



ORKUSTOFNUN

Rannsóknasvið

Bakkahlaup Öxarfirði Hóla BA-02

**Áfangaskýrsla 1
Borun 1., 2. og 3. áfanga**

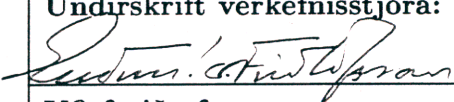
**Guðmundur Ómar Friðleifsson
Bjarni Richter
Guðlaugur Hermannsson
Kjartan Birgisson
Ómar Sigurðsson
Sigvaldi Thordarson
Sverrir Þórhallsson
Sveinbjörn Þórisson**

Unnið fyrir Íslenska orku ehf

1999

OS-99064



Skýrsla nr: OS-99064	Dags: September 1999	Dreifing: <input type="checkbox"/> Opin <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð til September 2004
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: BAKKAHLAUP ÖXARFIRÐI HOIA BA-02 Áfangaskýrsla 1 Borun 1., 2. og 3. áfanga	Upplag: 30	Fjöldi síðna: 27
	Höfundar: Guðmundur Ómar Friðleifsson (OS), Bjarni Richter (OS), Guðlaugur Hermannsson (OS), Kjartan Birgisson (OS) Ómar Sigurðsson (OS), Sigvaldi Thordarson (OS) Sverrir Þórhallsson (OS), Sveinbjörn Þórisson (JB ehf)	
Gerð skýrslu / Verkstig: Áfangaskýrsla, 1.-3. áfangi borverks	Verkefnisstjóri: Guðmundur Ó. Friðleifsson	
Gerð skýrslu / Verkstig: Áfangaskýrsla, 1.-3. áfangi borverks		Verknúmer: 8-630674
Unnið fyrir: Íslenska orku ehf		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Í skýrslunni er gerð er grein fyrir þrem fyrstu áföngunum í borun holu BA-02 við Bakkahlaup í Öxarfirði. Skýrslan er sú fyrsta af fjórum áfangaskýrslum ráðgjafa til verkkaupa um borverkið. Áætlað er að bora niður á allt að 1700 m dýpi. Við borunina og rannsókn á holunni er í meginatriðum fylgt sérstaki hönnunarskýrslu þar um. Fyrsti áfangi var borun fyrir leiðröri niður á 90 m dýpi, annar áfangi borun fyrir höggborsfóðringu þaðan í 200 m dýpi, og þriðji áfangi borun fyrir öryggisfóðringu frá 200 m í 370 m. Tekin eru saman helstu atriði og gögn um borun og rannsókn á holunni í þessum áföngum. Fyrsti verkdagur var 9. júlí en 3. áfanga lauk 10. september. Eins og venja er við borun háhitaholna var borsvarfi safnað á tveggja metra fresti og jarðlög og ummyndun greind eftir því samhliða, og jafnframt gerðar hefðbundnar borholumælingar, s.s. á upphitun, holuvidd, jarðlögum og steypingu. Einnig er fylgst sérstaklega með hugsanlegu gasstreymi úr holunni m.t.t. þess hvort ölfugöðs kunni að finnast í jarðlögum. Verkkaupi er Íslensk orka ehf., en borunina annast Jarðboranir hf. samkvæmt verksamningi og rannsóknarþáttinn Rannsóknasvið Orkustofnunar samkvæmt samningi þar um.		
Lykilorð: Öxarfjörður, háhitasvæði, borhola, jarðlög, ummyndun, vatnsæðar, gas	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra: 	
	Yfirfarið af: GÓF	



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 8-630 674

Guðmundur Ómar Friðleifsson, ROS
Bjarni Richter, ROS
Guðlaugur Hermannsson, ROS
Kjartan Birgisson, ROS
Ómar Sigurðsson, ROS
Sigvaldi Thordarson, ROS
Sverrir Þórhallsson, ROS
Sveinbjörn Þórisson, JB hf

BAKKAHLAUP ÖXARFIRÐI

Hola BA-02

Áfangaskýrsla 1

Borun 1., 2. og 3. áfanga

Unnið fyrir Íslenska orku ehf

OS-99064

September 1999

EFNISYFIRLIT

1. Inngangur		3
2. Gangur Borunar		4
2.1	Áfangi 1: Borun fyrir leiðiröri frá 0 m í 90 m dýpi	4
2.2	Áfangi 2: Borun fyrir yfirborðsfóðringu frá 90 m í 200 m dýpi	4
2.3	Áfangi 3: Borun fyrir öryggisfóðringu frá 200 m í 370 m dýpi	5
3. Jarðlög		8
3.1	Mælingar í borun	8
3.1.1.	Hefðbundnar mælingar	8
3.1.2.	Gasgreiningar	8
3.2	Jarðlagagreining 1. 2. og 3. áfanga	9
4. Borholumælingar		10
4.1	Mælingar í 1. áfanga	10
4.2	Mælingar í 2. áfanga	10
4.3	Mælingar í 3. áfanga	11
Töflur		
Tafla 1	Fóðringarskýrsla 2. áfanga	6
Tafla 2	Fóðringarskýrsla 3. áfanga	7
Tafla 3	Yfirlit yfir mælingar í lok 2. áfanga	11
Tafla 4	Yfirlit yfir mælingar í lok 3. áfanga	13
Myndir		
Mynd 1	Gangur borunar BA-02	14
Mynd 2	Jarðlög og mælingar í borun	15
Mynd 3	Jarðlög og jarðlagamælingar í borun	18
Mynd 4	Hiti og steypumagn 2. áfanga	20
Mynd 5	Jarðlagamælingar í 2. áfanga	21
Mynd 6	a) Steypugæði í 2. áfanga, b) Hiti í 2. áfanga	22
Mynd 7	Hitamælingar í 3. áfanga	24
Mynd 8	Jarðlagamælingar í 3. áfanga	25
Mynd 9	Steypumagn í 3. áfanga	26
Mynd 10	Steypugæði í 3. áfanga	27

1. INNGANGUR

Aðdragandi að borun holu BA-02 var nokkuð langur og verður lýst í lokaskýrslu um borverkið. Hér verður einungis getið helstu atriða. **Verkkaupi** holunnar er Íslensk orka ehf. Jarðboranir hf eru **verktaki** við borunina. Rannsóknasvið Orkustofnunar er **ráðgjafi** verkkaupa. Íslensk orka ehf er hlutafélag nokkurra fyrirtækja og stofnanna: Hita- og Vatnsveitu Akureyra, Rafveitu Akureyrar, Orkuveitu Húsavíkur, Landsvirkjunar, Rafmagnsveitur ríkisins, Jarðborana hf, Keldunesshrepps og Öxarfjarðarhrepps. Framkvæmdastjóri Íslenskrar orku ehf. er Franz Árnason.

Íslensk orka ehf og Rannsóknasvið Orkustofnunar (ROS) gerðu með sér rannsóknarsamning nr. 630671-1999. Þar eru tilgreindir umsjónarmaður verkkaupa á borstað, Hreinn Hjartarson, bæjarverkfræðingur á Húsavík og til vara Franz Árnason veitustjóri VHA, og verkefnisstjóri ráðgjafa Guðmundur Ómar Friðleifsson jarðfræðingur og til vara Einar T. Eliasson yfirverkefnisstjóri á ROS.

Skýrsla þessi er sú fyrsta af fjórum áfangaskýrslum sem samið var um að skila til verkkaupa, í samræmi við tilgreindan rannsóknarsamning. Í þessari fyrstu áfangaskýrslu eru tekin saman helstu atriði og gögn um borun og rannsókn á holunni í fyrstu þrem áföngum borunarinnar, þ.e. borun fyrir leiðiröri, borun fyrir yfirborðsfóðringu og borun fyrir öryggisfóðringu.

Í öllum aðalatriðum er borverkið og rannsókn á holunni unnið í samræmi við sérstaka hönnunarskýrslu (Guðmundur Ómar Friðleifsson o.fl. 1998) sem gerð var að tilhlutan Íslenskrar orku ehf. vegna þessarar fyrstu djúpu rannsóknarholu í ætlað háhitasvæði við Bakkahlaup í Öxarfirði. Í hönnunarskýrslu var þó gert ráð fyrir að jarðborinn Jötunn ynni verkið, en síðar varð sú breyting á að nýr jarðbor Jarðboranna hf, Sleipnir, var fenginn til verksins. Borverkið var aðlagð þeim bor. Helstu atriðum rannsókna við borunina er auk þess lýst í sérstakri verklýsingu með rannsóknarsamningnum.

Þrjár áfangaskýrslur munu fylgja í kjölfar þessarar: Áfangaskýrsla 2 um borun og fóðringu vinnslufóðringar, áfangaskýrsla 3 um borun vinnsluhluta holunnar, og loks áfangaskýrsla 4 um upphitun, upphleypingu, blástur og afköst holunnar. Í kjölfar þeirra fylgir svo lokaskýrsla þar sem öll gögn eru tekin saman, gerð grein fyrir viðbótarrannsóknum á bergi og vatni, og allar niðurstöður verksins samtúlkaðar. Hver áfangaskýrsla er því fyrst og fremst safn grunngagna um viðkomandi áfanga verksins.

Borun fyrir leiðiröri (forborun) var framkvæmd með jarðborunum Aza í júlímánuði 1999. Sleipnir kom síðan á borstað upp úr miðjum ágúst, og hafði þá tafist um rúma viku vegna hlaups í Jökulsá á Fjöllum, sem tók burt brúna á Sandá. Engar skemmdir urðu á borstað eða í nágrenni þess vegna hlaupsins, en sandfok var mönnum heldur til ama á þurrviðrakafla eftir hlaup þegar vindátt var óhagstæð.

Tilvitnun:

Guðmundur Ómar Friðleifsson, Sverrir Þórhallsson, Steinar Þór Guðlaugsson, Halldór Ármannsson og Jón Eiríksson, 1998. *Hönnun háhitaholu við Bakkahlaup í Öxarfirði og rannsóknaráætlun*. Unnið fyrir "Öxar við ána hópinn" (síðar Íslensk orka ehf). OS-98010, 66 bls.

2. GANGUR BORUNAR

2.1 Áfangi 1: Borun fyrir leiðiröri frá 0 m í 90 m dýpi

Yfirleitt eru smærri borar látnir forbora efstu fóðringar í háhitaholum áður en stórir borar mæta á borstað, og var sami háttur hafður á við holu BA-02 við Bakkahlaup. Er þá yfirleitt talað um forborun og “höggborsfóðringu” eða yfirborðsfóðringu. Í þessu tilviki þurfti hins vegar 2 yfirborðsfóðringar vegna aðstæðna á sandinum sem tilgreindar eru í hönnunarskýrslu, eða öllu heldur 2 öryggisfóðringar. Í stað þess að tala um tvær yfirborðs- eða tvær öryggisfóðringar var brugðið á það ráð að kalla þá fyrri **leiðirör** til að forða ruglingi.

Borun fyrir leiðiröri var gerð með jarðbornum Aza sem kom á borstað 9. júlí 1999, að lokinni borun á Ísafirði, og telst 9. júlí vera fyrsti verkdagurinn. Fyrsta vikan fór í að koma bornum á staðinn og stilla upp. Síðan var farið í 4 daga helgarfrí.

Mánudaginn 19. júlí var sett niður 26” hjólakróna, með einni stýringu yfir, blandað upp gel og borað frá 4 m í tæpalega 20 m dýpi á dagvaktinni. Á næturvaktinni jókst dýpið síðan í 55 m dýpi. Dagvaktin á eftir náði síðan að dýpka holuna í 88,7 m og lauk borun í 90 m um kl 20, miðvikudaginn 21. júlí. Borunin sjálf tók því um 1 ½ sólarhring, og gekk með öllu áfallalaust, og ekki varð vart við skoltap.

