



**ORKUSTOFNUN**

**RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri**

## **Hellisheiði, hola HE-4**

**2. áfangi: Borun fyrir 9<sup>5</sup>/<sub>8</sub>" vinnslufóðringu  
frá 305 m í 789 m dýpi**



**Ásgrímur Guðmundsson, Bjarni Gautason,  
Bjarni Guðmundsson, Bjarni Richter,  
Guðlaugur Hermannsson, Hjalti Franzson,  
Ómar Sigurðsson, Peter E. Danielsen,  
Sigvaldi Thordarson**

**Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur**

**2001**

**OS-2001/065**



**Ásgrímur Guðmundsson**  
**Bjarni Gautason**  
**Bjarni Guðmundsson**  
**Bjarni Richter**  
**Guðlaugur Hermannsson**  
**Hjalti Franzson**  
**Ómar Sigurðsson**  
**Peter Eric Danielsen**  
**Sigvaldi Thordarson**

## **HELLISHEIÐI, HOLA HE-4**

**2. áfangi: Borun fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu  
frá 305 m í 789 m dýpi**

**Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur**

**OS-2001/065**

**Nóvember 2001**

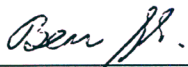
ORKUSTOFNUN - RANNSÓKNASVIÐ

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

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

Sími 463 0957 – Fax 463 0999

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

<b>Skýrsla nr.:</b> OS-2001/065	<b>Dags.:</b> Nónember 2001	<b>Dreifing:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
<b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b> HELLISHEIÐI, HOLA HE-4 2. áfangi: Borun fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu frá 305 m í 789 m dýpi	<b>Upplag:</b> 45	<b>Fjöldi síðna:</b>
	<b>Höfundar:</b> Ásgrímur Guðmundsson, Bjarni Gautason, Bjarni Guðmundsson, Bjarni Richter, Guðlaugur Hermannsson, Hjalti Franzson, Ómar Sigurðsson, Peter Eric Danielsen, Sigvaldi Thordarson	
<b>Gerð skýrslu / Verkstig:</b> Rannsókn háhitasvæðis, 2. áfangi borverks	<b>Verkefnisstjóri:</b> Benedikt Steingrímsson	
<b>Unnið fyrir:</b> Orkuveitu Reykjavíkur		<b>Verknúmer:</b> 8-630024
<b>Samvinnuaðilar:</b>		
<b>Útdráttur:</b> Lýst er borun annars áfanga rannsóknarholu HE-4 á Hellisheiði og þeim gögnum sem safnað var í þessum áfanga. Verkið er unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. Holan sem var boruð með Jötni er í dalverpi austan undir Reykjafelli. Í þessum áfanga var borað með 12 1/4" krónu fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu niður í 789 m dýpi. Holan var samkvæmt áætlun sveigð u.þ.b. 208° til suðvesturs með um 35° halla. Borun áfangans hófst 8. september á 19. verkdegi og lauk 25. sept. á 36. verkdegi. Safnað var sýnum af borsvarfi samkvæmt venju og jarðlög og ummyndun greind eftir þeim samhliða borun. Hefðbundnar borholumælingar voru gerðar, s.s. á upphitun, holuvídd, jarðlögum, steypugæðum, halla og stefnu. Ummyndað túff og basaltbreksía eru ráðandi berggerðir. Borað var með leðju, en í 497 m dýpi opnaðist æð inn í holuna eftir skolun og vísbending er um æð í 570-580 m. Epidót á 780 m dýpi gefur til kynna 250°C hita. Borverkið er unnið af Jarðborunum hf. en rannsóknarhlutann annast Rannsóknasvið Orkustofnunar.		
<b>Lykilorð:</b> Háhitasvæði, borhola, skáborun, jarðlög, ummyndun, vatnsæðar, borholumælingar, Hellisheiði	<b>ISBN-númer:</b>	
	<b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b> 	
	<b>Yfirfarið af:</b> BS, ÁsG, PI	



## EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR .....	4
2. BORSAGA .....	7
3. JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR.....	22
3.1. Jarðlög og ummyndun .....	22
3.2. Vatnsæðar og hiti .....	23
4. BORHOLUMÆLINGAR.....	26
5. HEIMILDIR.....	32
6. VIÐAUKAR .....	33
Viðauki 1: Dagskýrslur úr öðrum áfanga borunar holu HE-3. ....	34
Viðauki 2: Uppbygging borstrengs.....	53
Viðauki 3: Aflestur mælinga (surveys) úr MWD tæki. ....	57

## TÖFLUR

Tafla 1. Gangur borunar með 12 ¼" krónu fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu. ....	12
Tafla 2. Gýróhallamælingar með SRO í 2. áfanga. ....	13
Tafla 3. Fóðrun með 9 5/8" fóðringu og steyping (fóðrunarskýrsla JB). ....	18
Tafla 4. G-2 halla- og stefnumælingar innan fóðringar. ....	20
Tafla 5. Yfirlit um borholumælingar. ....	27

## MYNDIR

Mynd 1. Staðsetning holna HE-3 og HE-4 á Hellisheiði. ....	5
Mynd 2. Hönnunarteikning af holum HE-3 og HE-4. ....	6
Mynd 3. Framvinda borverks. ....	7
Mynd 4. Hóla fer í gos 11. september. ....	8
Mynd 5. Breyting í þrýstingi á holutopp sem fall af tíma þann 11. september. ....	9
Mynd 6. Hitamælingar 12. og 13. september. ....	9
Mynd 7. Hitamælingar úr MWD-tæki bornar saman við hita á skolvökva niður holu. ....	10
Mynd 8. Hitamælingar eftir 2. steypingu. ....	11
Mynd 9. Hitamælt eftir upptekt borstrengs. ....	14
Mynd 10. Yfirlit yfir steypingu vinnslufóðringar. ....	16
Mynd 11. Uppbygging halla HE-4 innan vinnslufóðringar. ....	17

Mynd 12. <i>Stefna holu HE-4 innan vinnslufóðringar.</i> .....	17
Mynd 13. <i>Jarðlög, borhraði og mælingar á skoli í borun.</i> .....	24
Mynd 14. <i>Jarðlög og jarðlagamælingar.</i> .....	25
Mynd 15. <i>Jarðlagamælingar (viðnám er sýnt með línulegum skala).</i> .....	28
Mynd 16. <i>Hitamælingar í tengslum við CBL-mælingar.</i> .....	30
Mynd 17. <i>CBL-mælingar eftir steypingu vinnslufóðringar.</i> .....	31

## 1. INNGANGUR

Borhola HE-4 er önnur tveggja rannsóknarholna sem Orkuveita Reykjavíkur lét bora sunnan Stóra-Skarðsmýrarfjalls á Hellisheiði sumarið og haustið 2001. HE-4 er staðsett austan undir Stóra-Reykjafelli (mynd 1), en sú fyrri, sem nefnist HE-3, er við rætur Stóra-Skarðsmýrarfjalls (einnig sýnd á mynd 1). Þessar boranir eru þáttur í rannsóknum Orkuveitunnar á jarðhitasvæðinu sem kennt er við Hengil. Megintilgangur verksins var að afla upplýsinga um skipan jarðlaga og eðliseiginleika þeirra ásamt upplýsingum um vinnslueiginleika jarðhitavökva á svæðinu. Hnit HE-4 eru:

X=383491,82

Y=393716,71

Z=404 m y.s.

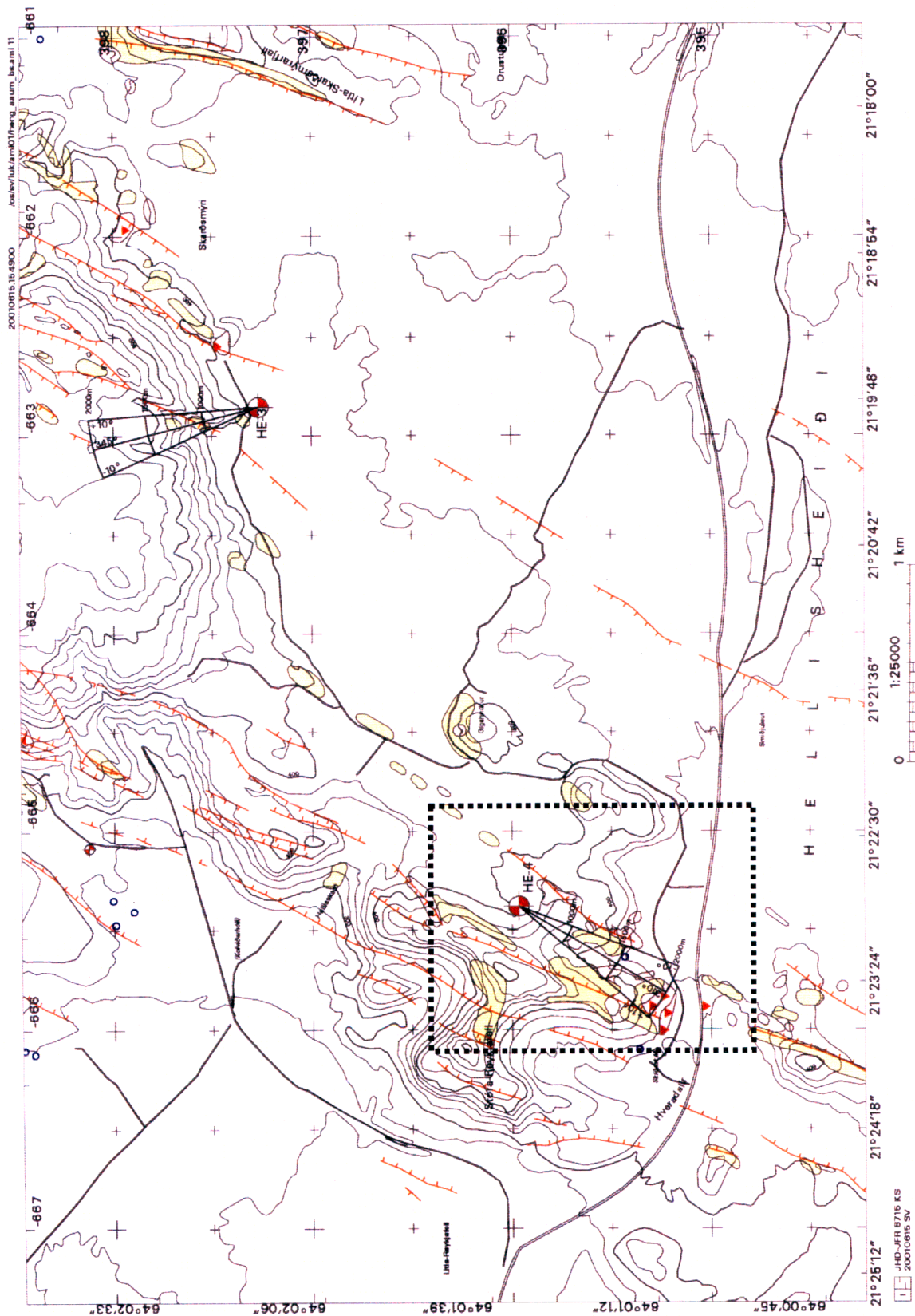
Staðarnúmer holunnar í gagnagrunni Orkustofnunar er 95104. Hönnun hennar er í aðalatriðum sú sama og holu HE-3 (mynd 2). Borstaðurinn er í litlum dal undir austanverðu Reykjafelli um 1 km norðaustur af Skíðaskálanum í Hveradölum. Holunni var ætlað að afla upplýsinga um jarðhitann undir Stóra-Reykjafelli og í Hveradölum. Boráætlun gerði ráð fyrir skáborun holunnar til suðvesturs neðan við öryggisfóðringu á 300 m dýpi.

Jarðboranir hf hófu borverk við holu HE-4 í júlí 2001, en jarðborinn Azi forboraði holuna í 71,6 m dýpi (m.v. jörð) og steypiti 18 <sup>5</sup>/<sub>8</sub>” yfirborðsfóðringu niður á 69,2 m dýpi. Jarðborinn Jötunn var síðan fluttur á borstað 21. ágúst og lauk uppsetningu borsins 31. júlí. Borverki Jötuns við holu HE-4 var skipt í þrjá áfanga. Í fyrsta áfanga var borað í 305 m dýpi og sett niður 13 <sup>3</sup>/<sub>8</sub>” öryggisfóðring og steypit. Um þann boráfanga og rannsóknir í tengslum við borunina hefur þegar verið fjallað í áfangaskýrslu (Sigurður Sveinn Jónsson o.fl., 2001).

Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir borun 2. áfanga HE-4. Áætlun gerði ráð fyrir borun með 12 <sup>1</sup>/<sub>4</sub>” borkrónu frá enda öryggisfóðringar niður í um 800 m dýpi og steypingu 9 <sup>5</sup>/<sub>8</sub>” vinnslufóðringar. Gert var ráð fyrir að beita skáborun frá upphafi áfangans og byggja upp 35° halla áður en komið væri í fóðringardýpi. Stefna holunnar var ákveðin í suðvestur (208° +/-7°). Gerð er grein fyrir gangi borverksins og niðurstöðum gýróhallamælinga. Síðan er gefið yfirlit yfir jarðfræði, ummyndun og vatnsæðar svæðisins er holan liggur um. Að lokum er fjallað um borholumælingar sem gerðar voru í áfanganum. Í viðaukum er sýnd uppbygging borstrengs, MWD-mælingar og afrit af þeim dagskýrslum, sem sendar voru út meðan á áfanganum stóð.

