. hærri vatnsborði, gætu verið breytingar í samspili vatnsæðana á 930 m og 1470 m. Þó getur mælingin á þrýstingsstigli bent til að mjög loftblandað vatn hafi verið efst í leiðaranum sem orsakaði falskt vatnsborð í holunni. Frá hitamælingum (mynd 12) má merkja að æðin á 930 m gaf nú aðeins inn í holuna við 30 l/s ádælingu, en virtist ekki gera það 8. maí við svipaðar aðstæður. Hiti var mældur frá 850 m dýpi og niður á 1760 m dýpi, en þá var hiti kominn yfir hitaþol þrýstinema. Híft var og þrýstingsstigull mældur frá 1700 m og upp í 1440 m, en þrýstinemanum var valinn staður á 1450 m dýpi fyrir þrepaðælinguna. Þar var neminn nálægt annarri af betri vatnsæðum holunnar sem er

á um 1470 m dýpi. Þrýstinemanum var valið þetta dýpi þar sem talið var að hiti myndi ekki breytast mikið þarna í þrepaðælingunni.

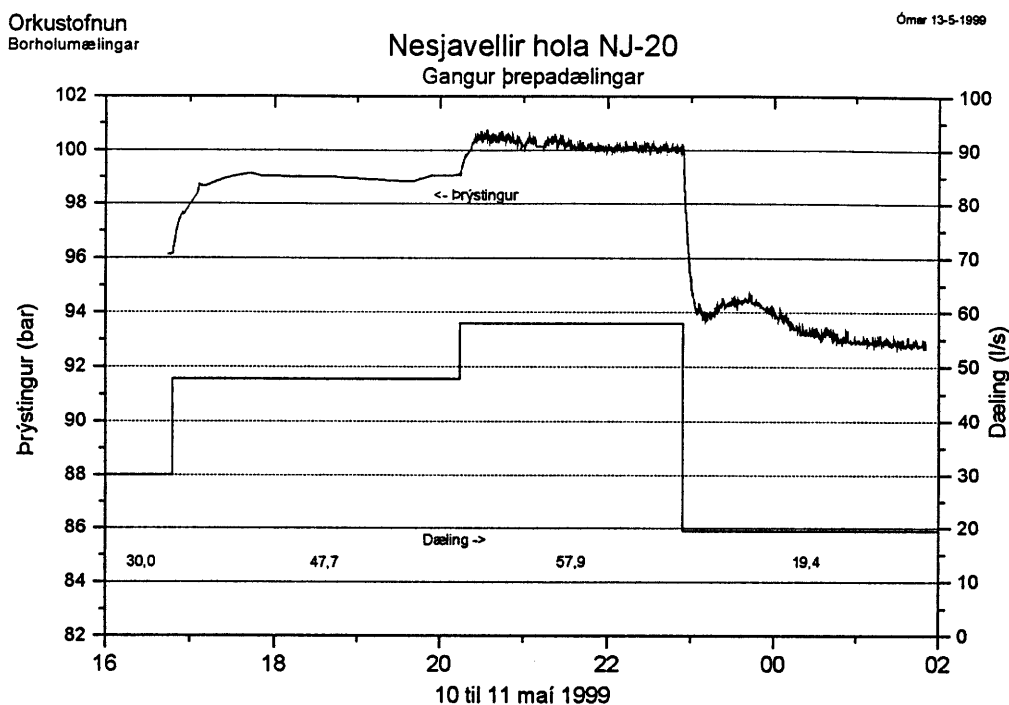


Mynd 12. Hitamælingar við þrepaðrófun 10. og 11.05.1999

Þrýstineminn var um kl. 16:20 á 1450 m dýpi og var látinn jafna sig þar í 15 mínútur áður en dælingu var breytt. Byrjað var á að auka ádælingu úr 30 l/s í 47,7 l/s og haldið þannig í tæplega 3,5 klukkustundir. Aftur var dæling aukin í öðru dæluprepi upp í 57,9 l/s og haldið þannig í tæpa 3 tíma. Í þriðja og síðasta dæluprepinu var ádæling minnkuð úr 57,9 l/s í 19,4 l/s og haldið þannig út prófunina. Gangur þrepaðælingarinnar er sýndur á mynd 13. Skömmu fyrir kl. 2 aðfaranótt 11. maí var hætt að fylgjast með þrýstibreytingunum á 1450 m, og skipt yfir á hitamælingu og mælt niður í 1630 m og svo upp í 800 m. Þaðan var svo þrýstingsstigull mældur upp holuna og reyndist vatnsborð vera á um 320 m dýpi við 19,4 l/s ádælingu. Enn er stigullinn mjög sveigður efst í leiðaranum sem bent getur til að vatnsborð ætti að vera lægra. Mælingum lauk um kl. 3:10.