Samkvæmt borskýrslu er laus sandur efst í holunni. Sandurinn harðnar frá 33 m dýpi, linast síðan aftur á 55 m dýpi. Getið er breytinga á jarðlögum í 79 m dýpi og er bergið harðara og sprungið á köflum þar fyrir neðan.

Holan var skoluð hrein eftir borun, borstrengur tekinn upp og síðan tekið til við að fóðra hana með 22 ½” soðinni fóðringu (94,4 m). Hún var komin niður um sólarhring síðar og var steypst föst sama kvöld, 22 júlí. Fóðringin steypst upp í fyrstu atrennu. Alls fóru tæp 20 tn af sementi í steypuna. Borverkinu lauk daginn eftir, á 14. verkdegi og var borinn síðan fluttur af staðnum. Fóðringarskýrsla barst eftir að þessi skýrsla var fjölfölduð og er því höfð á sér síðu aftast.

2.2 Áfangi 2: Borun fyrir yfirborðsfóðringu frá 90 m í 200 m dýpi

Fyrsti verkdagur Sleipnis við BA-02 var 16. ágúst 1999. Fyrsta vikan fór í undirbúning og uppsetningu borsins. Á 9. verkdegi, 24. ágúst, var byrjað að bora út steypu, frá 72 m og niður úr henni á 93,5 m dýpi, með 21” borkrónu. Bordýpi er miðað við fastpunkt á borpalli, sem er 3,7 m ofan við kjallarabrún. Borað var áfram niður í rúmlega 97 m dýpi, þá tekið upp, 5 álagsstöngum bætt í streng og blandað gel. Um miðnætti var bordýpi komið í 105 m. Vaktaskiptum hafði verið komið upp á bornum sólarhring áður, og var unnið á vöktum út borverkið.

Borun fyrir yfirborðsfóðringunni tók rétt um 2 sólarhringa, og lauk í 199,6 m dýpi kl. 18:45, 26. ágúst. Meðalborhraði var því rétt um 2 m/klst. Þá var skolað, hitamælt í stöngum og borstrengur síðan tekinn upp úr holunni. Eftir upptekt var jarðlagamælt um nóttina og síðan tekið til við að fóðra holuna með 18 5/8” soðinni fóðringu. Fóðrunin tók um 1 sólarhring. Fóðringarskýrsla er sýnd í töflu 1.

Þá varð um 2 ½ sólarhrings töf meðan beðið var eftir að steyputæki losnuðu úr Kröflu og kísillsalli úr tolli í Reykjavík. Upp úr hádegi, 31. ágúst var loks steyppt úr 21 tn af G-sementsblöndu og var steypa niðri um kl 15. Steyppt var ofan með fóðringu úr 2 tn af sementsblöndu, og sólarhring síðar var einu tonni bætt við. Alls fóru því um 24 tn af steypu í fóðringuna

Steypugæði voru mæld nokkrum tímum eftir að steypa fór niður og síðan sólarhring síðar. Steypan reyndist ekki orðin hörð og tók hörðnun annan sólarhring til, eða alls um 48 tíma, staðfest með steypugæðamælingum. Ástæðuna má trúlega rekja til fremur lágs hitastigs ofan til í holunni, og í ljósi þess hefði mátt sleppa því að setja tafefni í sementsblönduna. Það má hafa í huga í næstu borholum á svæðinu ef aðstæður verða svipaðar.

Yfirlit yfir verkgang við borun BA-02 fyrir hvern áfanga er sýnt á mynd 1. 14 verkdögum Aza má bæta framan við til að fá heildarfjölda verkdaga við borun holunnar.

2.3 Áfangi 3: Borun fyrir öryggisfóðringu frá 200 m í 370 m dýpi

Niðursetning 17 ½" krónu hófst um kl. 17, 2. september, og var borstrengur kominn niður á stungustykki á 172 m dýpi um miðnætti. Þegar byrjað var að bora kom fram mikill og óðviðunandi titringur á borstreng. Hann var því tekinn upp og efri rýmari tekinn úr. Þá var jafnframt ákveðið að bíða eftir nýrri borkrónu úr Kröflu. Byrjað var að bora út stungustykki milli 14 og 15, 3. september og síðan boruð út steypa og lauk því fyrir miðnætti. Þá var tekið upp aftur og efri rýmara komið í streng. Ástæðan fyrir titring á borstrengnum upphaflega tókst að rekja til boginar álagsstangar. Um sólarhrings töf hlaust af því.

Holan var hallamæld í 200 m og mældist 0,5° halli. Borun í 205 m dýpi hófst kl 9:35 að morgni 4. september og lauk kl 15:40 hinn 6. september á 370 m dýpi. Borunin gekk með öllu áfallalaust og var einungis stoppað í 1 klst til að hallamæla holuna í 300 m dýpi, þar sem halli mældist 1,2°. Meðalborhraði í þessum áfanga reyndist því rétt rúmir 3 m/klst. Ekkert skoltap kom fram í borun þessa áfanga.

Ekkert er getið um jarðlög í þessum áfanga eða þeim fyrri í borskýrslu, enda jarðfræðingur á staðnum. Þó er minnst á sprungið berg öðru hverju í kringum 270 m dýpi. Að borun og skolun lokinni var hitamælt í stöngum, upphitun mæld í tæpa klst. Hitnun reyndist óveruleg og hiti rétt um 70°C. Borstrengur var því tekinn upp. Holan var þá jarðlagamæld og lauk mælingum um kl. 02, 7. september.

Þá var tekið til við niðursetningu 13 3/8" skrúfaðrar fóðringar. Þá kom í ljós að svokallaður links, sem notaður er til að slaka fóðringunni niður, hafði komið of stuttur frá framleiðanda borsins. Reynt var að bjarga málinu með því að fá links af öðrum bor frá Reykjavík. Sá reyndist of langur. Endaði með því að keðja var notuð til að slaka fóðringunni niður og tók fóðringin sjálf einungis um 4 klst, en töfin vegna stutta linksins nálgast 2 sólarhringa.

Öryggisfóðring var steyppt að morgni 9. september, á 25. verkdegi. Steyping gekk vel og steypa kom upp, seig síðan um 12 m, sem fyllt var uppí utanfrá. Alls fóru 42 tonn í steypinguna. Fóðringarskýrsla er sýnd í töflu 2. Aftur tók steypuna nærri 2 sólarhringa að harðna. Borun með 12 ¼" krónu fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu (4. áfanga) hófst svo á 28. verkdegi.

Tafla 2. Fóðringarskýrsla 3. áfanga.

	FÓÐRUNARSKÝRSLA	Eyðublað nr. 68-051
JARÐBORANIR HF		

Verk nr. 23003	Hola nr. BA-02	Borstaður Bakkahlaup	Bor Sleipnir	Verkkaupi Íslensk Orka
Vídd holu 17 1/2"	Dýpt holu mv. drifborð 370	Fóðring nr. 3	Fóðrun framkv. dags. 8.9..99	Utfyllt af: SP/BG

Holudýpi frá flangsi				Fóðringard. frá fl.				Röratalning			
365.00 m				364.25 m				LENGD	NR	MS	ALLS m
FÓDRING	Gerð	K-55		Þyngd	68 lbs/ft						
	Utanmál	13 3/8"		Innamál	315.32 mm						
	Veggþykkt	12.19 mm		Pöntunar nr.	Jarðboranir hf 1840						
	Tengi	Buttress						5.87	1		5.87
	Flangs	133/8" 3000						13.16	2	x	19.03
	Stungutengi	Flotkollli						13.44	3		32.47
	Skór	Flotskór						13.27	4		45.74
	Miðjustillar	12	stk	Steyputappar	0	stk		13.56	5	x	59.30
STEYPING	Steypa 1 þurrefni	40,000	kg	Tafefni	150	kg	13.34	6		72.64	
	Eðlisþyngd	1.62	kg/l	Steypingartími	30	mín	13.71	7		86.35	
	Steyputæki	Halliburton HT 400 + Jet Mixer						13.24	8	x	99.59
	Steypa kom upp	JÁ		Eðlisþyngd steypu upp	1.62	kg/l	13.11	9		112.70	
	Eftirdæling	2,442	ltr	Eftirdæling	6	mín	13.37	10		126.07	
	Steypa 2 þurrefni		kg				13.27	11	x	139.34	
							13.46	12		152.80	
FRÁGANGUR	Dýpi á steypu utan röra	u.þ.b. 24	m	Steypt utan með eftir	3.5	kíst	13.64	13		166.44	
	Steypa þurrefni	2,000	kg	Skorið ofan af eftir	15	kíst	13.51	14	x	179.95	
	Dýpi á steypu í röri		m	Steypa boruð eftir		kíst	13.13	15		193.08	
							13.35	16		206.43	
							12.76	17	x	219.19	
ATHUGASEMDIR											
Rör no 1 er 20m/m efnisrör											
S teyping 40 % G blanda											
							13.55	18		232.74	
							13.40	19		246.14	
							13.30	20	x	259.44	
							13.30	21		272.74	
							13.60	22		286.34	
							13.40	23	x	299.74	
							13.29	24		313.03	
							12.56	25		325.59	
							12.73	26	x	338.32	
							0.80			339.12	
							12.23	27	x	351.35	
							12.48	28	x	363.83	
							0.42			364.25	

3 JARÐLÖG

3.1 Mælingar í borun

3.1.1. Hefðbundnar mælingar í borun

Ýmiskonar mælingar eru framkvæmdar af bormönnum til að fylgjast með ástandi háhitaholna meðan á borun þeirra stendur, auk þess sem bormenn taka borsvarf á 2 m fresti eða oftast eftir þörfum eða beiðni jarðfræðings. Á gömlu háhitaborunum, Gufubor og Jötni, er m.a. notast við svokallað geolograph sem skráir borhraða á 25 cm bili og álag. Aðrar mælingar, svo sem á dældu magni skolvatns, skolvatnsþrýstingi, hitastigi skolvatns niður og upp úr holu, skoltapi eða skolaukningu, snúningshraða krónu, álagi á krónu o.fl. hafa yfirleitt verið skráðar reglulega af bormönnum á þar til gerð eyðublöð, af mismunandi mælitækjum. Kröfum um gagnaskráningu er lýst í hönnunarskýrslu.

Á nýja bornum Sleipni stóð til að hafa flest af ofangreindum mælingum sjálfvirkar og tengdar tölvubúnaði þannig að um sískráningu yrði að ræða. Jafnframt átti að vera hægt að fylgjast með ástandinu á tölvuskjám. Þegar borinn kom á staðinn var ekki búið að ganga frá sjálfvirka búnaðinum. Hins vegar var búið að tengja skolþrýstingsmæli, dæluslög, og hitaskynjara í kari og svarfkassa, við stafrænt talnaborð í stjórnborði. Borhraða þurfti að lesa af metrakvarða, þar sem ekki var hægt að koma upp geolograph vegna bortækisins, sem er með snúninghaus og teleskópiskt mastur.

Bormenn skráðu því allar umbeðnar mælingar á eins eða fjögurra tíma fresti eftir atvikum, og eru mæliferlar á meðfylgjandi jarðlagamyndum samkvæmt þeirri skráningu. Mælingarnar eru misnákvæmar. Til dæmis kom í ljós að gel settist á hitanema í svarfkassa og einangraði hann. Því var hitaneminn hreinsaður reglulega með vatni, en auðsætt er á mælingunum að þær eru varla marktækar á stundum. Þetta er í sjálfu sér eðlilegt ástand á nýju bortæki með nýjan óreyndan mælibúnað, og var unnið að betrubótum meðan á borverkinu stóð.