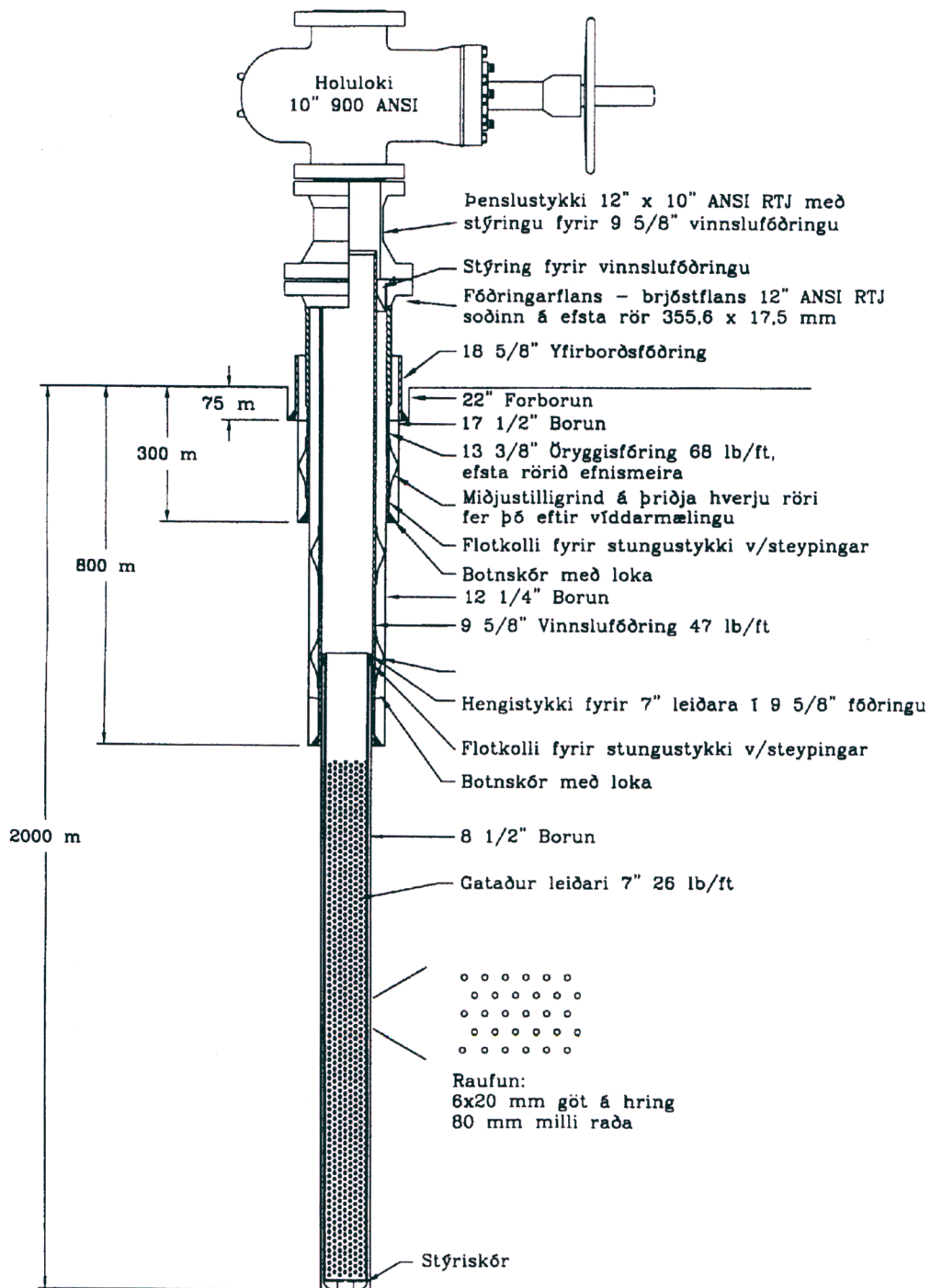
Allar dýptartölur í skýrslunni eru miðaðar við drifborð Jötuns, nema annað sé sérstaklega tekið fram. Fjarlægð frá kjallarabrún að efri brún drifborðs er 6,86 m.


Borverkið við holu HE-4 var unnið af Jarðborunum hf. samkvæmt verksamningi við Orkuveitu Reykjavíkur, en rannsóknarþátturinn var unninn af Rannsóknasviði Orkustofnunar samkvæmt samningi við Orkuveitu Reykjavíkur frá 24. júlí 2001. Forsendum fyrir staðsetningu og hönnun holunnar er lýst í greinargerð Orkustofnunar frá 15. júní 2001 (Benedikt Steingrímsson o.fl., 2001).



Mynd 1. Staðsetning holna HE-3 og HE-4 á HELLISHEIÐI.





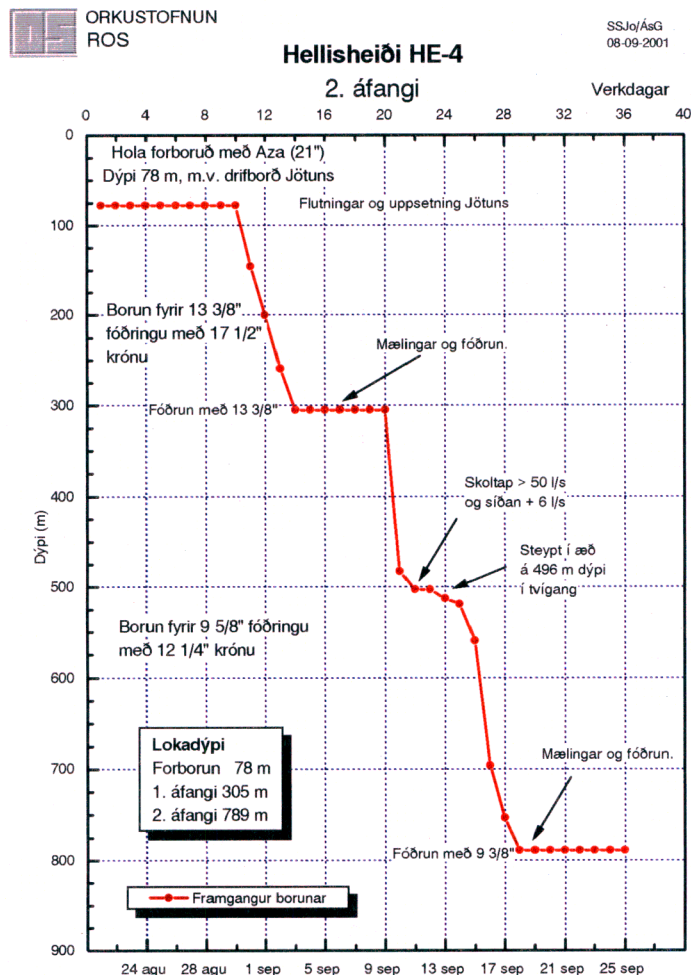
	<b>ORKUSTOFNUN</b> Grensásvegi 9 IS-108 Reykjavík Sími 5896000		Orkuveita Reykjavíkur Rannsóknarholur á Hellisheið HE-3 og HE-4	
	Mkv:	Hannað: SP/SOK/IRC	Daga: 15.08.2001	Teikning nr: OVR_HE-3_og_HE-4_2.dwg

Mynd 2. Hönnunarteikning af holum HE-3 og HE-4.

## 2. BORSAGA

Vinna við annan áfanga holu HE-4 hófst 8. september á 19. verkdegi en suða og frágangur flansins markar upphaf áfangans. Helstu atriði varðandi borun 2. áfanga eru sýnd á mynd 3. Í töflu 1 er yfirlit um borunina, bortíma og meðalborhraða fyrir hvern verkdag sem borað var. Yfirlit um gýrómælingar er birt í töflum 2 og 4 en fylgst var með halla og stefnu holunnar með tvennu móti, þ.e. með segulhallamæli í mælikolla (MWD) tæpum 20 metrum ofan við krónu og síðan með sambyggðum gýró- og hallamæli (SRO) sem slakað var niður í holuna inni í borstöngum. Aflestur úr MWD-mælikolla er í viðauka 3.

Unnið var að uppsetningu örrygisloka fram undir morgun þann 9. september. Vandkvæði með vatnsöflun komu upp eftir að byrjað var að setja niður borstreng og tafði það framgang verksins fram eftir degi. Byrjað var að bora steypu um kl. 21 í 279 m, síðan stungustykki og skó. Komið var í berg rétt fyrir miðnætti.



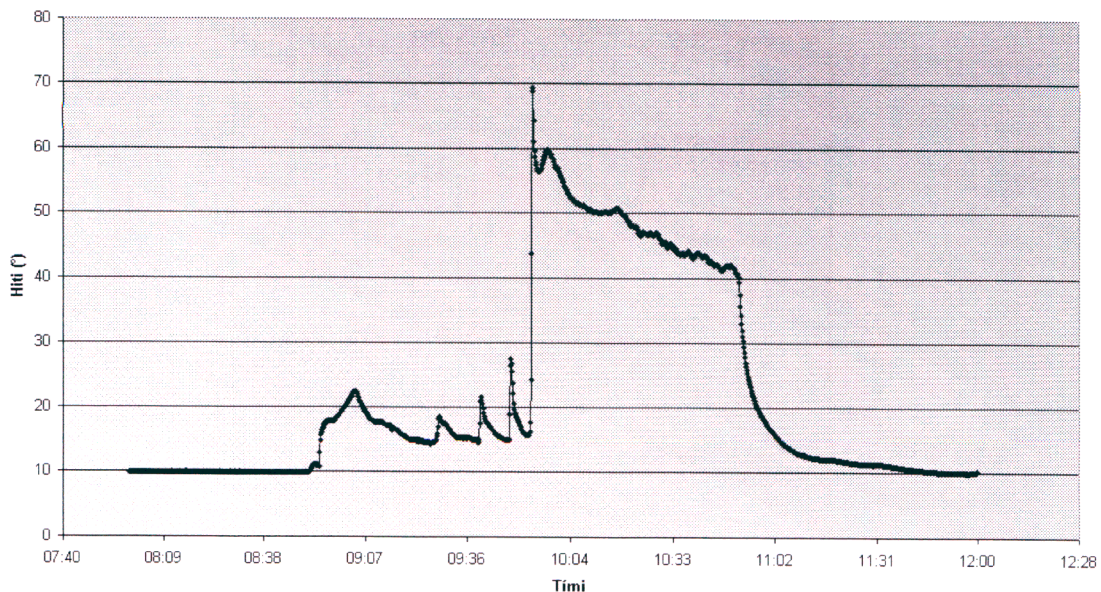
Mynd 3. Framvinda borverks.

Borað var með hjálp MWD meðan verið var að beygja og byggja upp halla. Boruðust stangirnar hratt í fremur mjúkum jarðlögum (mynd 3). Gýrómæling var gerð (SRO) upp úr miðnætti, sem sýndi að stefna byggðist upp samkvæmt áætlun (tafla 2).

Upp úr klukkan eitt aðfaranótt 11. september varð algjört skoltap (>50 l/s) á 496 metra dýpi. Stöngin var boruð niður og vonast til að holan þéttist við það. Blönduð var leðja úr 110 pokum til viðbótar auk þess sem bætt var í 19 pokum af míkaflogum. En allt kom fyrir ekki. Því var ákveðið að taka krónu upp í fóðringu og kæla holuna í gegnum strenginn með vatni þar til meira gel (bentónít) kæmi úr bænum og hægt væri að taka ákvörðun um framhaldið. Brotnar voru út 4 stangir og teknir upp 6 standar, eða um 220 metrar. Bar þá við að holan hætti að leka um kl. 4:30 og mældist nánast ekkert skoltap, eða innan við 1,5 l/s. Ekki var alveg ljóst hvað olli þessari breytingu.

En Adam var ekki lengi í Paradís. Eftir vaktaskipti að morgni 11. september var byrjað að setja niður til áframhaldandi borunar. Skömmu fyrir kl. 10 þegar fjórir standar höfðu verið settir niður og krónan komin í 393 m dýpi, rauk holan í gos. Upp kom borleðja, en eins og áður hefur komið fram bá var búíð að dæla allri leðju úr holunni ofan 220 m. Bormenn voru fljótir til og lokuðu að með gosvara á sömu mínútu og fór að renna. Einn þáttur í gagnasöfnunarkerfi Jötuns er skráning á hita frárennslis. Leðjuhitinn lýsir vel aðdraganda og gangi leðjugossins. Þar sést vel að um klukkustund leið frá fyrstu hitasveiflu þar til holan fór í gos (mynd 4). Hiti leðjunnar var kominn í upp 70°C þegar lokað var að og stóð gosið þá nokkra metra upp úr svarfkassanum við enda frárennslis. Dælt var á holu allt upp í 40 l/s fram eftir degi á meðan næstu skref voru undirbúin.

HE-4 - Leðjugos 11. september

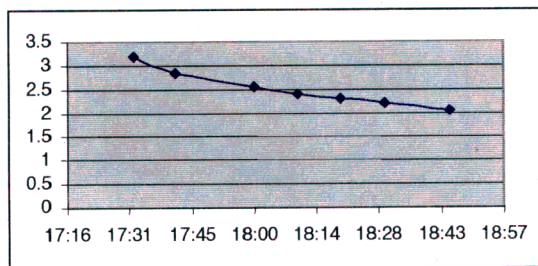


Mynd 4. Hóla fer í gos 11. september.