Mynd 14 sýnir þrýstinginn fyrir hvert dæluprep. Á myndinni sjást smávægileg hitaáhrif í fyrsta þrepi, en í öðru þrepi hefur suð aukist og þrýstingur er almennt fallandi eftir fyrstu 30 mínúturnar í þrepi. Það bendir til að fleiri vatnsæðar verði virkar við þetta mikla ádælingu. Í þriðja þrepi þegar dæling var minnkuð sést að þrýstingur hættir að lækka eftir tæpar 20 mínútur og hækkar aftur. Þetta stafar af því að þegar dælingin var minnkuð þá kom gusa frá æðinni á um 930 m inn í holuna og gekk hitapúlsinn frá gusunni niður holuna. Hiti hækkaði þá skyndilega úr um 14°C í tæpar 80°C og tók það nokkurn tíma fyrir holuna að ná nýju jafnvægi við um 32°C hita á 1450 m. Ádæling var þá 19,4 l/s en æðin á um 930 m gaf inn nokkra sekúndulíttra svo dýpri æðarnar voru að

taka við meiru magni en ádælingin ein sagði til um. Af hitamælingum má ætla að ádæling þurfi að vera um eða meiri en 40 l/s til að stöðva millirennslíð frá 930 m æðinni.

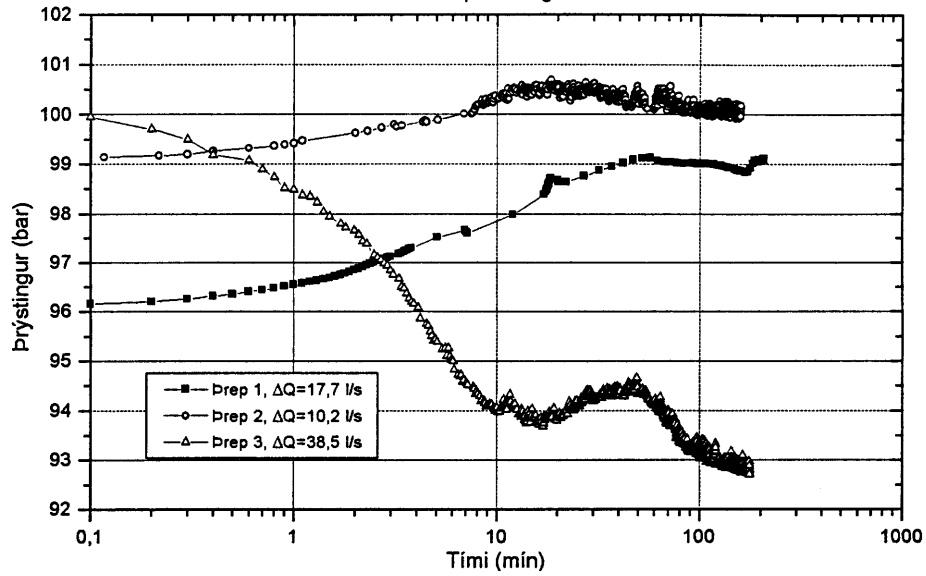


Mynd 13. Dælingaþrep í þrepaþrófun.

Vegna truflana af hitaáhrifum og breytingum í opnun vatnsæða er erfitt að reikna einkennisstuðla fyrir vatnskerfið. Áhrif af sprungustreymi má greina í öðru þrepi og þá má meta lekt út frá seinni hluta þriðja þreps eftir að mestu hitaáhrifin eru horfin. Þannig er vatnslektin við holu NJ-20 metin meiri en $T = 4,6 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pas}$. Meiri vegna þess að æðin á 930 m er að gefa inn í holuna en ekki að taka við ádælingunni og því ekki innifalin í matinu. Tregðustuðullinn er væntanlega minni en $s = -2,3$ sem sýnir greitt samband holunnar við jarðhitakerfið. Til samanburðar var vatnslekt holu NJ-14, sem er staðsett mjög nálægt holu NJ-20, metin rúmlega $3,8 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pas}$ á sínum tíma og þá talin í hópi betri vinnsluholna á Nesjavöllum.

