



## Reykjanes – Hóla RN-11

3. áfangi: Borun vinnsluhluta frá 701 m niður í 2248 m dýpi með 12 ½" krónu



Sigurður Sveinn Jónsson, Bjarni Richter, Arnar Hjartarson, Peter E. Danielsen, Þórólfur H. Hafstað, Steinar Þór Guðlaugsson, Sverrir Þórhallsson

Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja



**Sigurður Sveinn Jónsson, Bjarni Richter,  
Arnar Hjartarson, Peter E. Danielsen,  
Þórólfur H. Hafstað, Steinar Þór Guðlaugsson,  
Sverrir Þórhallsson**

## **Reykjanes – Hóla RN-11**

**3. áfangi: Borun vinnsluhluta frá 701 m  
niður í 2248 m dýpi með 12 ½” krónu**

**Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja**

**OS-2002/071**

**Desember 2002**

ORKUSTOFNUN – RANNSÓKNASVIÐ

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

Akureyri: Háskólinn á Akureyri, Sólborg v. Norðurslóð, 600 Ak.

Sími: 463 0559 – Fax: 463 0560

Netfang: [os@os.is](mailto:os@os.is) – Veffang: <http://www.os.is>



<b>Skýrsla nr.:</b> OS-2002/071	<b>Dags.:</b> Desember 2002	<b>Dreifing:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b> Reykjanes – Hola RN-11 3. áfangi: Borun vinnsluhluta frá 701 m niður í 2248 m dýpi með 12 ¼" krónu		<b>Upplag:</b> 35
		<b>Fjöldi síðna:</b> 54
<b>Höfundar:</b> Sigurður Sveinn Jónsson, Bjarni Richter, Arnar Hjartarson, Peter E. Danielsen, Þórólfur H. Hafstað, Steinar Þór Guðlaugsson, Sverrir Þórhallsson		<b>Verkefnisstjóri:</b> Sverrir Þórhallsson
<b>Gerð skýrslu / Verkstig:</b> Rannsókn háhitasvæðis, lokaáfangi borverks		<b>Verknúmer:</b> 8-630245
<b>Unnið fyrir:</b> Hitaveitu Suðurnesja		
<b>Samvinnuaðilar:</b>		
<b>Útdráttur:</b> Gerð er grein fyrir gangi borverks í 3. áfanga, þ.e. borun vinnsluhluta, holu RN-11 á Reykjanesi og niðurstöðum rannsókna í þessum áfanga. Verkið er unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja. Holan, sem var boruð með Jötni, er u.þ.b. miðja vegu milli RN-10 og RN-11. Borað var með 12 ¼ " krónu en enginn leiðari settur í holuna. Þessi áfangi hófst 16. apríl á 16. verkdegi og lauk 30. apríl. Lokadýpi RN-11 varð 2248 m. Sýnum af borsvarfi var safnað og jarðlög og ummyndun greind eftir þeim samhlíða borun. Hefðbundnar borholu- mælingar voru gerðar, s.s. hitamælingar til að fá upplýsingar um æðar og upphitun, jarðlaga- og víddarmælingar til að afla frekari vitneskju um jarðlög í nágrenni holunnar og lögun hennar, og loks þrepaprófanir til að kanna lekt að holunni og gæfni hennar. Þrír meginæðakaflar koma fram, sá stærsti í botni holunnar. Hún virðist mjög vatnsgæf en ekki er hægt að segja til um vatnsgæfni fyrr en eftir afkastamælingar á holunni. Borverk önnuðust Jarðboranir hf. en Rannsóknasvið Orkustofnunar sá um rannsóknarhlutann.		
<b>Lykilorð:</b> Háhitasvæði, borhola, jarðlög, ummyndun, vatnsæðar, borholu- mælingar, Reykjanes		<b>ISBN-númer:</b>
		<b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b>
		<b>Yfirfarið af:</b> SP, SSJÓ, PI

## EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR.....	5
2. BORSAGA.....	10
3. JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR .....	19
3.1. Jarðlög og ummyndun .....	19
3.2. Vatnsæðar og hiti.....	19
4. BORHOLUMÆLINGAR.....	21
4.1. Hitamælingar í opinni holu.....	21
4.2. Jarðlagamælingar í opinni holu .....	22
4.3. Hita- og þrýstimælingar við þrepprófun .....	24
4.4. Þreppróf .....	26
5. HEIMILDIR .....	29
6. VIÐAUKAR.....	29
Viðauki 1: BHA-report (uppbygging borstrengs) frá Baker-Hughes.....	30
Viðauki 2. Dagskýrslur sem sendar voru út meðan á borun stóð.....	30

## TÖFLUR

Tafla 1. Gangur borunar vinnsluhluta með 12 ¼" krónu.....	12
Tafla 2. Hallamælingar í borun.....	12
Tafla 3. Mælingar á skoli í borun (mælt af JB).....	20
Tafla 4. Yfirlit borholumælinga í 3. áfanga.....	22

## MYNDIR

Mynd 1. Staðsetning holu RN-11. ....	6
Mynd 2. Hönnunarteikning af holu RN-11.....	7
Mynd 3. Teikning af holu RN-11 í endanlegri gerð. ....	8
Mynd 4. Framgangur borunar RN-11.....	9
Mynd 5. Jarðlög, borhraði og skolmælingar. ....	13
Mynd 6. Hitamælingar vegna krónuskipta.....	16
Mynd 7. Hitamæling í borlok, eftir upptekt.....	17
Mynd 8. Jarðlagamælingar. ....	18
Mynd 9. Vatnsborðs- og þrýstimælingar.....	23
Mynd 10. Hitamælingar við þrepprófun. ....	25
Mynd 11. Þrepprófun í RN – 11 í lok borunar 30. apríl – 1. maí.....	26
Mynd 12. Þrepprófun í RN – 11 í lok borunar 30. apríl – 1. maí . ....	28

## 1. INNGANGUR

Hitaveita Suðurnesja ákvað síðla vetrar árið 2002 að bora 2000 m djúpa holu á Reykjanesi og var henni valinn staður suðvestan við saltverksmiðjuna, um það bil miðja vegu milli holna RN-10 og RN-9, eins og sýnt er á mynd 1. Holan ber nafnið RN-11 og er tilgangurinn með boruninni er að auka gufuöflun úr svæðinu. Staðarnúmer holunnar í gagnagrunni Orkustofnunar er 18911. Hönnun hennar er í aðalatriðum hin sama og á holum RN-9 og RN-10 og er hún sýnd mynd 2. Leiðari var ekki settur í holuna og er endanlegur frágangur hennar sýndur á mynd 3.

Jarðboranir hf. hófu forborun holunnar með bornum Saga, sem er nýjasta tækið í flota þeirra, rétt fyrir miðjan marsmánuð og var lokið 20. mars. Þá var dýpið 71 m frá yfirborði en miðað við snúningsborð Jötuns var það 79 m. Forborað var fyrir 22 <sup>1</sup>/<sub>2</sub>" fóðringu með 24" krónu og var hún steipt. Jarðborinn Jötunn var síðan fluttur á borstað 21. mars og lauk uppsetningu hans 7 dögum síðar. Borverki Jötuns við holu RN-11 er skipt í þrjá áfanga. Í fyrsta áfanga var borað í 250 m dýpi og sett niður 18 <sup>5</sup>/<sub>8</sub>" öryggisfóðring og hún steipt. Annar áfangi tekur yfir borun niður á um 700 m dýpi fyrir 13 <sup>3</sup>/<sub>8</sub>" vinnslufóðringu og hún steipt. Áfangaskýrslur eru þegar komnar út um fyrstu tvo áfangana (sjá heimildaskrá). Þriðji og síðasti áfanginn er borun vinnsluhlutans með 12 <sup>1</sup>/<sub>4</sub>" krónu.

Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir borun 3. áfanga (vinnsluhluta) RN-11. Vinna við 3. áfanga hófst þegar lokið var við að sjóða flans á holutoppinn og ganga frá öryggislokum 15. apríl 2002. Þriðja áfanga lauk svo 30. apríl þegar strengur var úr holu og jarðlagamælingar og stutt þrepaprófun hafði farið fram, en í lokin ákvað verkkaupi að setja ekki leiðara í holuna. Verklok skoðast því sem 30. apríl þegar byrjað var að ganga frá Jötni og undirbúa flutning af borstæðinu. Borun holunnar með Jötni í 2248 m hafði því tekið 40 verkdaga.

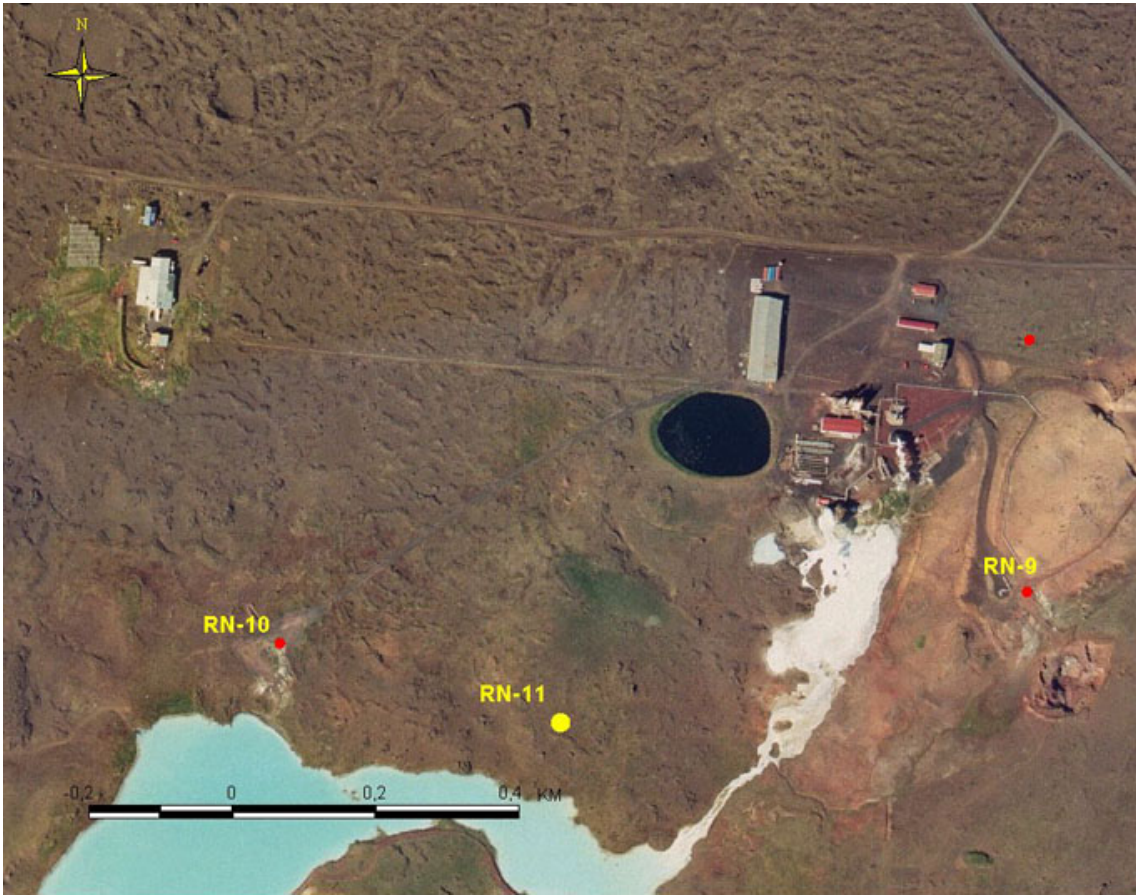
Í skýrslunni er fyrst gerð grein fyrir gangi borunarinnar og helstu tíðindum meðan á borun vinnsluhlutans stóð. Síðan er gefið stutt yfirlit yfir jarðfræði, ummyndun og vatnsæðar jarðlagastaflans sem holan sker og að lokum er fjallað um borholumælingar sem gerðar voru í áfanganum. Í tvískiptum viðauka er skýrsla frá undirverktaka Jarðborana hf. (Baker-Hughes) um uppbyggingu neðsta hluta borstrengs sem þeir leigðu til verksins og síðan fylgja skýrslunni afrit af þeim dagskýrslum sem sendar voru Hitaveitu Suðurnesja meðan á þessum áfanga stóð.

Allar dýptartölur í skýrslunni eru miðaðar við drifborð Jötuns, nema annað sé sérstaklega tekið fram. Fjarlægð frá kjallarabrun að efri brún drifborðs er 6,86 m.

Borverkið við holu RN-11 var unnið af Jarðborunum hf. samkvæmt verksamningi við Hitaveitu Suðurnesja en rannsóknarþáttinn annaðist Rannsóknasvið Orkustofnunar.

Þeir sem komu að verkinu frá ROS voru Bjarni Richter og Sigurður Sveinn Jónsson sem tók sama skýrslu um þennan hluta borverksins og frá borholumælingum ROS voru það Steinar Þór Guðlaugsson, Arnar Hjartarson og Peter E. Danielsen en hann sá um samantekt um borholumælingarnar (4. kafli). Þórólfur H. Hafstað annaðist þrepaprófun í verklok og úrvinnslu hennar.





**Mynd 1.** Staðsetning holu RN-11.

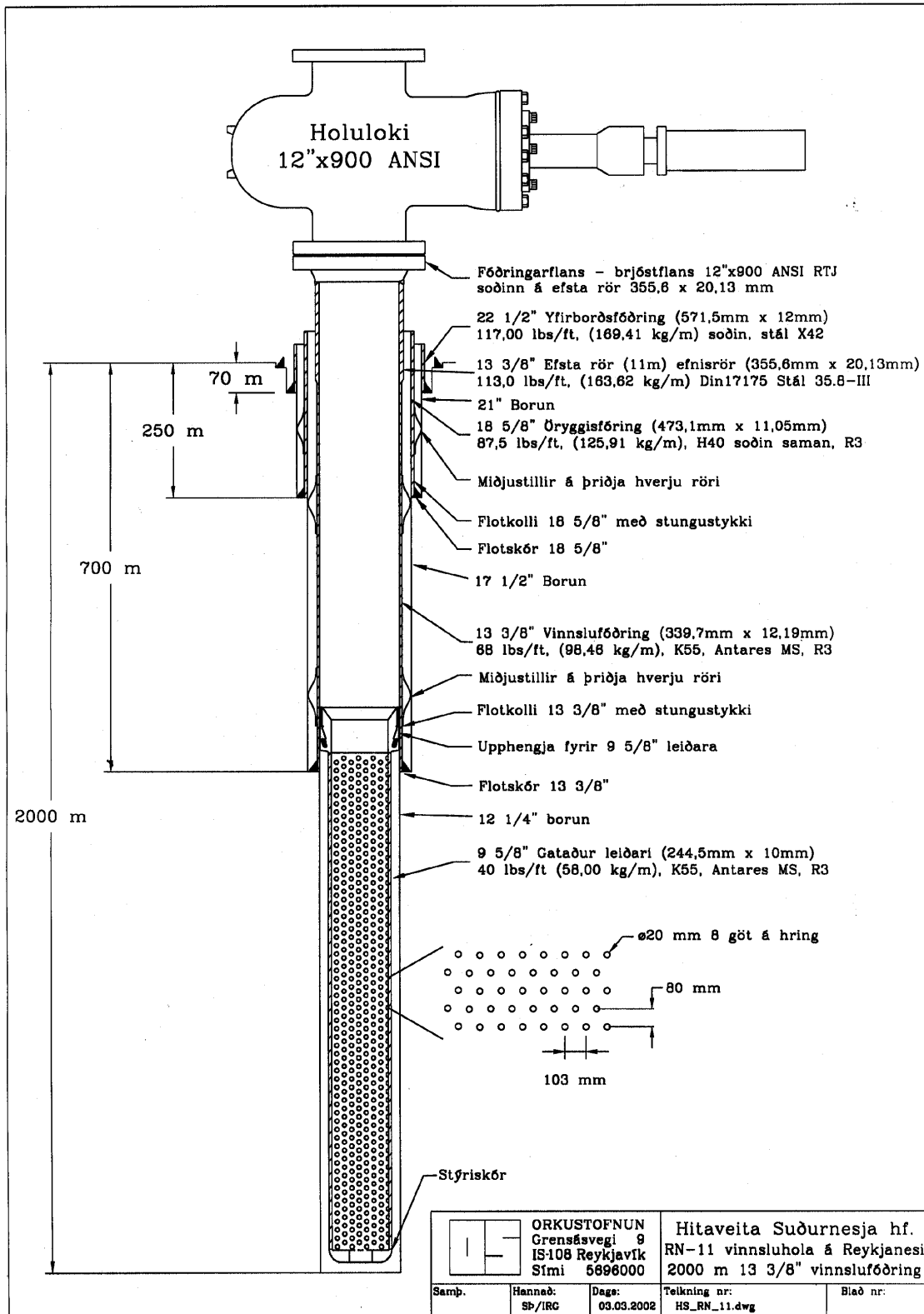
Hnit holunnar í ÍSNET93 hnitakerfi eru:

X = 318520.6

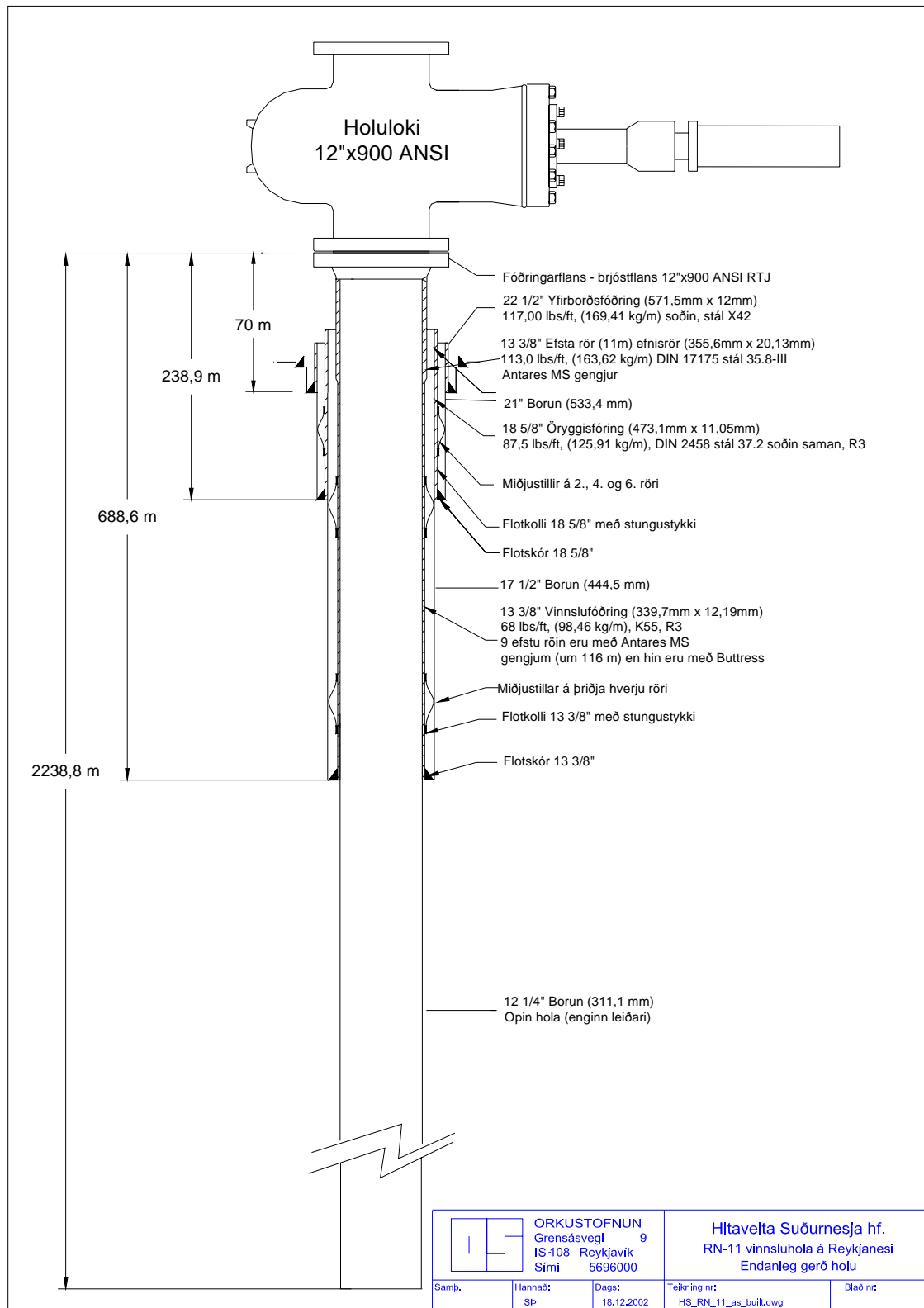
Y = 374190.3

Z = 18.128 m y. s.





Mynd 2. Hönnunarteikning af holu RN-11.