Um kl. 17 var dæling stöðvuð en ljóst var að yfirþrýsingur væri á holunni. Af gögnunum (mynd 5) mátti ráða að yfirþrýsingur var um eða yfir 1 bar við holutopp, en nokkuð vantar á að holutoppsþrýsingur sé kominn í jafnvægi á myndinni. Fyrst var mældur þrýsingur á bordælum en kvörðun á þeim mæli var ekki alveg nægilega trúverðug. Því var settur mælir á kæfingastút og fylgst með þrýstibreytingum í eina og hálfu klukkustund eftir að dæling hafði verið tekin af. Í ljósi þessa var ákveðið að blanda leðju sem svarar til um 100 holumetra að rúmmáli og dæla niður um kæfingarstút. Strax á eftir var dælt blöndu af þungri leðju (blandaðri baríti) með eðlisþyngd 1,2-1,3 g/cm<sup>3</sup>

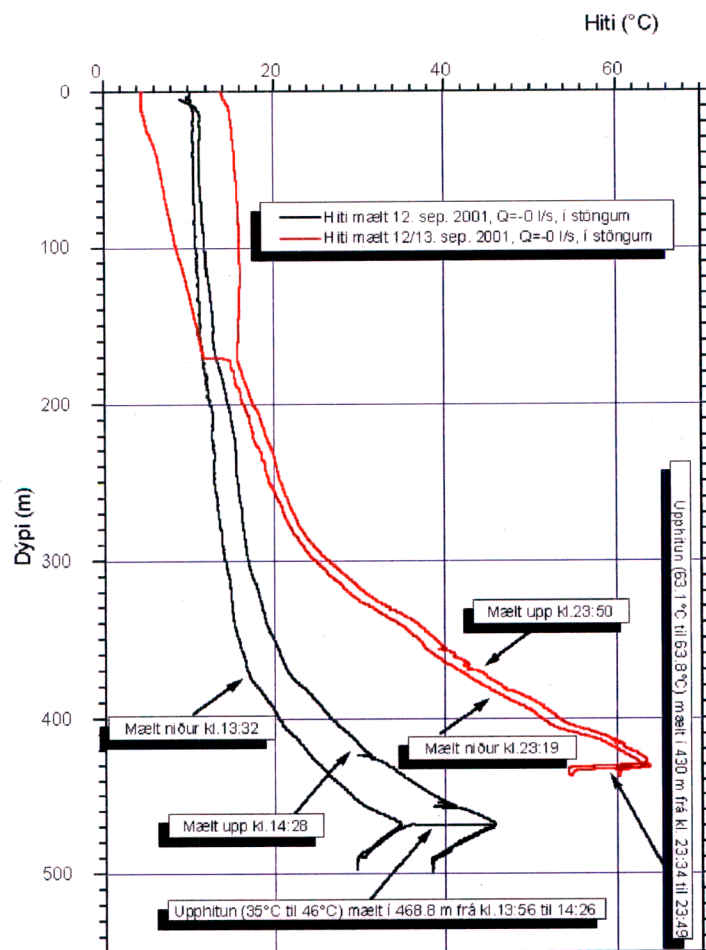


sem að rúmtaki svaraði til um 200 holumetra. Þessum aðgerðum lauk aðfaranótt 12. september og þagði holan þunnu hljóði á eftir.



**Mynd 5.** Breyting í þrýstingi á holutopp sem fall af tíma þann 11. september.

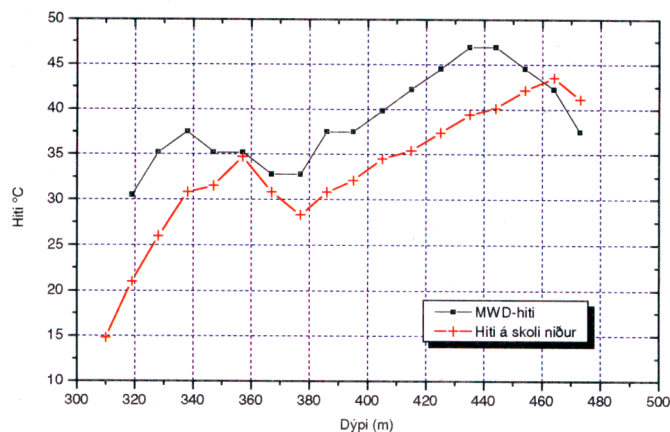
Árla morguns 12. september var strengurinn tekinn upp og athugaður, reyndist hann í góðu lagi. Byrjað var að setja niður stangir til steypingar á vaktaskiptum kl. 8:00 og var hafður einstreymisloki um 1m frá enda. Dælt var 15 l/s í gegnum streng við 4-5 bar þrýsting. Þannig gekk það alla leið niður að botni, sem fannst um hádegisbil á 501,5 m. Kælt var í gegnum streng niður við botn í tvo tíma með lokað að stöngum og svo var holan hitamæld. Niðurstöður eru sýndar á mynd 6. Óveruleg hitnun er niður í um 370 m og þaðan er jafnstígandi niður í 470 m, en þar neðan við kólnar niður að 500 m dýpi. Upphitunarhraði var metinn 18-20°C/klst. á 470 m dýpi.



**Mynd 6.** Hitamælingar 12. og 13. september.



Hitagögn frá MWD-tæki skáborara voru skoðuð og borin saman við hita á skolvökva niður þegar borun stóð yfir (mynd 7). Ákveðin breyting kemur fram neðan 440-450 m dýpis sem getur bent til aukinnar lektar.



**Mynd 7.** Hitamælingar úr MWD-tæki bornar saman við hita á skolvökva niður holu.

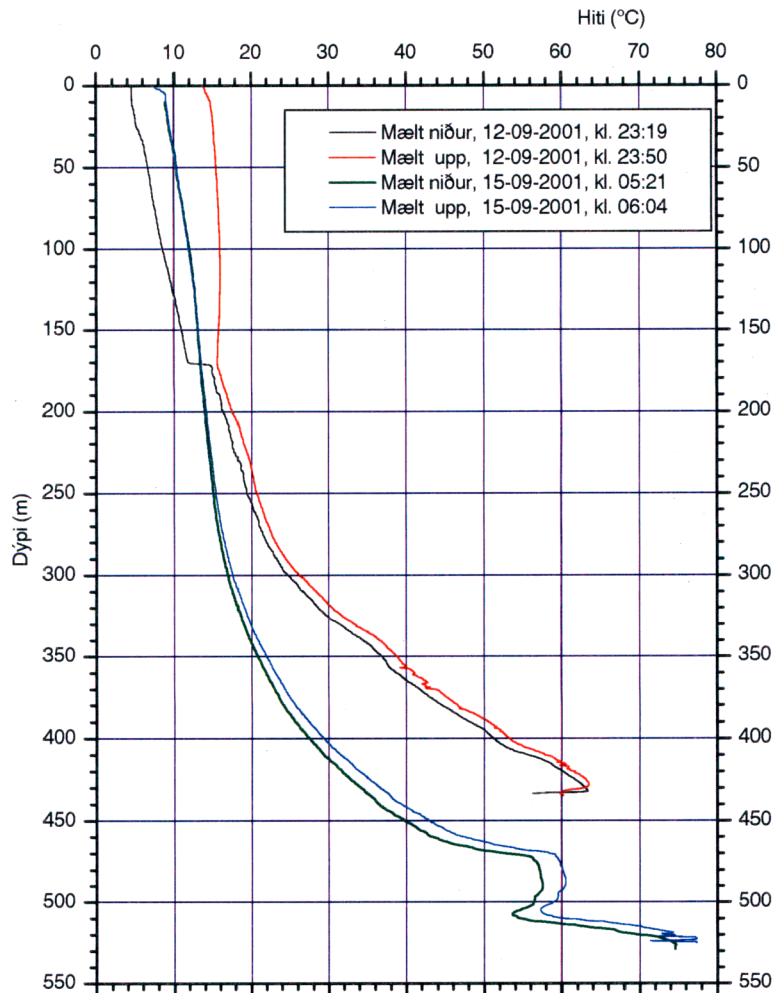
Steyping var undirbúin á grundvelli fyrirbyggjandi upplýsinga. Þar sem möguleiki var á að smáæðar væru neðan 440 m niður að botni var ákveðið að hafa stangarenda þar ofan við. Stangir voru settar niður á 437 m dýpi og kælt til að byrja með og síðan steyppt úr rúmum 10 tonnum af sementi og var áætlað að alls hafi 10 m<sup>3</sup> af sementsedju (gæðasement með tafefni) farið niður. Lokað var á holutoppi meðan á aðgerð stóð. Eftirdæling var 6000 l sem nægði til að reka eðjuna út úr stöngum og niður á rúmlega 460 m dýpi. Eðlisþyngd sementsedjuna var um 1,7 g/cm<sup>3</sup>. Eftir steypingu voru teknir upp 5 standar í mastur, þannig að stangarendi var kominn upp í fóðringu.

Um kl. 22:30 voru settir niður standar á 436 metra dýpi til að hitamæla. Hitamæling var gerð um miðnætti og upphitunarmæling á 430 metrum. Fylgdi sú hitamæling alveg sama ferli og sú fyrri nema að hún sýndi 63°C á 430 m (mynd 6). Upphitunarmæling sýndi að holan hitnaði um 2,4°C/klst. Bendir það til að ekki sé neinn samgangur við heitari hluta holunnar í gegnum steypuna. Næst var holan skoluð og þar á eftir þrýstiprófuð. Hún byggði ekki upp neinn þrýsting þegar hún stóð og hélt 4 bar þrýstingi er dælt var á hana.

Klukkan 7 að morgni 13. september fannst steypa á 454 metra dýpi og var þá byrjað að pota í hana. Borað var í steypu til að byrja með en krónan var greinilega komin út úr holunni á rúmlega 470 m dýpi, en þá komu upp bergsýni en lítið sem ekkert af steypu. Þegar búið var að bora niður á 503 m dýpi byrjaði að renna upp úr holunni og var áætlað magn rúmlega 5 l/s. Það var nokkuð afgerandi breyting og ef einhver hefur verið í vafa þar um, þá var þetta staðfesting á því að lekinn var þar sem skoltapið kom um daginn á 496-497 m dýpi. Ákveðið var að bora eina stöng til viðbótar niður á 513 m dýpi í þeim tilgangi að komast niður fyrir lekasvæðið.

Vegna rennslis upp tók nokkuð langan tíma að taka strenginn upp úr holunni. Brugðið var á það ráð að blanda aftur þunga leðju eins og var gert á undan fyrri steypingunni og var henni dælt niður um kæfingarstútinn, en á undan var settur leðjugrautur. Þessu var lokið þá um kvöldið og eftir það var borstrengur tekinn upp og settar niður stangir til steypingar. Þrýstingur á holutoppi virðist svipaður og fyrir síðustu steypingu eða jafnvel lægri, líklega um 1 bar.

Steyping hófst kl. 11:05 föstudaginn 14. september og var stangarendi á 484 m dýpi. Fyrirkomulagið var eins og í fyrri steypingunni nema hvað stangarendi fór dýpra niður. Alls fóru 10 m<sup>3</sup> niður af sementsedju með eðlisþyngd 1,62 g/cm<sup>3</sup> og var blandað við hana mikaflögum úr 23 pokum. Eftirdæling var 4300 l, sem dugði til þess að hreinsa steypuedju úr stöngum. Aðgerðin tók alls 14 mínútur. Strax að lokinni steypingu voru stangir teknar upp. Beðið var fram eftir degi eftir að steypan harðnaði. Komist var að samkomulagi um að bora steypuna með mjúkum streng, þ.e. með krónustýringu. Byrjað var að setja niður einnar stýringar BHA upp úr kl. 16. Álagsstangir voru komnar niður um kl 18 og síðan voru settir niður 6 og 2/3 standar og 7 stangir brotnar út. Steypuhröngl kom upp við skolun í 480 m. Einni borstöng var bætt við en ekki varð vart við neina verulega aukningu í álagi á krónu. Stoppað var í 483 m um kl. 21:30 og ákveðið að bíða í 2 klst. Eftir það var haldið áfram að bora út steypuna, sem enn var lín og hálfhörðnuð. Skolað var eftir hverja stöng og athugað hvort eitthvað innstreymi væri í holuna. Það reyndist vera sáralítið eða áætlað <0,2 l/s, sem þýddi að steyping hafði náð tilætluðum árangri. Botn holunnar var í 513 m og voru boraðar tæpar tvær stangir í viðbót eða niður í 529 m dýpi, til að ganga úr skugga um að búið væri að bora í gegnum lekasvæðið. Engin breyting var sjáanleg. Hringdælt var í lok borunar í um eina klukkustund, og síðan tekið til við upptekt borstrengs.



Mynd 8. Hitamælingar eftir 2. steypingu.

Þegar borstrengur var kominn upp úr holu var mælingamaður mættur til leiks. Hitamælt var niður holuna, beðið nærri botni og upphitun mæld í um 20 mínútur, og síðan mælt upp. Mælingum lauk nú klukkan 6:30 í morgunsárið. Eru niðurstöður mælinganna sýndar á mynd 8, ásamt mælingum frá 12. september.

Ummerki æða á 470-510 m dýpi sjást í mælingunum, en ekki er greinilegt hvort um sé að ræða nokkurt streymi frá þeim inn í holuna, líklega er hér um heitara berg að ræða kringum æðarnar sem steyp var í. Hiti hækkar hratt með dýpi neðan við æðarnar (~510 m) enda er sá hluti lítt kældur. Upphitun á 525 m dýpi reyndist vera nálægt 6°C/klst, og virtist vera svipuð í neðstu 100 m, en hægari þar fyrir ofan.