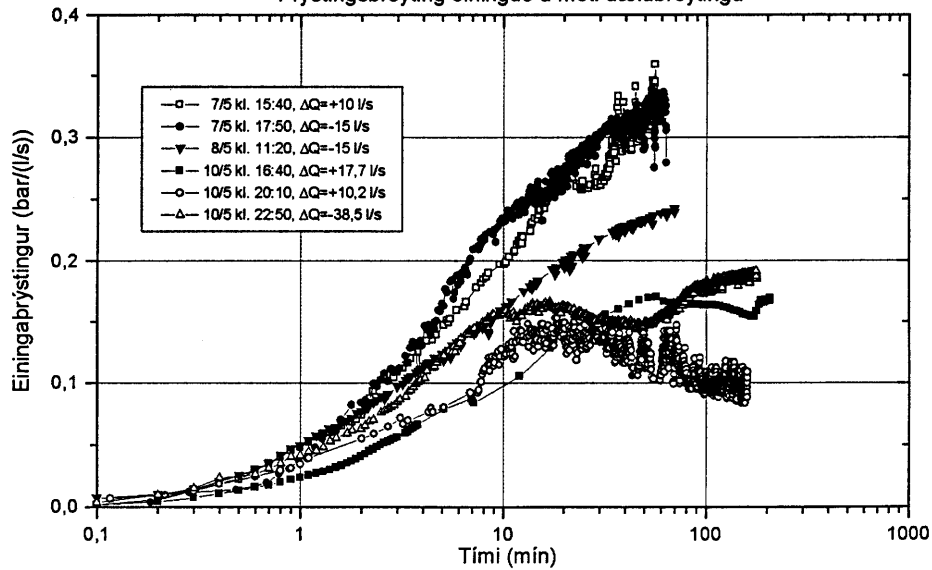
Ekki voru gerðar beinar örvunaraðgerðir í holu NJ-20 enda ekki talin bein þörf á því. Þó var vatnsgæfni holunnar könnuð nokkrum sinnum. Fyrst var það við lok borunar, 7. maí, eftir að stefna og halli holunnar höfðu verið mæld. Þá var ádæling fyrst aukin úr um 30 l/s upp í um 40 l/s og síðan minnkuð í 25 l/s. Fylgst var með þrýstingsbreytingum í holunni, sem þessi mismunandi ádæling olli á 850 m dýpi. Þessar breytingar eru sýndar á mynd 15 eftir að dælingunni hafði verið deilt í þær og breytingin þannig stöðluð sem breyting fyrir einn sekúndulíttra. Af mynd 15 sést að þrýstingsbreytingin er um 0,5 bar fyrir hvern sekúndulíttra þann 7. maí. Holan var þá skoluð í hálfan sólarhring og svipuð könnun gerð 8. maí. Á mynd 15 sést að þá hefur þrýstingsbreytingin minnkað í um 0,25 bar á sekúndulítrann sem bendir til að vatnsæðar holunnar hafi opnast betur. Síðustu þrjár ferlarnir á mynd 15 sýna svo ástand holunnar í þrepaðælingunni. Enn minnkaði þrýstingsbreytingin og var orðin minni en 0,2 bar (um 2 metrar) á sekúndulítrann. Gæfni holunnar hefur því verið batnandi allan tímann.

Nesjavellir hola NJ-20
Prepadæling



Mynd 14. *Prýstibreytingar í dæluþrófunum 1-3.*

Nesjavellir hola NJ-20
Prýstingsbreyting eininguð á móti dælubreytingu



Mynd 15. *Einingarþrýstingur við breytilega ádælingu.*

Viðauki 1



HALLIBURTON

BHA REPORT

8 1/2" Hole

Date RIH: 29.apr.99

Company: Jardboranlr

District: Iceland

BHA No.: 3

Field: Nesjavellir

Co. Man: Matthlason / Manfredson

S/Track No.: _____

Well: NJ - 20

Dir. Eng.: Wold / Kirsebom

Slot No.: _____

BIT DATA

Bit No	Mfr.	Type	Gauge Length (in)	Bit TFA	Pres. Drop (bar)	Depth In (m)	Depth Out (m)	Dull Condition (ADC Coding)								
								Cutting Structure			Loc.	Bearing			Gauge (1/16")	Other Dull Char.
								Inner Rows	Outer Rows	Dull Char.		1	2	3		
3	REED	MILL TOOTH	N/A	OPEN	120PSI	773	1285	1	1	NO	A	E	E	E	IN	NO
Motor hrs. this run (ADC)		65,8	Bend	1	Dist Bit -> Bend:		2,44	Drilled Metres		49%	on hours:		36,10			