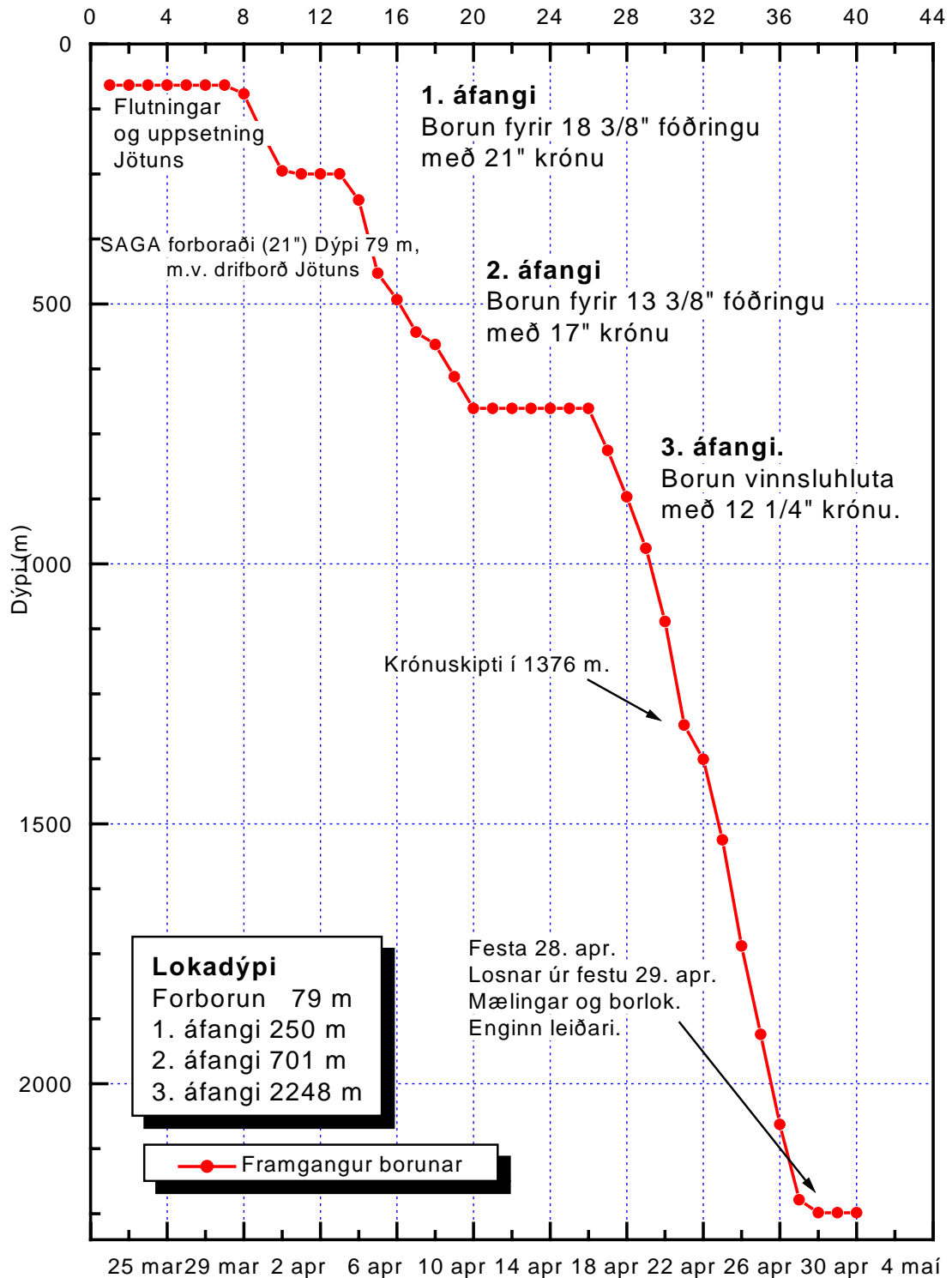
**Mynd 3. Teikning af holu RN-11 í endanlegri gerð.**



# Reykjanes RN-11

## 3. áfangi

Verkdagar



Mynd 4. Framgangur borunar RN-11.

## 2. BORSAGA

Borun annars áfanga frá 250 m og niður í 701 metra dýpi lauk um kvöldmatarleytið þann 10. apríl 2002 og var holan skoluð og kæld og upptekt undirbúin og síðan var fyrirhugað að setja niður 13 <sup>3</sup>/<sub>8</sub>" fóðringu og steypa. Frá þessu er greint í áfangaskýrslu fyrir annan áfanga verksins (Ásgrímur Guðmundsson o. fl. 2002). Flans var soðinn á vinnslufóðringuna að kvöldi mánudagsins 15. apríl og lauk þar með öðrum áfanga.

Steypa var boruð frá 662–697 metra dýpi að morgni 16. apríl á 26. verkdegi og voru öryggislokar prófaðir við 15 bar þrýsting og í framhaldi af því var settur niður *Positive Displacement Motor* (PDM) mótör og 12 ¼" króna. Uppbygging strengs (*Bottom Hole Assembly – BHA-report*) frá Baker-Hughes er í viðauka 1. Í niðursetningunni voru kollar sprungumældir. Byrjað var að bora í berg um kl. 04:30 aðfaranótt miðvikudagsins 17. apríl og var borað með leðju. Gangur borunar er tekinn saman í töflu 1 ásamt tíma á borkrónu, og hann er einnig sýndur á mynd 4. Samfelld leðjuborun í vinnsluhluta var hér reynd í fyrsta skipti í vinnsluholu á háhitasvæði og var ákveðið að bora niður í um 1000 metra dýpi ef holan héldist þétt. Hallamælingar voru gerðar á 50 metra fresti í efri hluta holunnar niður á 1050 metra dýpi en á 100 metra fresti eftir það. Síðasta mæling var gerð á 1800 metra dýpi. Mælingarnar eru teknar saman í töflu 2.

Framan af var borað með litlu álagi (2–5 tonn) til að reyna að rétta holuna af en undir lok annars áfanga var hallinn farinn að nálgast 4°. Því var reynt að halda við álagið til að holan skekkist ekki frekar og tókst það bærilega og fór halli holunnar ekki yfir 4°.

Borun var haldið áfram með 2 til 7 tonna álagi. Með 55 l/s dælingu snérist borkróna um 200 sn/mín. og var snúningi á streng haldið um 60 sn/mín. alla borunina. Þrýstingur á dælulögn var allan tímann jafn og ekki var vart við neinar verulegar þrýstibreytingar.

Þann 20. apríl hafði verið borað með mjög litlu álagi og þóttu hallamælingar sýna að holan væri nánast bein og engin stefnubreyting af völdum of mikils álags. Til að auka borhraða var álagið aukið og bentu hallamælingar ekki til þess að hallinn breyttist mikið af þeim sökum. Um miðjan dag þann 20. apríl, þegar dýpi var 1030-1040 metrar, var byrjað að þynna leðjuna út með vatni og skipta yfir í vatn í boruninni. Var það gert hægt og rólega og um kvöldið var alfarið borað með vatni. Ekki varð vart við neina skoltapsaukningu við þessa aðgerð, en holan hafði verið þétt og var svo áfram. Borhraði óx verulega við álagsbreytinguna og var kominn í 6–10 metra á klukkustund.

Seint að kvöldi sunnudagsins 21. apríl var snúningafjöldi krónu kominn í rúmlega eina milljón og var ákveðið að láta krónuna snúast samtals í um 100 tíma og taka upp og skipta um krónu. Var þeim áfanga náð á mánudagsmorgni og hafði króna þá snúist í 1200 þúsund snúninga og dýpi holunnar var 1376 m. Byrjað var að taka upp eftir skolon – eða rétt upp úr klukkan 10 og var króna á palli rúmum fjórum tímum síðar. Mælingamaður frá ROS var kallaður út til að hitamæla í opinni holu og var hann byrjaður að mæla um kl. 16:30. Hitamælingin er sýnd á mynd 6 og kemur þar fram æðakafli á um 980 metrum sem tekur við því litla vatni sem holan tók við (~6 l/s). Niðursetning með nýrri borkrónu hófst um klukkan 18:00 á mánudegi og var byrjað að bora aðfaranótt þriðjudagsins, milli klukkan 3 og 4 um nóttina. Botnfall í holunni var um 2 m. Áfram var borað með svipuðum hraða og áður, eða um 150–200 metra á sólarhring og ekki varð vart neinna breytinga í boruninni, skoltap fór hægt vaxandi frá krónuskiptum.

Fimmtudaginn 25. apríl á tæplega 1800 metra dýpi var skoltap mælt um 14 l/s og vegna bilunar á djúpdælu í skolvatnsholu var dæling á holuna minnkuð í tæpa 20 l/s og tók holan við því vatni skömmu eftir að borun hafði verið stöðvuð vegna viðgerðar á áður-nefndri djúpdælu. Fátt bar til tíðinda í borsöggunni, holan dýpkaði og þegar um 2000 metrum var náð hafði skoltap í holunni ekki aukist að neinu ráði og var haldið áfram að bora til að freista þess að stinga á einhverjum æðum neðar. Kl. 8 að morgni laugardagsins 27. apríl var dýpi holunnar orðið 2129 metrar. Var þá lögð fram eftirfarandi tillaga að borlokum af starfsmönnum ROS:

1. Borað í 2250 m. Lengd vinnslufóðrinarinnar býður ekki upp á dýpri borun miðað við 300–320°C hita í jarðhitakerfinu.
2. Þegar dýpinu er náð skal skolað í 3–5 tíma og taka skoltap á um ½ tíma fresti. Ef skoltap eykst jafnt og þétt skal skola lengur, eða þar til það er orðið stöðugt.
3. Ef skoltap eftir að skolun hefst er 50 l/s eða meira tekur við venjulegt borloka-program og holan telst góð. Hugsanlegt er þó að taka stutt ádælingarpróf, t.d. eftir jarðlagamælingar til að ákvarða um örvun eða ekki örvun holunnar.
4. Ef skoltap verður t.d. 20–40 l/s eftir skolun skal taka upp streng í standa, fjarlægja mótör og annað af streng og setja strenginn aftur niður undir botn holunnar. Þá verður farið í övrunaraðgerðir, hvorutveggja með upphitun og snöggkælingu (upphitun í 12-20 tíma) og hugsanlega þrýstiprogram. Ákvörðun um nákvæma framkvæmd örunvarinnar bíður þess tíma.

Áfram var haldið að bora skamkvæmt gefnum ráðleggingum. Þegar nálgadist ákveðið lokadýpi fór skoltap að aukast og um kvölmatarleytið á laugardag (27. apríl) varð algert skoltap á 2196 m dýpi. Við það lækkaði dæluþrýstingur um 15–20 bar við stöðuga dælingu 57 l/s en það bendir til að vatnsborð í holunni hafi fallið um 150–200 metra. Haldið var áfram að bora en varlega farið og um kl. 05:00 aðfaranótt sunnudagsins var dýpi holunnar 2248 metrar og var þá ákveðið að hætta borun. Holan var skoluð í nokkra stund og síðan var ákveðið að taka upp. Þegar búið var að lyfta krónunni um 8 metra frá botni varð vart við fyrirstöðu og ekki var hægt að hreyfa við strengnum. Eftir að það lá ljóst fyrir að strengurinn væri fastur í holunni var skolun haldið áfram. Enginn fyrirboði var að þessari festu eftir því sem best verður séð og á skráningarbúnaði borsins koma ekki fram neinar óeðlilegar breytingar á dæluþrýstingi, snúningsvægi eða öðru sem túlka mætti sem fyrirboða festu. Krónan sat 5,25 metra frá botni skv. útreikningum og var ýmsum ráðum beitt til að losa strenginn. Sóða var dælt niður og einnig polymerpillum auk þess sem tekið var á strengnum og “jarinn” sem var þremur kollum undir stanga "cross-over" lamdi bæði upp og niður eftir því hvernig honum var beitt. Allt kom fyrir ekki og var strengurinn gikk-fastur bæði í togi og snúningi. Menn voru almennt á því að festan væri fyrir neðan jar en undir honum voru 9 kollar, 2 HW-kollar, stýring, dempari og mótör.

Þegar tilraunir við að berja strenginn lausan höfðu ekki borið árangur var alvarlega farið að velta því fyrir sér að slá í sundur fyrir ofan mótör þar sem líklegast væri að festan væri þar. Strax var hafinn undirbúningur að þessu og var tíminn notaður á meðan við að reyna að losa úr festunni með þeim aðferðum sem menn þekkja. Um klukkan 14:00 mánudaginn 29. apríl dró til tíðinda þar eð þá fór festan að gefa sig og strengurinn losnaði. Dregnar voru upp fimm stangir og síðan var allur strengurinn tekinn úr holunni, og allur búnaður kom upp algerlega óskemmdur. Nánari umfjöllun um festuna,

aðdraganda hennar og aðgerðir til að losa vísast til Jarðborana hf. sem héldu nákvæma skýrslu um aðgerðir.

Mælingamenn voru komnir á staðinn þriðjudaginn 30. apríl og mældu hita sem sýndur er á mynd 7, en fjallað er um mælinguna í kafla um vatnsæðar. Þá var tekið til við hefðbundnar jarðlagamælingar og eru þær teknar saman á mynd 8. Fjallað er um mælingar í 4. kafla þessarar skýrslu – um borholumælingar. Þegar strengur var kominn úr holu og jarðlagamælingar höfðu farið fram var ákveðið af verkkaupa að setja ekki leiðara í holuna og var verkinu því nánast lokið, og Jarðboranir hófu að fráganga á borstað. Orkustofnun flutti vinnuáðstöðu sína af borsvæðinu þann 30. apríl.

**Tafla 1.** Gangur borunar vinnsluhluta með 12 ¼" krónu.

Borkróna 12 ¼"	Dagur	Borun (m)	Bortími (klst.)	Meðalborhr. (m/klst.)	Tími á borkrónu (kls)	Dýpi (m)
W 60 DH (HR P 44 C)	17. apríl	81	18	4,50	18	782
W 60 DH (HR P 44 C)	18. apríl	89	22	4,05	40	871
W 60 DH (HR P 44 C)	19. apríl	99	21	4,71	61	970
W 60 DH (HR P 44 C)	20. apríl	141	19,5	7,23	80,5	1111
W 60 DH (HR P 44 C)	21. apríl	199	18,5	10,75	99	1310
W 60 DH (HR P 44 C)	22. apríl	66	7	9,43	106	1376
<b>Samtals:</b>		<b>675</b>		<b>6,78</b>	<b>106</b>	
S 21 DT (MX DS 40 CD DX)	23. apríl	155	17	9,12	17	1531
S 21 DT (MX DS 40 CD DX)	24. apríl	204	17,5	11,65	34,5	1735
S 21 DT (MX DS 40 CD DX)	25. apríl	170	20	8,50	54,5	1905
S 21 DT (MX DS 40 CD DX)	26. apríl	173	20	8,65	74,5	2078
S 21 DT (MX DS 40 CD DX)	27. apríl	145	19,5	7,43	94	2223
S 21 DT (MX DS 40 CD DX)	28. apríl	25	4	6,25	98,5	2248
<b>Samtals:</b>		<b>872</b>	<b>204</b>	<b>8,60</b>	<b>98,5</b>	<b>2248</b>

**Tafla 2.** Hallamælingar í borun.

Dýpi holu (m)	Mældýpi (m)	Halli (°)		
701	690	4,0		
775	750	2,8		
826	800	3,0		
876	850	2,4		
923	900	3,3		
980	950	2,1		
1028	1000	2,4		
1076	1050	2,9		
1126	1100	2,9		
1231	1200	2,2		
1327	1300	2,2		
1434	1400	2,1		
1531	1500	2,9		
1637	1600	3,2		
1724	1700	2,3		
1830	1800	3,9		