Á vaktaskiptum laugardagsmorguninn 15. september var unnið að niðurstöðu borstrengs. Strengurinn var í öllum aðalatriðum sambærilegur við þann sem notaður hafði verið fram til þessa í borun 2. áfanga (viðauki 2). Annar bormótor var settur niður og því var tengistykki neðan við mótor tekið út, einnig var skipt um tengistykki ofan við mótor. Af þessu leiðir að BHA (Bottom Hole Assembly) var 83 cm styttri en áður. Laust fyrir kl. 16 var krónan komin í botn á 529 m dýpi. Holan var þá kæld og svo hafist handa við að blanda upp gel. Borun í berg hófst laust fyrir kl. 18. Fyrst var ein stöng kláruð (um 2 m voru eftir) með snúningi, síðan voru tvær stangir boraðar án snúningsstrengs (“slædaðar”).

Milli klukkan 02:45 og 03:25 aðfaranótt sunnudagsins var holan halla og stefnumæld með SRO-mæli á 543 m dýpi, en þá var bordýpi um 580 m. Niðurstöður gýrósmælinganna (tafla 2) voru þær að hallinn var kominn í 17,03° og stefnan 213,7°, sem þýddi að stefnan var innan vikmarka áætlunarinnar, en hallinn eitthvað minni en áætlun gerði ráð fyrir (um 20°).

**Tafla 1.** Gangur borunar með 12 ¼" krónu fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu.

Borkróna 12 ¼"	Dagur	Borun (m)	Bortími (klst.)	Meðalborhr. (m/klst.)	Tími á borkrónu (klst.)	Dýpi (m)
EHP51	10. sept	178	7,0	25,4	7,0	483
EHP51	11. sept	20	0,5	40,0	7,5	503
EHP51	13. sept	10	0,5	20,0	8,0	513
EHP51	14. sept	6	0,5	12,0	8,5	519
EHP51	15. sept	41	2,5	16,4	11,0	560
EHP51	16. sept	136	13,0	2,8	24,0	696
EHP51	17. sept	57	5,5	10,4	29,5	753
EHP51	18. sept	36	5,5	6,5	35,0	789
<b>Samtals</b>		<b>484</b>	<b>35,0</b>		<b>35,0</b>	

Mælt var um 6 l/s skoltap á milli 575-590 m dýpis, og voru settir nokkrir pokar af míkafögum til þéttingar. Fimm tímum síðar og 30 m neðar var skoltap mælt aftur eða kl. 10:30 og reyndist vera 3 l/s. Settir voru til viðbótar tveir pokar af míkafögum til að þétta lekann og bar það árangur. Um hádegi var stutt hlé meðan skipt var um ventil á dælu 2. Skoltap var mælt samkvæmt ritúalinu kl 14:30 og var þá 1 l/s. Haldið var áfram að bæta við míkafögum til þéttingar.

Þegar dýpi holunnar var 676 m þann 16. september var gýrósmælt, mældýpið var á 639 m (tafla 2). Mælingin staðfesti að vel hafði gengið að byggja upp halla en sýndi líka að holan hafði sveigt til suðurs frá síðustu mælingu.



**Tafla 2. Gýróhallamælingar með SRO í 2. áfanga.**

Dagsetning	Tími	Dýpi (m)	Halli (°)	Stefna holu (Azimuth)
10.9.01	03:05-03:30	273	2,05°	331,8°
10.9.01	15:00-15:30	360	5,12°	228,4°
10.9.01	23:40-00:05	447	10,10°	204,3°
16.9.01	02:45-03:25	543	17,03°	213,7°
16.9.01	17:00-18:00	639	28,68°	201,8°

Vel gekk að bora holuna niður í um 680 m dýpi en þá fór að harðna á dalnum, og datt borhraðinn niður í um 2 m/klst þrátt fyrir að álag væri 25-30 þús. pund og að farið var með snúning upp í 80 sn/mín. Er farið var að rýna í svarfsýnin kom í ljós að bergið var linkennt túff. Dæluþrýstingur var einnig óvenju hár eða um 1400 psi. Líklegasta skýringin var talin vera leðjukögglar á krónu og stýringum. Strengur var tekinn upp og reyndist sá grunur á rökum reistur. Seigt leðjulag lá utaná rýmum og vart sá í krónuna. Leðja var hreinsuð af með skóflum og járnköllum, og síðustu leðjukornum spúlað af með háþrýstipvotti.

Þegar borstrengur var kominn upp úr holu var slakað niður hitamæli til að kanna ástand holunnar fyrir niðursetningu borstrengs. Mælt var niður, tekin upphitun í 690 m, og síðan mælt upp (mynd 9). Mælingin upp reyndist lítt ábyggileg þar sem leðja settist á mælinn og brást hann því seint og illa við hitabreytingum. Upphitunarhraðinn reyndist vera um 12°C/klst í 690 m, og í um 520 m var hann gróflega áætlaður um 3,5°C/klst, og minni þar fyrir ofan.

Þeirri hugmynd skaut upp kollinum snemma í þessu borverki að fara dýpra með vinnslufóðringuna en lagt var upp með í öðrum áfanga. Með því var líklegt að hægt væri að halda snúningsvægi (torki) innan viðráðanlegra marka lengur og auka þar með líkurnar á ná 2 km dýpi. Kostirnir voru vegnir og metnir og eftir yfirlegu og vangaveltur var afráðið að halda sig við upphaflega áætlun.

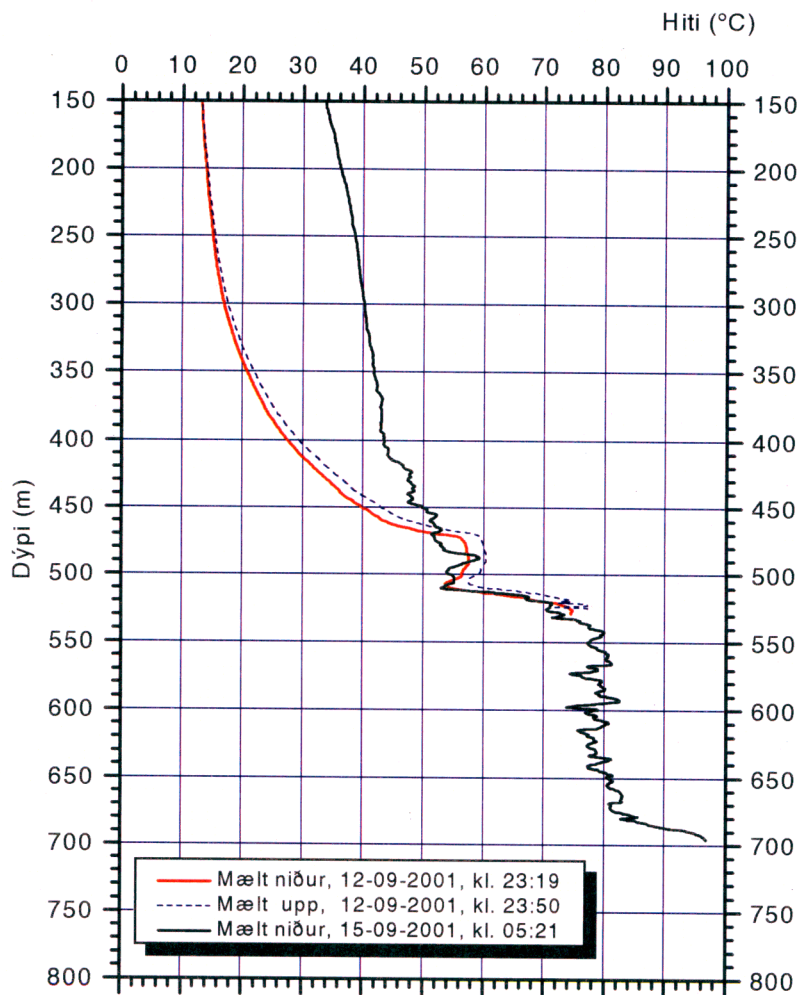
Strengur var settur niður í holuna og borun í berg hófst aftur um kl. 14 þriðjudaginn 17. september. Borun gekk vel niður í 775 m dýpi, en þá dró umtalsvert úr borhraða og fór smám saman niður í um 2 m/klst. Talið var að það sama væri að gerast og áður, það að leðjukögglar lægju á krónu og stýringum, og að krónan “spólaði” í linu túffinu. Þegar komið var í um 784 m dýpi tók borhraðinn góðan kipp og var það túlkað sem að komið væri í hart berg. Borað var í 789 m og samkvæmt svarfi var borað úr túffi í fínkorna hart og fersklegt basaltinnskot. Þar með var komið í gott berg til að geyma fóðringarendann.

Leðju var hringdælt í holunni í um 6 klst. til að kæla hana nægilega og hreinsa fyrir upptekt. Að upptekt lokinni var mældur hiti og vídd ásamt jarðlagamælingum (viðnám NN og gamma). Mælt var í opinni holu sem var full af leðju. Efsta stöngin var með þéttingu (poorboy) og mælivír þræddur í gegn. Með þessu móti var tryggt að hægt væri að loka að holunni ef þörf væri á. Rúmmál fyrir fóðringarsteypingu var reiknað út frá víddarmælingu og reyndist vera 36,2 m<sup>3</sup>.

Mælingum lauk skömmu eftir miðnætti aðfaranótt miðvikudagsins 19. september. Eftir það var undirbúið að koma fóðringu niður. Hún var komin í botn laust fyrir kl. 17:00 sama dag. Fóðringin náði botni á 787 m sem bendir til lítilsháttar botnfalls og var hún hífð upp um um hálfan metra þannig að fóðringarendi nam við 786,5 m frá drifborði. Eftir að fóðring var komin í holu var hafist handa við að setja niður stangir og tengja í



stungustykki. Þá var leðja blönduð og var henni hringdælt á meðan steyping var undirbúinn. Vegna þess að æðin á 497 m var líklega ekki alveg þétt (sbr. lítilsháttar skoltap) var beðið með að skipta yfir í vatn til að kæla holuna fyrir steypingu þar til undirbúningi væri að mestu lokið. Þetta var gert til að lágmarka þann tíma sem aðeins vatn væri í holunni og minnka þannig líkurnar á að æðin gæti orðið til vandræða.



Mynd 9. Hitamælt eftir upptekt borstrengs.

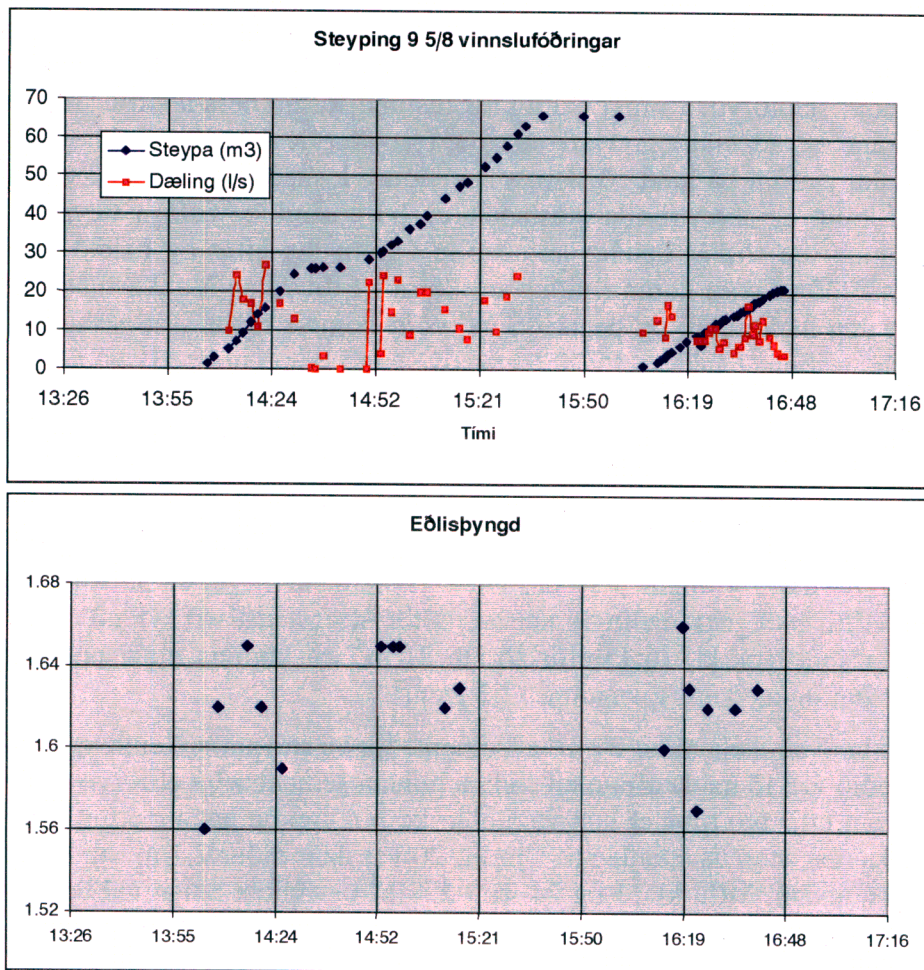
Á fundi sem haldinn var á borstað kvöldið fyrir steypingu var ákveðið tvennt. Í fyrsta lagi að steypa ekki í myrkri og fresta framkvæmd því fram til morguns. Í öðru lagi að skola leðju úr holunni um það bil þremur tímum fyrir steypingu, hreinsa síðan holuna með sóta, skola á eftir með vatni og kæla. Þetta gekk allt eftir skolonin hófst um kl. 5 aðfaranótt föstudagsins 21. september. Notaðir voru 7 þokar að sóta við þvottinn. Áætluð steyping dróst aftur á móti fram yfir hádegi vegna ýmissa undurbúningsþátta sem skoða þurfti í þaula. Mesta töfin varð þegar vatn hætti að berast að bornum um kl. 11. Valdri menn fóru á valda staði og komu öllu í lag á innan við klukkustund. Á þessum tíma hafði holan náð að hitna og var hún skoluð og kæld fram að steypingu kl. 14:02. Fyrir steypingu var kannað hvort æðin í 500 m væri opin og var dælt á holutopp þar til þrýstingur var kominn í rúmlega 5 bar og tók hún aðeins við 3 l/s. Þar af leiðandi var holan metin nánast þétt við þessar aðstæður, en búast mátti við að hún opnaðist á ný þegar þungi steypusúlunnar legðist á lekasvæðið.