Ráðgjafi þarf að geta fylgst sem best með ástandi skolvatns og borgangi öllum til að fá sem gleggst mat á jarðlög og jarðhitakerfið sem borað er í. Því var orðið við óskum ráðgjafa um að setja eigin búnað upp, svo sem sjálfvirkum flæðimæli í skolvatnslögn (flowline) og síðan sískráningarbúnaði á þann mæli og fleiri skolvatnsnema. Rennislimælirinn var settur á flowline áður en borun fyrir öryggisföðringu hófst. Gagnaskráningarbúnaður ráðgjafa var svo settur upp áður en borun fyrir vinnsluföðringu hófst til að geta fylgst með skolvatnskerfinu.

3.1.2. Gasgreiningar

Ástæða þótti til að fylgjast með hugsanlegu streymi oliugasa samhliða borun þessarar fyrstu djúpu rannsóknarholu í háhitasvæði í setlagastafla. Því keypti Íslensk orka ehf. sérstakan gasgreini til að fylgjast með oliugösum, auk brennisteinsvetnis og koldíoxíðs. Kostnaður við uppsetningu reyndist heldur meiri en ráð var fyrir gert, en gasgreininum var komið upp í rannsóknargámi OS á borstað, og sýnatökubúnaði var komið upp á skolvatnslögn, svo unnt væri að taka gassýni úr skolvatni með einföldum hætti meðan á borun stæði. Búnaðurinn reyndist vel, og voru m.a. prófuð og greind nokkur sýni af oliugösum af Skógalónssvæðinu og víðar með ágætis árangri. Ekkert gas barst hins vegar upp með skolvatni í borun 2. og 3. áfanga, svo orð sé á gerandi. Nánar verður gerð grein fyrir gasmælingum í lokaskýrslu, eða

fyrir ef ástæða er til. Auk þessa kom borverktaki upp sérstökum gasblæðibúnaði í því skyni að losna við hættuleg gös í borun ef á þyrfti að halda. Gasblæðibúnaðinum var komið upp áður en borað var fyrir vinnslufóðringu.

3.2 Jarðlagagreining 1. 2. og 3. áfanga

Svarf var greint jöfnum höndum á borstað meðan á borun 2. og 3. áfanga stóð. Svarfið er greint í góðu stækkunargleri (svarfsmásjá) og metið og sundurgreint með augunum, eins og venja er á borstað. Nákvæmari greiningar í röntgentækjum og bergfræðismásjám eru gerðar síðar í samræmi við áætlaða þörf á slíkum greiningum. Auk venjulegra svarfsýna voru tekin sérstök ómeðhöndluð sýni á 30 m fresti í þessari borun, til að greina heildarmagn lífrænna efna (TOC) í berginu, og nákvæmari greininga á olíuefnum ef ástæða þykir til. Sýnin voru tekin í loftþéttar málmdósir og dósunum komið í kæli á borstað.

Í dagskýrslum hefur verið gerð grein fyrir helstu jarðlögum og breytingum í þeim með vaxandi dýpi, svo og ummyndun. Hér verður því stiklað á stóru með beinni tilvísan í meðfylgjandi jarðlagasnið, en nákvæmari lýsing á heildarmyndinni látin biða lokaskýrslu.

Á mynd 2 er sýnt jarðlagasnið 1. 2. og 3. áfanga, ásamt nokkrum þeirra mælinga sem bormenn framkvæmdu. Engar reglulegar mælingar voru gerðar í fyrsta áfanga nema á borhraða, en í þeim síðari var jafnframt mældur hiti á skolvatni niður og upp úr holu á 1 klst fresti, ásamt dælingu og dæluþrýstingi, og skoltapi á 4 tíma fresti. Að undanskildum borhraða sést lítil breyting í mæliferlunum niður holuna, nema á mismunahita, sem stafar af því að hitanemi er ekki rétt staðsettur í skolvatnslögn.

Efst í holunni var borað í lausan sand niður í u.þ.b. 30 m dýpi, en síðan í nánast samfeldan sandstein niður í 130 m dýpi. Sandsteinninn er misgrófur í korni og lítillaga ummyndaður. Þar neðan við tekur við mun fínkornara set, sem að hluta til hefur sest til á hafsbotni svo sem skeldýraleyfar vitna um. Kornagerð setsins er misgróf og er ýmist talað um set af þessu tagi sem leirstein eða siltstein. Við notum samheitið *eðjusteinn* til að ná yfir set af þessu tagi. Nær það hann niður á 200 m dýpi.

Neðan 200 m dýpis tekur aftur við sandsteinn, misgrófur ásýndum og sýnilega myndaður í orkurikara umhverfi en eðjusteinninn ofan við, trúlega í árósum. Lagskipting er tíð og mun meiri en unnt er aðgreina í borsvarfi. Neðan 300 m dýpi tekur svo aftur við rólegra setmyndunarumhverfi.

Setið frá yfirborði niður á 370 m dýpi er hvergi mikið ummyndað að sjá, en þó vel samlímt. Á rúmlega 200 m dýpi sást talsvert meira magn af jarðhitaútfellingum í einu sýni en annars staðar, í gropnum sandsteini. Gerð samlímingarefnis annars staðar þarf að skoða í bergfræðismásjá. Helstu ummyndunarsteinda er getið í skýringadálki við hlið jarðlagasúlunnar. Ofan til sjást nokkrir lághitazeólítar, ásamt ópal og kalsíti. Mordenít virðist bætast í hópinn nærri 200 m dýpi, og bendir það til hækandi hita.

Eins og fram kom í dagskýrslum var nær ógjörningur að henda reiður á hita út frá ummyndunarsteindum á dýptarbili öryggisfóðringarinnar, en þær voru leir- og sprungufyllingar úr kalsíti. XRD-greiningu á leir þarf til, og reyna mætti að mæla vökvabóluhita í kalsíti. Nánar verður fjallað um ummyndun í lokaskýrslu, en þó má geta þess að 3 sýni voru tekin í XRD-leirgreiningu strax að lokinni borun fyrir öryggisfóðringu. Þau

eru af 248 m, 300 m, og 356 m dýpi, og sýndu öll leirsteindina smektit, sem bendir til að hiti hafi ekki komist yfir 200°C á umræddu dýptarbili.

Á mynd 3 eru jarðlagamælingar sýndar með jarðlagasniðinu. Jarðlagamælingarnar eru sýndar hráar og óleiðréttar. Þær verða samræmdar og leiðréttar fyrir vidd, seigju borholuvökva o.fl. og til nánari umfjöllunar í lokaskýrslu. Hér að neðan er hins vegar gerð grein fyrir boruholumælingum sem gerðar voru meðan á borun 1. 2. og 3. áfanga stóð.

4 BORHOLUMÆLINGAR

4.1 Mælingar í 1. áfanga

Engar hita- eða jarðlagmælingar voru gerðar meðan á borun fyrir leiðiröri stóð. Kom það til af tvennu. Reiknað var með lausum og hrungjörnum sandi í efstu 30-50 m holunnar. Því var kappkostað að hafa gelblöndu til skolunar sem þykkasta og tímátt milli borununar og steypingu fódðingar sem allra stýstan. Í annan stað var holan 26" víð og jarðlagamælingar í þykku geli við slíkar aðstæður erfiðar. Tilgangur með jarðlagamælingum er m.a. sá að geta borið saman mælingar í borholum og mælingar á yfirborði. Nægir í því sambandi að minnst á viðnámsmælingar sem gáfu til kynna að háhitasvæði leyndist í sandinum við Bakkahlaup. Nákvæm þekking á eðlisviðnámi jarðlaga í borholum á öllum dýptarbilum getur því verið gagnleg varðandi orkuvinnslu úr svæðinu og mætti hafa viðnámsmælingu í efstu jarðlögum í huga ef grennri hola verður boruð þar í náinni framtíð.

Hitamæling var gerð af bormönnum með handrúllumæli kl 00:00-02, 24. ágúst, áður en borun með Sleipni hófst. Mælirinn komst ekki nema í 45 m dýpi, og virðist hafa lent á steypuskjæni, sem ekki varð vart við þegar krónu var slakað niður. Hiti var milli 20-30°C á því dýpi. Mælingin var ekki skráð. Borkrónu var síðan slakað niður á steypuborð í 72 m í framhaldi af því og steypa boruð út úr leiðröri í byrjun 2. áfanga.

4.2 Mælingar í 2. áfanga

Upphitunarmæling í borstreng var gerð með handrúllu á 180 m dýpi fyrir upptekt borkrónu. Einungis botnhiti var mældur. Hann var 56,4°C í fyrri mælingunni, og 56,8°C í seinni mælingunni ½ tíma síðar. Upphitunarhraði dæmdist lágur, borstrengur síðan tekinn upp og jarðlagamælingar gerðar í beinu framhaldi af því.

Jarðlagamælingar voru gerðar milli kl. 02-05, 27. ágúst. Fyrst var hitamælt niður holuna (mynd 4) og síðan jarðlagamælt (mynd 5). Út frá viddarmælingunni var lágmarks steypumagn áætlað 17-18 tn (mynd 4).

Á hitamælingunni sést að holan tekur við kælingu niður í rúmlega 130 m dýpi en hitnar upp fyrir 60°C þar fyrir neðan. Þéttari jarðlög neðan 130 m gefa til kynna að hiti sé nær berghita þar.

Jarðlagamælingarnar á mynd 5 sýna nánast einsleita ferla á öllu dýptarbilinu, nema hvað SP-mælingin sýnir greinilega hærri gildi neðan 130 m. Mælingarnar verða leiðréttar fyrir vidd og fleiru og aðlagðar jarðlagamælingum neðar úr holunni og birtar í lokaskýrslu.

Að steypingu lokinni var steypugæðamælt 5 tímum eftir steypingu og síðan 26 tímum eftir steypingu. Seinni mælingin sýndi óharðnaða steypu. Að ósk verktaka var mælingin síðan endurtekin eftir 33 t hörðnun, og reyndist steypa þá enn ekki hörnuð. Svipuð steypa mældist svo eftir 42 t hörðnun, en að lokum góð steypa eftir 48 t hörðnun. Steypugæðamælingarnar eru sýndar á mynd 6 ásamt hitamælingum sem gerðar voru til að fylgjast með hitnun steypunnar. Í töflu 3 er yfirlit um borholumælingar í lok 2. áfanga.

Tafla 3. Yfirlit yfir mælingar í lok 2. áfanga.