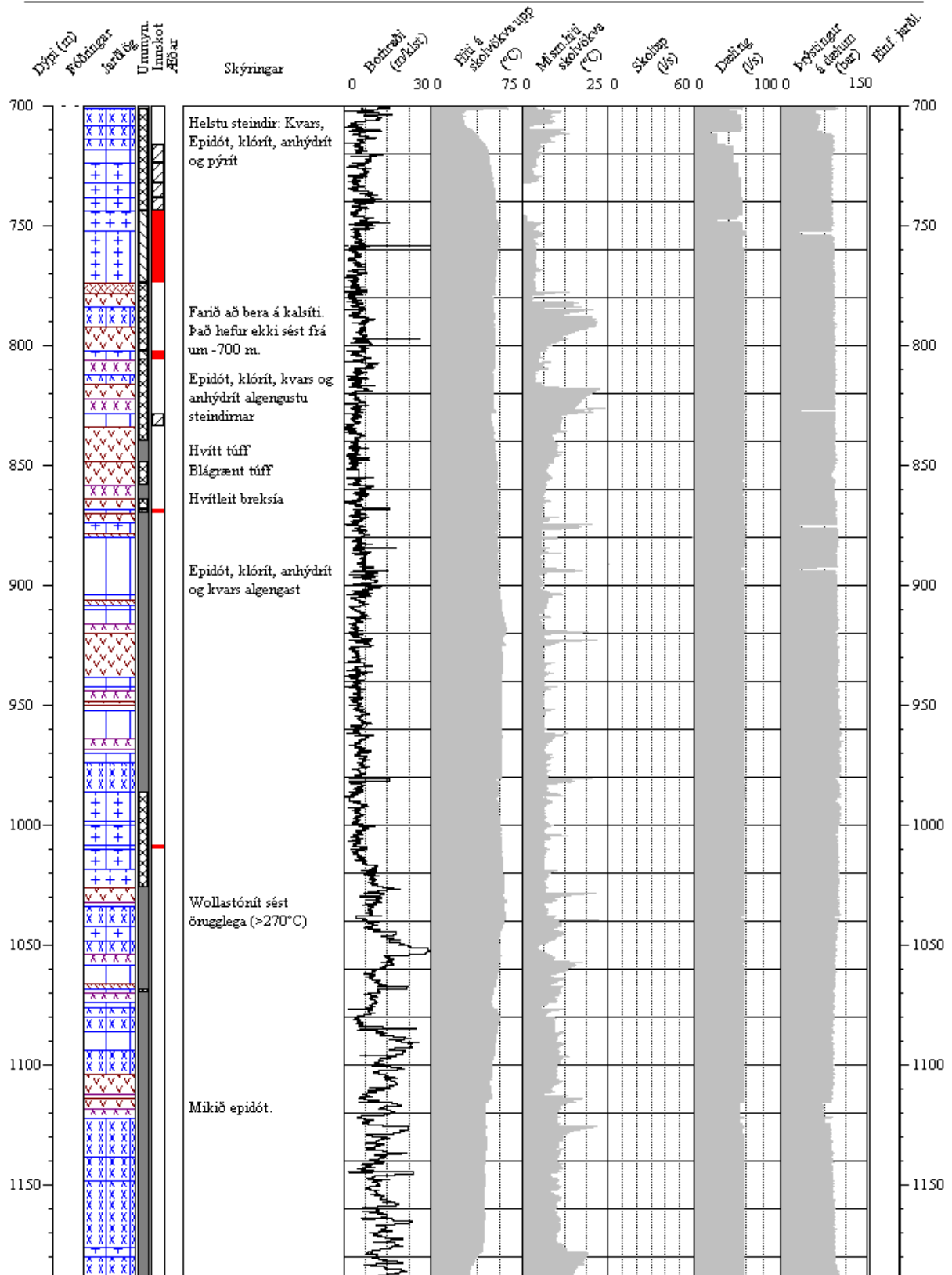


Staður: Reykjanes  
Holunafn: RN-11

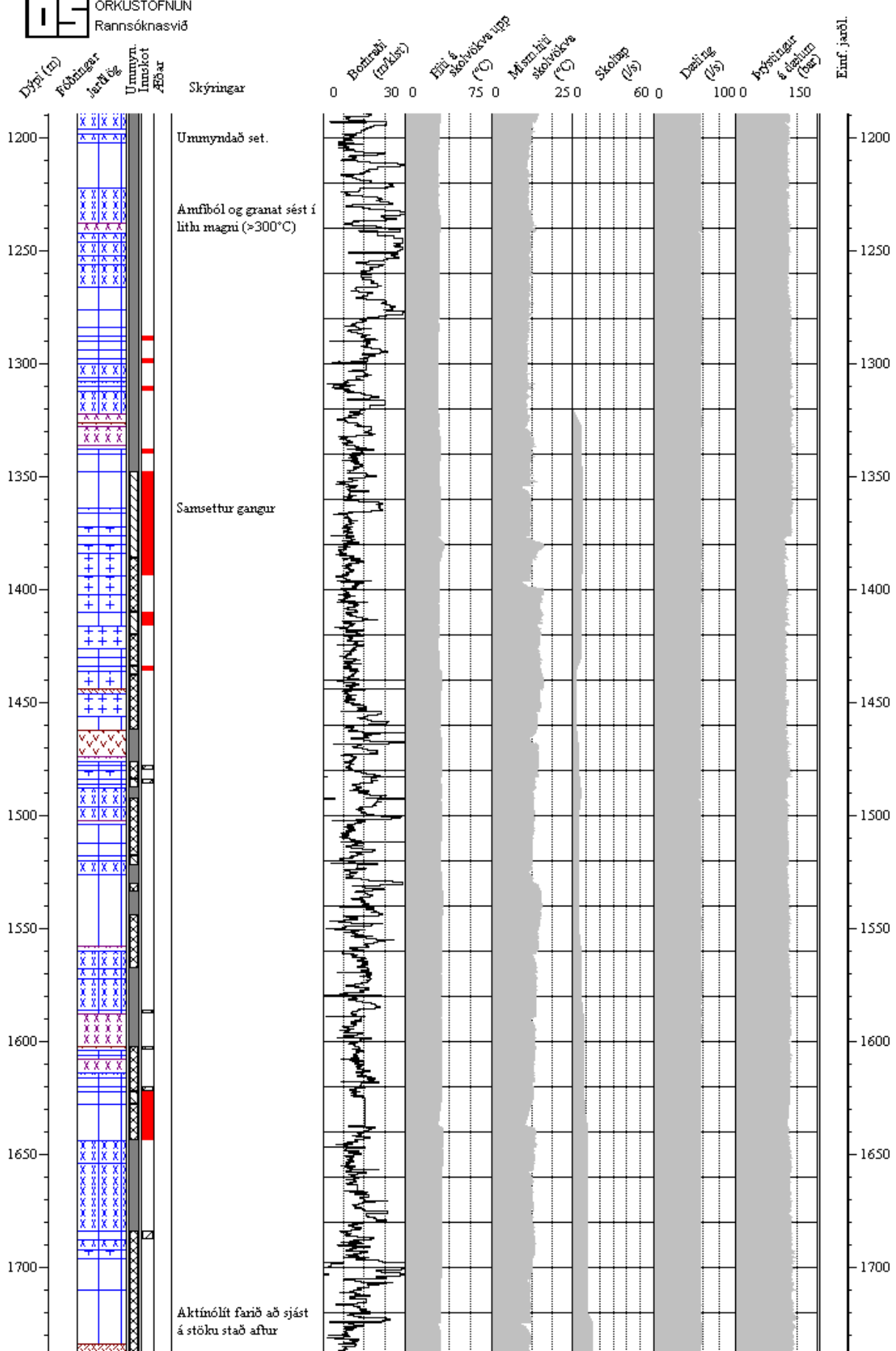
Bor: Jötunn  
Dýptarbil: 700-2250 m

Skolvökvi: Leðja/vatn  
Verkhluti: 3. áfangi

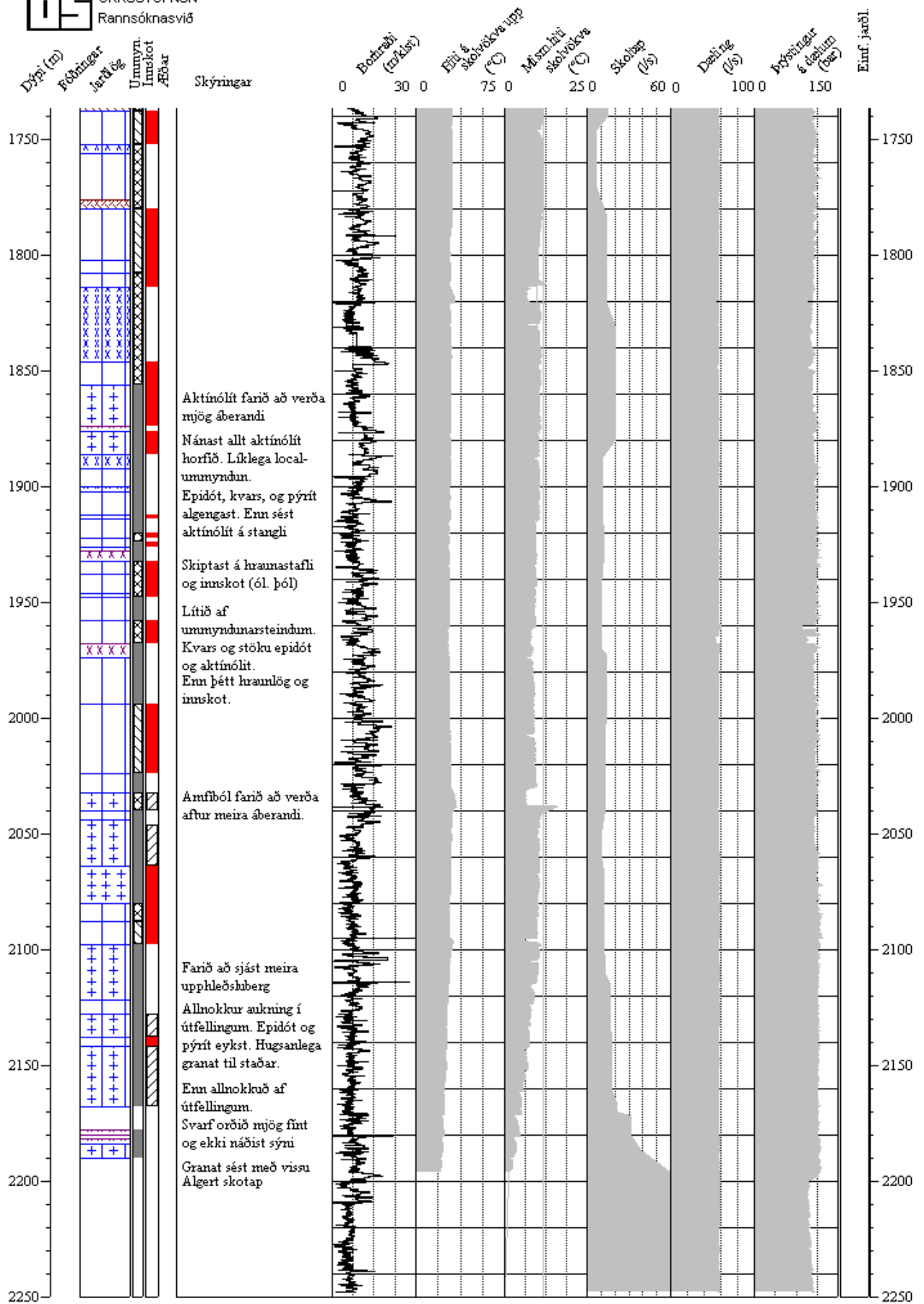
Staðarnúmer: 18911  
Starfsmenn: SSI o/BR



Mynd 5. Jarðlög, borhraði og skolmælingar.



Mynd 5. frh.

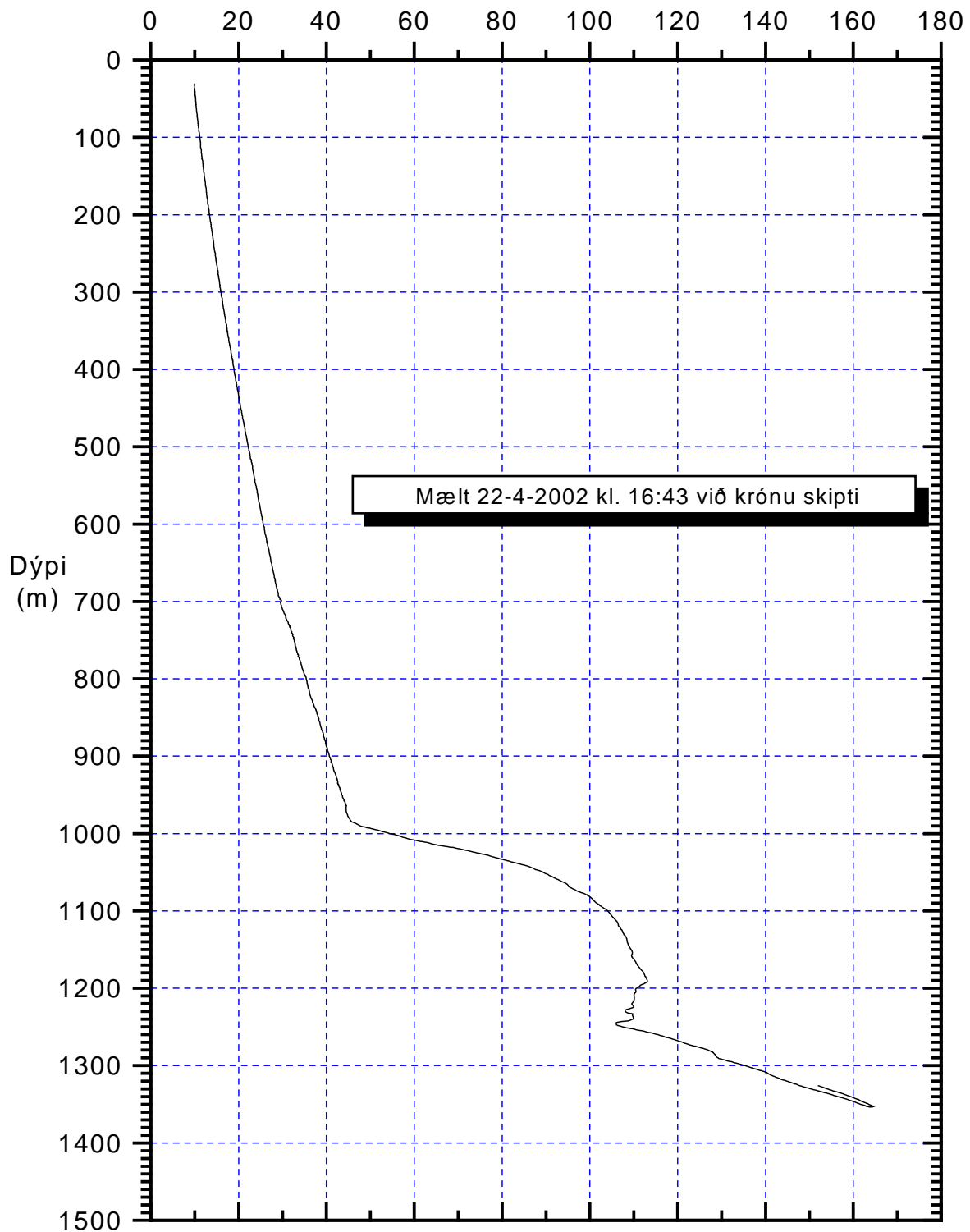


Mynd 5. frh.

# Reykjanes HOLA RN-11

Hitamælingar

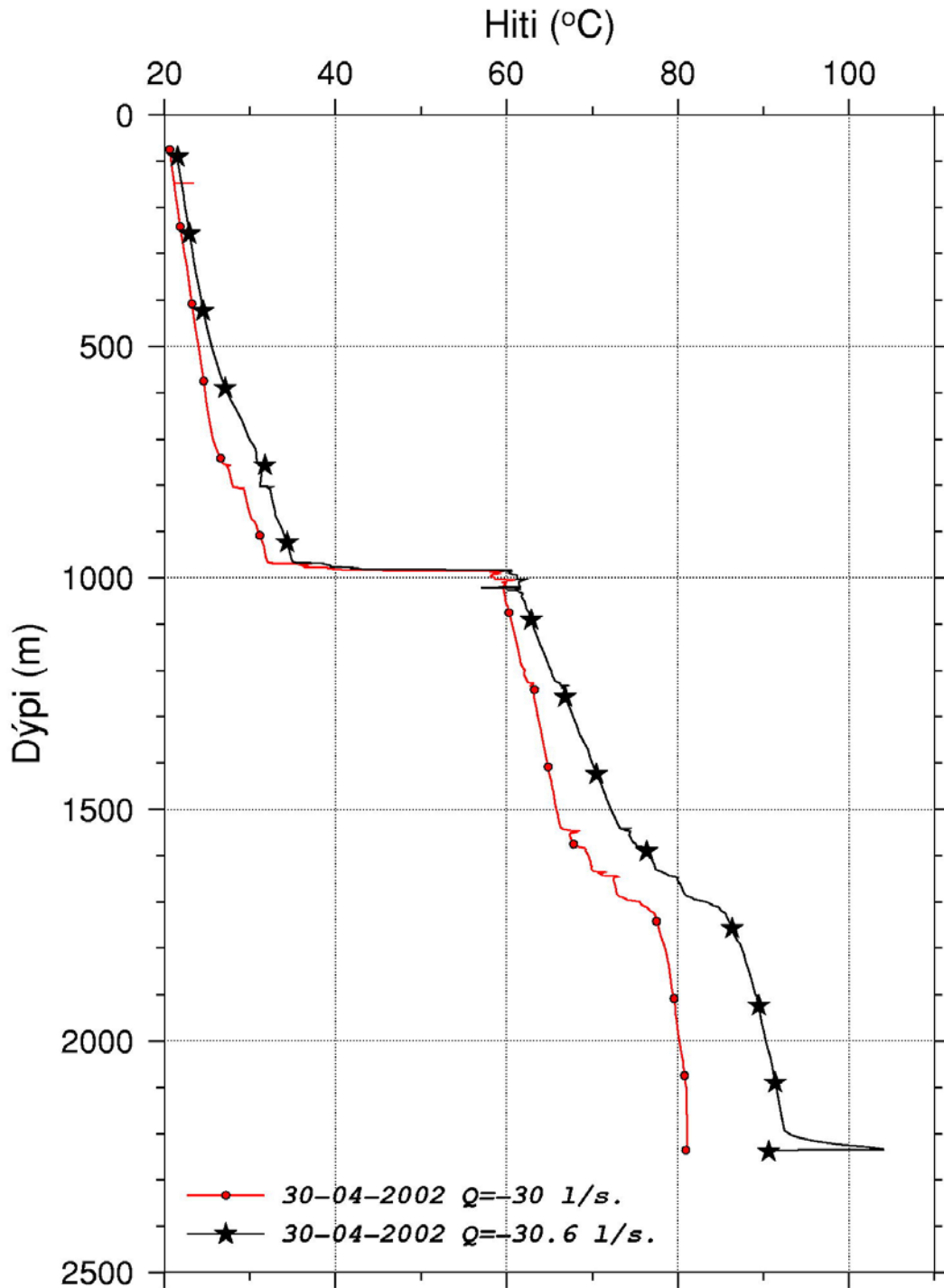
Hiti °C



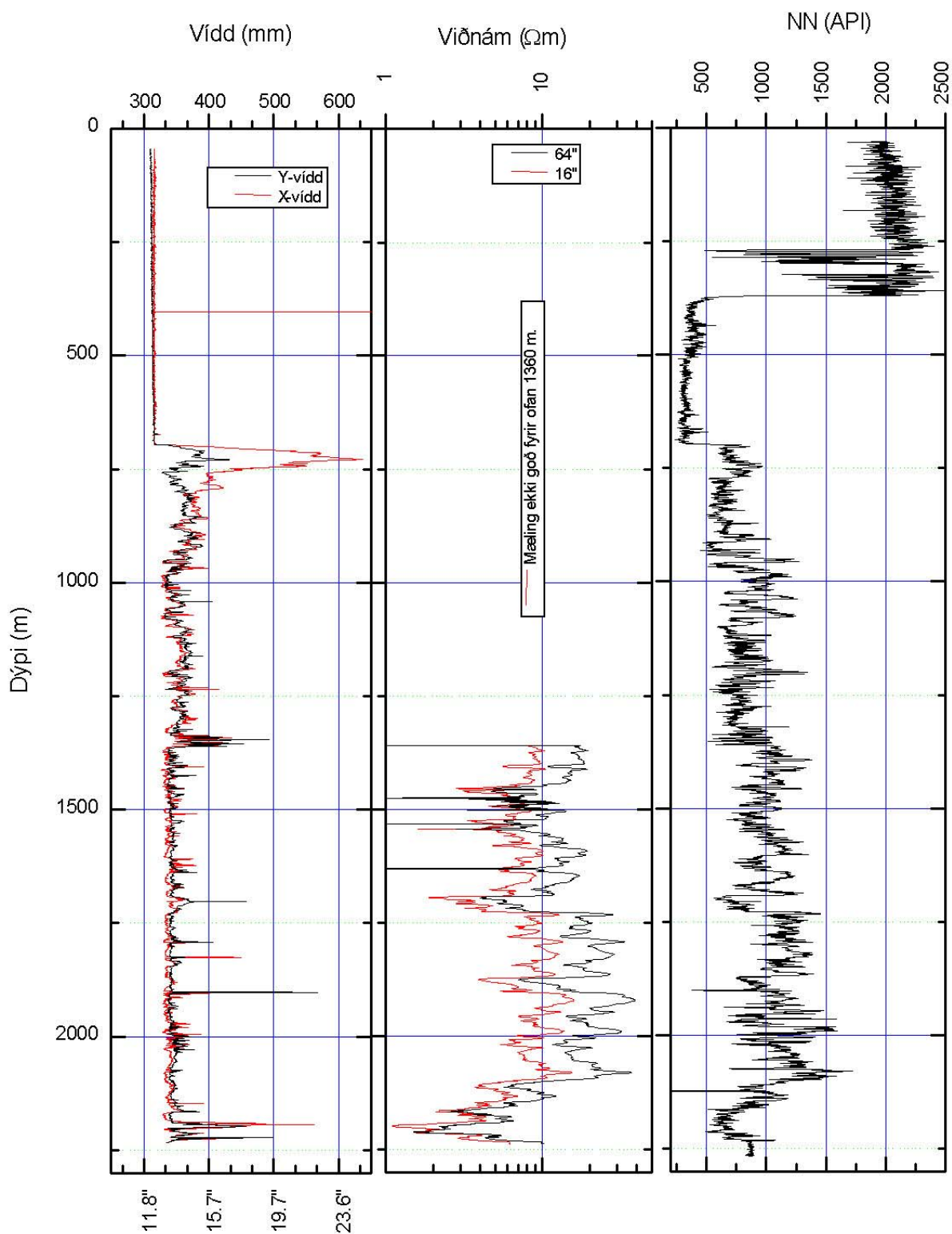
Mynd 6. Hitamælingar vegna krónuskipta.

21-maí-2002  
ped s=18911

### Reykjanes RN-11 Reykjanesbær



Mynd 7. Hitamæling í borlok, eftir upptekt.



Mynd 8. Jarðlagamælingar.



### 3. JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR

#### 3.1. Jarðlög og ummyndun

Svarfsýni voru tekin á tveggja metra fresti eins og venja er við jarðhitaboranir. Sýnin voru greind samhliða borun, bæði berggerð og ummyndun. Á mynd 5 eru sýnd jarðlög holunnar frá 701 m og niður undir botn hennar á 2248 metra dýpi eins og svarf náðist, ásamt vísbendingum um ummyndun bergsins, vatnsæðum, borhraða og skolvatnsgögnum. Frumgögn um borhraða, skolun, hitastig skolvökva og annað sem skráð er í borun eru fengin úr skráningar- og mælikerfi Jötuns.

Frá 701 metra dýpi er mest um að ræða glerkennt og breksíulegt berg sem er nokkuð ummyndað. Rétt ofan við 720 metra er bergið oxað og er þar hugsanlega um að ræða kontaktberg eða ummyndaðan snertiflöt innskots. Þegar neðar er komið er mest um að ræða meðal-grófkorna basalt sem mestallt er að ólivín-þóleiít samsetningu og vegna þess hversu bergið er þétt og blöðrulítið er hugsanlegt að um innskot sé að ræða frá um 700 metrum og niður í um 775 metra þegar komið er í móbergsmyndun með talsverðu túffi og breksíum. Þessi myndun nær niður í um 880 metra þar sem aftur taka við kristölluð basaltlög og sérstaklega eitt sérlega þykkt og einsleitt plagíóklasdílott lag sem er fínkorna. Meira móberg er þar fyrir neðan en það virðist búið þegar komið er í um 950 metra. Þar taka við kristölluð basaltlög sem mörg hver eru fremur grófkorna og erfitt að ráða í uppruna þeirra. Gler er ekki áberandi og því liggur ekki ljóst fyrir hvort um sé að ræða bólstramyndun. Þessi myndun heldur nánast óslitið áfram niður á um 1200 metra þar sem myndunin er slitin í sundur af kornbornu og núnu malarkenndu setlagi. Lagið er þunnt og neðan við það halda kristölluðu basaltlögin áfram og eru þau tiltölulega hraunaleg þangað til kemur niður undir 1336 metra en þá verður berggerðin líkari innskota-komplex þar sem upphleðslubergið kemur inn við og við. Neðan við 1700 metra og niður undir botn er nánast um innskot að ræða og sáralítið af hefðbundnu upphleðslubergi. Gjarna skiptast á fínkorna ferskleg þóleiítlög og grófari ólivín-þóleiítlög.

Ummyndun er fremur einsleit og ekki verður vart þeirra miklu útfellinga af amfíbólí sem getið er um í neðri hluta holu RN-10 sem er steinsnar frá þessari (Hjalti Franzson o.fl. 2002). Amfíbóls verður fyrst vart í þessari holu á um 1230 metra dýpi en einungis í einu sýni þar sem það er með granati. Síðan verður þess ekki vart fyrr en neðan við 1700 metra þar sem það fer vaxandi og er orðið nokkuð algengt neðan við 1800 metra. Fyrst og fremst er um að ræða amfíból sem hefur myndast vegna ummyndunar á frumsteindum bergsins sem það finnst í (pyroxen fyrst og fremst) en sekunderar holufyllingar af amfíbólí eru sjaldgæfar. Amfíbólið virðist því vera að mestu í tengslum við þéttasta innskota-komplexinn á 1700–2100 metrum en neðan við 2000 metra finnst það strjál. Almenn má segja að epidót sé sú steind sem mest er áberandi og finnst epidót með kvarsi niður alla holuna. Kalsít sést á stangli en er að mestu horfið í þessum áfanga. Niður undir botni holunnar er eins og innskotaþéttinn minnki og meira sé af upphleðslubergi.

#### 3.2. Vatnsæðar og hiti

Hitamæling var gerð þegar skipt var um krónu í 1376 metrum (sjá mynd 6). Þar kemur fram að holan er nánast þétt fyrir ofan 980–985 metra þar sem er æð sem tekur við smá

ádælingu (um 6 l/s) og þar fyrir neðan seytlar eitthvað vatn niður að æðum sem taldar voru í 1250 metrum. Þar fyrir neðan var holan þétt og hitnaði snögglega.

Holan var alveg þétt í borun meðan leðja var notuð í vinnsluhlutanum, frá fóðringarenda í 700 m og niður í um 1327 metra. Fyrsta tapið mældist eftir að leðja hafði verið skoluð úr holunni og byrjað var að bora með vatni (á um 1327 m).