Klukkan 14:02 fór steypueðjan að renna niður og var blandað við hana míkaflogum í þeim tilgangi að þetta lekann í holunni. Haldið var að holutoppi þannig að þrýstingur þar var um 3 bar og eðlisþyngdin á eðjunni hélst mestan tímann yfir 1,6 g/cm<sup>3</sup>. Þegar steyping hafði staðið yfir í rúma hálfu klukkustund fór að bera á stíflu frá sementssílói yfir í mixara og að endingu varð að rífa í sundur leiðsluna og tilheyrandi búnað. Aðdragandinn varð á þá lund að slanga frá sílóinu losnaði af og mikill sementsstrókur stóð upp í loftið og skreytti alla viðstadda, en þó mismikið. Töfin í steypingunni var í um 20 mínútur en röskar hendur komu öllu í samt lag aftur og haldið var áfram að steypa. Fyrir töfina voru komnir niður um 26 m<sup>3</sup>. Eftir rúma klukkustund fór að koma óreglulega upp úr holunni og þegar 45 m<sup>3</sup> voru komnir niður sást perlusteinn í fyrsta skipti í frárennslinu. Klukkan 15:30 hætti alvega að koma upp. Afköst á dælu voru þá rúmlega 24 l/s. Dælt var þannig í 10 mínútur en þá tekin ákvörðun um að hætta steypingu í gegnum stangir og steypa ofan frá í gegnum kæfingarstút milli fóðringa. Þá voru komnir 66 m<sup>3</sup> í holuna. Um 25 mínútur tók að dæla allri steypu úr stöngum niður í gegnum stungustykki, losa stengur frá stungustykki og tengja slöngur við kæfingarstút. Þannig var steyping ofan frá komin af stað kl. 16:05. Til að byrja með eða fyrstu 20 mínúturnar var mótþrýstingur 8-10 bar við 8-12 l/s dæluafköst, en þá voru komin niður um 10 m<sup>3</sup>. Eftir það gekk dælingin nánast mótþrýstingslaust við svipuð afköst og áður. Steypuaðgerðinni lauk kl. 16:45 eftir að um 21 m<sup>3</sup> var kominn niður um kæfingarstút, míkablandaður og með eðlisþyngdina 1,62 g/cm<sup>3</sup>.

Alls var þá búið að dæla niður 87 m<sup>3</sup> af sementeðju og steypuborð einhvers staðar niðri í holu. Ákveðið var að halda áfram að dæla á holuna sementeðju eftir tvo og hálfan tíma og síðan aftur eftir tvo tíma ef hún væri ekki komin upp og þannig aftur og aftur þar til árangur aðgerðar væri ásættanlegur. Um kl. 20 var dælt niður 2,7 m<sup>3</sup> og hurfu þeir eins og allt þar á undan. Milli kl 23 og 24 fóru 2,4 m<sup>3</sup> og fylltist holan við það. Líklega fór um 1 m<sup>3</sup> fram hjá en um 1,5 nýttust til að fylla hana. Eðlisþyngdin var 1,67 g/cm<sup>3</sup> í fyrri steypingunni en 1,65 í þeirri seinni. Steypan seig ekkert og var þar með lokið steypingu vinnslufóðringar á farsælan hátt að því best er vitað. Yfirlit yfir steypinguna er sýnt í fóðrunarskýrslu í töflu 3 og á mynd 10.

Mælingamenn ROS mættu með tæki sín milli kl. 18 og 19 eftir að steypingu lauk. Þeir hitamældu og 0-stilltu CBL-própuna áður en endanleg mæling væri gerð á steypugæðum þegar hörðnun væri orðin viðunandi. CBL-própan fór niður á um 730 m dýpi og hitamælirinn um 10 m neðar. Þannig að eitthvað steypuhröngl var í holunni. Hörðnunartími steypu var óvenju langur. Miðað við niðurstöður CBL-mælinga var ekki ráðlegt að skera ofan af fóðringu fyrir en að morgni mánudagsins 24. september. Milli kl 20 og 21 var búið að koma þensluslíf fyrir og í framhaldi af því voru holulokar fyrir næsta áfanga settir á. Aðfaranótt þriðjudagsins var sett niður 8 ½" króna til að hreinsa fóðringuna niður að fóðringarskó. Komið var niður á steypu á 724 m dýpi og hætt á 785 m eða 1 metra fyrir ofan skó. Eftir skolun voru öryggislokar prófaðir og reyndust þeir vera í lagi. Í upptektinni voru álagsstangir skoðaðar með sprunguleitartækjum. Öðrum áfanga var formlega lokið kl. 22 á 36. verkdegi, þegar G-2 gýrómælingu lauk innan í vinnslufóðringar (tafla 4).

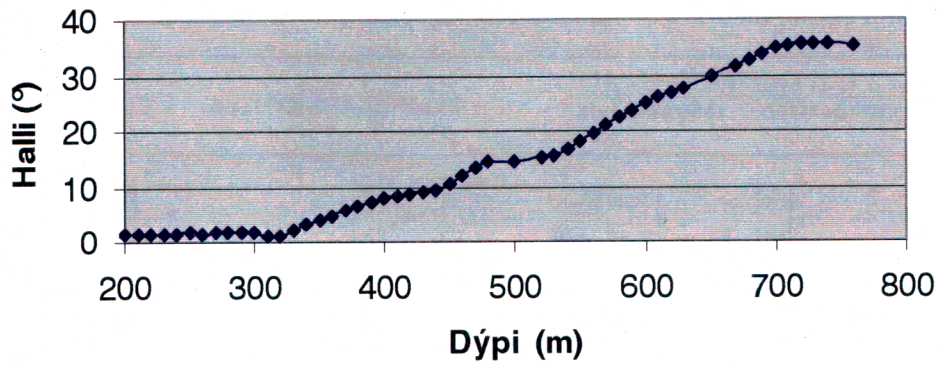




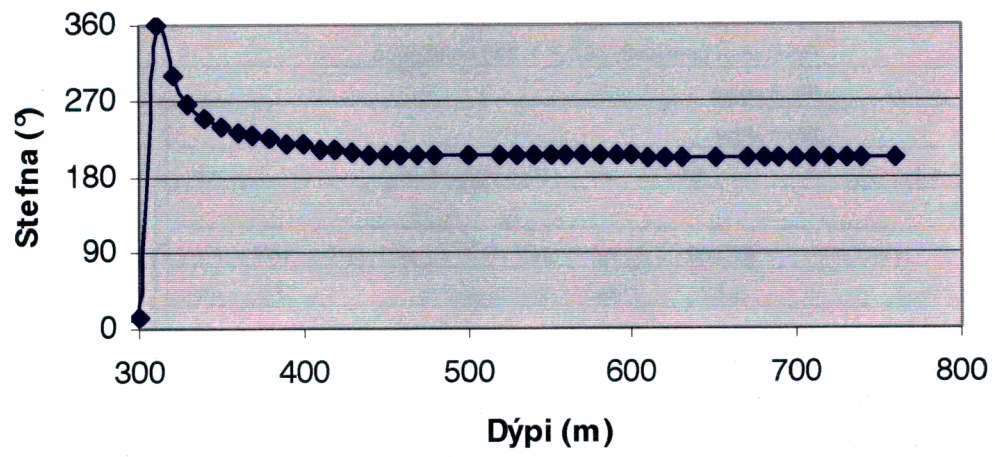
**Mynd 10.** Yfirlit yfir steypingu vinnslufóðringar.

Niðurstöður gýrómælinganna voru á þá lund að halli holunnar (mynd 11) byggðist jafnt og þétt upp og stefnan var einnig nokkuð stöðug (mynd 12). Holan tók smávægilegar stefnubreytingar frá skó öryggisfóðringar og niður í um 400 metra. Efstu 300 metramir eru lóðréttir en á 300 metra dýpi mældist stefnan 12°. Síðan breyttist hún hægt og rólega austur fyrir norður og í 350 m var hún kominn í 240°. Í 400 m var stefnan 217° og á næstu 50 metrum færðist hún að 205°. Á 600 metra dýpi mældist stefnan 203° og breyttist nánast ekkert eftir það. Holubotn var kominn 137 m frá holutoppi í stefnu nálægt 202°.

Vinna við 2. áfanga hófst þegar lokið var við að sjóða flans á holutoppinn og ganga frá öryggislokum 9. september 2001. Formlega lauk öðrum áfanga svo 25. september eftir samfellda gýrómælingu innan vinnslufóðringar á 36. verkdegi.



Mynd 11. Uppbygging halla HE-4 innan vinnslufóðringar.



Mynd 12. Stefna holu HE-4 innan vinnslufóðringar.



**Tafla 3. Fóðrun með 9 5/8" fóðringu og steyping (fóðrunarskýrsla JB).**

 <b>JARÐBORANIR HF</b> SKIPHOLTI 50D - 105 REYKJAVÍK	FÓÐRUNARSKÝRSLA		Eyðublað nr. 68-051

Verk nr.	Hola nr.	Borstaður	Bor	Verkkaupi
42679	HE - 4	Hellisheiði	Jötunn	Orkuveita Reykjavíkur
Vídd holu	Dýpt holu mv. drifborð	Fóðring nr.	Fóðrun framkv. dags.	Utfyllt af:
12 1/4"	789	3	19.09.01	K.S. Ó.G.

Holudýpi frá flangsi				781.74 m	Fóðringard. frá fl.	779 m	Röratalning			
FÓÐRING	Gerð	K - 55	Þyngd	47 lbs/ft	LENGD NR MS ALLS m					
	Utanmál	9 5/8"	Innamál	220.5 mm						
	Veggþykkt	12 mm	Pöntunar nr.							
	Tengi	Skrúfuð AMS en stutt breytirör við og á milli skó og flotkolla			3.81	1		3.81		
	Flangs	Rörin eru í pensluslíf við 12" X 900 holuflangs.			13.60	2		17.41		
	Stungutengi	Float collar			13.45	3	x	30.86		
	Skór	Float shoe			13.51	4		44.37		
	Miðjustillar	21	stk	Steyputappar	13.10	5		57.47		
STEYPI	Steypa 1 þurrefni	67.300	kg	Tafefni	135	kg	13.40	7		84.27
	Eðlisþyngd	1.62	kg/l	Steypingartími	73	mín	13.35	8		97.62
	Steyputæki	Halliburton mixari og dæla			13.50	9	x	111.12		
	Steypa kom upp	Nei	Eðlisþyngd steypu upp	kg/l	12.90	10		124.02		
	Eftirdæling	7,000	ltr	Eftirdæling	6	mín	13.25	11		137.27
	Steypa 2 þurrefni	22.000	kg		13.38	12	x	150.65		
FRÁGANGUR	Dýpi á steypu utan röra	200	m	Steypt utan með eftir	0.5	klst	13.43	13		164.08
	Steypa þurrefni	6,200	kg	Skorið ofan af eftir	73	klst	13.58	14		177.66
	Dýpi á steypu í röri	724	m	Steypa boruð eftir	89	klst	13.25	15	x	190.91
					12.97	16		203.88		
				13.40	17		217.28			
				13.30	18	x	230.58			
				13.35	19		243.93			
				13.30	20		257.23			
				13.52	21	x	270.75			
				12.89	22		283.64			
				13.42	23		297.06			
				13.47	24	x	310.53			
				13.40	25		323.93			
				13.41	26		337.34			
				13.43	27	x	350.77			
				12.93	28		363.70			
				13.47	29		377.17			
<b>ATHUGASEMDIR</b>										
Fyrst var steyp á heðbundin máta nema haldið var 3-5 bara þrýsting á killline þar										
til perlusteinn fór að sjást vegna gas inn streymis í ca 500m. Steypa kom ekki upp en var										
örugglega á milli fóðringa. Steypu 2 var dælt á killain 20 mín síðar 22.000 kg og										
hún seig talsvert niður. 3 Steypu 1.000 kg dælt á killline 0,5 klst síðar.										
Steypu 4 dælt á killline 2.700 kg 3 klst síðar. Steypu 5 dælt á killline 2.400 kg										
3 klst síðar og nú fyllist fóðring og steypa sigur ekki.										