BOTTOM HOLE ASSEMBLY

BHA OBJECTIVE

Serial No.	Component Description	Stab. Gauge	Stab to Stab Dist	OD (in)	ID (in)	Comp Length	Total Length	
AK7810	8 1/2" Rod Insert Bit. Open			8 1/2"		0,26	0,26	BHA PERFORMANCE A gyro was run in the 9 5/8" casing showing us to be 12 deg to the right. Orienting back to the proposal with reference in estimated behaviour from the motor was done successfully. This was confirmed with a gyro run at 1198m hole depth and 1010m survey depth. All magnetic surveys had interference. Orienting 50% gave a dis of 2.45 in average over 190m. Total capacity of the Bha is between 5 and 7dis. Last part was drilled with total losses and the U-tube effect from dp to annulus while not pumping didn't turned off the MWD so surveys was not obtainable.
HT84270	6 3/4" F2000S 1" Bend	20 nozzle				7,43	7,69	
7	With 8 1/4" Sleeve			8 1/4"			7,69	
694823	8 1/8" NM Stab			8 1/8"		1,97	9,66	
F50058	MWD XO W / FLOAT			6 3/4"		0,62	10,28	
P670009C	Pressure sub SPP AP			6 3/4"		1,42	11,70	
DC67C155	MWD NO 1 Dir Pressure			6 3/4"		9,24	20,94	
19560A	MWD x/o			6 3/4"		0,50	21,44	
694820	8 1/4" NM Stab			8 1/4"		1,79	23,23	
783	NMOC			6 3/4"		8,08	31,29	
FS0105	MWD XO			6 3/4"		0,53	31,82	
DC67C076	MWD COLLAR EMTY			6 3/4"		9,22	41,04	
HDC6030	MWD NO 2			6 3/4"		9,21	50,25	
18867A	MWD X/O			6 3/4"		0,59	50,84	
	XO			6 3/4"		0,73	51,57	
	6 X 7 1/4" DC SLICK			6 3/4"		56,62	108,19	
	XO			6 3/4"		0,74	108,93	
4381195	JAR			6 3/4"		9,96	118,89	
	XO			6 3/4"		0,45	119,34	
	3 X 7 1/4" DC SLICK			6 3/4"		28,35	147,69	
	XO					0,81	148,50	
	5" DP							

TORQUE AND DRAG		START	END
Pick up (Without Pumps)		100	140
Stack off (Without Pumps)		80	90
Rotating (With Pumps)		85	108
Torque (off Bottom)		200	280

LITHOLOGY

Very fine gravel. Almost like dust.
The bit had 475Krev on bottom.

Last Casing		Size	9 5/8"	MD	769	TVD	751
Mud	Type	WATER		Sand %	N/A		
Props	Weight	1,00	P.J.:	YP:	Temp:	25,0	
Vertical Depth	In	7,45	Out	1159			

SURVEY DATA

INTERVAL CHANGES

	Depth (m)	Inc. (Deg)	Az. (Deg)	TVD (m)	North (+) South (-)	East (+) West (-)	Vertical Section @ Az. : 220,00	Mode	Build (+) Drop (-)	Turn R (+), L (-)	D.I.S. (Deg/30m)
In	755,00	28,80	228,4	737,86	8 08,48	W 79,48	103,55	Rotating	-0,05	N/A	
Out	1010,00	30,50	208,50	800,00	-183,00	-180,00	227,00	Oriented			See above

DRILLING SUMMARY

Mode	Meterage	Drilling Hours		Ave. ROP (m/hr)	Oriented as % Rotary	Drill String RPM	Bit Speed (rpm)	Surface WOB (tonnes)	Torque On Btn	Pumps		Pressure		
		Actual Hours	Pctage %							SPM	Vol (lpm)	Off Bottom Start	Off Bottom End	Diff. Pres.
Rotating	394	28,30	81,2	13,1		60	220	5 - 15	340A	280	2800	1100	1200	120
Oriented	05	0,60	18,8	14,4	107,2		170	5 - 15		250	2050	1100	1200	120
Overall	402	28,90	100,0	13,6										