**Tafla 3. Mælingar á skoli í borun (mælt af JB).**

Dags.	Klukkan	Dýpi (m)	Þrýstingur (psi)	Dæla 1 (l/s)	Dæla 2 (l/s)	Dæling. tot (l/s)	Tap (l/s)	Hiti upp °C	Hiti niður °C	D-hiti. °C
17.4.2002	09:45	728	1220	28,5	28,5	57	0	50	47	3
17.4.2002	14:00	749	1220	28,5	28,5	57	0	55	51	4
17.4.2002	18:00	765	1250	28,5	28,5	57	0	53,5	50	3,5
17.4.2002	23:00	778	1250	28,5	28,5	57	0	51,7	44,7	7
18.4.2002	02:00	789	1250	28,5	28,5	57	0	51,1	40,3	10,8
18.4.2002	06:00	806	1250	28,5	28,5	57	0	52	45,6	6,4
18.4.2002	10:00	826	1300	28,5	28,5	57	0	51,2	46,6	4,6
18.4.2002	12:00	830	1250	28,5	28,5	57	0	49,2	44,6	4,6
18.4.2002	14:00	836	1250	28,5	28,5	57	0	51	46	5
18.4.2002	16:00	842	1250	28,5	28,5	57	0	52	45	7
18.4.2002	18:00	848	1250	28,5	28,5	57	0	53	47	6
18.4.2002	22:00	863	1260	28,5	28,5	57	0	54,2	48,4	5,8
19.4.2002	02:00	876	1300	28,5	28,5	57	0	53,8	48,2	5,6
19.4.2002	05:00	891	1320	28,5	28,5	57	0,5	55,1	50,1	5
19.4.2002	06:00	896	1300	28,5	28,5	57	0	54,3	49,3	5
19.4.2002	10:30	917	1330	28,5	28,5	57	0	60	50	10
19.4.2002	14:00	928	1350	28,5	28,5	57	0	58	52	6
19.4.2002	18:00	943	1350	28,5	28,5	57	0	58	50	8
19.4.2002	22:00	961	1360	28,5	28,5	57	0	57,5	50	7,5
20.4.2002	02:30	980	1400	28,5	28,5	57	0	53,6	40,4	13,2
20.4.2002	04:00	986	1410	28,5	28,5	57	0	55,4	46,3	9,1
20.4.2002	10:30	1013	1370	28,5	28,5	57	0	58	52	6
20.4.2002	14:00	1032	1380	28,5	28,5	57	0	60	53	7
20.4.2002	18:00	1067	1300	28,5	28,5	57	0	51	45	6
21.4.2002	02:00	1124	1300	28,5	28,5	57	0	46,5	38,2	8,3
21.4.2002	06:00	1151	1250	28,5	28,5	57	0	43,3	35,9	7,4
21.4.2002	10:00	1189	1370	29,1	28,7	57,8	0	30	16	14
21.4.2002	14:00	1221	1370	28,5	28,7	57,2	0	29	17	12
21.4.2002	18:00	1257	1370	29,1	28,7	57,8	0	28	18	10
21.4.2002	22:15	1299	1340	29,1	28,7	57,8	0	28,5	17,5	11
22.4.2002	02:15	1327	1370	29,1	28,7	57,8	6	30,2	22,2	8
22.4.2002	06:30	1350	1420	29,1	28,7	57,8	7	30	19	11
22.4.2002	10:00	1375		0	8	8	7,5			0
23.4.2002	06:00	1396	1300	29,1	28,9	58	6	29,5	19,5	10
23.4.2002	12:00	1436	1270	29,1	28,9	58	2,5	31	16	15
23.4.2002	16:00	1470	1320	29,1	28,9	58	5	31	20	11
23.4.2002	18:00	1489	1330	29,1	28,9	58	6	31	19	12
23.4.2002	22:00	1524	1330	28,7	28,7	57,4	5	31	19	12
24.4.2002	02:30	1560	1330	29,1	28,7	57,8	6	31,2	17,5	13,7
24.4.2002	06:00	1590	1380	29,1	28,7	57,8	8	31	19	12
24.4.2002	10:00	1631	1400	29,1	28,7	57,8	9,5	32	21	11
24.4.2002	14:00	1637	1400	29,1	28,7	57,8	11	32	20	12
24.4.2002	18:00	1694	1400	29,1	28,7	57,8	11	32	19	13
24.4.2002	22:20	1724	1400	29,1	28,7	57,8	15	19,2	18,2	1
25.4.2002	01:30	1746	1480	29,1	28,7	57,8	6,5	30,2	20,2	10
25.4.2002	06:00	1783	1500	29,1	28,7	57,8	14	30,3	19,3	11
25.4.2002	11:00	1820		29,1	28,7	57,8				0
25.4.2002	14:00	1831	1380	29,1	28,7	57,8	20	29	20	9
25.4.2002	18:00	1859	1400	29,1	28,7	57,8	20	29	19	10
25.4.2002	22:00	1887	1500	29,1	28,7	57,8	11	28	19	9
26.4.2002	02:20	1922	1500	29,1	28,7	57,8	12	27,7	18,7	9
26.4.2002	06:00	1942	1500	29,45	28,5	57,95	10	27,4	19,4	8
26.4.2002	10:00	1972	1450	28,5	28,5	57	13,5	27,3	19,3	8
26.4.2002	14:00	2005	1650	28,5	28,5	57	13	29,1	22,6	6,5
26.4.2002	19:30	2050	1475	28,5	28,5	57	10	30,3	21	9,3
26.4.2002	22:00	2066	1500	28,5	28,5	57	12	29	19	10
27.4.2002	02:45	2104	1500	28,5	28,5	57	13	28	20	8
27.4.2002	05:45	2115	1500	28,5	28,5	57	17	27	19	8
27.4.2002	10:00	2140	1600	29,45	28,5	57,95	18	25,9	17	8,9
27.4.2002	14:00	2166	1550	28,5	28,5	57	21,5	24	19	5
27.4.2002	15:30	2172	1550	28,5	28,5	57	31	24	18	6
27.4.2002	18:00	2187	1550	28,5	28,5	57	39	22	19	3
27.4.2002	22:00	2213	1350	28,5	28,5	57	57		19	
28.4.2002	02:00	2232	1380	28,5	28,5	57				

Hitamæling í opinni holu í borlok (mynd 7) sýnir að um þrjá meginæðakafla er að ræða. Sá fyrsti á um 985 metrum, sá næsti á 1600–1700 metrum og síðan sá stærsti í botni holunnar. Eitthvað millirennisli virðist vera úr 985 metrum og niður við 30 l/s ádælingu. Víddarmælingin sýnir að holan er nokkuð slétt, en a.m.k. 3 stórir skápar eru í holunni. Sá langstærsti og víðasti er rétt undir fóðringu, á u.þ.b. 700–750 metra dýpi. Sá næsti er á 1350-1400 metrum og sá þriðji í botni. Þannig eru ekki bein tengsl við skápamyndunina og æðakafla og stóri skápurinn undir fóðringunni er til dæmis í túffi sem sést sem dreif niður nánast alla holuna.

## 4. BORHOLUMÆLINGAR

Í töflu 4 eru taldar upp þær mælingar sem gerðar voru í 3. áfanga borunar RN-11. Mælingunum er unnt að skipta í þrjá hluta:

1. Hitamælingar í opinni holu í lok borunar til að kortleggja vatnsæðar (mynd 7).
2. Jarðlagamælingar í opinni holu til að fá upplýsingar um jarðlög holunnar (mynd 8).
3. Hita- og þrýstimælingar við þrepaðælingu (myndir 9–12).

### 4.1. Hitamælingar í opinni holu

Þrjár hitamælingar voru gerðir í opinni holu áður en holan var jarðlagamæld. Fyrsta hitamælingin var gerð þann 22. apríl vegna krónuskipta í 1376 metra dýpi og er sú mæling sýnd á mynd 6. Vegna mikils hita var einungis unnt að mæla niður í 1353 metra. Tvær stórar æðar, önnur á um 990 metrum og hin á 1250 metra dýpi, sjást greinilega og ein smáæð er á um 1680 metrum. Hiti mældist um 162°C á 1353 m dýpi þrátt fyrir um 11 l/s ádælingu meðan mælt var.

Næsta hitamæling var gerð þann 30. apríl eftir að endanlegu dýpi (2248 m) var náð og strengur hafði náðst úr holunni eftir festu. Holan stóð þá opin og tilbúin til jarðlagamælinga (sjá mynd 7). Æðin á um 990 metrum sést greinilega á báðum mælingum sem gerðar voru og á þeirri seinni sést að hluti ádælingarinnar er að tapast út í æðar við botn. Um sex og hálfur tími er á milli mælinganna á mynd 7 og sama ádæling (um 30 l/s). Botn holunnar fannst með hitamælinum á 2236 metra dýpi.

**Tafla 4. Yfirlit borholumælinga í 3. áfanga.**

Dagsetning	Tímí	Mæling	Dýptarbil	Tilgangur	Skrá	Athugasemdir
22. apríl 2002	16:43-17:19	Hiti	31-1353	Hiti	H200204221643	Q=-11,1 l/s. Vegna krónuskipta
30. apríl 2002	06:58-08:20	Hiti	75-2236	Jarðlög	H200204300658	Q=-30 l/s. Botn í 2236 m.
30. apríl 2002	09:57-12:53	Nifteindir	30-2236	Jarðlög	N200204300957	Q=-30,8 l/s
30. apríl 2002	13:27-14:27	Hiti	90-2239	Jarðlög	H200204301327	Q=-30,6 l/s
30. apríl 2002	14:48-15:40	Þrýstingur	488-2240	Jarðlög	P200204301448	Q=-30,6 l/s
30. apríl 2002	15:42-15:49	Þrýstingur	357-490	Jarðlög	P200204301542	Q=-30,6 l/s
30. apríl 2002	16:49-18:15	X-vídd	44-2233	Jarðlög	X200204301649	Q=-30,6 l/s
30. apríl 2002	16:49-18:15	Y-vídd	44-2233	Jarðlög	Y200204301649	Q=-30,6 l/s
30. apríl 2002	19:27-20:13	Viðnám 16"	1358-2236	Jarðlög	S200204301927	Q=-30,6 l/s. Of lág gildi
30. apríl 2002	19:27-20:13	Viðnám 64"	1358-2236	Jarðlög	L200204301927	Q=-30,6 l/s. Of lág gildi
30. apríl 2002	19:27-20:13	Sjálfsþenna	1358-2236	Jarðlög	A200204301927	Q=-30,6 l/s
30. apríl 2002	21:11-22:13	Hiti	216-2236	Þrepadæling	H200204302111	Q=-30 l/s
30. apríl 2002	22:30-22:38	Þrýstingur	2120-2132	Þrepadæling	P200204302230	Q=-30 l/s
30. apríl 2002	23:05-01:03	Þrýstingur	2000	Þrepadæling	P200204302305	Q=-45 l/s. 1.þrep.
1. maí 2002	02:28-03:15	Hiti	695-2235	Þrepadæling	H200205010228	Q=-45 l/s
1. maí 2002	03:21-03:30	Þrýstingur	2018-2243	Þrepadæling	P200205010321	Q=-45 l/s
1. maí 2002	03:35-05:36	Þrýstingur	2000	Þrepadæling	P200205010335	Q=-55 l/s. 2.þrep.
1. maí 2002	05:49-08:30	Þrýstingur	2000	Þrepadæling	P200205010549	Q=-30 l/s. 3.þrep. og 71 mín. á eftir hefst 4.þrep. Q=-45 l/s
1. maí 2002	08:56-09:04	Þrýstingur	2024-2228	Þrepadæling	P200205010856	Q=-30 l/s
1. maí 2002	09:09-09:58	Hiti	700-2235	Þrepadæling	H200205010909	Q=-30 l/s

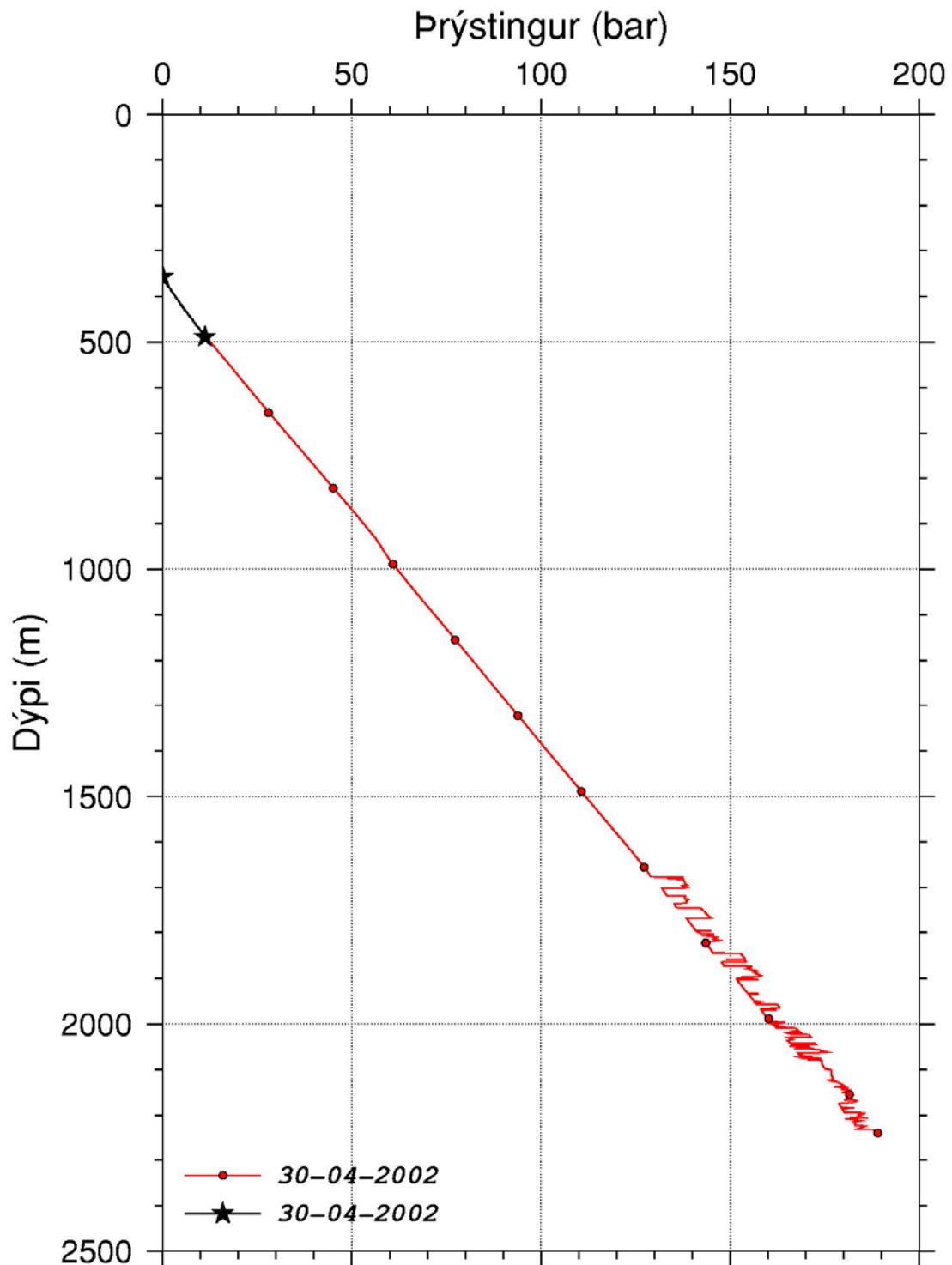
## 4.2. Jarðlagamælingar í opinni holu

Að lokinni fyrri hitamælingunni þann 30. apríl var nifteinda- og gammapróba sett í holuna og eru mælingarnar sýndar á mynd 8. Mjög há og ótrúverðug mæligildi komu úr gammamælingunni og voru þau ekki notuð. Nifteindamælingin var hins vegar nothæf en með henni má sjá óbeint eða afstætt holrýmishlutfall bergsins. Niðurstöður nifteindamælingarinnar má túlka á eftirfarandi hátt: Neðan við um 950 metra mælist fremur hátt hlutfall nifteinda (~1000 API) og bendir það til frekar fín- eða meðalkorna basalts sem er fremur þétt. Frá um 1750 metrum og niður á um 2100 metra er mældu gildið mjög hátt og er þar líklega um að ræða þétt innskotsberg. Í neðsta hluta holunnar mælist síðan lágt gildi nifteinda (~600-800 API) og gefur það til kynna að þar sem mestmegnis um að ræða frekar gróft basalt (hraunlög eða bólstraberg) eða brotaberg. Ofan við 950 metra gefur nifteindamælingin til kynna að þar sé aðallega grófkorna basalt eða breksíur vegna lágs gildis mælingarinnar.

Þegar lokið var við nifteindamælingar var aftur hitamælt til að kanna hvort farandi væri með önnur mælitæki í holuna (mynd 7). Það reyndist vera og því næst var þrýstímælir settur niður til að finna vatnsborð í holunni (við um 30 l/s ádælingu) og fannst það á um 370 metra dýpi (sjá mynd 9). Mælingin er í tveimur hlutum vegna bilunar sem varð í tölvuforriti. Neðsti hluti mælingarinnar er óreglulegur (neðan ~1680 m) og er það sennilega vegna þess að hiti var kominn yfir 80°C.

16-maí-2002  
ped s=18911

### Reykjanes RN-11 Reykjanesbær



Mynd 9. Vatnsborðs- og þrýstimælingar.

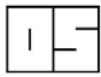
Næst var mæld vídd holunnar með XY-víddarmæli og er mælingin sýnd með öðrum jarðlagamælingum á mynd 8. Mælt var frá botni og upp í vinnslufóðringu. Af mælingunni má ráða að holan stendur nær alls staðar mál og er slétt og nánast laus við skápa og óreglur. Helst er að skápar séu til staðar neðan við vinnslufóðringuna (~701-810 m) og er það meðal annars einn frekar stór skápur. Mælingin var leiðrétt miðað við þekkt innra mál vinnslufóðringarinnar sem eru 315 mm.

Síðasta mælingin í jarðlagaprógrammi var viðnámsmæling sem einnig er sýnd á mynd 8. Miklum erfiðleikum var háð að fá gildi ofan greiningarmarka (~1  $\Omega$ m) og þurfti allmargar tilraunir til að ná þeim mælingum sem sýndar eru á mynd 8, frá botni og upp undir 1380 metra. Afganginn af holunni var ekki unnt að mæla. Þau gildi sem mældust voru öll mjög lág (of lág) og ber að túlka þau með varúð. Líklegt þykir að saltur skolvökvinn, sem dælt var á holuna meðan mælt var, hafi spillt mælingunni. Þar var um að ræða um 30 l/s af vökva sem var um það bil 75% sjór.

### **4.3. Hita- og þrýstimælingar við þrepaprófun**

Þrepaprófun hófst strax að loknum jarðlagamælingum. Byrjað var sem endranær á hitamælingu að kvöldi 30. apríl við 30 l/s ádælingu. Önnur mæling var gerð meðan á þrepaprófinu stóð meðan dælt var 45 l/s á holutopp. Þriðja hitamælingin var svo gerð í lok þrepaprófs og var þá aftur dælt 30 l/s á holuna. Þessar hitamælingar eru sýndar á mynd 10. Þar sést að mælingarnar sem gerðar voru við 30 l/s ádælingu eru nánast eins niður á um 1900 m dýpi. Þar fyrir neðan eimir í lokin enn eftir af áhrifum meiri dælingar. Meðan dælt var 45 l/s kólnaði holan um 12–15°C neðan við 1000 m dýpi og jafnvel enn meira meðan ádælingin var 55 l/s. Af þessu má draga þann lærdóm að vatn eigi greiða leið um botnæðar holunnar.

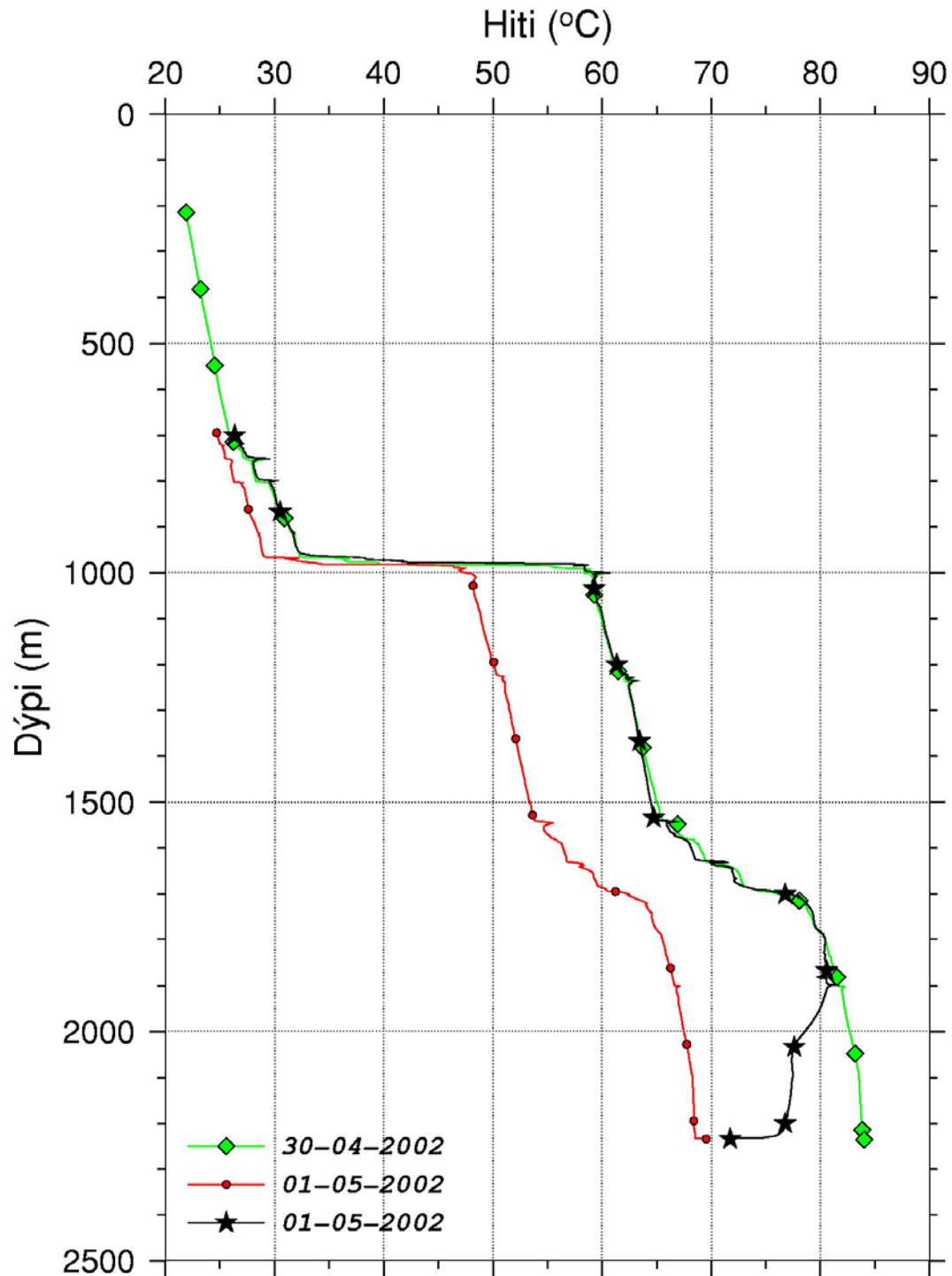




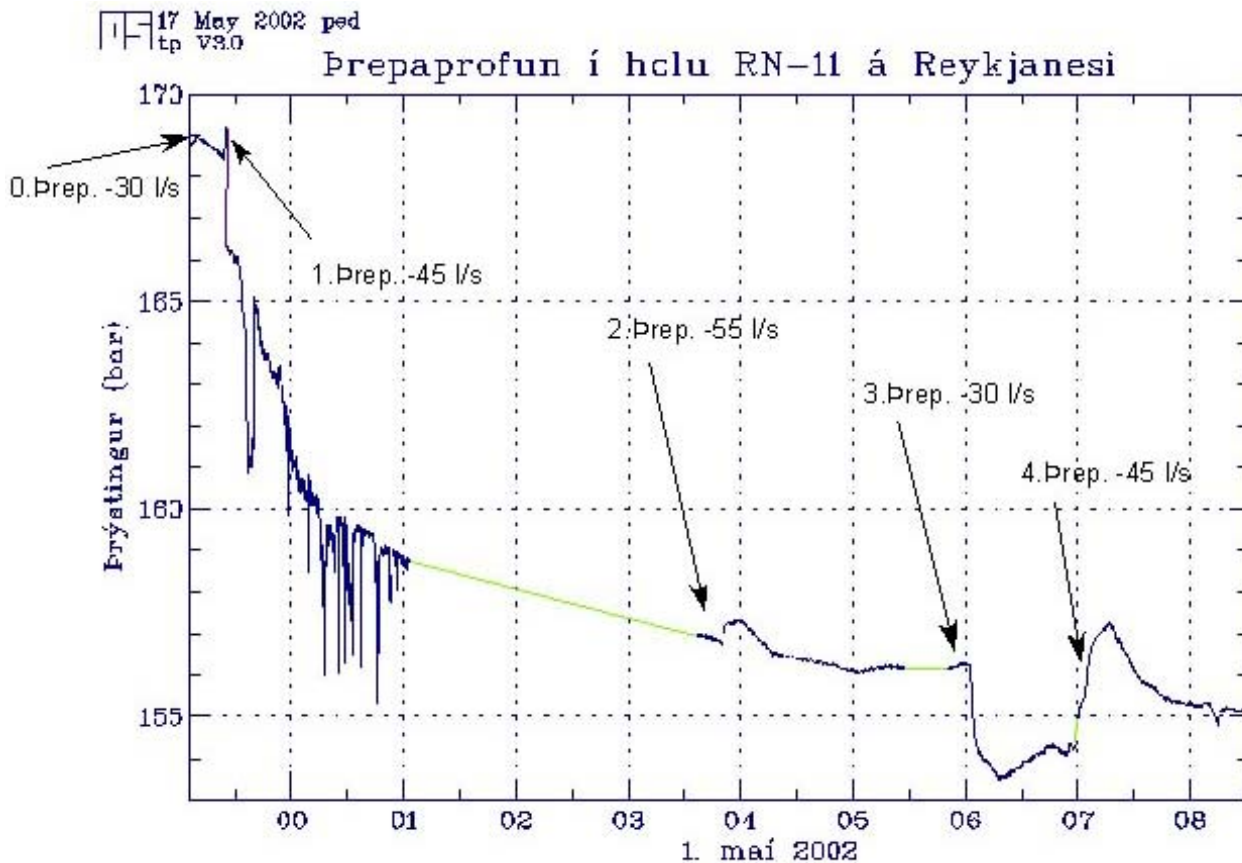
16-maí-2002

ped s=18911

### Reykjanes RN-11 Reykjanesbær



Mynd 10. Hitamælingar við þrepaprófun.