Verk nr. 42679	Hola nr. HE - 4	Borstaður Hellisheiði	Fóðring nr. 3	Blaðsíða nr. 2
-------------------	--------------------	--------------------------	------------------	-------------------

RÖRATALNING				RÖRATALNING				RÖRATALNING			
LENGD	NR.	MS	ALLS m	LENGD	NR.	MS	ALLS m	LENGD	NR.	MS	ALLS m
13.58	30	x	390.75	11.47	61	x	772.63				
11.89	31		402.64	5.88	62	x	778.51				
13.36	32		416.00	0.45	Skór		778.96				
13.35	33	x	429.35								
11.92	34		441.27								
13.26	35		454.53								
12.69	36	x	467.22								
12.78	37		480.00								
13.38	38		493.38								
13.72	39	x	507.10								
13.40	40		520.50								
13.38	41		533.88								
13.43	42	x	547.31								
13.40	43		560.71								
12.70	44		573.41								
12.70	45	x	586.11								
13.30	46		599.41								
13.42	47		612.83								
11.70	48	x	624.53								
11.48	49		636.01								
11.70	50		647.71								
11.70	51	x	659.41								
11.88	52		671.29								
13.45	53		684.74								
13.48	54	x	698.22								
13.48	55		711.70								
12.58	56		724.28								
12.60	57	x	736.88								
11.70	58		748.58								
5.88	59		754.46								
0.80	Kolli		755.26								
5.90	60		761.16								

**Tafla 4.** G-2 halla- og stefnumælingar innan fóðringar.

Bordýpi (m)	Halli (°)	Stefna (°)	Raundýpi (m)	Hliðrun til N eða S	Hliðrun til V	Hliðrun frá toppi (m)	“Dogleg”
50	0	0	50	0	0	0	0
70	0,36	263,37	70	0,01 S	0,06 V	0,04	0,54
80	0,26	300,11	80	0,00 N	0,11 V	0,05	0,65
100	0,68	356,77	100	0,14 N	0,16 V	-0,05	0,87
120	0,65	350,94	120	0,37 N	0,18 V	-0,24	0,11
130	0,66	344,23	130	0,48 N	0,21 V	-0,33	0,23
140	0,71	343	140	0,60 N	0,24 V	-0,41	0,16
150	0,78	345,96	150	0,72 N	0,28 V	-0,51	0,24
160	0,85	354,83	159,99	0,86 N	0,30 V	-0,62	0,43
170	0,85	348,08	169,99	1,01 N	0,32 V	-0,74	0,3
180	1,03	354,79	179,99	1,17 N	0,35 V	-0,87	0,63
190	1,31	359,82	189,99	1,38 N	0,35 V	-1,05	0,89
200	1,41	359,74	199,99	1,61 N	0,35 V	-1,26	0,3
210	1,51	1,84	209,98	1,87 N	0,35 V	-1,48	0,34
220	1,42	359,71	219,98	2,12 N	0,35 V	-1,71	0,32
230	1,57	356,72	229,98	2,38 N	0,36 V	-1,94	0,51
240	1,52	356,8	239,97	2,65 N	0,37 V	-2,17	0,15
250	1,69	359,17	249,97	2,93 N	0,38 V	-2,41	0,55
260	1,57	0,94	259,97	3,22 N	0,38 V	-2,66	0,39
270	1,71	8,52	269,96	3,50 N	0,36 V	-2,92	0,77
280	1,79	14,05	279,96	3,80 N	0,30 V	-3,22	0,56
290	1,82	13,01	289,95	4,11 N	0,22 V	-3,52	0,13
300	1,8	12,87	299,95	4,42 N	0,15 V	-3,83	0,06
310	1,25	358,47	309,94	4,68 N	0,12 V	-4,07	2
320	1,13	298,65	319,94	4,83 N	0,21 V	-4,17	3,57
330	2,14	264,17	329,94	4,86 N	0,48 V	-4,07	4,1
340	3,28	249,53	339,93	4,74 N	0,94 V	-3,75	3,97
350	3,86	240,52	349,91	4,48 N	1,50 V	-3,25	2,42
360	4,72	233,21	359,88	4,07 N	2,12 V	-2,59	3,05
370	5,73	227,99	369,84	3,48 N	2,82 V	-1,75	3,35
380	6,4	224,73	379,78	2,75 N	3,58 V	-0,75	2,26



390	7,19	219,25	389,71	1,87 N	4,37 V	0,4	3,06
400	7,88	217,34	399,62	0,84 N	5,18 V	1,69	2,2
410	8,39	213,36	409,52	0,31 S	6,00 V	3,09	2,28
420	8,86	211,35	419,41	1,58 S	6,80 V	4,59	1,67
430	8,95	207,35	429,29	2,93 S	7,56 V	6,13	1,88
440	9,48	206	439,16	4,36 S	8,28 V	7,73	1,72
450	10,63	205,05	449,01	5,93 S	9,03 V	9,48	3,49
460	11,98	204,25	458,81	7,72 S	9,85 V	11,43	4,08
470	13,4	203,88	468,57	9,72 S	10,74 V	13,63	4,27
480	14,51	203,84	478,27	11,93 S	11,72 V	16,03	3,33
500	14,5	205,22	497,64	16,48 S	13,80 V	21,03	0,52
520	15,23	206,05	516,97	21,11 S	16,02 V	26,16	1,14
530	15,75	206,09	526,6	23,51 S	17,19 V	28,83	1,56
540	16,69	205,9	536,21	26,02 S	18,41 V	31,62	2,82
550	18,06	205,43	545,75	28,71 S	19,71 V	34,6	4,13
560	19,47	205,2	555,22	31,62 S	21,08 V	37,81	4,24
570	21,05	205,46	564,6	34,75 S	22,56 V	41,27	4,75
580	22,43	205,13	573,89	38,10 S	24,14 V	44,97	4,16
590	23,71	204,51	583,09	41,65 S	25,79 V	48,89	3,91
600	24,94	203,82	592,2	45,41 S	27,47 V	53	3,79
610	26,16	202,96	601,22	49,37 S	29,18 V	57,29	3,83
620	26,96	202,76	610,17	53,49 S	30,92 V	61,75	2,41
630	27,78	202,66	619,05	57,73 S	32,70 V	66,32	2,46
651,18	29,93	202,12	637,6	67,18 S	36,59 V	76,5	3,07
670	31,75	201,8	653,75	76,13 S	40,19 V	86,09	2,91
680	32,84	202,2	662,21	81,09 S	42,19 V	91,4	3,33
690	33,81	202,28	670,56	86,17 S	44,27 V	96,87	2,91
700	34,85	202,16	678,82	91,39 S	46,40 V	102,48	3,13
710	35,41	202,15	687	96,72 S	48,57 V	108,2	1,68
720	35,6	202,11	695,14	102,10 S	50,76 V	113,98	0,57
730	35,63	202,06	703,27	107,50 S	52,95 V	119,77	0,13
740	35,79	201,97	711,39	112,91 S	55,14 V	125,58	0,51
760	35,36	201,93	727,66	123,70 S	59,49 V	137,15	0,65

### 3. JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR

#### 3.1. Jarðlög og ummyndun

Svarfsýni voru tekin á tveggja metra fresti eins og venja er við boranir. Sýnin voru greind samhliða borun, bæði berggerð og ummyndun. Á mynd 13 eru sýnd jarðlög holunnar frá yfirborði og niður á 789 m dýpi ásamt vísbendingum um ummyndun bergsins, vatnsæðar, borhraða og skolvatnsgögnum. Ennfremur er sýnt á mynd 14 jarðlagasnið samhliða jarðlagamælingum, víddarmælingu og borhraða.

Þegar komið var niður úr fórdingu var farið í gegnum gegnum glerríkt basalt og síðan basaltríka breksíu en jarðlög í þessum hluta eru sem hér segir:

*310-314 m dýpi.* Glerríkt basalt nokkuð frauðkennt, líklega neðri hluti basaltbreksíu fyrir ofan. All nokkuð sést af fersku gleri. Pýrít og kalsít sjást ásamt leir.

*314-329 m dýpi.* Basaltbreksía er hér ráðandi en nokkuð túffblönduð.

*329-356 m dýpi.* Ljósgrænt til grænt túff með dreif af basaltmolum í. Í efri hlutanum má sjá glitta í ferskt gler en það hverfur er neðar dregur. Kalsít og zeólítar (stilbít og heulandít) sjást í túffinu og neðst sést í pýrít.

*356-358 m dýpi.* Þunnt lag af blöðróttu fínkorna basalti.

*358-384 m dýpi.* Grænt túff með basaltbrotum í. Zeólítar og kalsít eru áberandi ummyndunarsteindir ásamt leir.

*384-390 m dýpi.* Blöðrótt kolummyndað ljóst basalt eða breksía. Meðal annars má sjá skólesít í blöðrum.

*390-414 m dýpi.* Ljósgrænt til grænt basalt. Kalsít zeólítar og smáir pýrít kristallar.

*414-444 m dýpi.* Mjög blöðrótt ummyndað ljósbrúnt basalt. Útfellingar nokkuð áberandi þá aðallega kalsít, zeólítar (skólesít) og smáir pýrít kristallar.

*444-528 m dýpi.* Mjög ummyndað ljóst túff og á 504 m má sjá basaltbrot. Ummyndunarsteindir eru nokkuð áberandi og eru kalsít, pýrít, kalsedon og zeólítar í aðalhlutverkum en frá og með 476 sjást kvars og wairakít. Í síðustu metrunum má jafnframt sjá laumontít.

*528-578 m dýpi.* Glerjað basalt og basaltbreksía eru ráðandi á þessum kafla. Efri hlutinn er plagióklasdílóttur og einnig sjást pýroxendílar öðru hvoru. Jafnframt sést í basalt sem talið er vera úr innskoti í neðri hlutanum án þess að vera ráðandi berggerð í sýnum. Ummyndun er nokkur og af ummyndunarsteindum eru kalsít, kvars og pýrít mest áberandi.

*578-598 m dýpi.* Ummyndað plagióklasdílótt og pýroxendílótt grænleitt túff. Ummyndunarsteindir eru kalsít, kvars, pýrít og prehnít.

*598-706 m dýpi.* Grænleitt túff er ráðandi berggerð og sjást í því pýroxendílótt. Basalt-dreif er áberandi frá 620-660 m og er talið að hugsanlega sé borað meðfram gangi. Af ummyndunarsteindum sjást kalsít, kvars, pýrít og wairakít.

706-712 m dýpi. Ummynduð basaltbreksía. Sama ummyndun auk þess sem prehnít sést.

712-728 m dýpi. Ummyndað fínkorna gráleitt basalt. Gæti verið plagíóklasdílótt.

728-780 m dýpi. Grænt ummyndað túff er ráðandi. Frá 750-756 m er basaltbreksía mjög blönduð túffinu. Helstu ummyndunarsteindir eru kalsít, kvars, pýrít, prehnít og wairakít. Ennfremur gætu verið zeólítar í neðri hlutanum, laumontít og steindir með skelplötugljáa.

780-786 m dýpi Ummynduð basaltbreksía. Þar sést epidót með vissu í fyrsta skipti í holunni.

786-789 m dýpi. Fersklegt fínkorna basaltinnskot.

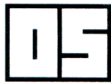
### 3.2. Vatnsæðar og hiti

Ekki varð vart við neina leka í holunni fyrir en komið var niður í 497 m dýpi en þá tapaðist allt skol. Leðja var þá í holunni en eftir að henni hafði að hluta til verið skolað upp lifnaði yfir æðinni og hún tók að flæða inn í holuna. Í ljós kom að yfirþrýstingur var á þessum stað sem nam rúmlega 1 bar umfram vatnssúlu eða sem samsvaraði um 51 bar þrýstingi í æðinni. Í nifteindarmælingu sést toppur á móts við staðinn, en einungis túff sást í svarfinu bæði fyrir ofan og neðan. Ekki er ólíklegt að þunnt innskot skeri túffið á móts við staðinn er æðin kom fram í 497 m dýpi. Ummyndunarsteindirnar wairakít og kvars sýna að hiti er kominn yfir 200°C. Suðuprýstingur við 51 bar er hins vegar rúmlega 260°C.

Vísbending um æð sést í hitamælingum á 570-580 m dýpi en þar varð jafnframt vart við skoltap. Æðin virðist vera við innskot sem kemur inn í basaltbreksíu á þessu dýpi.

Vísbendingar um smáæðar sáust frá 670 m og þar fyrir neðan samkvæmt hitamælingum. Epidót sást á 780 m dýpi, sem gefur til kynna hita nálægt 250°C.