Dags.	Tími	Mæling	Dýptarbil	Tilgangur	Skrá	Athugasemdir
27.08.99	02:10-02:20	Hiti	1-199	Upphitun	H0827021	
27.08.99	02:40-03:00	XY-vídd	197-0	Holuvídd	X/Y0827024	
27.08.99	03:26-03:49	Nifteindir	198-1	Jarðlög	N0827032	
27.08.99	03:26-03:49	Nat. Gamma	196-1	Jarðlög	G0827032	
27.08.99	04:07-04:12	Viðnám	198-91	Jarðlög	S/L0827040	16" og 64" skautabil
27.08.99	04:07-04:12	Sjálfsþenna	198-91	Jarðlög	A0827040	
31.08.99	18:15-18:25	Hiti	6-172	Upphitun	H0831181	
31.08.99	19:15-19:30	Steypumæling	170-7	Steypugæði	B0831191	~5 t. e. steypingu
01.09.99	16:05-16:15	Hiti	10-173	Upphitun	H0901160	
01.09.99	16:40-17:00	Steypumæling	170-7	Steypugæði	B0901164	~26 t. e. steypingu
02.09.99	00:00-00:10	Hiti	10-172	Upphitun	H0902000	
02.09.99	00:25-00:40	Steypumæling	170-9	Steypugæði	B0902002	~34 t. e. steypingu
02.09.99	07:35-07:40	Hiti	10-172	Upphitun	H0902073	
02.09.99	07:55-08:10	Steypumæling	170-9	Steypugæði	B0902075	~42 t. e. steypingu
02.09.99	14:35-14:45	Hiti	10-172	Upphitun	H0902143	
02.09.99	15:15-15:25	Steypumæling	170-8	Steypugæði	B0902151	~49 t. e. steypingu

4.3 Mælingar í 3. áfanga

Borun fyrir 13 3/8" fódningu lauk um kl. 15:30 þann 6. september 1999. Þá var fyrst hitamælt innan í borstöngum, athuguð upphitun á 350 m dýpi í um 40 mínútur áður en hitamælt var upp borstrenginn. Hitinn í holunni er sýndur á mynd 7, en upphitun var mjög lítil eða aðeins um 0,3 °C á 40 mínútum. Var þessum mælingum lokið um kl. 18:30 og hófst þá upptekt borstrengs.

Mælingabíll fyrir jarðlagamælingar kom á svæðið um kl. 20 en þá var verið að taka upp borstrenginn og lauk því upp úr kl. 22 um kvöldið. Mælingar hófust um kl. 22:30 og var byrjað á að mæla nifteindadreifingu og náttúrulega gammageislun. Byrjað var með þessar mælingar því upphitun í holunni hafði verið hæg og þetta mælitæki hefur minnsta hitapolið. Næst var vídd holunnar mæld, síðan rafviðnám jarðlagana við holunna og endað með hitamælingu. Allar mælingarnar eru sýndar á mynd 8.

Hitamælingarnar sem sýndar eru á mynd 8 eru gerðar með um 7 klukkustunda millibili (sjá einnig mynd 7). Mælingarnar sýna að holan hefur aðallega hitnað á dýptarbilunum 215-240 m og 285-305 m, þar sem hitnunin er 30-40 °C, en annars staðar er hitnunin mun minni eða um og innan við 20 °C. Viddarmælingin sýnir smá útvöskun neðan yfirborðsfóðringar og svo sporöskjulögun í holunni aðallega á dýptarbilinu 264-293 m eða yfir sandsteinslag sem er á því dýpi. Mjög lítið er að sjá í viðnámsmælingunni enda holan full af leðju sem hefur lágt rafviðnám. Styttra skautabilið gaf mjög lágt viðnám eða við skekkjumörk mælisins og er því ekki sýnt á mynd 8. Lengra skautabilið er sýnt á myndinni, en líklega sýnir það eingöngu rafviðnám leðjunnar í holunni. Af sömu ástæðum gaf sjálfspennumælingin slæma svörun.

Náttúruleg gammageislun er háð efnasamsetningu jarðlaganna, en hér á landi hafa súr jarðlög oft haft meiri geislavirkni en basísk jarðlög. Einnig geta vatnsæðar sýnt hærri geislavirkni þar sem vatnið hefur leyst upp efnin úr jarðlögunum og flutt þau um vatnsrásirnar. Mæling á náttúrulegri gammageislun úr þessum áfanga holu BA-2 sýnir engin áberandi súrari jarðlög. Nifteindadreifingin er háð gropi jarðlaganna, en grop er holrýmið í þeim sem oftast er fyllt vatni. Reyndar getur einnig verið gas í holrýminu á svæðum þar sem jarðgas finnst. Vatnið dempar dreifingu nifteindanna þannig að túlka má lægri mæligildin í nifteindamælingunni sem gropnari jarðlög og hærri gildin sem þéttari jarðlög. Þegar lítið er á mælinguna á mynd 8 eru mest áberandi þéttari jarðlög á um 254-293 m. Einnig er þétt jarðlag nálægt botni holunnar.

Út frá mælingum á vidd holunnar var reiknað hvað þyrfti mikla steypu til að fylla holrýmið milli 13 3/8" fóðringar og holunnar. Niðurstaða reikninganna er sýnd á mynd 9. Þar sést að það þarf minnst 35 m³ af steypu til að fylla í rúmmálið milli fóðringar og borholu.

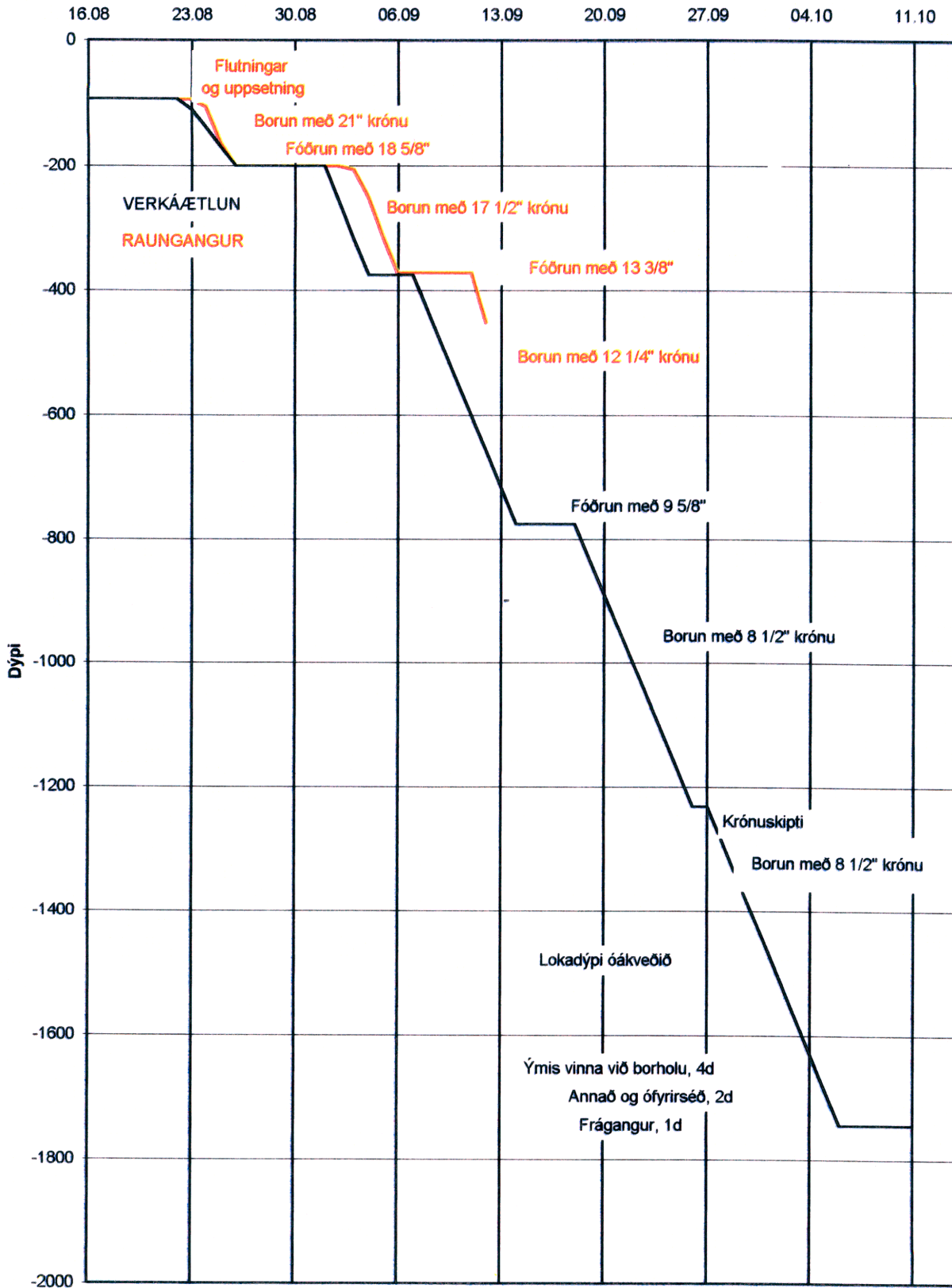
Þann 10. september var komið að holu BA-2 skömmu fyrir hádegi til að kanna ástand steypingar 13 3/8" fóðringar. Tæpum tveim tímum áður hafði verið byrjað á að sjóða kraga á fóðringuna og stóð suðuvinnan til kl. 14. Ekki var hægt að byrja mælingar í holunni á meðan sú vinna fór fram. Þegar suðuvinnu lauk var holutoppurinn hitaður upp í um 500°C, en meðan verið var að hita hann var reynt að mæla hita í holunni. Hitamæling sýndi að hiti var um 100°C á um 100 m dýpi og hækkaði yfir 120°C neðan 230 m (mynd 7). Ljóst var því að mæla yrði steypubindinguna með nýrri mælinum eingöngu þar sem hitapol eldri mælisins er innan við 100°C. Reynt var að byrja mælingu á steypubindingu meðan holutoppur var hitaður, en það gekk ekki þar sem ógerningur var að stilla mælinn, því hann þyrfti að vera á stöðugri hreyfingu vegna hitans á holutoppi. Einnig kom þá í ljós að ekki hafði verið sett vatn í holuna eftir steypingu og var vatnsborðið niðri á 233 m dýpi. Ekki var hægt að setja vatn í holuna fyrr en kragasuðan hafði verið mynduð eftir hæga kólnun holutopps. Um kl. 19 var hægt að setja vatn í holuna og var steypubinding mæld stuttu seinna. Mælingin er sýnd á mynd 10. Á myndinni sést að steypubinding er orðin góð neðan 250 m dýpis og að steypan er farin að taka sig á bilinu 200-250 m. Á milli fóðringa er steypan hins vegar blaut enn þá og steypubindingin enn mjög lítil á bilinu 150-200 m, en ofar er stirðun steypunnar að byrja. Mælingin var gerð um 31 tíma eftir að steypingu fóðringar lauk og ljóst að bíða yrði lengur með að hefja borun. Ákveðið var að bíða þyrfti að minnsta kosti til hádegis næsta dags eða í 48 tíma frá því steypingu lauk og var þar tekið mið af hörðnun steypunnar fyrir fyrri fóðringu. Mælingum og frágangi var lokið um kl. 20:30.

Í töflu 4 er yfirlit um borholumælingar í lok 3. áfanga.

Tafla 4. Yfirlit yfir mælingar í lok 3. áfanga.