**Mynd 11.** Þrepapröfun í RN – 11 í lok borunar 30. apríl – 1. maí

Örvarnar benda á hvenær rennsli var breytt. Þrýstiskynjari var á 2000 metra dýpi. 160 bar samsvara því að vatnsborðið sé á nálægt 400 m dýpi í holunni.

#### 4.4. Þrepapróf

Að loknu jarðlagaprógrammi var tekið til við þrepapróf, en því er ætlað að gefa í grófum dráttum hugmynd um það hversu vel borholan hafi tekist. Mældur er þrýstingur (vatnshæð í holunni) við mismikið vatnsmagn sem niður í holuna er dælt. Ef vel á að vera þarf að taka tillit til hitabreytinga og fleiri atriða sem hafa áhrif á eðlisþunga vatnsúlunnar í holunni. Fylgst var með þrýstingsbreytingum með þrýstiskynjara sem hafður var á 2000 m dýpi. Rennsli var mælt sem dæluslög á bordælum. Skolvatni var dælt í holuna; ferskt vatn (16 l/s, 8°C) fæst úr holunni SY-02 í Sýrfellshrauni en það sem á vantar kemur úr SH-03 við Saltverksmiðjuna og er allt að 75 % sjór og um 16°C heitt.

Framgangur þrepaprófsins er sýndur í heild á mynd 11. Eins og sést á myndinni er um frekar óhefðbundna þrepadælingu að ræða, enda gáfu viðbrögð holunnar við breytilegri ádælingu ástæðu til að reyna að bregðast við og reyna til þrautar að fá vitræna niðurstöðu út úr æfingunum.

**Upphafsástand:** Meðan verið var að taka upp var dæling á holutopp tæplega 31 l/s og var svo áfram meðan prógrammið var mælt. Samkvæmt hitamælingu er neðri hluti holunnar (þ.e. neðan við æðarnar á tæplega 1000 m dýpi) að smáhitna við þá ádælingu, eins og sýnt er á mynd 10. Vatnsborð í holunni þá var samkvæmt þrýstimælingu (mynd

9) á um 350 m dýpi. Samkvæmt þrýstingi á 2000 m dýpi rétt áður en rennsli var aukið hefur vatnsstaðan þá verið á um 320 m.

**1. þrep:** Að lokinni hitamælingu (mynd 10) var ádælingin aukin í 45 l/s klukkan 23:05 og þar með í raun farið á annað þrep. Þessi rennslisbreyting hafði veruleg áhrif: Þrýstingurinn hækkaði um tæplega eitt bar á fyrstu mínútunum en snarféll síðan og mældist eftir það verulega breytilegur næstu tvo klukktímana, en var þó almennt séð fallandi. Ástæðan fyrir þessum sveiflum gætu að einhverju leyti verið af völdum lofts, sem dregist hefur niður með vatninu sem á holuna er dælt. Þó er líklegra að skýra flöktið með því að borsvarf sé að hreinsast úr æðum í holunni og jafnvel að nýjar smásprungur séu að opnast í holuvegginn. Hitamæling var endurtekin klukkan 02:30 (sjá mynd 10). Þar sést að við þessa rennslisaukningu hefur holan kólnað og ná kólnunaráhrifin alveg niður í botnæðarnar. Jafnframt hefur þrýstingur fallið og bendir mæling, sem gerð var rétt áður en rennsli var breytt, til þess að vatnsborð í holunni hafi verið á um 430 m dýpi.

**2. þrep:** Dæling var aukin í 55 l/s um kl. 03:50. Áhrifin voru hækkan vatnssúlunnar í holunni rétt fyrst í stað en síðan lækkaði hún aftur og fer niður fyrir það sem mældist á fyrra þrepi. Hér lækkar því þess meira sem í holuna er dælt! Áður en rennsli er minnkað á ný voru um 440 m á vatn samkvæmt hitaleiðrétttri þrýstimælingu.

**3. þrep:** Dæling var minnkuð í um 30 l/s kl. 06:00. Við það snarféll þrýstingur (vatnsborð lækkar), rís síðan ögn á ný og byrjar að rokka til. Þrepið er aðeins um klukktíma langt og er ekki fyllilega leiðrétt gagnvart hitabreytingum. Þó þykir ljóst að það stefndi í jafnvægisástand og undir lok þrepsins voru um 455 m á vatn í holunni samkvæmt þrýstimælingunni.

**4. þrep:** Dæling var aukin í 45,0 l/s á ný kl. 07:04. Ljóst þótti þegar hér var komið að lítið yrði hægt að byggja á niðurstöðum úr upphafsástandinu og fyrsta þrepi, þannig að afráðið var að endurtaka það. Við rennslisbreytinguna hækkaði þrýstingurinn um 3 bar fyrst í stað, en áður en yfir lauk hafði hann sigið aftur. Í lok þrepsins eru um 440 m á vatn samkvæmt hitaleiðrétttri þrýstimælingu.

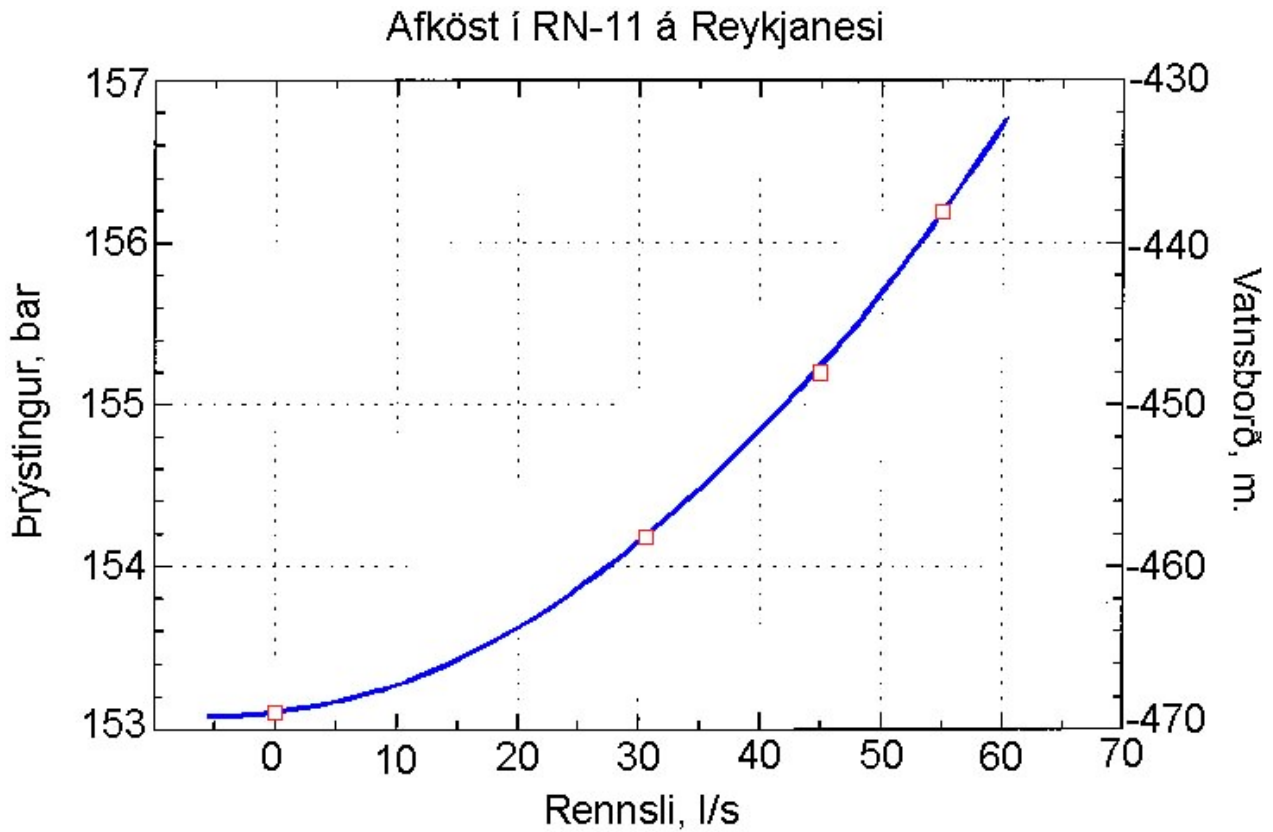
Ekki er hægt að draga aðrar ályktanir af breytingunum sem urðu á 1. þrepi en þær að holan hafi annað hvort verið að losa sig við borsvarf úr æðum og þá aðallega æðunum sem eru niður undir botni hennar eða að sprungur hafi verið að opnast vegna hitasamdráttar bergsins. Batinn, þrýstifallið eða vatnsborðslækkunin, sem verður á meðan þrýstiprófunin sendur yfir, er um 140 m miðað við sömu ádælingu fyrir og eftir þrepaþrófið (ca. 30 l/s).

Á hinum þrepunum, það er að segja 2, 3 og 4, gætu innbyrðis breytingar milli þrýstings (bar) og rennslis (l/s) fylgt ferli sem hefði líkinguna  $Y = 0,0009X^2 + 0,004X - 470$ , þar sem  $Y$  er dýpi niður að vatnsborði (m) og  $X$  er rennsli í holuna (l/s), sjá mynd 12. Samkvæmt þessu virðist mega ætla að æðar í holunni hafið verið vel opnar við lok prófunarinnar.

Oft er reynt að leggja mat á það hve vel hola hefur heppnast með einfaldri þumal-fingursreglu, þar sem tekið er mið af breytingu í rennsli á móti þrýstingsbreytingu. Ef  $dQ_{(l/s)}/dP_{(bar)} \geq 5$  við ádælingu í borlok, þá er holan talin vera vel heppnuð. *Samkvæmt þrepaþrófun RN-11 er þetta hlutfall  $\geq 10$  (l/s)/bar.* Nokkurn fyrirvara þarf að hafa um að þetta bendi til að holan verði mjög vatnsgæf, því æðar sem myndast við hitasamdrátt

bergs með svo háan hita geta átt til að lokast að hluta aftur. Því verður að bíða með spá um gæfni holunnar þar til að lokinni afkastamælingu.

Þá er einungis tekið tillit til síðustu þriggja þrepanna en ekki þess hluta prófunarinnar sem fór í að hressa holuna við.



**Mynd 12.** *Prepaprófun í RN – 11 í lok borunar 30. apríl – 1. maí .*

*Ferillinn sýnir sambandið milli dælingar (l/s) ofan í holuna og þrýstings (bar). Vatnsborð (m) =  $0,0009X^2 + 0,004X - 470$ .*

## 5. HEIMILDIR

Ásgrímur Guðmundsson, Sigurður Sveinn Jónsson, Guðlaugur Hermannsson, Ómar Sigurðsson, Peter E. Danielsen, Sigvaldi Thordarson og Kristján Skarphéðinsson 2002: Reykjanes hola RN-11. 2. áfangi: Borun fyrir 13 <sup>3</sup>/<sub>8</sub>” vinnslufóðringu frá 250 í 701 m dýpi. Orkustofnun, OS-2002/019. 41 s.

Bjarni Richter, Ásgrímur Guðmundsson, Sigurður Sveinn Jónsson, Ómar Sigurðsson Kjartan Birgisson, Peter E. Danielsen og Ólafur Guðnason 2002: Reykjanes, hola RN-11. Forborun og 1. áfangi: Frá yfirborði í 250 m dýpi. Orkustofnun, OS-2002/021. 14. s.

Hjalti Franzson, Sigvaldi Thordarson, Grímur Björnsson, Steinar Þór Guðlaugsson, Bjarni Richter, Guðmundur Ómar Friðleifsson og Sverrir Þórhallsson: Reykjanes – Hola RN-10. Lokaskýrsla. Borun og rannsóknir. Orkustofnun, OS-2001/066. 66 s.

## 6. VIÐAUKAR

Viðauki 1: BHA-report (uppbygging borstrengs) frá Baker-Hughes.



BHA Report BHA No: **3**

Company:	Jardboranir	Well:	RNJ-11	Rig:	Jatunn
Field:	Reykjanes	Location:	Reykjanes	Job ID:	JB 02 / 2870
Contractor:	Jardboranir	In Hole Date:	16.04.02	Time:	17.04.02
		Out of Hole Date:	18:30	Time:	3:50
		PDM Wear in:	1	Start Drilling Date:	
		Bit Hours:		End Drilling Date:	
		Circ Hrs:			

COMPONENT DATA

Item No.	Component	Mfr.	Serial Number	Gauge OD	ID	Fishing Neck	Length	Total Length
1	Bit 12 1/4"	HC	W60DH	12 1/4"	9"		0.30	0.30
2	Motor 9 1/2" M1XL	BHI	82303	12 1/8"	9 1/2"		10.91	11.21
3	IBS	BHI	11184	12 1/8"	8"	2.13/16	0.76	12.66
4	X-O Pin/Pin	JB		7 5/8"			0.30	12.96
5	Shock sub	ACE	ST8045	8 1/8"			2.75	15.71
6	HWDC x 2	JB		8"	2 5/8"		18.04	33.75
7	X-O 6 5/8" - 5 1/2"	JB		7"	2 5/8"		84.73	119.42
8	HW x 9	JB		8"	2 5/8"		0.91	120.33
9	X-O 5 1/2" - 6 5/8"	ACE	HJ800001	8"			5.95	126.28
10	Jar	JB		8"			0.84	127.22
11	X-O 6 5/8" - 5 1/2"	JB		7"			28.20	155.42
12	HW x 3	JB					0.84	156.26
13	X-O 5 1/2" - 4 1/2"	JB						0.00
14								0.00
15								0.00
16								0.00
	Total							156.26

Drillpipe	Grade	OD	ID	Wtft	Conn	Length
Upper	E	5	108	19.5	4 1/2"IF	9.6m
Lower						

Parameters	In	Out
Block wt	6.5	
WOB	4/8	
Surf. RPM	65	
Tot RPM	193	
Flow Rate	3500	
Drilling Trq	120	
Off btm Trq	80	
Up Wt	43	
Down Wt	42	
Rot Wt	42	

BHA Weight Total	Air	Mud
	27	23.5
BHA Wt Below Jars	21	18

Data For Bit No	3	Gauge	Depth	Drilled	Drilling	Avg
Size	Make	TFA	In	Out	Hours	ROP
12 1/4"	HC	W60DH	701			

Dull Condition	Inner	Outer	DC	Loc.n	B	Gauge	Other	R. Pulled	Graded By
									A. Gjelevik

BHA Objective: Drop the Inclination from 4" to vertical.

BHA Performance

Remarks: Running Totco readings every 50m to verify Inclination. Drilled cement and shoe from 697m to 701m. Take care and try to minimise the time standing still due to temperature.

Reason For POOH: TD for the 12 1/4" section.

Viðauki 2. Dagskýrslur sem sendar voru út meðan á borun stóð.



17.04.2002

## BORVAKT Á REYKJANESI

### RN-11 DAGSKÝRSLA #07

<i>Vorklaumi:</i> Hitaveita Suðurnesja	<i>Verktaki:</i> Jarðboranir hf
<i>Hola:</i> RN-11	<i>Bortæki:</i> Jötunn
<i>Staðarnúme</i> 18911	<i>Jarðfr./mælingam.:</i> BR

Holuvídd: 12 1/4"

Síðasta fóðring: ~701 m

Skolvökvi: Leðja

#### 27. verkdagur

**Dýpi kl. 24: 701 m**

**Dýpi kl. 08: 723 m**

**Skoltap: 0 l/s**

**Borun síðasta sólarhring: 0 m**

**Bortími: 0 klst**

**Meðalborhraði: 0 m/klst**

#### Borverk

Nú hefst aftur formleg borvakt á Reykjanesi. Síðustu fréttir fjölluðu um að steyptr yrði föstudaginn 12/4. Það stóðst að sjálfsögðu og var steyptr seinnipartinn úr 81 tonni af steypu. Steypa þurfti svo ofan á úr 6,8 tonnum, eftir að steypa seig um ca. 70 metra.

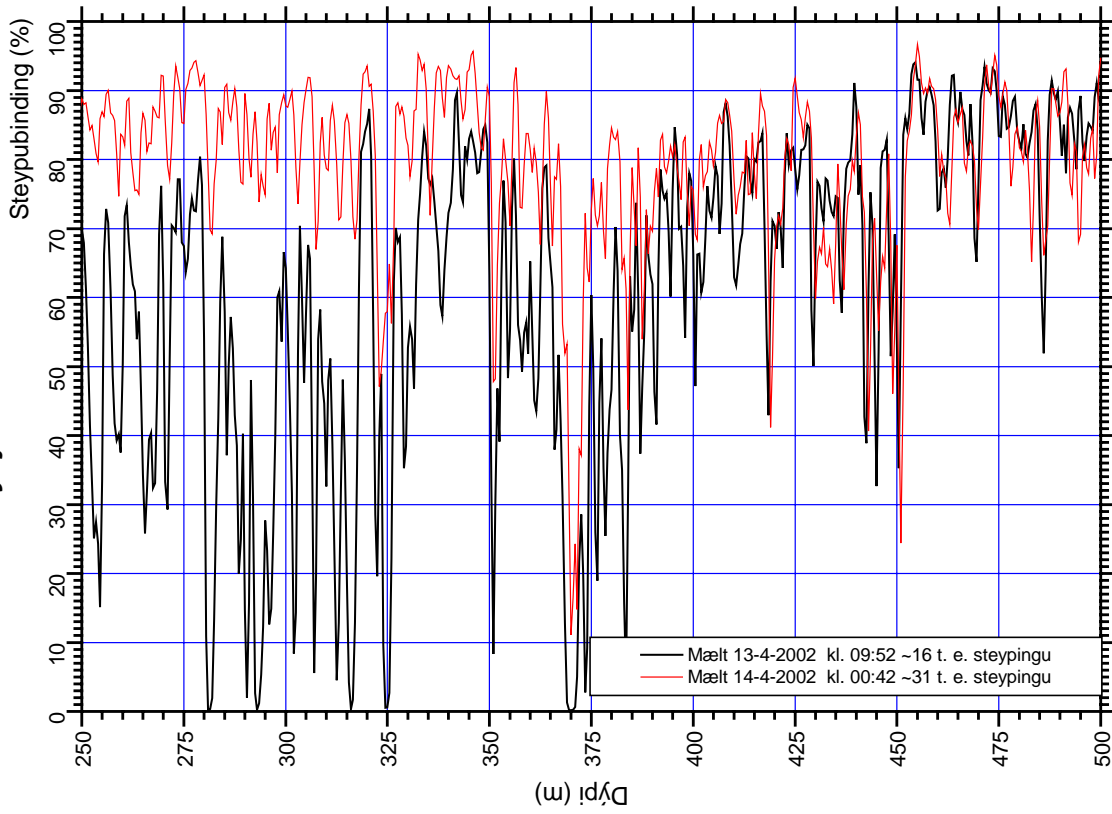
Laugardagurinn fór síðan í bið eftir að steypa harðnaði, en steypumæling þá um morguninn sýndi að steypa væri líklega allstaðar á bak við fóðringu, en lítt hörðnuð. Steypumæling var svo framkvæmd skömmu eftir miðnætti, aðfararnótt sunnudagsins 14. Hafði steypa tekið sig allnokkuð. Var talið óhætt að hefja vinnu við holutoppinn upp úr hádegi á sunnudeginum. Steypumælingarnar fylgja með í dagskýrslunni.

Flans var síðan soðinn á holutoppinn að kveldi mánudagsins 15 apríl og er þar með 2 áfanga lokið.

Settir voru niður standar til að kæla holuna áður en borkróna yrði sett niður til að bora stungustykki og steypu. Hófst sú vinna aðfararnótt þess 16 og voru kollar (álagsstangir) sprungumældir í leiðinni. Um kl 10 í gærmorgun hófst síðan borun steypu. Var því lokið um kl. 16:00 og var þá holan kæld og tekið upp. Öryggislokar voru prófaðir og strax í kjölfarið var settur niðu borstrengur með mótör. Um kl. 04:30 í nótt hófst síðan borun í berg. Um kl. 08:00 var holan orðin um 723 metra djúp.

Borun gengur vel, en álag er fremur lítið, aðeins 2-4 tonn, til að rétta holuna af, en henni hallaði um 4°. Enn er verið að bora með leðju og verður það líklega gert meðan holan er þétt.