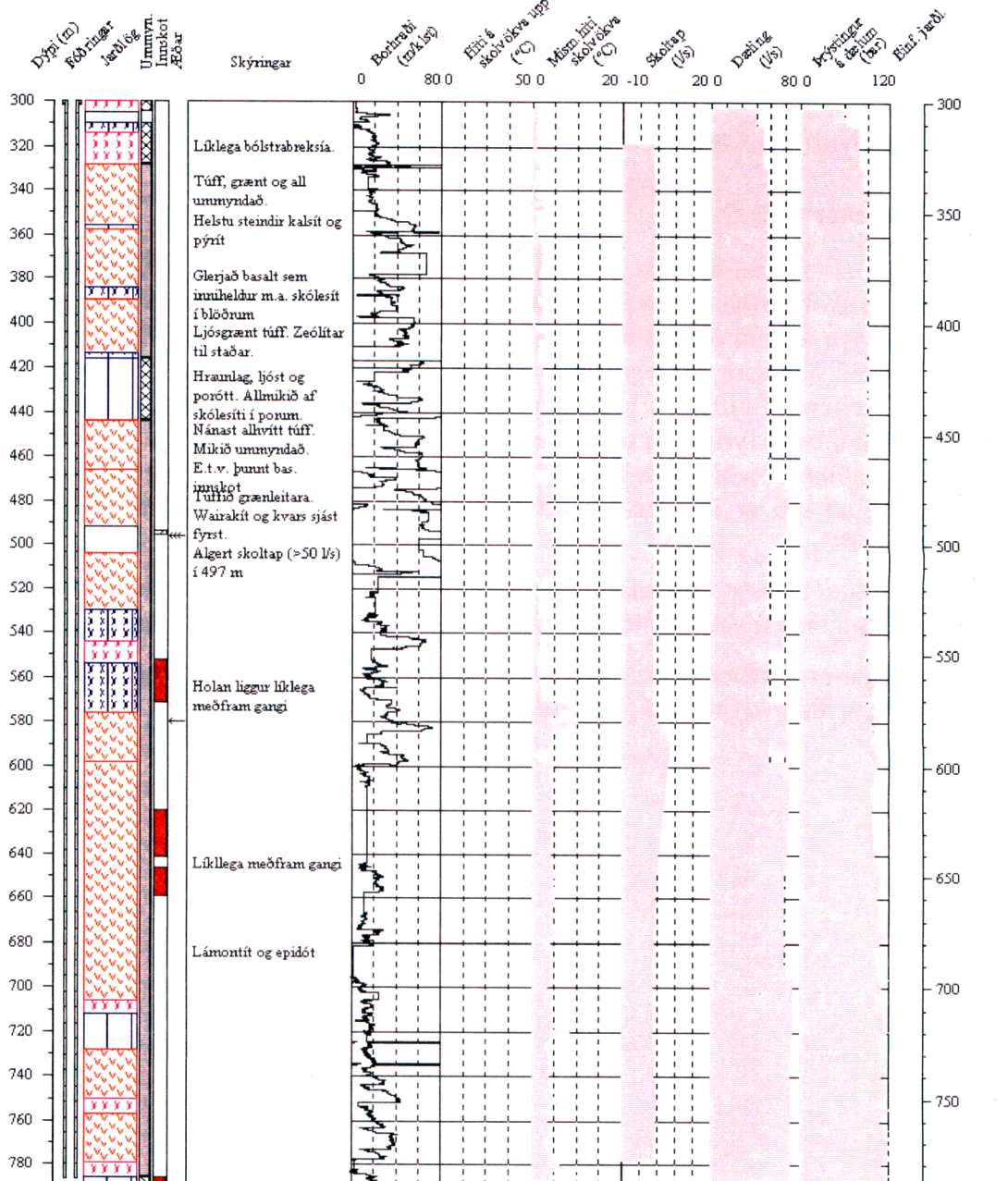


Staður: Hellisheiði  
Holunafn: HE-4

Bor: Jötunn  
Dýptarbil: 305 - 789 m

Skolvökvi: Leðja  
Verkhluti: 2. áfangi

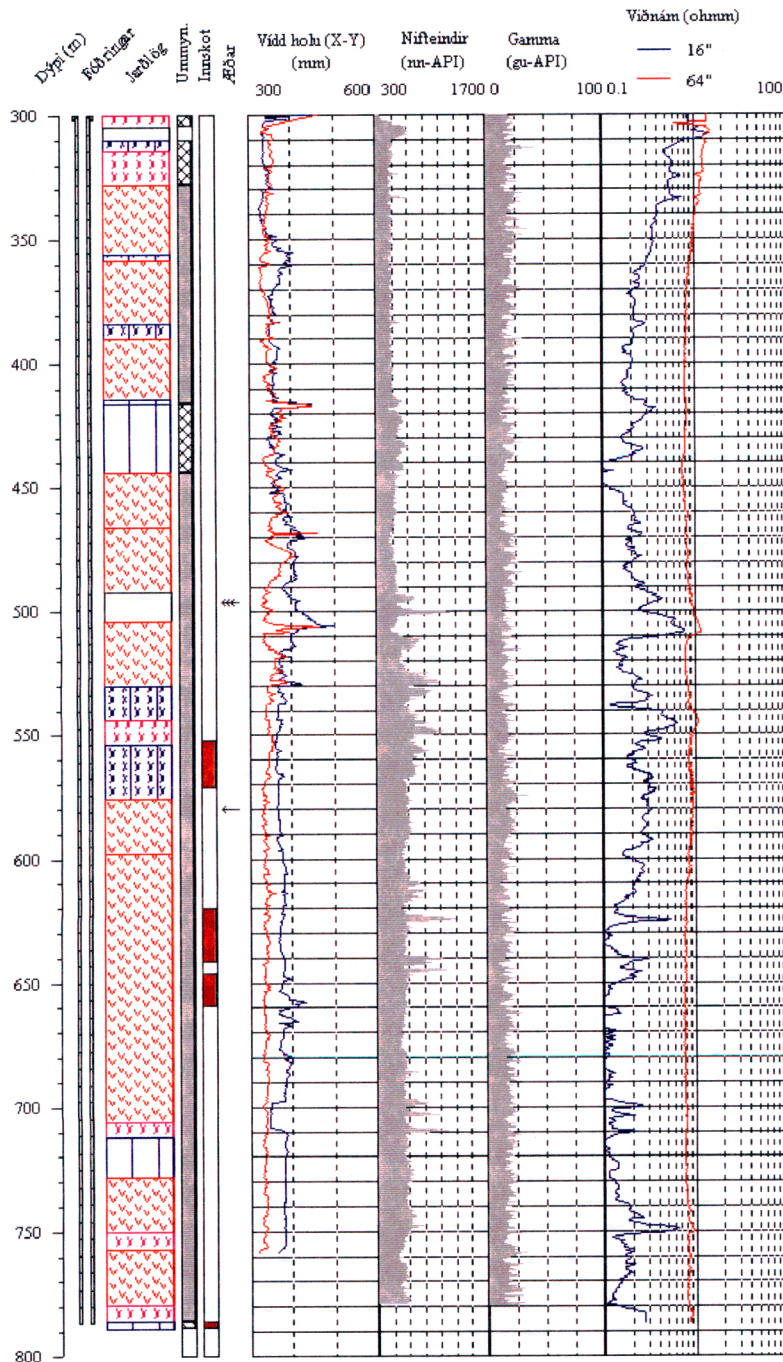
Staðarnúmer: 95104  
Starfsmenn: ÁsG/BR/BG/HF



Mynd 13. Jarðlög, borhraði og mælingar á skoli í borun.



Staður: Helliðsheiði Bor: Jötunn Skolvökvi: Leðja Verknúmer: 8-630-024  
 Holunafn: HE-4 Dýptarbil: 305-820 m Verkhúti: 2. áfangi Starfsmenn: ÁsG/BR/BG/HF



Mynd 14. Jarðlög og jarðlagamælingar.

#### 4. BORHOLUMÆLINGAR

Í töflu 5 eru raktar þær mælingar sem gerðar voru í 2. áfanga boruna HE-4. Þeim er unnt að skipta í fjóra hluta:

1. Aðstoð við mælingamenn frá Sperry-Sun við gýrohalla mælingar í borun.
2. Hitamælingar í borstreng og opinni holu til að kortleggja vatnsæðar og mæla upphitunarhraða í holunni.
3. Jarðlagamælingar í opinni holu til að fá upplýsingar um berglög sem holan sker.
4. Hita- og CBL-mælingar eftir steypingu vinnslufóðringar, til að kanna gæði steypu handan fóðringar.

Niðurstöður gýromælinga (SRO) sem framkvæmdar voru meðan áfanginn var boraður eru birtar í töflu 2. Auk þess eru allar mælingar sem gerðar voru með MWD birtar í viðauka 3.

Allmargar hitamælingar voru gerðar í þessum áfanga og eru þær sem gerðar voru áður en fóðring var steyppt sýndar á myndum 6, 8 og 9. Fyrstu hitamælingarnar voru framkvæmdar þann 12. september kl. 13:32, í borstöngum til að meta upphitun, en á um 496 m dýpi kom fram yfirþrýst æð og stóð til að steypa í hana. Upphitun var metin um 18–20°C/klst á 470 m dýpi, en þar var hún heitust. Undir miðnætti (12.09), eftir að steyppt hafði verið í æðina, var hitamælt aftur niður á 433 m dýpi (stangarendi var á 436 m dýpi) og reyndist upphitun þá vera um 2,5°C/klst á 430 m dýpi, sem benti til þess að tekist hefði að loka fyrir æðina, enda var ekkert tap þá í holunni.

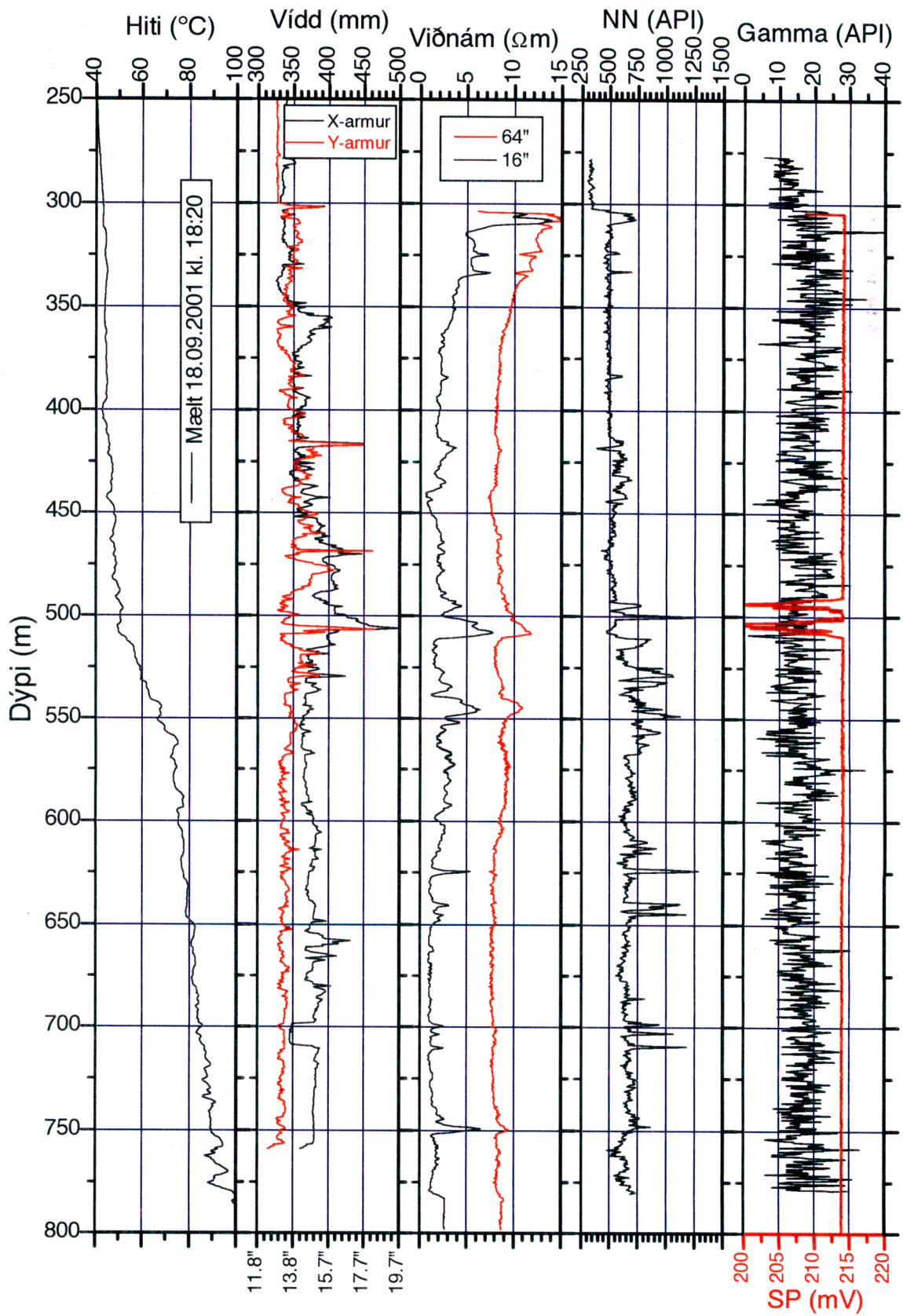
Næst var hitamælt í holunni þann 15. september (mynd 8), eftir að borstrengur sem notaður var til að bora út seinni æðasteypuna hafði verið tekinn upp. Bordýpi var þá 529 m. Ekkert tap var í holunni og kom steypukaflinn greinilega fram í hitamælingunni, en fyrir neðan steypuna hitnaði síðan hraðar í holunni. Upphitun á 525 m dýpi reyndist vera um 6 °C/klst og svipuð í neðstu 100 m, en minni þar fyrir ofan. Hitamælt var aftur þann 17.09, þegar bordýpi var 695 m (mynd 9), en þá var borstrengur tekinn upp til að hreinsa leðju af borkrónu þar sem borun var farin að ganga hægar. Eins og í mælingunum á undan hækkaði hitinn verulega milli 510 m og 520 m dýpis, en var síðan nokkuð jafn niður á 680 m þar sem hann byrjar aftur að hækka. Upphitun var metin um 12°C/klst á 690 m og um 3,5°C/klst á 520 m, en erfitt er að meta upphitunina þegar leðja er í holunni þar sem hún sest að nemanum og viðbragð hans getur orðið mjög hægt vegna einangrunar.

Næst var mætt til mælinga eftir að borun áfangans var lokið í 789 m og borstrengur kominn upp. Byrjað var á hitamælingu, síðan var náttúruleg gammageislun og nifteindir mældar, því næst holuvídd og að lokum viðnám, og eru allar þessar mælingar sýndar á myndum 14 og 15. Hitamælingin sýndi svipaða hegðun og fyrri hitamælingar, nokkuð jafn hiti niður að ~510 m, þar hækkar hann töluvert, en síðan hægar neðan ~560 m dýpi þar sem hitinn var um 75°C, og er nálægt 100°C í botni. Því var ljóst að hiti kæmi ekki í veg fyrir að hægt yrði að mæla jarðlög langleiðina til botns. Víddin var mæld með XY-mæli, en einhverjar truflanir eru á X-armi hans og því ekki hægt að nota hann til túlkunar. Mælingin sýndi að lítið er um verulega skápa í holunni, á ~416 m, ~469 m og ~507 m eykst útslagið um ~10 cm, og í heildina er holan víðari frá fóðringarenda niður á um 570 m dýpi en þar fyrir neðan er holan mjög slétt (~335 mm, eða rúmlega 13”).