Dags.	Tími	Mæling	Dýptarbil	Tilgangur	Skrá	Athugasemdir
06.09.99	22:45-23:30	Nifteindir	370-150	Jarðlög	N199909062245	
06.09.99	22:45-23:30	Nat. Gamma	370-150	Jarðlög	G199909062245	
06.09.99	23:40-00:10	XY-vídd	369-0	Holuvídd	X/Y199909062340	
07.09.99	00:27-00:40	Viðnám	369-190	Jarðlög	S/L199909070027	16" og 64" skautabil
07.09.99	00:27-00:40	Sjálfsþenna	369-190	Jarðlög	A199909070027	mælt á 16" skauti
07.09.99	00:50-01:20	Hiti	3-369	Upphitun	H199909070051	
10.09.99	14:30-15:00	Hiti	0-320	Upphitun	H199909101433	
10.09.99	19:20-19:50	Steypumæling	320-0	Steypugæði	B199909101923	~31 t. e. steypingu

BA-02 VERKÁÆTLUN



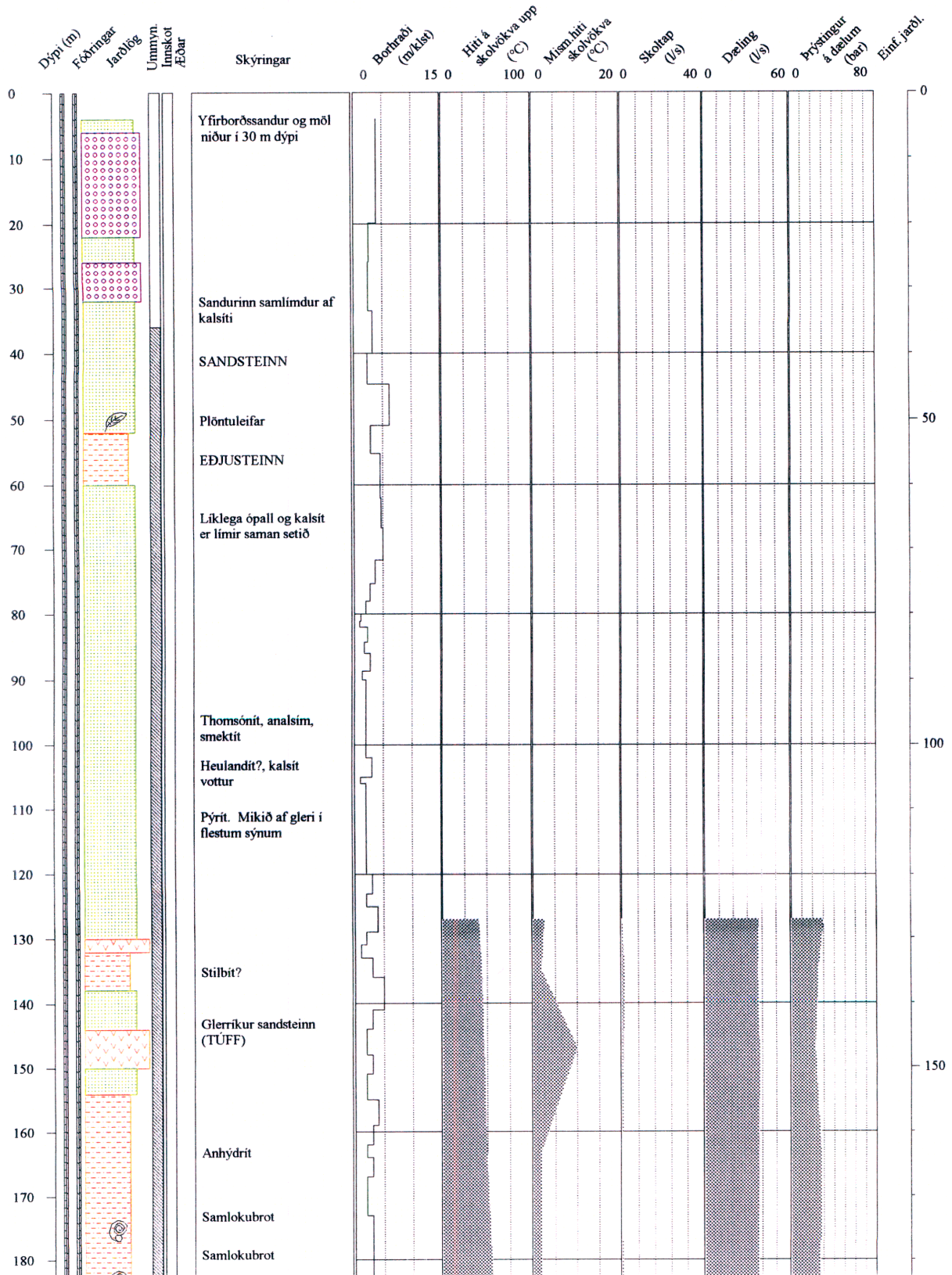
Mynd 1. Gangur borunar holu BA-02.



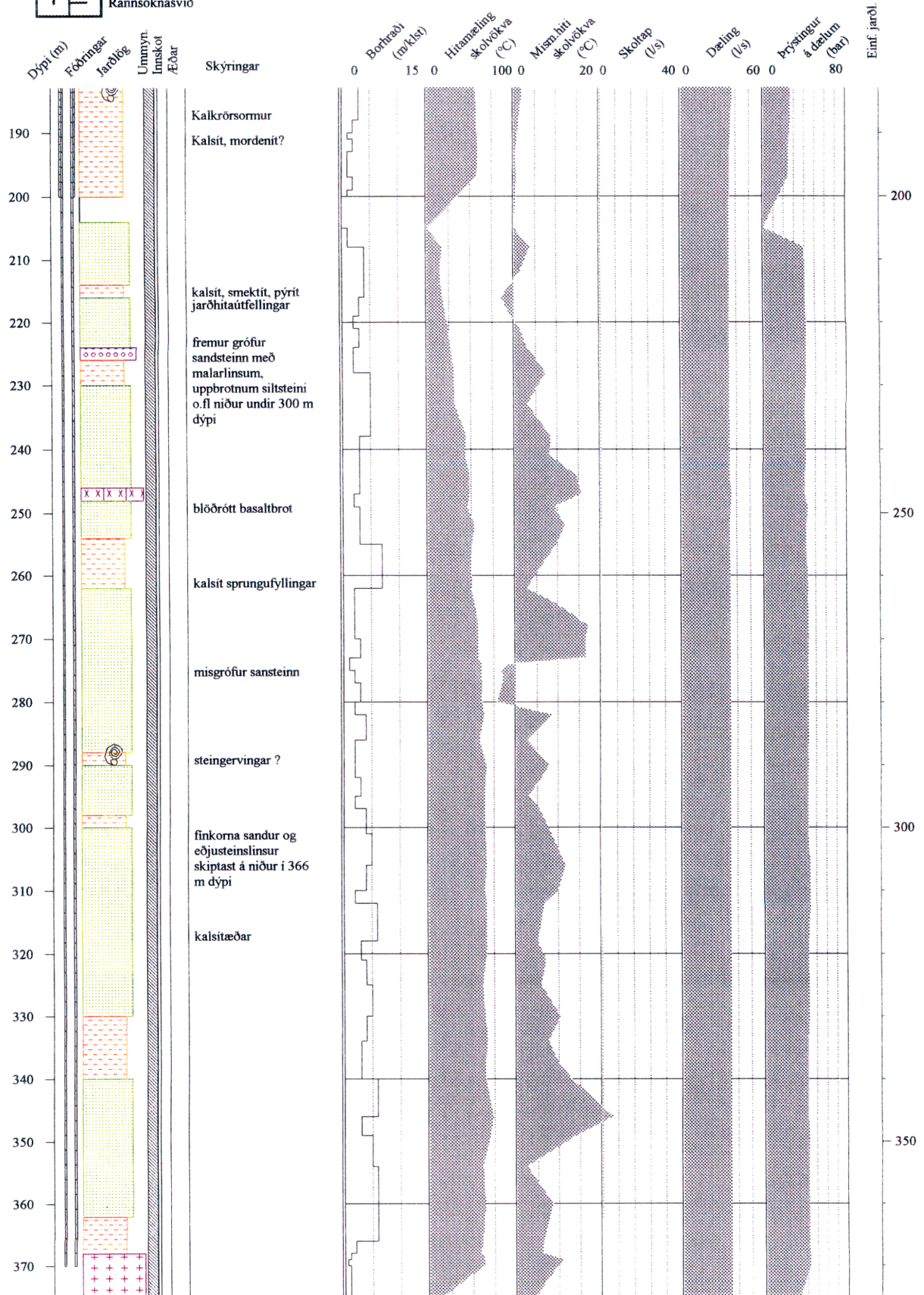
Staður: Öxarfjörður
Holunafn: BA-02

Bor: Sleipnir
Dýptarbil: 370-780 m

Skolvökvi: Vatn, gel frá 711m Verknúmer: 8-630-674
Verkhlut: Vinnsluföðring Starfsmenn: góf/br/kb



Mynd 2. Jarðlög og mælingar í borun.



Mynd 2. Jarðlög og mælingar í borun, frh.

Skýringar við jarðlagasnið og bergummyndun

Berggerðir



Basalttúff



Glerjað basalt



Grófkorna basalt



Silt og leir



Sandur



Möl og steinar



Svarf vantar



Plöntuleifar



Steingervingar

Ummyndunarstig



Engin ummyndun



Lítill ummyndun



Meðal ummyndun



Mikil ummyndun

Innskot



Innskot



Hugsanlegt innskot

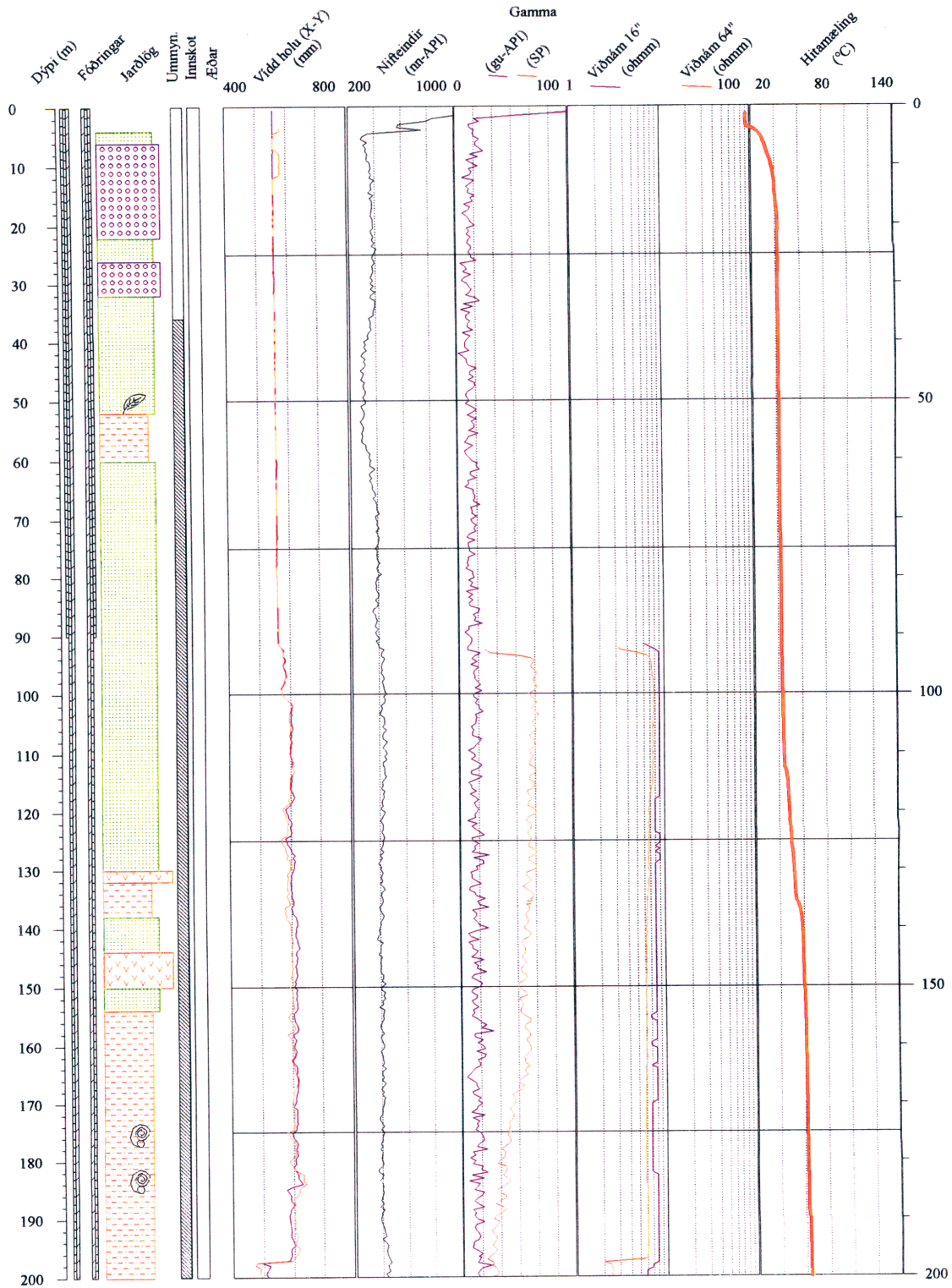
Mynd 2. Jarðlög og mælingar í borun, skýringar.