### Reykjanes hola RN-11



### Steypumælinga úr 2. áfanga.

*Borvakt ROS*



## BORVAKT Á REYKJANESI

### RN-11 DAGSKÝRSLA #08

<i>Verkkauni:</i> Hitaveita Suðurnesja	<i>Verktaki:</i> Jarðboranir hf
<i>Hola:</i> RN-11	<i>Bortæki:</i> Jötunn
<i>Staðarnúme</i> 18911	<i>Jarðfr./mælingam.:</i> BR

Holuvídd: 12 1/4"  
Síðasta fóðring: ~701 m  
Skolvökvi: Leðja

#### 28. verkdagur

**Dýpi kl. 24: 782 m**  
**Dýpi kl. 08: 819 m**  
**Skoltap: 0 l/s**

**Borun síðasta sólarhring: 77 m**  
**Bortími: 18 klst**  
**Meðalborhraði: 4,3 m/klst**

#### Borverk

Eins og sagði í gær var hafist handa við að bora í berg um kl. 4:30 aðfararnótt miðvikudagsins. Var borað með fremur litlu álagi til að rétta holuna, en hún hallaði um 4°. Ný hallamæling var síðan gerð í 750 metrum og reyndist hún sýna 2,8°. Er því ljóst að aðgerðir hafa skilað nokkrum árangri. Haldið var áfram að rétta holuna af og verður hallamælt aftur, væntanlega fyrri part dags.

Borað hefur verið með um 2,5-5 tonna álagi (5-15000 pund). Snúningur strengs hefur verið um 65 sn/mín, en með mótór er snúningshraði krónu um 200 sn/mín. Dælt var um 55 l/s af geli á holuna. Dæluþrýstingur hefur verið um 1200 –1250 psi ( 83 – 86 bar). Ekkert skoltap hefur mælst.

#### Jarðlög og ummyndun

Um jarðlög og ummyndun er það að segja að neðan við 701 m var fyrst komið í glerkennt/breksíulegt basalt, nokkuð ummyndað. Rétt ofan við 720 m fór að bera á ansi oxuðu (rauðu), meðalkorna basalti. Hugsanlega er um “kontaktberg” að ræða. Þar neðan við er um meðal- og grófkorna basalt, líklega innskot, að ræða. Ummyndun í þessum “gangi” virðist vera mismikil og litur nokkuð breytilegur, en fremur lítið er af ummyndunarsteindum til staðar. Hugsanlegt er að um samsett innskot sé að ræða (kvika fer oftar en einu sinni inn í sprunguna með löngu millibili).

Ummyndunarsteindir eru enn þær sömu og áður, aðallega epidót, kvars, pýrít og klórít, en einnig er “sykur”-anhýdríti til staðar, sem stöku “plötulaga”-anhýdrít útfellingar. Bendir því flest til að hiti sé yfir 250°C og anhýdrítið bendir til salts jarðhitavökva.

**BORVAKT Á REYKJANESI**  
**RN-11 DAGSKÝRSLA #09**

<i>Vorklaumi:</i> Hitaveita Suðurnesja	<i>Verktaki:</i> Jarðboranir hf
<i>Hola:</i> RN-11	<i>Bortæki:</i> Jötunn
<i>Staðarnúmer:</i> 18911	<i>Jarðfr./mælingam.:</i> BR

Holuvídd: 12 1/4"  
Síðasta fóðring: ~701 m  
Skolvökvi: Leðja

**29. verkdagur**

**Dýpi kl. 24: 871 m**  
**Dýpi kl. 08: 908 m**  
**Skoltap: 0 l/s**

**Borun síðasta sólarhring: 89 m**  
**Bortími: 22 klst**  
**Meðalborhraði: 4 m/klst**

**Borverk**

Borun hefur gengið vel síðastliðinn sólarhring. Borað var með 2-5 tonna álagi, þar sem enn er verið að reyna að rétta holuna. Hallamælingin í gær (800 m) sýndi að enn hallaði holunni um 3°, sem er ívið meir en mælingin þar á undan. Í 850 m er hallinn svo orðinn 2,4° þannig að þetta er allt á réttri leið. Hallamælt verður aftur í 900 metrum (dýpi holunnar þá verður ca. 930 m), seinna í dag.

Dæluþrýstingur hefur verið um 1200 – 1300 psi (83 – 90 bar). Snúningur á streng á bilinu 35-65 sn/mín, en með mótör snýst krónan um 250 sn/mín. Sárálítið skoltap mældist í einni mælingu í nótt (0,5 l/s á 891 m dýpi), en bormenn töluðu um að þeir hafi séð breytingar á skoli, án þess að ná að mæla það. Það bendir hugsanlega til þess að lekakafli hafi verið skorinn, en þétst strax vegna gelsins og svarfsins.

**Jarðlög og ummyndun**

Lítið er við jarðlög og ummyndun að bæta frá því í gær, en verið er aðallega að bora í glerjað berg, breksíu og túff. Einstaka innskot eru einnig til staðar. Ummyndunarsteindir eru að mestu þær sömu og í gær, epidót, klórít, kvars, anhýdrít og pýrít. Ekki hefur enn sést wollastónít svo öruggt sé, en það bendir til hita um 270-280°C.

**Meðfylgjandi er jarðlagasníð niður í 840 m.**

***Borvakt ROS***

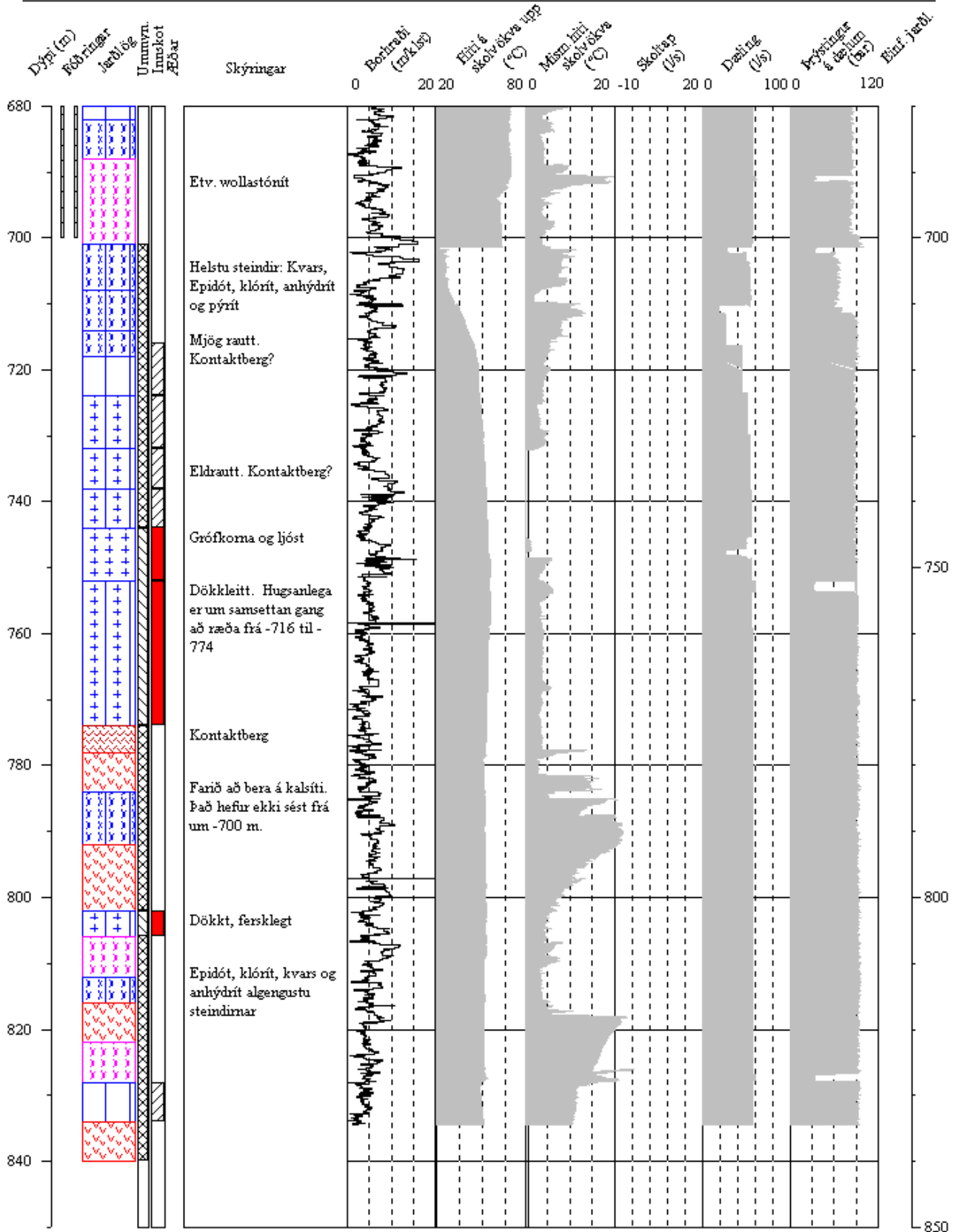


Staður: Reykjanes  
Holunafn: RN-11

Bor: Jötunn  
Dýptarbil: 680-900 m

Skolvökvi: Gel  
Verkhliuti: 3. áfangi

Staðarnúmer: 18911  
Starfsmenn: ÁsG/SSI/BR



**BORVAKT Á REYKJANESI**  
**RN-11 DAGSKÝRSLA #10**

<i>Vorklaumi:</i> Hitaveita Suðurnesja	<i>Verktaki:</i> Jarðboranir hf
<i>Hola:</i> RN-11	<i>Bortæki:</i> Jötunn
<i>Staðarnúme</i> 18911	<i>Jarðfr./mælingam.:</i> SSJo

Holuvídd: 12 1/4"  
Síðasta fóðring: ~701 m  
Skolvökvi: Leðja

**30. verkdagur**

<b>Dýpi kl. 24:</b> 970 m
<b>Dýpi kl. 08:</b> 1003 m
<b>Skoltap:</b> ~ 0 l/s

<b>Borun síðasta sólarhring:</b> 99 m
<b>Bortími:</b> 21 klst
<b>Meðalborhraði:</b> 4,7 m/klst

**Borverk**

Borun hefur gengið sinn vanagang síðasta sólarhring og er álag enn fremur lítið á krónu eða um 3-4 tonn en það verður aukið smám saman til að auka borhraða. Ekki er full ljóst hvort það er eingöngu álagið sem veldur því að holan er ekki fullkomlega lóðrétt og sennilega eru fleiri og samverkandi þætti sem því valda. Því hefur borari Baker-Hughes áhuga á að auka álagið og sjá hverju það breytir. Enn er borað með leðju og eftir því sem næst verður komist er það nýmæli að bora vinnsluhluta holu á háhitasvæði með leðju. Gert er ráð fyrir því að bora niður í 1000 metra til að byrja með -- eða á meðan holan er þétt, og sjá svo til hvort skipt verður yfir í vatn. Leðjan sem kemur úr holunni er rétt tæpar 60°C en leðjukælir sér um að lækka hitann á henni í 52-53°C. Leðjukælirinn virkar vel og er vatni í kælibaði hringdælt og veldur það frekari kælingu sem hefur verið metin 1-3°C. Í kælibaðið koma á milli 15 og 20 l/s af um 8°C köldu vatni. Snúningsvægi er lítið eða um 80-100 A, dæluþrýstingur um 1350 psi (um 100 bar) og dæling um 58 l/s. Hallamæling sem gerð var í gær föstudag á 900 metrum gafa halla 3.3°.

*Borvakt ROS*

**BORVAKT Á REYKJANESI**  
**RN-11 DAGSKÝRSLA #11**

<i>Vorkkauni:</i> Hitaveita Suðurnesja	<i>Verktaki:</i> Jarðboranir hf
<i>Hola:</i> RN-11	<i>Bortæki:</i> Jötunn
<i>Staðarnúme</i> 18911	<i>Jarðfr./mælingam.:</i> SSJo

Holuvídd: 12 1/4"  
Síðasta fóðring: ~701 m  
Skolvökvi: Leðja, síðan vatn

**31. verkdagur**

<b>Dýpi kl. 24:</b> 1111 m
<b>Dýpi kl. 08:</b> 1169 m
<b>Skoltap:</b> ~ 0 l/s

<b>Borun síðasta sólarhring:</b> 141 m
<b>Bortími:</b> 19,5 klst
<b>Meðalborhraði:</b> 7,25 m/klst

**Borverk**

Rétt eftir miðnætti aðfaranótt laugardags varð vart við þrýstingslækkurn en ekkert tap mældist. Í svarfinu eru lagmót á milli bólstrabreksú og hraunlaga á þessu dýpi og miklar útfellingar af epidóti og pýríti en ekki sérstaklega æða- eða sprungulegt berg.

Eftir hádegi í gær laugardag var borun stöðvuð og holan hallamæld á 1000 metrum (dýpi holu um 1030 m) og reyndist hallinn vera 2,4°. Borun var stöðvuð um klukkan 16:15 vegna smávægilegrar bilunar í annarri bordælunni og viðgerð tók rétt um hálf tíma. Haldið var áfram að bora en álag var aukið til að reyna að auka borhraðann. Um miðjan dag í gær þegar dýpi var 1030-40 metrar var byrjað að skola leðjuna úr holunni með því að blanda vatni saman við og þynna hana þannig út og kæla rólega niður. Frá því á laugardagskvöld hefur því verið borað með vatni. Síðustu hallamælingar eru 1050 m = 2,9° og 1100 m = 2,9°. Frá því álag var aukið hefur borhraði vaxið talsvert og er nú á milli 6 og 10 metrar á klukkustund. Álagsbreytingin virðist ekki hafa valdið því að halli hafi byggst upp sbr. síðustu hallamælingar. Eins og sést er borhraði mjög vaxandi og gott svarf berst til yfirborðs og engar fréttir af tapi.

**Jarðlög og ummyndun**

Frá 900 metrum hefur að mestu leyti verið borað í basalt. Mest megnis hefur verið um að ræða fremur glerjuð hraunlög (eða bólstra) og inn á milli eru þunn túfflög. Ummyndun einkennist af epidót/klórít samfélagi steinda en frá 1028 er farið að bera á wollastóníti – í mjög ummynduðu túffi sem liggur undir grófkristölluðu ólvívínbasalti.

*Borvakt ROS*

**BORVAKT Á REYKJANESI**  
**RN-11 DAGSKÝRSLA #12**

<i>Verkkauni:</i> Hitaveita Suðurnesja	<i>Verktaki:</i> Jarðboranir hf
<i>Hola:</i> RN-11	<i>Bortæki:</i> Jötunn
<i>Staðarnúmer:</i> 18911	<i>Jarðfr./mælingam.:</i> SSJo

Holuvídd:	12 1/4"
Síðasta fóðring:	~701 m
Skolvökvi:	Vatn

**32. verkdagur**

<b>Dýpi kl. 24:</b>	<b>1310 m</b>
<b>Dýpi kl. 08:</b>	<b>1366 m</b>
<b>Skoltap:</b>	<b>~ 0 l/s</b>

<b>Borun síðasta sólarhring:</b>	<b>199 m</b>
<b>Bortími:</b>	<b>18,5 klst</b>
<b>Meðalborhraði:</b>	<b>10,75 m/klst</b>

**Borverk**

Borað hefur verið með sama hraða og holan dýpkar nú hressilega og nóg af svarfi að skoða. Um kl 16 á sunnudag var skolað í skamma stund og hallamælt á 1200 metrum. Hallinn var 2.2° og breytingin lítil frá síðustu mælingu. Króna hefur nú snúist rúmlega eina milljón snúninga en Baker-Hughes maðurinn Alf segir að hún verði keyrð í 1200 þúsund snúninga þar sem hún hefur verið notuð með litlu álagi framan af. Þegar strengur hafði verið settur saman eftir hallamælinguna var dæling sett á og líðu þá um tvær mínútur þar til skolvatn fór að berast til yfirborðs. Holan hefur því opnast eitthvað smávegis í skoluninni og einnig við að losna við leðjuna og eftir talsverða reikninga þá er talið að hún hafi tekið rúma þrjá lítra á sekúndu við að standa án dælingar meðan mælt var. Holan þéttast aftur þegar byrjað var að bora á nýjan Klukkan 02:15 aðfaranótt mánudags. Þegar dýpi var um 1300 metrar mældist um 6 l/s tap og kl. 06:30 á 1350 m var tapið 7 l/s. Núna er holan þétt. Aftur var hallamælt í 1300 metrum og var hallinn sá sami og í 1200 m, eða 2,2°.

Þegar kemur að næstu stangaríbætingu verður borun stöðvuð og tekið upp til að skipta um krónu. Sú sem núna er undir hefur snúist í rúma 100 tíma og farið rúma 1200 þúsund snúninga. Gert er ráð fyrir því að hitamæla holuna þegar strengurinn er úr henni. JB munu mæla hita í stöngum við botn með hitamæli borsins, sem er nýfenginn "single-shot" hitamælir sem settur er í "housingu" hallamælisins.

## **Jarðlög og ummyndun**

Á um 1028 metra dýpi – þar sem wollastónítið sést fyrst – er komið í móbergsmýndun sem er með túffi efst en þar fyrir neðan tekur við all þykk syrpa af bólstrabergi eða bólstrabreksíu með þunnum lögum af túffi inn á milli og nokkrum þunnum lögum sem eru gangar eða innskot í móberginu eða jafnvel hraunlög. Bólstrabergið er talsvert ummyndað – blandað mjög ummynduðu gleri og er epidót lang algengast ummyndunarsteindin ásamt pýríti og kvarsí. Kalsít sést aðeins á stangli og sömuleiðis wollastónít. Einnig er anhýdrít algengt. Bólstrabergið virðist vera ráðandi niður í a.m.k. 1200 metra en unnt er að greina einingarnar nánar í sundur. Neðan við 1200 metra taka við hraunlög. Þau eru ljós á litinn og mikið ummynduð. Algengasta ummyndunarsteindin er epidót, en wollastónít sést á stangli og einnig actinolít.

***Borvakt ROS***

**BORVAKT Á REYKJANESI**  
**RN-11 DAGSKÝRSLA #13**

*Verkkauni:* Hitaveita Suðurnesja  
*Hola:* RN-11  
*Staðarnúmer:* 18911

*Verktaki:* Jarðboranir hf  
*Bortæki:* Jötunn  
*Jarðfr./mælingam.:* SSJo

Holuvídd:	12 1/4"
Síðasta fóðring:	~701 m
Skolvökvi:	Vatn

**33. verkdagur**

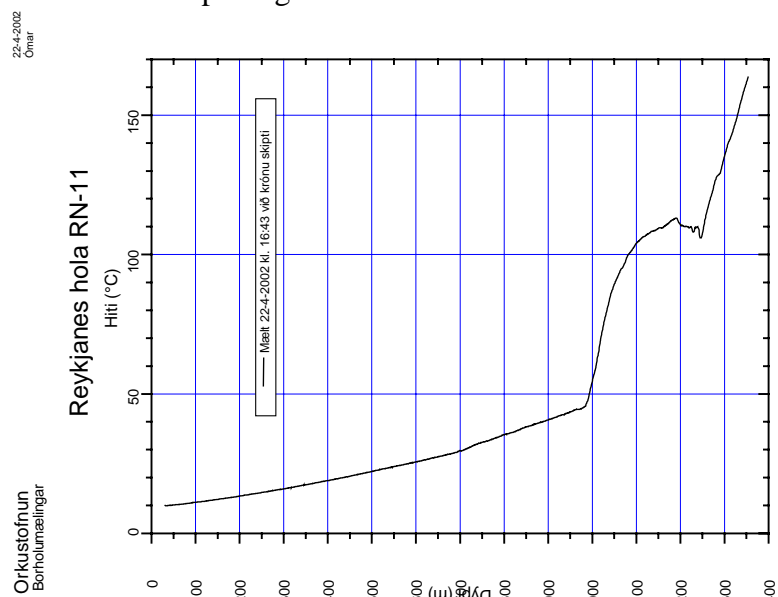
**Dýpi kl. 24:** 1376 m  
**Dýpi kl. 08:** 1414 m  
**Skoltap:** ~ 6 l/s

**Borun síðasta sólarhring:** 66 m  
**Bortími:** 7 klst  
**Meðalborhraði:** 9,45 m/klst

**Borverk**

Að morgni mánudagsins 22. apríl var byrjað að taka upp til krónuskipta og var borun hætt og byrjað að taka upp klukkan 10:30. Dýpi holunnar var þá 1376 metrar. Ekkert kom fram á hitamæli borsins þegar mælt var í stöngum og hiti verið neðan við svið mælisins. Strengurinn var kominn úr holunni klukkan 15:00 og var þá skipt um krónu, mælt slit í bormótor og annað þvíumlíkt, uns mælingabíll ROS renndi hitamæli í holuna. Myndin fylgir hér með og á henni kemur fram að holan kælir sig niður að æðum sem eru í 980 metrum og smávegis seytlar niður að æðum sem eru á bili frá 980 m og niður undir 1250 m en þar fyrir neðan er holan þétt og talsvert heit eða um 160°C. Því er talið óhætt að setja krónuna niður í 900-950 metra en þaðan verður að kæla á milli stanga. Niðursetning hófst klukkan 18:00 og borun hófst að nýju um klukkan þrjú aðfaranótt þriðjudagsins 23. apríl. Ekkert botnfall var í holunni. Tap var mælt klukkan 06:00 í morgun og var um 6 l/s.

**Borvakt**





**BORVAKT Á REYKJANESI**  
**RN-11 DAGSKÝRSLA #14**

<i>Verkkaumi:</i> Hitaveita Suðurnesja	<i>Verktaki:</i> Jarðboranir hf
<i>Hola:</i> RN-11	<i>Bortæki:</i> Jötunn
<i>Staðarnúme</i> 18911	<i>Jarðfr./mælingam.:</i> SSJo

Holuvídd:	12 1/4"
Síðasta fóðring:	~701 m
Skolvökvi:	Vatn

**34. verkdagur**

<b>Dýpi kl. 24:</b>	<b>1531 m</b>
<b>Dýpi kl. 08:</b>	<b>1608 m</b>
<b>Skoltap:</b>	<b>~ 8 l/s</b>

<b>Borun síðasta sólarhring:</b>	<b>155 m</b>
<b>Bortími:</b>	<b>17 klst</b>
<b>Meðalborhraði:</b>	<b>9,1 m/klst</b>

**Borverk**

Tap hefur verið að smá aukast en þó lítið og var 8 l/s kl. 6 í morgun. Holan dýpkar að jafnaði um 9-10 metra á klukkustund og stefnir í það að borun ljúki fyrir næstu helgi en með sama áframhaldi ætti dýpi holunnar að nálgast 2000 metrana eftir tvo sólarhringa. Það eru nú getgátur og það eina sem skiptir máli er að vel gangi og vandræðalaust. Hver stöng er boruð niður með um 15-20.000 punda álagi og næst þá þessi hraði. Rýmt er á eftir hverri stöng og holun skoluð í borun með 57 l/s dælingu. Hallamæling í 1500 metrum gaf 2,9°. Dagsskýrslur undanfarinna daga bera það með sér að mikið svarf hefur borist og ekki unnist tími til annars en greiningar á jarðlögum og frumúrvinnslu en jarðlagasnið og önnur gögn bíða birtingar þar til hægist um í svarfinu.