Staður: Óxarfjörður
Holunafn: BA-02

Bor: Sleipnir
Dýptarbil: 200-370 m

Skolvökvi: Gel
Verkhli: Öryggisfóðring

Verknúmer: 8-630-674
Starfsmenn: góf-br-kb-ómar



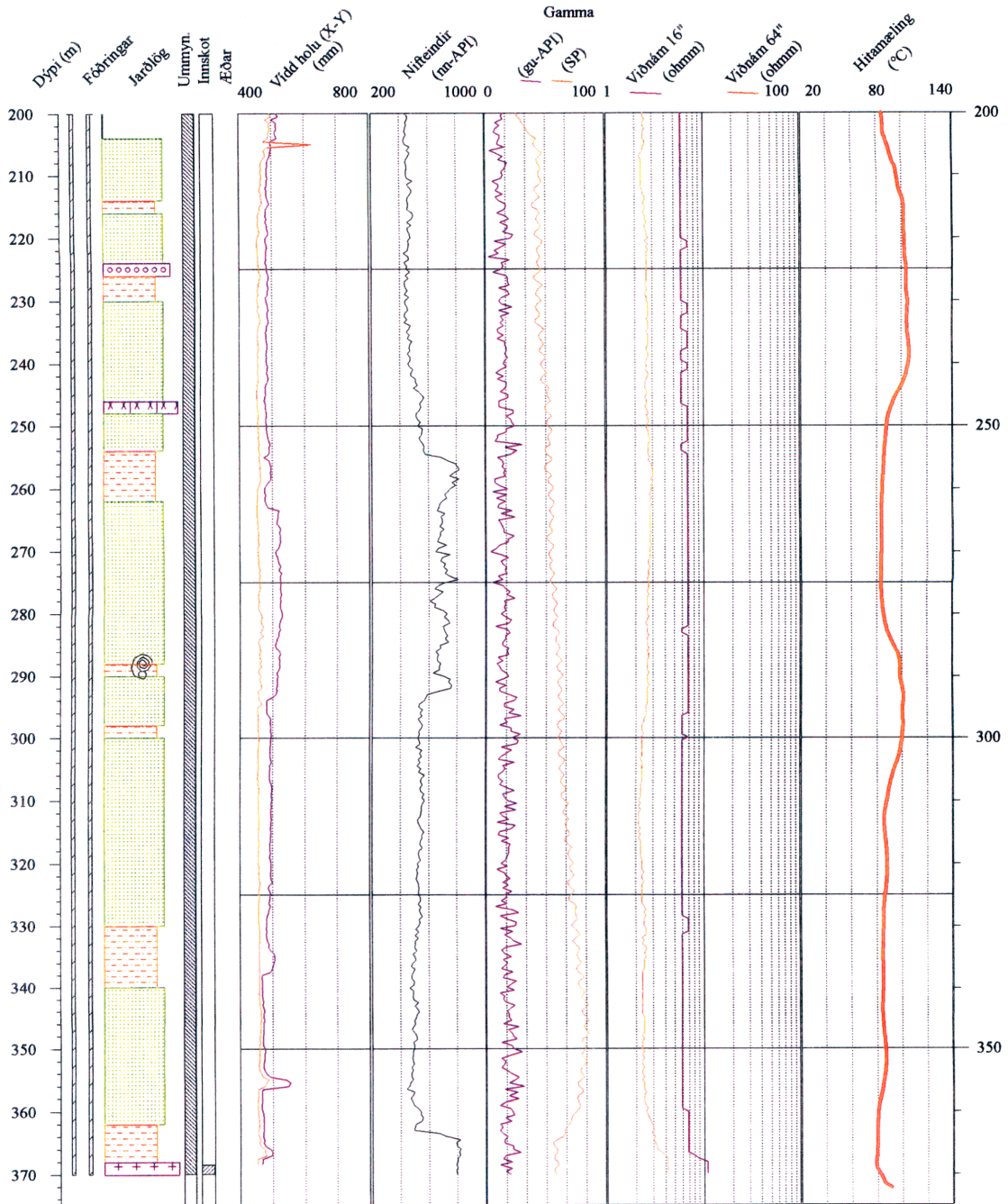
Mynd 3. Jarðlög og jarðlagamælingar í borun.

Staður: Öxarfjörður
Holunafn: BA-02

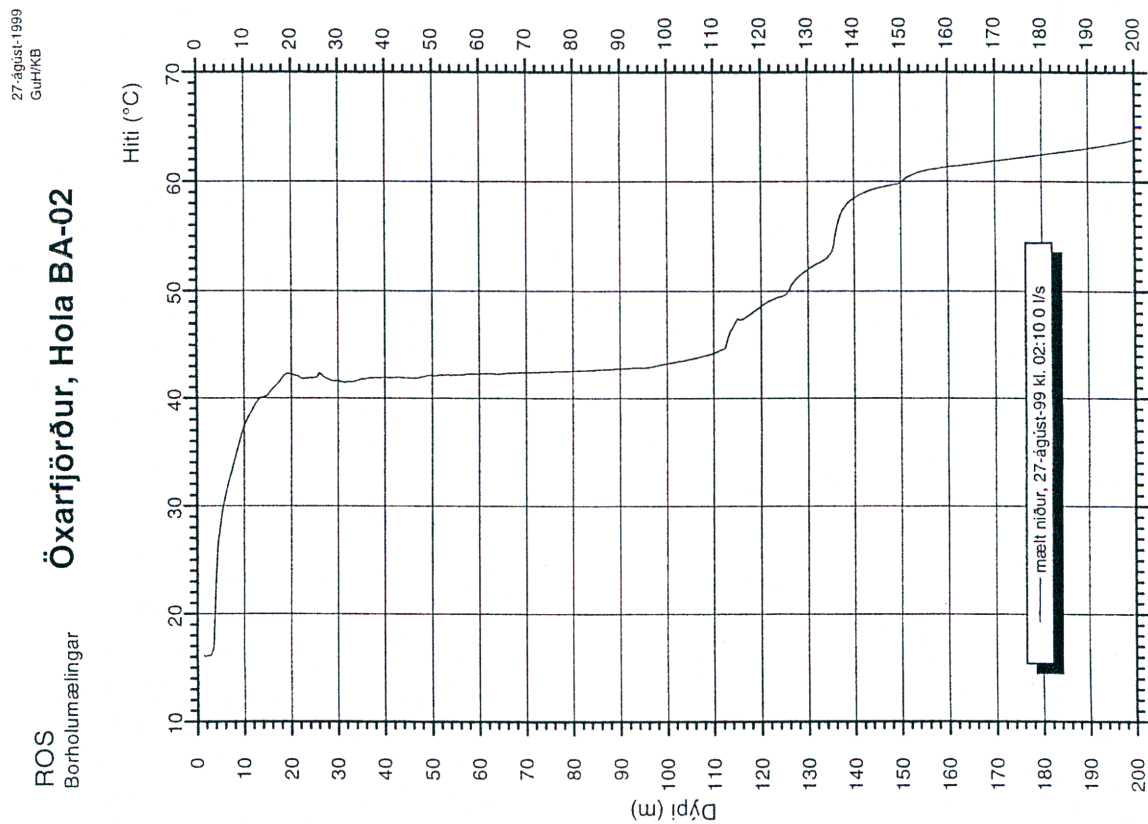
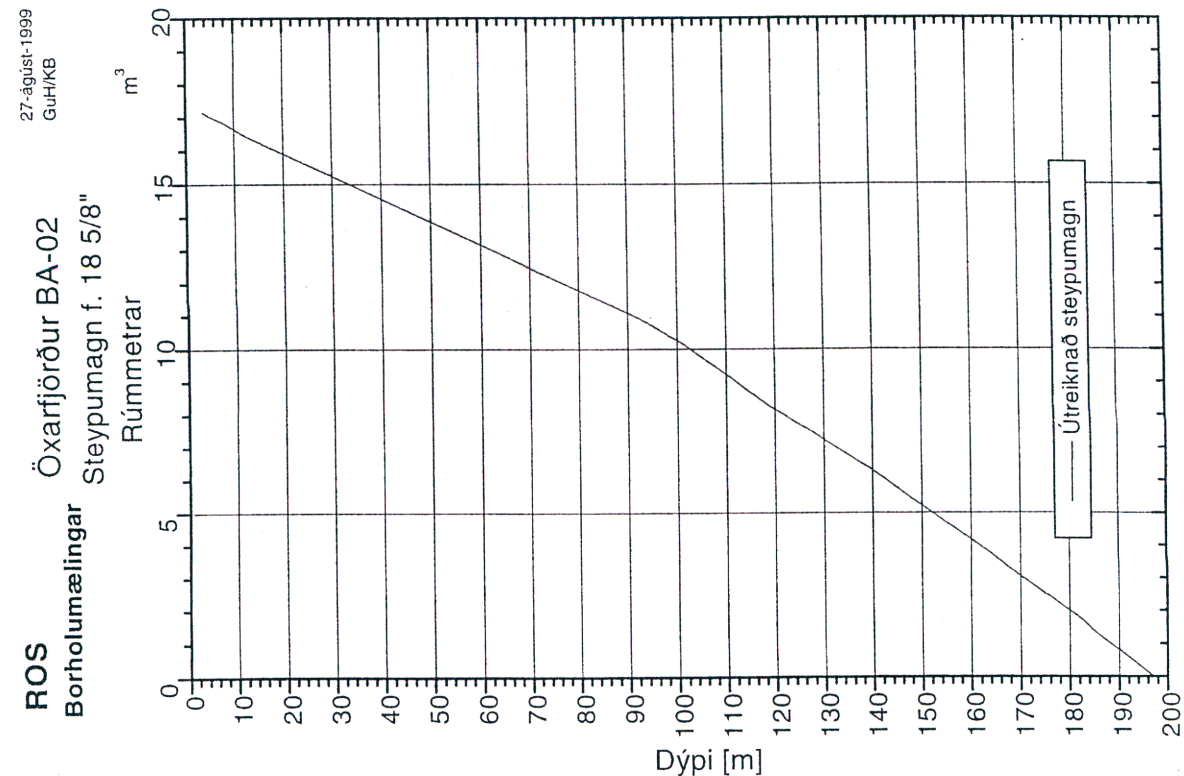
Bor: Sleipnir
Dýptarbil: 200-370 m

Skolvökvi: Gel
Verkhloti: Öryggisfóðring

Verknúmer: 8-630-674
Starfsmenn: góf-br-kb-ómar

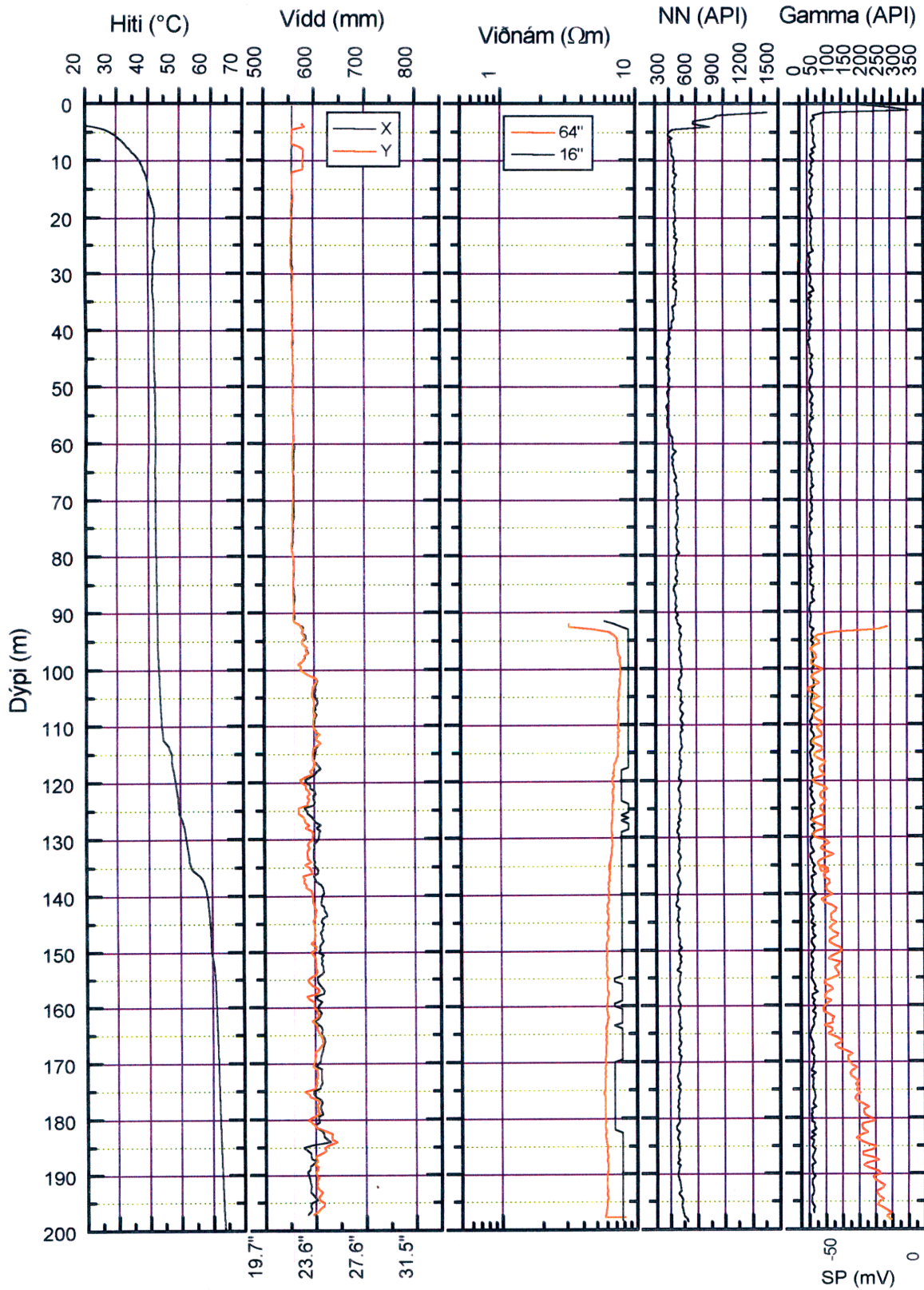


Mynd 3. Jarðlög og jarðlagamælingar í borun, frh.



Mynd 4. Hiti og steypumagn 2. áfanga.

Öxarfjörður hola BA-02

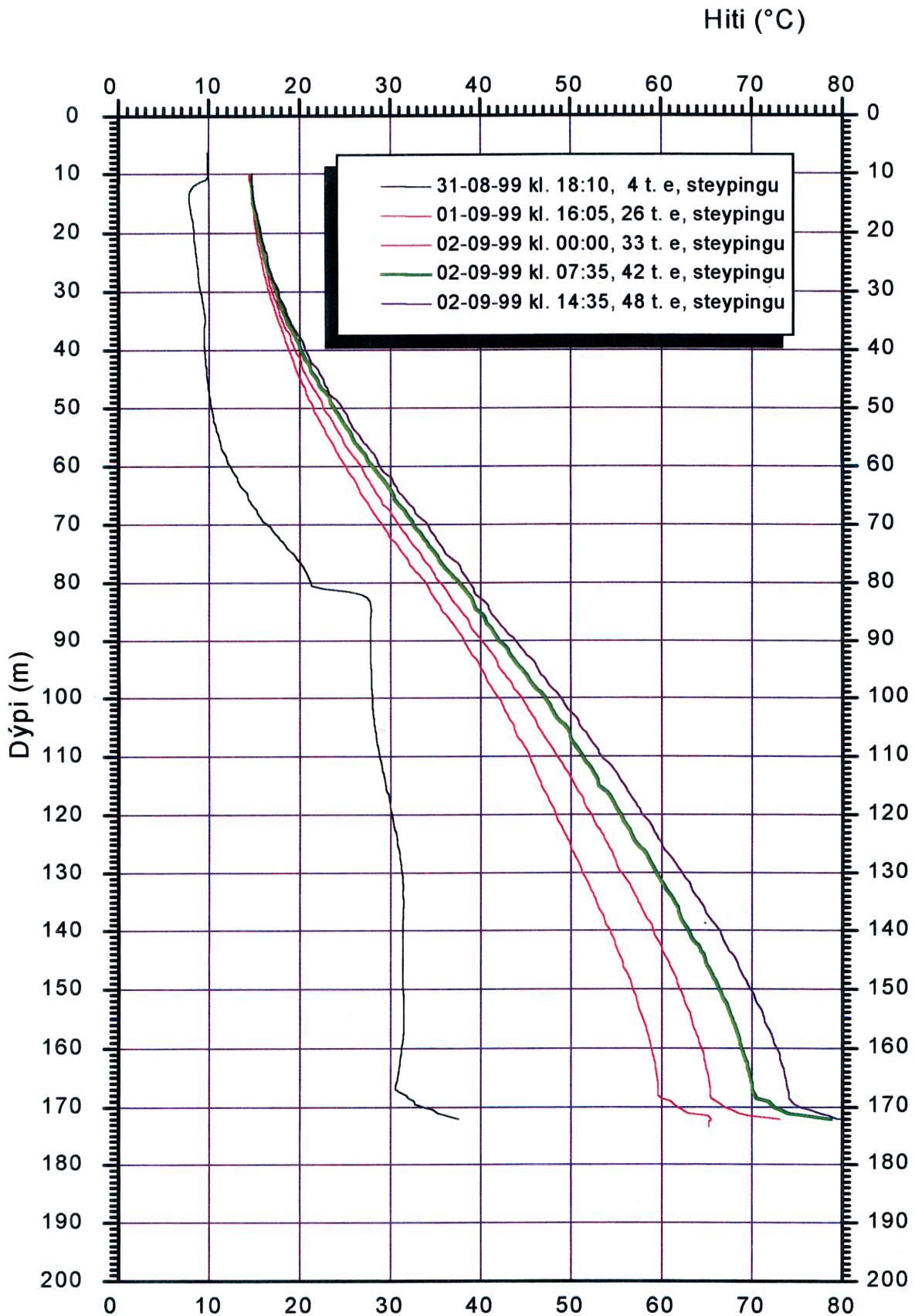


Mynd 5. Jarðlagamælingar í 2. áfanga.