**Jarðlög og ummyndun**

Hvað jarðlögin áhrærir þá taka við kristölluð basaltlög neðan við 1200 metra og 2-4 metra þykkt sand- eða malarlag sem liggur ofan á þessari syrpu. Sandurinn eða mölin er núin og mynduð í sjávarumhverfi þótt steingervinga vanti og er mikið ummynduð. Basaltlögin áður nefndu, þar neðan við, eru lítið glerjuð og smáblöðrótt og í neðanverðri mynduninni (sem er um 20 m þykk) er epidót og wollastónít. Neðan við þessa myndun eru síðan glerjuð basaltlög sem eru bólstraleg og þar er vottur af aktínólíti og granati. Glerjuðu lögin halda síðan áfram en blæbrigðamunur á þeim og sum líkari hraunlögum en önnur bólstrakenndari. Epidót er lang-algengasta ummyndunarsteindin ásamt pýríti og kvarsí, og á stöku stað finnst kalsít en það er annars nánast horfið. Frá 1280 og niður í 1300 metra eru oxuð basaltlög, skorin af þunnum fersklegum innskotslögum. Áfram heldur basaltið, glerrikt og bólstralegt, ásamt túffi og breksíu og ummyndun virðist minnka með dýpi og finnst meðal annars kalsít á stangli frá 1320 til 1340 m. Þegar komið er í um 1350 metra er komið í innskotakafla þar sem skiptast á grófkorna ólivín-þóleítt og svart ferskt fínkorna basalt. Þessi kaflar nær niður undir 1460 metra þar sem inn kemur klár móbergsmýndun en ummyndun er fremur væg í innskotakaflanum og epidót/kvars/pýrít algengast í mismiklu magni. *Borvakt ROS*

**BORVAKT Á REYKJANESI**  
**RN-11 DAGSKÝRSLA #15**

<i>Vorkkauni:</i> Hitaveita Suðurnesja	<i>Verktaki:</i> Jarðboranir hf
<i>Hola:</i> RN-11	<i>Bortæki:</i> Jötunn
<i>Staðarnúme</i> 18911	<i>Jarðfr./mælingam.:</i> SSJo

Holuvídd:	12 1/4"
Síðasta fóðring:	~701 m
Skolvökvi:	Vatn

**35. verkdagur**

<b>Dýpi kl. 24:</b>	<b>1735 m</b>
<b>Dýpi kl. 08:</b>	<b>1800 m</b>
<b>Skoltap:</b>	<b>~ 14 l/s</b>

<b>Borun síðasta sólarhring:</b>	<b>201 m</b>
<b>Bortími:</b>	<b>17,5 klst</b>
<b>Meðalborhraði:</b>	<b>11,5 m/klst</b>

**Borverk**

Áfram heldur holan að opnast og dýpka. Í morgun klukkan 06:00 var mælt tap 14 l/s en þegar fyrirhugað var að taka aðra mælingu um klukkan 10 bilaði rafstöð við dælu á sjóholu sem er við pönnuhús Saltverksmiðjunnar og var hægt á borun á meðan gert var við. Borun var stöðvuð um stund og dælt á holuna 100 slögum á annarri dælu og kom þá ekkert upp. Það samsvarar rúmmum 19 l/s en holan opnast þegar borun er hætt. Dýpkun síðasta sólarhring var um 200 metrar eins og hefur verið undanfarið og mikið mokast upp af svarfi. Nær eingöngu hefur verið borað í kristölluð basaltlög sem eru líklega að mestu leyti bólstraberg að uppruna þótt talsvert sé af hreinu basalti sem líkjast hraunlögum inn á milli. Staflinn er nokkuð skorinn af innskotum og er það að mestu um að ræða fremur þunna ganga sem troðist hafa inn í bólstrastaflann og eru innskotin ferskleg og fínkristölluð. Epidót er áfram algengasta steindin með pýríti og kvarsí og ber lítið á öðrum steindum eins og granati og amfíbóli sem myndast við um 300°C hita. Kalsít er eiginlega alveg horfið og þau fáu korn sem fundist hafa eru sennilega ættuð ofar úr holunni.

Síðustu hallamælingar:

1600 m	3,2°
1700 m	2,3°
1800 m	3,9°

*Borvakt ROS*

## BORVAKT Á REYKJANESI

### RN-11 DAGSKÝRSLA #16

<i>Vorklauni:</i> Hitaveita Suðurnesja	<i>Verktaki:</i> Jarðboranir hf
<i>Hola:</i> RN-11	<i>Bortæki:</i> Jötunn
<i>Staðarnúmer:</i> 18911	<i>Jarðfr./mælingam.:</i> SSJo/BR

Holuvídd:	12 1/4"
Síðasta fóðring:	~701 m
Skolvökvi:	Vatn

### 36. verkdagur

<b>Dýpi kl. 24:</b>	<b>1905 m</b>
<b>Dýpi kl. 08:</b>	<b>1960 m</b>
<b>Skoltap:</b>	<b>~ 10 l/s</b>

<b>Borun síðasta sólarhring:</b>	<b>170 m</b>
<b>Bortími:</b>	<b>20 klst</b>
<b>Meðalborhraði:</b>	<b>8,5 m/klst</b>

### Borverk

Borun gengur enn mjög vel. Í morgun kl. 08:00 var dýpi 1960 metrar og mældist tap um kl. 06:00 um 10 l/s. Mest mældist þó tapið í gær um 20 l/s eftir stutt borstopp. Ljóst er að holan er að taka við nokkru vatni en meðan á borun stendur þéttist holan. Álag á krónu hefur verið um 15-25.000 pund síðasta sólarhringinn og dælt hefur verið á holuna um 57 l/s. Dæluþrýstingur hefur verið um 1350-1500 psi (93-103 bar). Snúningur krónu með mótör er um 200 sn/mín. Snúningsvægið á borstrengnum hefur verið lágt og er nú aðeins um 220 amper.

Þar sem vel og átakalaust hefur gengið að bora hefur verið ákveðið að halda borun áfram að minnsta kosti næsta sólarhring og taka síðan einn dag í einu og sjá til hvernig holan hagar sér. Enn sem komið er er tapið lítið. Ef litið til holu RN-10 sem er hér í næsta nágrenni þá var hún að taka 15-20 lítra fram undir það síðasta en síðan kom talsvert tap í lokin og var >56 l/s þegar borun var hætt og byrjað að skola holuna. Það er það sem dælur borsins réðu við að dæla.

### Jarðlög og ummyndun

Varðandi jarðlög og ummyndun er það að segja að mest hefur verið borað í kristölluð basaltlög eins og áður hefur verið greint frá og innskot eru töluvert algeng í neðri hluta staflans. Magn ummyndunarsteinda er greinilega minna en í holu RN-10 og jarðlögin innskotalegri og þéttari. Hið mikla magn amfibólís sem greint er frá í holu RN-10 sérstaklega neðan 1800 metra er greinilega ekki til staðar í þessari holu en amfiból hefur þó greinst í neðri hluta þessarar holu auk granats og bendir til hita um eða yfir 300°C. Helst er litið til þess að bergið er innskotalegra og þéttara og amfibólíð kann að vera til staðar sem ummyndun á frumsteindum bergsins og verður þá helst greint í þunnsneið.

### Jarðlagamynd niður að 1440 metrum fylgir.

*Borvakt ROS*

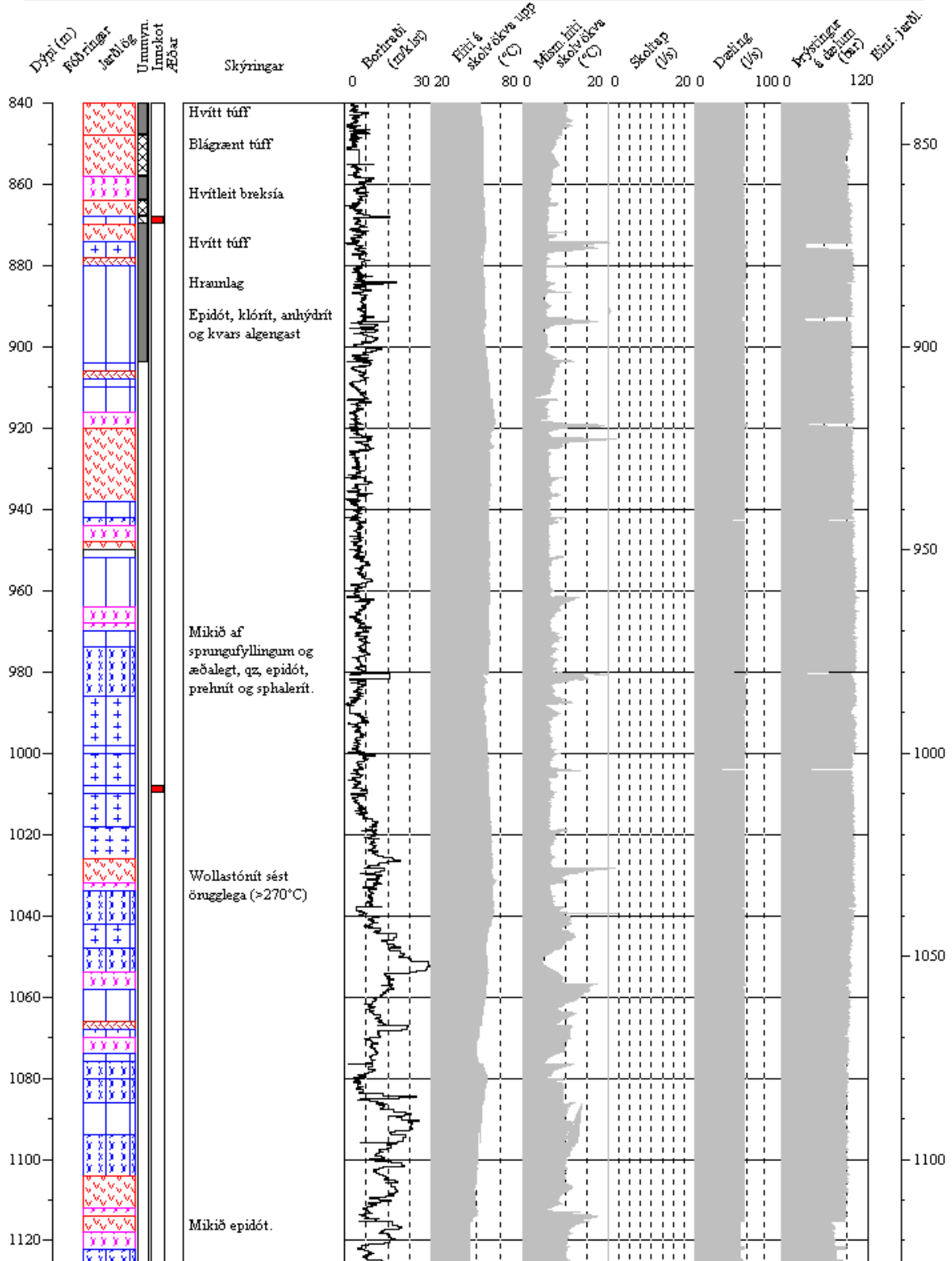


Staður: Reykjanes  
Holunafn: RN-11

Bor: Jötunn  
Dýptarbil: 700-1800 m

Stolvökvi: Leðja/vatn  
Verkhlut: 3. áfangi

Staðarnúmer: 18911  
Starfsmenn: ÁsG/SSJo/BR



Dýpi (m)

Röðringar

Jarðlög

Unnynni  
Innskot  
Æðar

Skýringar

0 Bohrreiði  
(cm/ft)

0 Fjöldi &  
skolvökva upp  
(°C)

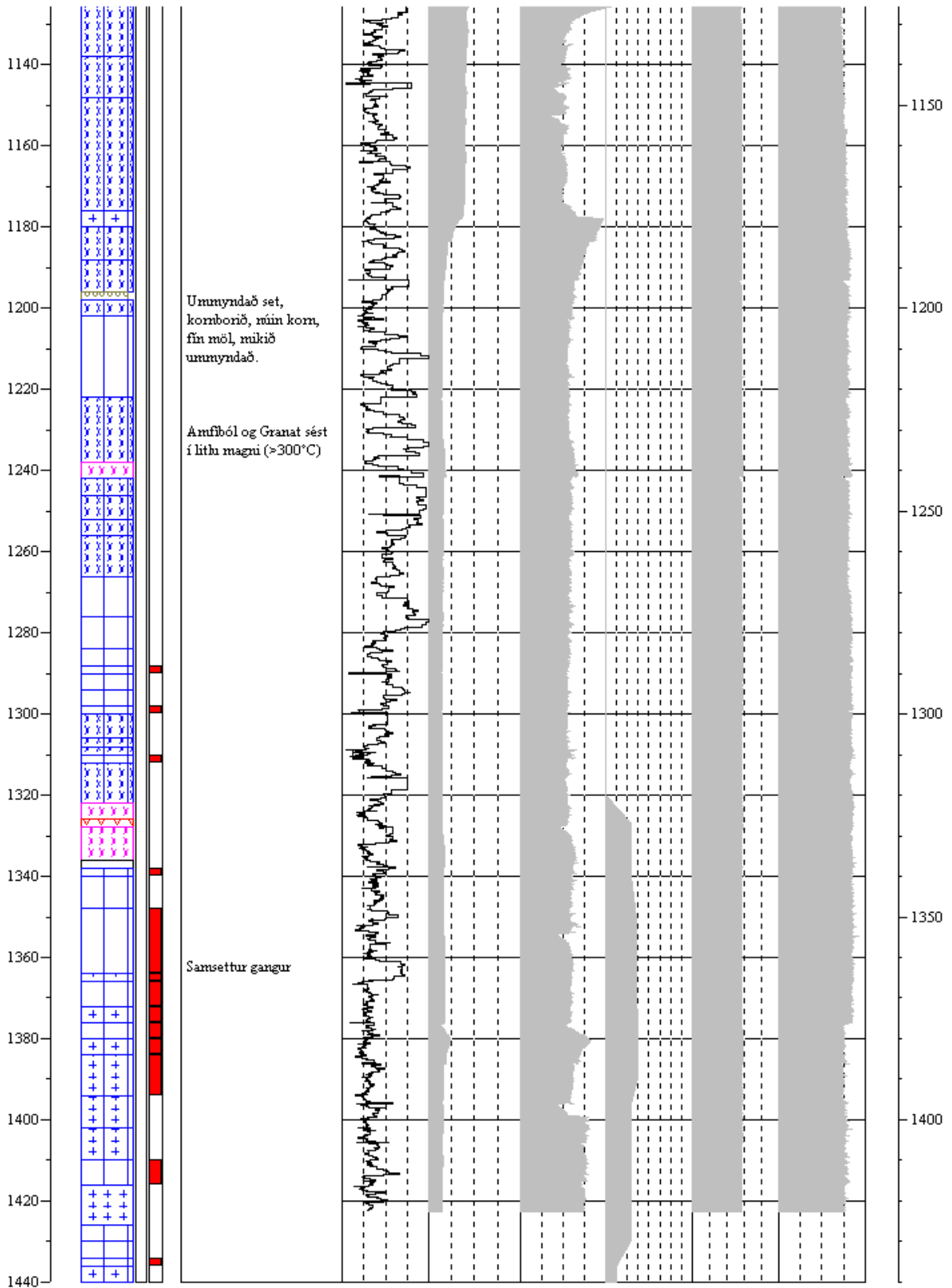
0 Mism. milli  
skolvökva  
(°C)

0 Skotup  
(%)

0 Dæling  
(%)

0 Þryggingar  
& dæling  
(%)

0 Einf. jarðl.



## BORVAKT Á REYKJANESI

### RN-11 DAGSKÝRSLA #17

Vorklaumi:	Hitaveita Suðurnesja	Verktaki:	Jarðboranir hf
Hola:	RN-11	Bortæki:	Jötunn
Staðarnúme	18911	Jarðfr./mælingam.:	SSJo/BR

Holuvídd:	12 1/4"
Síðasta fóðring:	~701 m
Skolvökvi:	Vatn

#### 37. verkdagur

Dýpi kl. 24:	2078 m
Dýpi kl. 08:	2129 m
Skoltap:	~ 17 l/s

Borun síðasta sólarhring:	173 m
Bortími:	20 klst
Meðalborhraði:	8,5 m/klst

#### Borverk

Í gærmorgun var ákveðið að bora a.m.k. einn sólarhring enn til að freysta þess að fá tap í holuna. Nú kl. 09:00 er enn verið að bora og hefur skoltapið aftur aukist örlítið frá því í gær, eða um kl. 06:00 var það um 17 lítrar. Ekki er gott á þessu stigi málsins að segja til um hvort nýjar litlar æðar séu að bætast í hópinn, eða hvort þetta flökt séu sömu æðarnar sem hreynsa sig örlítið öðru hvoru.

Borun hinsvegar gengur mjög vel og nánast átakalaust. Borað er með um 15-20000 punda álagi, dæling er um 57 l/s og dæluþrýstingur um 1450-1500 psi (100-104 bar). Torkið (snúningsvægið) er enn mjög lágt, eða um 200 amp og má það aukast verulega enn án þess að það verði til vandræða.

#### Jarðlög og ummyndun

Neðan 1700 metra hefur nánast eingöngu verið borað í kristallað berg, ýmist hraunlög eða innskot. Stöku glerjað berg og breksía sjást þó. Liggur nærri að áætla að um 60% af jarðlagastaflanum séu innskot. Flest innskotanna eru nokkuð ummynduð, en hraunlagastaflinn á milli er kolummyndaður. Nokkuð hefur borið á amfíbóli, neðan 1860 m, en það virðist aðallega í tengslum við "local" ummyndun nærri göngum. Þessi jarðlög og gangar virðast allþéttir og ekki er mikið af útfellingasteindir á ferðinni, eins og endurspeglast kannski í litlu skoltapi. Helstu steindir sem sjást nú eru kvars, epidót, pýrít og amfíból. Stöku wollastónít sést.

Ekkert kalsít virðist til staðar, nema stöku "flökkukorn" sem líklega kemur ofar úr holunni. Skv. þessu mætti áætla að berghitinn sé (eða hafi einhverntímann farið) um og yfir 300°C.

#### Jarðlagamynd niður að 2000 metrum fylgir.

*Borvakt ROS*

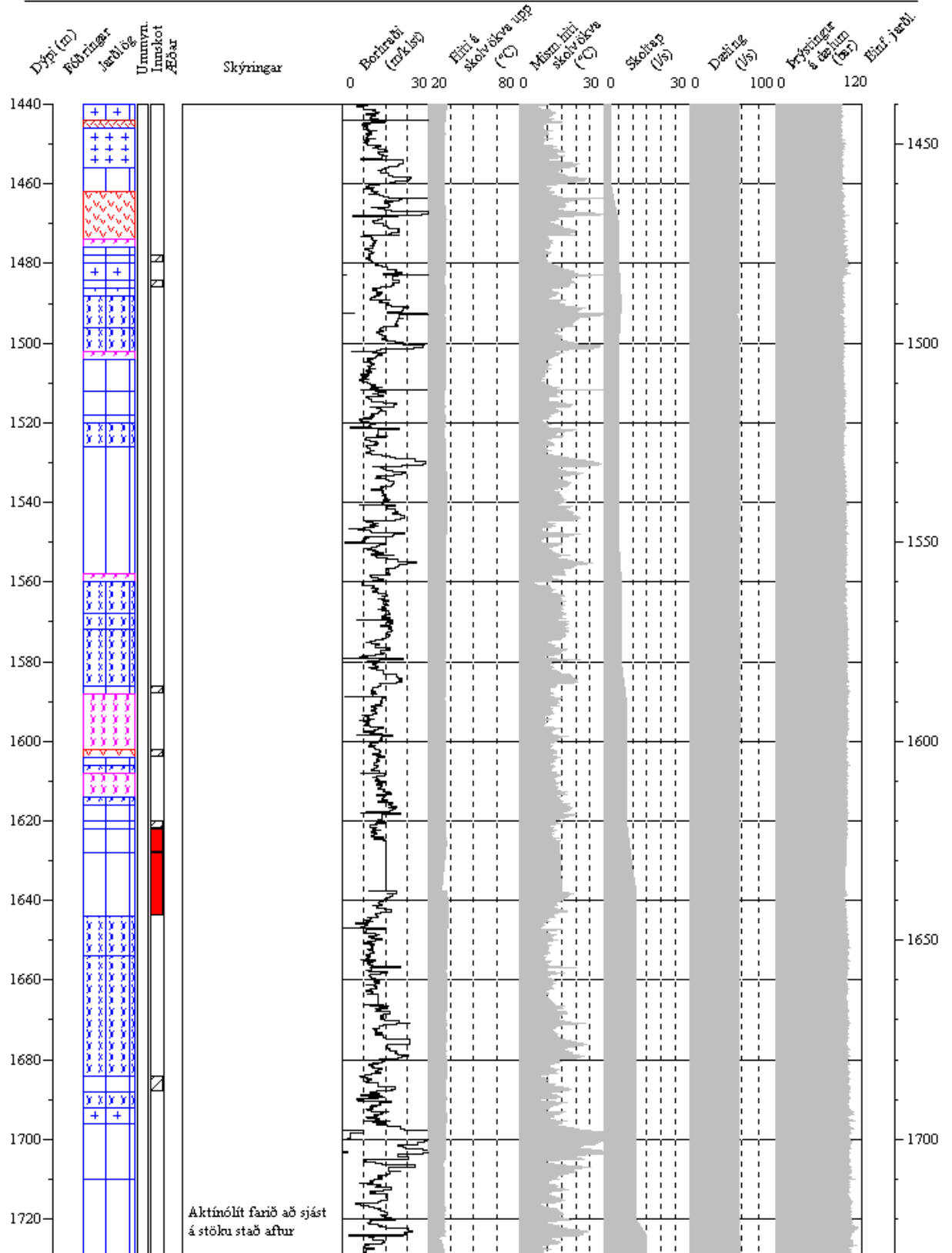


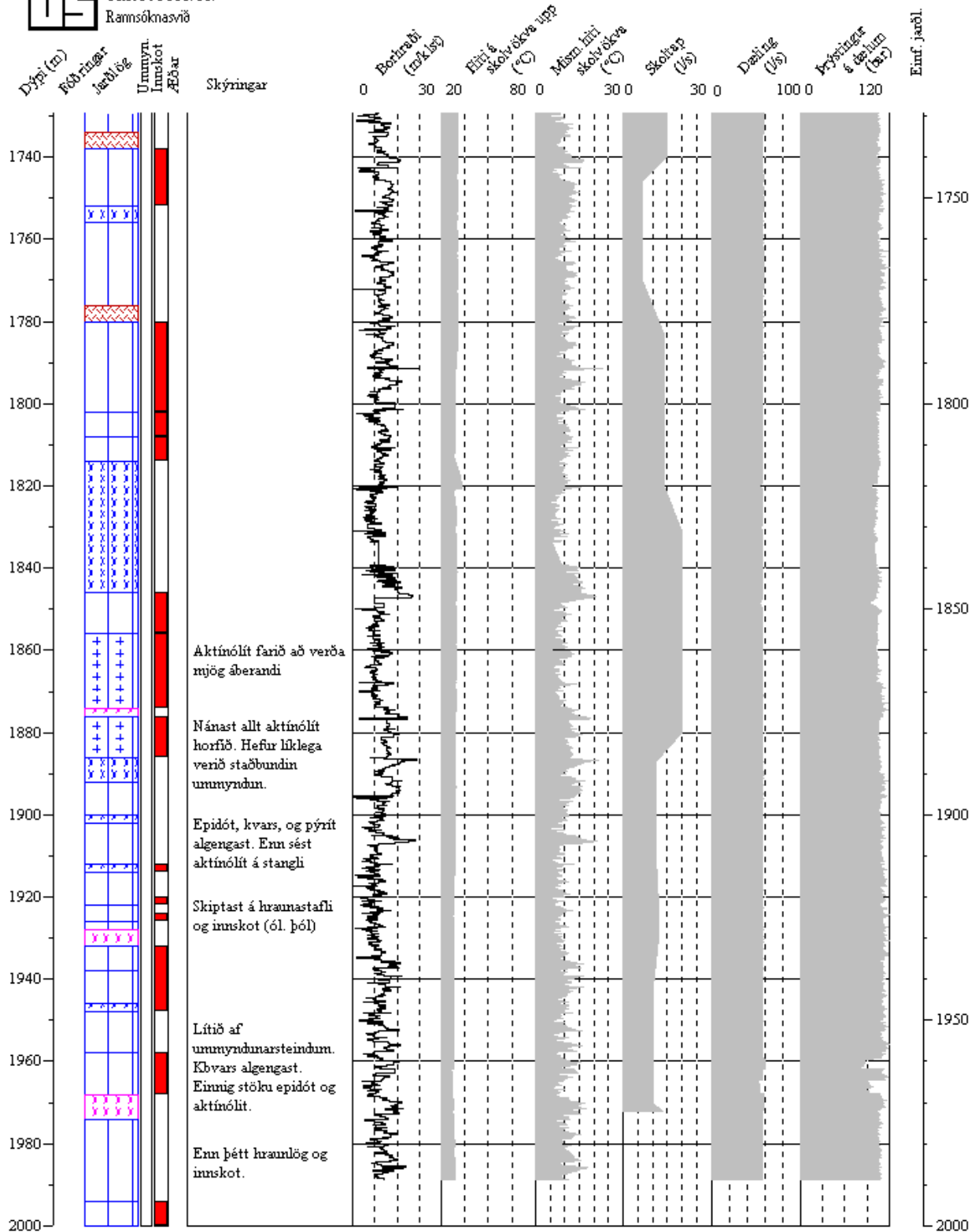
Staður: Reykjanes  
Holunafn: RN-11

Bor: Jötunn  
Dýptarbil: 700-1800 m

Skolvökvi: Leðja/vatn  
Verkhluti: 3. áfangi

Staðarnúmer: 18911  
Starfsmenn: ÁsG/SSJ o/BR







## BORVAKT Á REYKJANESI

### RN-11 DAGSKÝRSLA #18

<i>Vorklaumi:</i> Hitaveita Suðurnesja	<i>Verktaki:</i> Jarðboranir hf
<i>Hola:</i> RN-11	<i>Bortæki:</i> Jötunn
<i>Staðarnúme</i> 18911	<i>Jarðfr./mælingam.:</i> SSJo/BR

Holuvídd:	12 1/4"
Síðasta fóðring:	~701 m
Skolvökvi:	Vatn

#### 38. verkdagur

<b>Dýpi kl. 24:</b>	<b>2223 m</b>
<b>Dýpi kl. 08:</b>	<b>2248 m</b>
<b>Skoltap:</b>	<b>&gt; 57 l/s</b>

<b>Borun síðasta sólarhring:</b>	<b>145 m</b>
<b>Bortími:</b>	<b>19,5 klst</b>
<b>Meðalborhraði:</b>	<b>7,4 m/klst</b>

#### Borverk

Haldið var áfram að bora í gær og gekk vel. Tekin var ákvörðun um að bora í 2250 m og sjá hvað gerðist. Eftir það væri hægt að fara í örvunaraðgerðir ef með þyrfti. Borað var með 5000-15000 punda álagi, snúningsvægi var aðeins um 200 amp. Dælt var á holuna um 57 l/s og dæluþrýstingur um 15-1600 psi (103 – 110 bar). Þau ánægjulegu tíðindi gerðust svo seinnipartinn í gær að skoltap fór að aukast, og um kvöldmatarleitið (2196 m dýpi) varð algert skoltap. Við þetta lækkaði dæluþrýstingur um 15-20 bar en það bendir til að vatnsborð í holunni hafi fallið um 150-200 m. Haldið var áfram að bora en varlega farið og með minna álagi til að forðast festu. Um kl. 05:00 í nótt var dýpi holunnar 2248 m og var ákveðið að hætta borun, enda markmiðinu náð. Skolað var í nokkra stund og síðan átti að taka upp streng. Bar þá við að ekki tókst að lyfta nema 8 metra og varð þá vart við fyrirstöðu. Reynt var að skaka strengnum fram og aftur en ekkert gekk. Reynt var einnig að nota jarinn en allt kom fyrir ekki. Ekki er hægt að snúa streng. Ekki er ljóst hvað hefur gerst og ekki vitað eins og er hvort um sé að ræða svarf sem hefur pakkast að strengnum eða hvort um hrún sé að ræða, hugsanlega úr lina kaflanum þar sem skoltapið fékst. Staðan nú er sú að skolað verður fram að hádegi og þá reynt aftur að losa.

#### Jarðlög og ummyndun

Áfram var borað aðallega í innskot og mikið ummynduð hraunlög. Ekki er en ljóst hvað það var sem borað var í er skoltapið fékkst, en það var áberandi linara en það sem undanfarið hefur verið borað í. Líklega er um mikið ummyndað túff eða breksíu að ræða. Í 2220 var aftur komið í mun harðara berg, líklega enn eitt innskotið. Þessi harka jarðlaganna hélst niður í 2248 metra. Neðan 2000 metra virðist sem amfíból verði algengara, en aðallega sem ummyndun á “prím-erum” steindum bergsins.

*Borvakt ROS*

## BORVAKT Á REYKJANESI

### RN-11 DAGSKÝRSLA #19

<i>Vorkkauni:</i> Hitaveita Suðurnesja	<i>Verktaki:</i> Jarðboranir hf
<i>Hola:</i> RN-11	<i>Bortæki:</i> Jötunn
<i>Staðarnúme</i> 18911	<i>Jarðfr./mælinga</i> SSJo/BR

Holuvídd:	12 1/4"
Síðasta fóðring:	~701 m
Skolvökvi:	Vatn

#### 39. verkdagur

<b>Dýpi kl. 24:</b>	<b>2248 m</b>
<b>Dýpi kl. 08:</b>	<b>2248 m</b>
<b>Skoltap:</b>	<b>&gt; 57 l/s</b>

<b>Borun síðasta sólarhring:</b>	<b>25 m</b>
<b>Bortími:</b>	<b>5 klst</b>
<b>Meðalborhraði:</b>	<b>5 m/klst</b>

#### Borverk

Borað var fram til kl. 05:00 aðfararnótt sunnudags. Gekk það vel. Borað var niður á 2248. Staldrað var í nokkrar mínútur eftir að stöngin var komin niður og skolað. Síðan var híft en stoppaði þá strengur 8 metrum yfir botni. Var þá togað og snúið, en allt kom fyrir ekki. Situr krónan nú í 5,25 metrum frá botni. Ekki er hægt að snúa né hífa. Ekki virtist vera um neinn fyrirboða að ræða fyrir festu, s.s. mikil aukning í torki, aukning í dæluþrýstingi o.s.frv. Við skoltapið sjálft hafði dæluþrýstingur lækkað úr um 120 bar í 100 bar, sem bendir til að vatnsborð í holunni hafi lækkað um allt að 200 metra.

Allur dagurinn í gær fór í tilraunir við að losa strenginn með jar. Blandaður var sódi og sendur niður ef festan væri vegna leirs í holunni. Það breytti engu. Blandaðar voru polymer pillur (sleypiefni) og sendar niður en ekkert gekk að losa. Nú er aftur verið að reyna með polymer og er vonandi að betur gangi nú. Eftir allt skakið og dælinguna í gær og nótt hefur dæluþrýstingur lækkað enn og er nú um 85-90 bar, sem bendir til að holan hafi opnað sig enn frekar.

Ekki er enn ljóst hvort öll ádæling gegnum streng fari upp með honum og út í æðina við 2196 m, eða hvort opnast hafi ný æð nærri botni sem taki við öllu. Skolþrýstingur virtist ekkert breytast við festuna, þannig að ekki er hægt að meta það út frá því. Dælt er því ofan á holuna nú með um 15 l/s. Ef vatnið kemst ekki upp fyrir festu má reikna með að um sé að ræða að svarfið hafi pakkast að strengnum eða leir og/eða fínn mulningur hafi hrunið/sigið að streng. Ef holan er hinsvegar í góðum tengslum við vatnsúluna ofan við streng má búast við að stærri steinar, eða hnullungar hafi dottið á strenginn og splittað hann út í holuvegg.

Haldið verður áfram að reyna að losa með jar og polymerpillum.

### **Jarðlög og ummyndun**

Svarfheimta fór að verða stopul vegna þess hve fínt það varð ofan við 2170 m þar sem aukning í skoltapi fór að sjást. Svarf náðist þó niður í 2190 m. Þetta svarf benti ekki til neinna breytinga í jarðlögum og var enn borað nánast eingöngu í hraunlög og innskot. Svólítil breyting varð þó hvað varðar ummyndunarsögu. Neðan u.þ.b. 2130 metra fór að bera meir á útfellingum og þá aðallega epidóti og kvarsí. Einni sést nokkuð af amfíbóli. Vottur af granati sást neðan við 2180 m og með vissu í 2190m. Þetta benti til að verið væri að koma í lekakafla, enda jókst skoltap á þessum kafla þar til það varð algert í 2196 m.

Skv. borskráningunni og borara, varð mjög lint undir krónu um það leiti sem algert skoltap varð. Er því líklegt að að komið hafi verið niður í mikið ummyndað túff og/eða breksíu, sem líklega nær niður undir 2220 m. Þar fyrir neðan harðnaði verulega aftur undir tönn, líklega vegna innskots og/eða hraunlaga. Sá kaflí virðist ná niður í botn holunnar.

**Meðfylgjandi er jarðlagagreining neðan 2000 m.**

**Borvakt ROS**



ORKUSTOFNUN  
Rannsóknasvið

**Borgögn RN-11 Reykjanes**

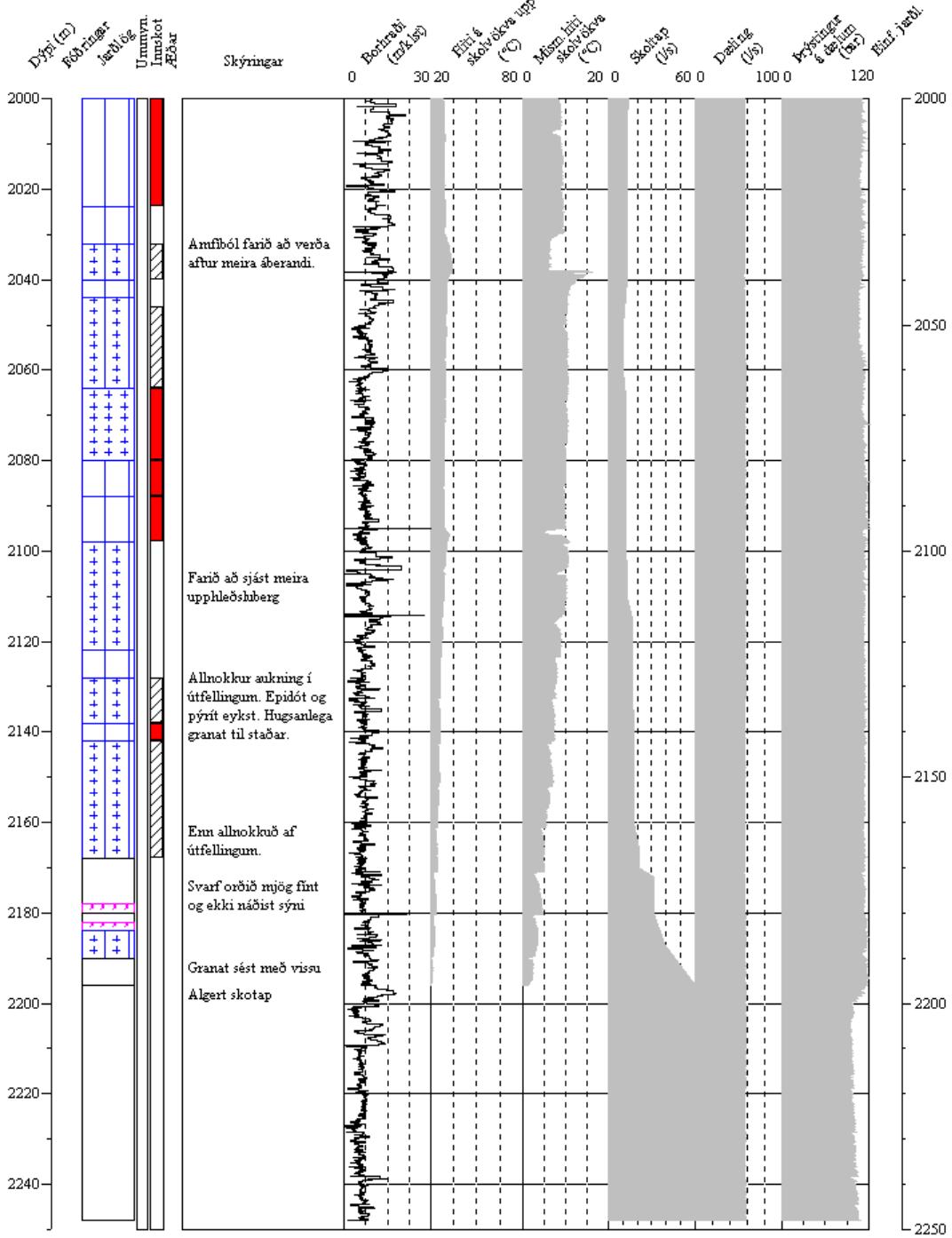
29.04.2002

Staður: Reykjanes  
Holunafn: RN-11

Bor: Jötunn  
Dýptarbil: 2000-2250 m

Skolvökvi: Leðja/vatn  
Verklutfi: 3. áfangi

Staðarnúmer: 18911  
Starfsmenn: SSJó/BR



## BORVAKT Á REYKJANESI

### RN-11 DAGSKÝRSLA #20

<i>Vorklaumi:</i> Hitaveita Suðurnesja	<i>Verktaki:</i> Jarðboranir hf
<i>Hola:</i> RN-11	<i>Bortæki:</i> Jötunn
<i>Staðarnúme</i> 18911	<i>Jarðfr./mælinga</i> BR/ArH/PED

Holuvídd:	12 1/4"
Síðasta fóðring:	~701 m
Skolvökvi:	Vatn

#### 40. verkdagur

<b>Dýpi kl. 24:</b>	<b>2248 m</b>
<b>Dýpi kl. 08:</b>	<b>2248 m</b>
<b>Skoltap:</b>	<b>&gt; 57 l/s</b>

<b>Borun síðasta sólarhring:</b>	<b>0 m</b>
<b>Bortími:</b>	<b>0 klst</b>
<b>Meðalborhraði:</b>	<b>0 m/klst</b>

#### Borverk

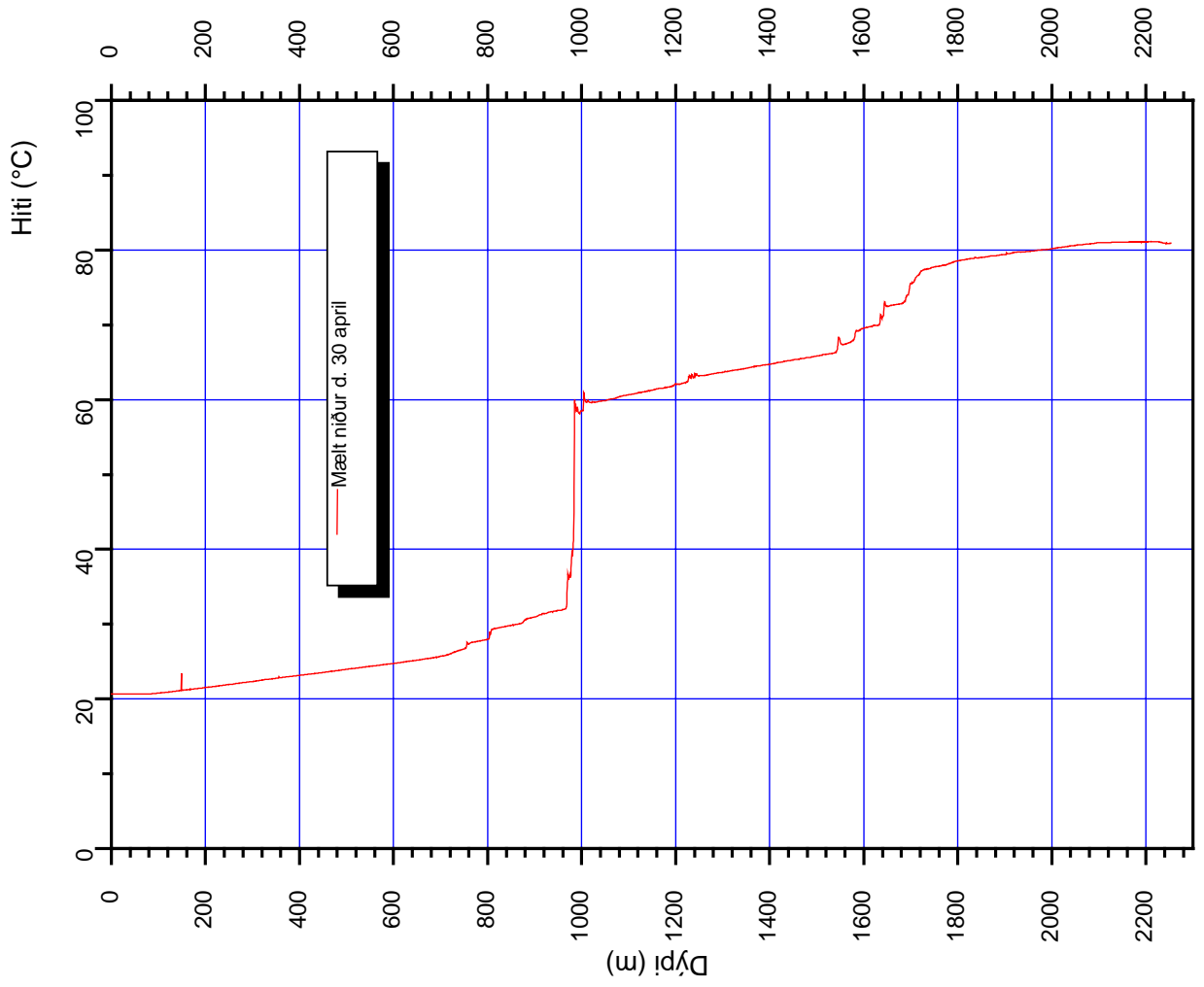
Í gærmorgun hafði verið lamið með jar og togað stanslaust meira og minna í heilan sólarhring án þess að strengurinn haggðist. Voru menn því orðnir fremur svartsýnir um miðjan dag í gær.

Þá var mikið fundað um hvernig best væri að bregðast við þessari festu. Voru menn almennt á því að losa strenginn í sundur rétt ofan við mótör, enda væri festan líklega þar. Var reiknað með að undirbúningur tæki allt að sólarhring og var ákveðið að halda áfram að toga og lemja þar til menn væru tilbúnir til að sprengja.

Og viti menn. Um kl. 14:00 fór strengurinn að losna og eftir að búið var að draga upp 5 stangir var hann alveg laus. Upp kom öll lengjan og mótörinn, ásamt dempara og krónu voru í fínu lagi. Því verður að segjast að fór mun betur en stefndi í.

Mælingamenn eru mættir á svæðið og hafa lokið hitamælingu. Dagurinn í dag fer þó að mestu í jarðlagamælingar. Um þær verður rætt í næstu dagskýrslu, sem líklega kemur út á morgun eða föstudag.

Hitamæling var framkvæmd milli kl. 7 og 8:30. Dæling á holuna var um 30 l/s. Svo virðst sem millirennslí sé í holunni. Heitara vatn kemur inn í holuna frá æð á um 985 m. Á 1600-1700 m dýpi eru litlir æðakaflar sem bætist við innrennslíð. Hitamælt var í botn á 2248 og fór hitinn rétt yfir 80 °C. Æðin á 2196 m kemur ekki fram. Það að hitinn skuli lítið breytast við botn bendir til þess að allt vatnið fari út úr holunni alveg í botni hennar. Meðfylgjandi er hitamælingin.



*Borvakt*