Orkustofnun
 Borholumælingar

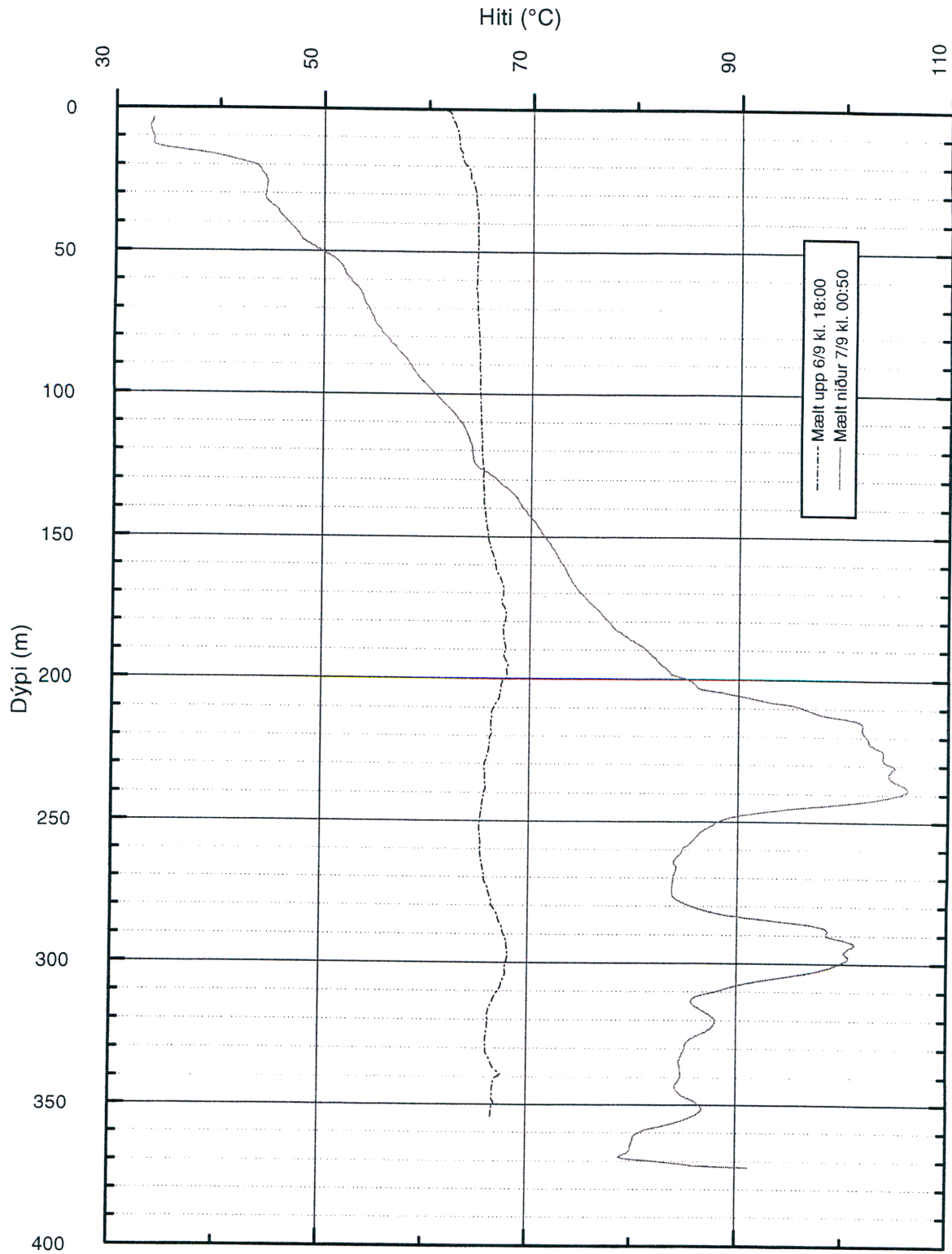
Öxarfjörður Hola BA-02

01-09-1999
 GuH/SThor



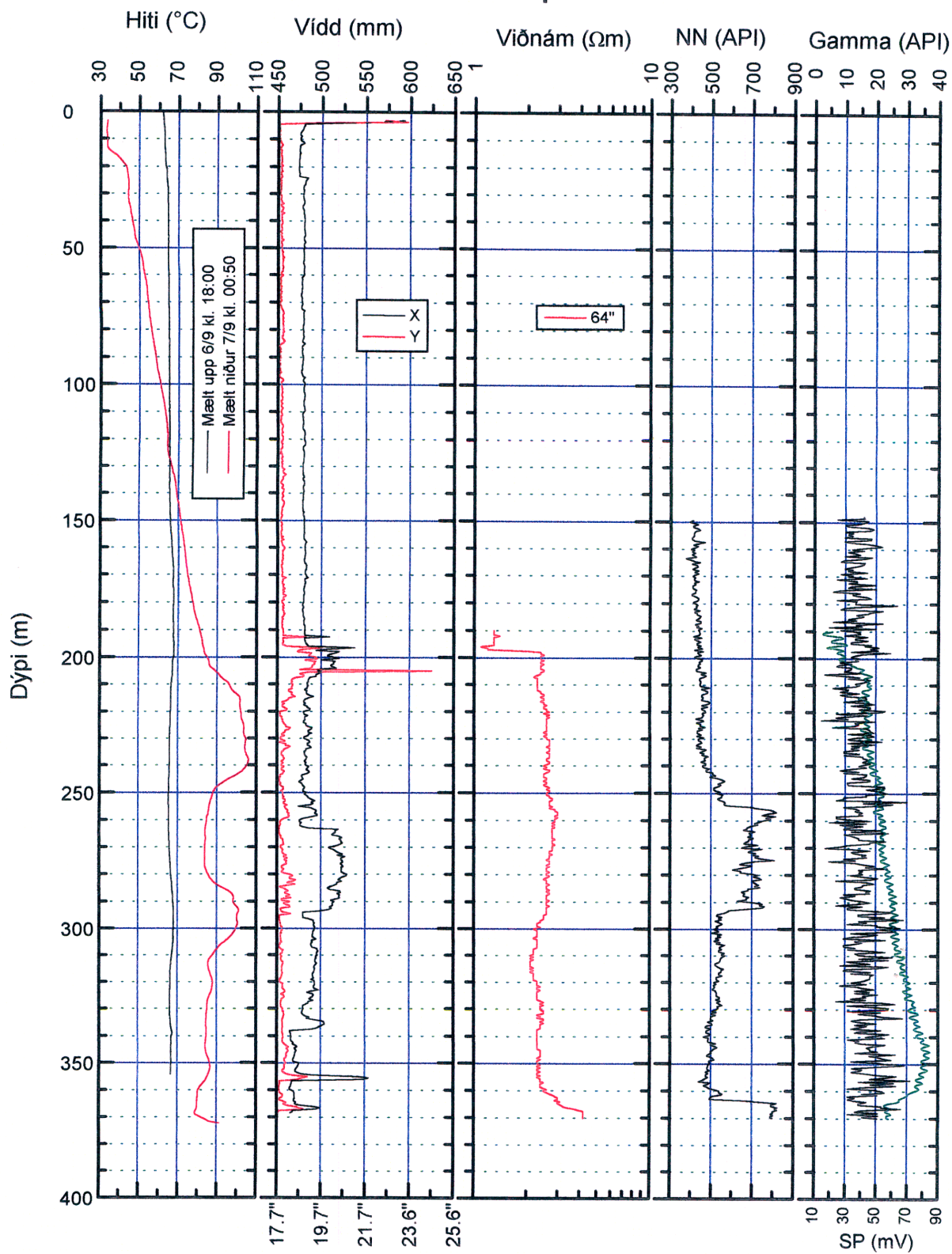
Mynd 6b. Hiti í 2. áfanga.

Bakkahlaup hola BA-2



Mynd 7. Hitamælingar í 3. áfanga.

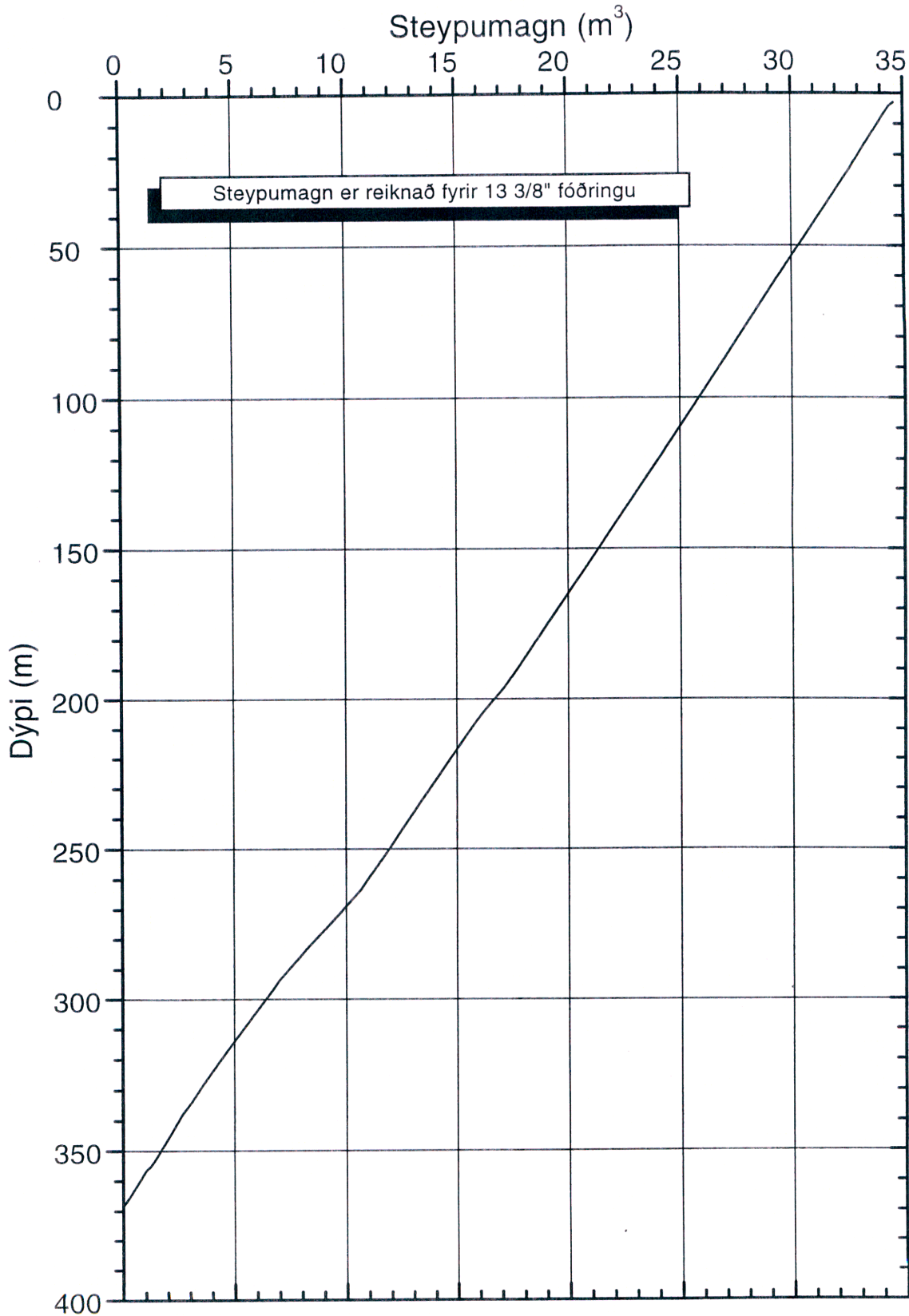
Bakkahlaup hola BA-2



Mynd 8. Jarðlagamælingar í 3. áfanga.

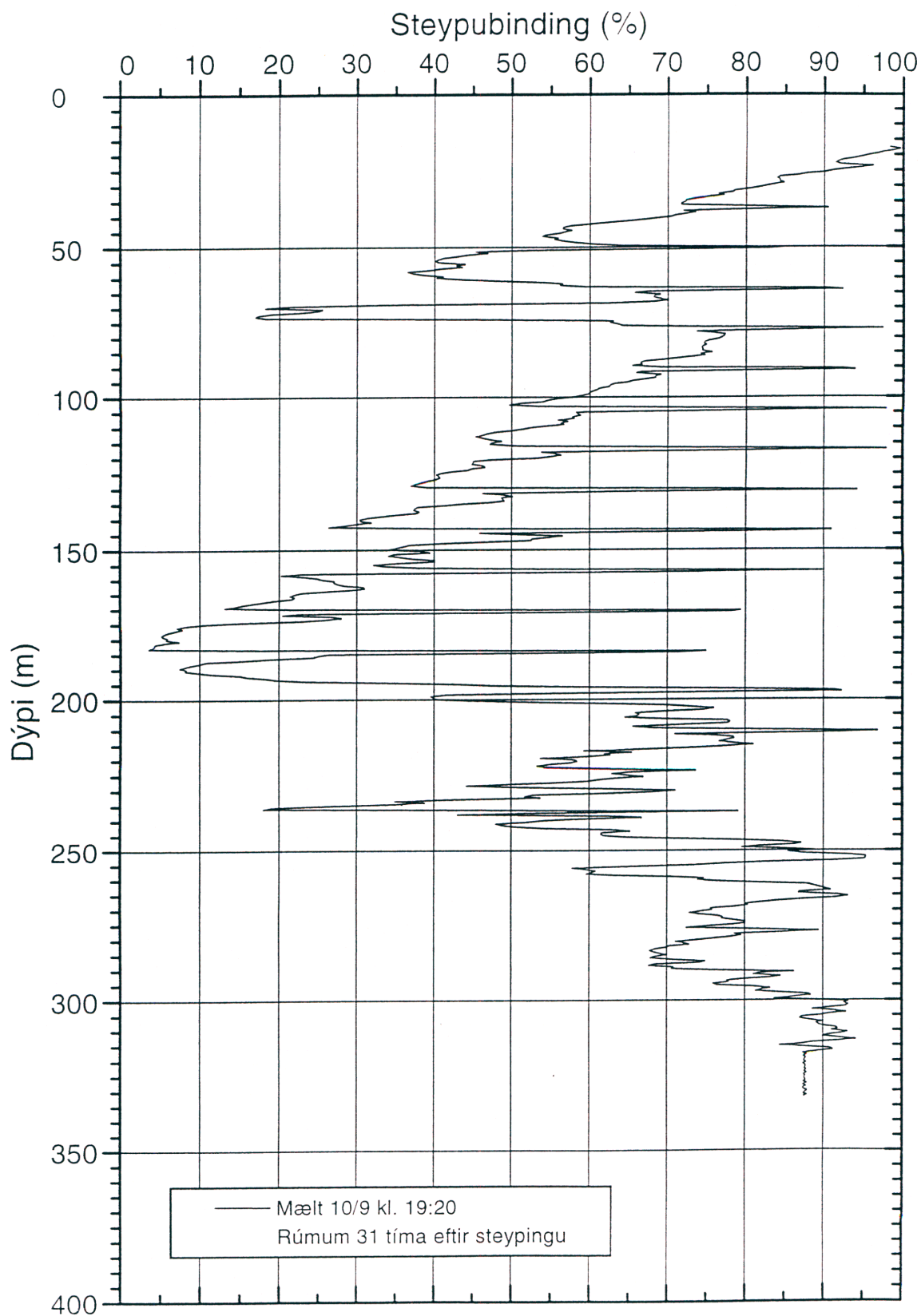
Orkustofnun
Borholumælingar

Bakkahlaup hola BA-2



Mynd 9. Steypumagn í 3. áfanga.

Bakkahlaup hola BA-2



Mynd 10. Steypugæði í 3. áfanga.