**Tafla 5. Yfirlit um borholumælingar.**

Dags.	Tímí	Mæling	Dýptarbil	Tilgangur	Skrá	Athugasemdir
10. sep. 2001	03:05-03:30	Gýró	273	Holustefna	-	Stefna 331.8°; Halli 2.05°
10. sep. 2001	15:00-15:30	Gýró	360	Holustefna	-	Stefna 228.4°; Halli 5.12°
10. sep. 2001	23:40-00:05	Gýró	447	Holustefna	-	Stefna 204.3°; Halli = 10.1°
12. sep. 2001	13:32-13:54	Hiti	0-494	Hiti	H200109121332	Q=0 l/s, í stöngum
12. sep. 2001	13:32-14:26	Hiti	468.8	Upphitun	-	Q=0 l/s, í stöngum
12. sep. 2001	14:28-14:47	Hiti	494-5	Hiti	H200109121428	Q=0 l/s, í stöngum
12. sep. 2001	23:19-23:33	Hiti	0-433	Hiti	H200109122319	Q=0 l/s, í stöngum
12. sep. 2001	23:34-23:49	Hiti	430	Upphitun	-	Q=0 l/s, í stöngum
12. sep. 2001	23:50-00:05	Hiti	433-0	Hiti	H200109122350	Q=0 l/s, í stöngum
15. sep. 2001	05:21-05:41	Hiti	10-529	Æðar	H200109150521	Q=0 l/s, í opinni holu
15. sep. 2001	05:42-06:02	Hiti	525	Upphitun	T200109150541	Q=0 l/s, í opinni holu
15. sep. 2001	06:04-06:23	Hiti	525-5	Æðar	H200109150604	Q=0 l/s, í opinni holu
16. sep. 2001	02:45-03:25	Gýró	543	Holustefna		Stefna 213.7°; Halli 17.03°
16. sep. 2001	17:20-18:00	Gýró	639	Holustefna		Stefna 201.8°; Halli 28.68°
17. sep. 2001	03:45-04:09	Hiti	0-695	Æðar	H200109170345	Q=0 l/s, í opinni holu
17. sep. 2001	04:10-04:37	Hiti	680	Upphitun	T200109170410	Q=0 l/s, í opinni holu
17. sep. 2001	04:37-05:15	Hiti	680-10	Upphitun	H200109170437	Q=0 l/s, í opinni holu
18. sep. 2001	18:20-18:47	Hiti	20-789	Æðar	H200109181820	Q < l/s, í opinni holu
18. sep. 2001	19:40-20:32	Nifteindir	780-280	Jarðlög	N200109181940	
18. sep. 2001	19:40-20:32	Gamma	780-280	Jarðlög	G200109181940	
18. sep. 2001	21:20-21:57	XY-vídd	760-250	Holuvídd	X/Y200109182120	
18. sep. 2001	22:07-22:27	XY-vídd	550-10	Holuvídd	X/Y200109182207	Til að athuga X-arm
18. sep. 2001	23:20-23:37	Viðnám	789-300	Jarðlög	S/L200109182320	SP var í metnun.
21. sep. 2001	19:56-20:22	Hiti	5-759	Upphitun	H200109211956	Steypingu lauk um kl. 17
21. sep. 2001	21:15-22:57	CBL	222-730	Steypubinding	B200109212115	Prófun á videologger
21. sep. 2001	22:58-23:37	CBL	724-10	Steypubinding	B200109212258	Viðmiðunarmæling
22. sep. 2001	10:53-11:19	Hiti	11-740	Upphitun	H200109221053	Fóðring fyllt af vatni
22. sep. 2001	11:43-12:04	CBL	150-721	Steypubinding	B200109221143	Mælt hratt neðan 430 m
22. sep. 2001	12:04-12:37	CBL	721-2	Steypubinding	B200109221204	Truflun af cal-merki
22. sep. 2001	21:49-22:13	Hiti	15-725	Upphitun	H200109222149	
22. sep. 2001	22:31-22:51	CBL	20-618	Steypubinding	B200109222231	Mælt hratt neðan 400 m
22. sep. 2001	22:51-23:16	CBL	618-5	Steypubinding	B200109222251	Mæling skemmd upp í 464
23. sep. 2001	13:32-13:50	Hiti	21-570	Upphitun	H200109231332	
23. sep. 2001	14:26-14:42	CBL	20-420	Steypubinding	B200109231426	
23. sep. 2001	14:42-15:04	CBL	420-3	Steypubinding	B200109231442	
24. sep. 2001	10:28-10:40	Hiti	20-410	Upphitun	H200109241028	
24. sep. 2001	11:05-11:21	CBL	20-405	Steypubinding	B200109241105	
24. sep. 2001	11:21-11:46	CBL	406-4	Steypubinding	B200109241121	



Mynd 15. Jarðlagamælingar (viðnám er sýnt með línulegum skala).



Reiknað steypumagn skv. Y-armi reyndist vera um  $36 \text{ m}^3$  í holunni, en til að steypa upp að 500 m dýpi þurfti um  $12,7 \text{ m}^3$ . Nifteinda-, gamma- og viðnámsmælingarnar sýna jarðlagaskipan í holunni, en í þeim er helst áberandi toppar í nifteinda- og viðnámsmælingunum, auk þess sem steypan sem fór inn í æðar kringum 500 m dýpi er greinileg á sjálfspennumælingunni (SP). Túlkun þessara mælinga bíður lokaskýrslu.

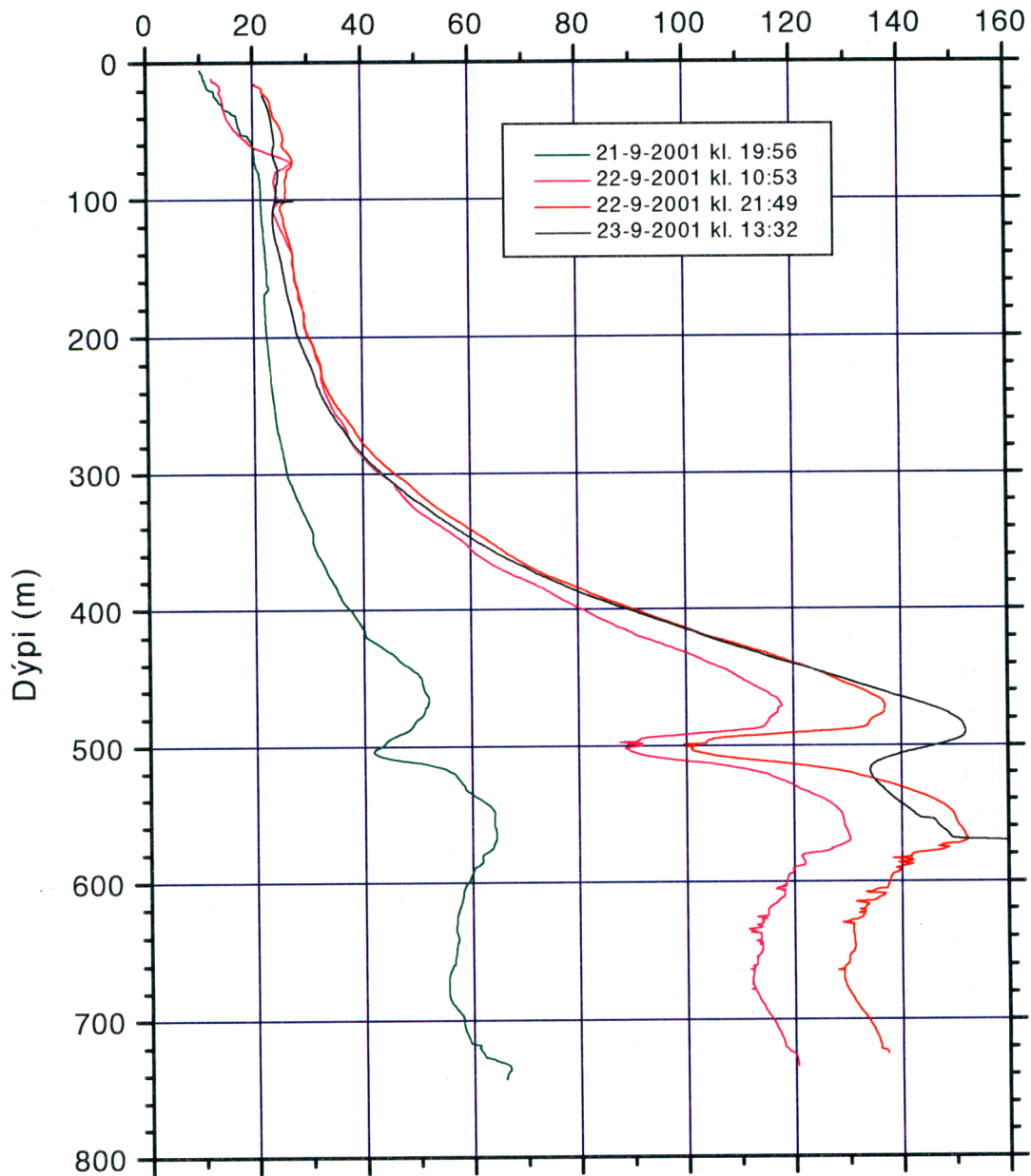
Síðasta mælingasýrpan sem gerð var í holunni var til að meta steypubindingu  $9\frac{5}{8}$ " fóðringar. Fóðringin var steyppt 21. september og var að mestu lokið um kl. 17. Steypingunni er lýst betur í kaflanum um borsöguna, en steypa varð bæði á hefðbundinn hátt og ofan frá. Síðasti steypuslurkurinn var settur milli fóðringa rétt um miðnætti. Mælingar byrjuðu skömmu eftir að borstangir voru komnar úr holu, til að fá viðmiðunarmerki í blautri steypu svo hægt væri að meta bindinguna betur. Einnig var verið að prófa nýtt tæki sem getur skráð allt bylgjurófið frá CBL-mælinum. Byrjað var á að hitamæla holuna og síðan var steypubinding (CBL) mæld. Þær hitamælingar sem gerðar voru í tengslum við CBL-mælingarnar eru sýndar á mynd 16, en þróun steypubindingar er sýnd á mynd 17. Hitamælingarnar á mynd 16 sýna hvernig holan hitnaði eftir steypinguna. Fyrstu þrjár mælingarnar sýna hitnun milli  $13\frac{3}{8}$ " og  $9\frac{5}{8}$ " fóðringarinnar, en síðustu tvær kólnun. Ástæðan getur verið að hitnunin frá efnahvörfum í steypunni meðan hún er að taka sig dugar þá ekki lengur til að hita umhverfið en það er verulega kælt af boruninni. Dýpra hitnar holan nær stöðugt, en þar eru það helst kælipunktarnir við vatnsæðar sem eru áberandi. Þannig koma æðarnar kringum 500 m skýrt fram og vísbendingu um æð á rúmlega 570 m dýpi auk vísbendinga um smærri æðar (670 m) þar fyrir neðan.

Af mynd 17 má sjá að mæling sem var gerð um 6 tímum eftir steypingu til að kanna bindingu steypunar við fóðringuna sýndi að bindingin var orðin góð frá holubotni og upp að 610 m dýpi. Þaðan og upp fyrir 500 m dýpi var steypan að byrja að harðna, en þetta var heitasti hluti holunnar (mynd 16). Næstu mælingar sem gerðar voru um 19 tímum eftir steypingu sýndu að binding var almennt orðin góð upp að 330 m dýpi og að steypa var að byrja að harðna á milli fóðringa. Þessar mælingar sýndu jafnframt að eyður voru í steypusúlunni utan fóðringarinnar. Þessar veilur eru á dýptarbilunum 365-370 m og 545-552 m og veilur með lítilli steypu í eru nálægt fyrri veilum á dýptarbilunum 356-361 m og 564-567 m. Tilvist þessara veilna var frekar staðfest í síðari mælingum. Mæling sem var gerð um 30 tímum eftir steypingu sýndi að steypubinding var að verða góð upp á 280 m dýpi og að steypan hafði heldur stirðnað á milli fóðringa þó enn væri bindingin þar lítil. Næst var mælt um 45 tímum eftir steypingu. Þó steypa hafði stirðnað meira á milli fóðringa, sérstaklega í efstu 100 m þó var bindingin milli 100-280 enn ekki mikil. Því var ákveðið að bíða lengur áður en vinna hæfist við holutopp. Loka mælingin var gerð fyrir hádegi 24. september um 66 tímum eftir steypingu. Steypubinding milli fóðringa hafði aukist en þó ekki eins mikið og vonast var eftir á bilinu 100-270 m. Ástæðan gæti verið að bindingin er ekki jöfn um ummál fóðringarinnar, en á nokkrum stöðum sást lítil eða engin dempun á öðrum og seinni púlsum hljóðbylgjunar (116-123 m, 136-145 m, 245-249 m, 259-269 m). Við samskeyti fóðringarinnar hafði dempun hljóðbylgjunar hins vegar aukist og því talið líklegt að styrkur steypunar væri orðinn nægur til að halda verkinu áfram.



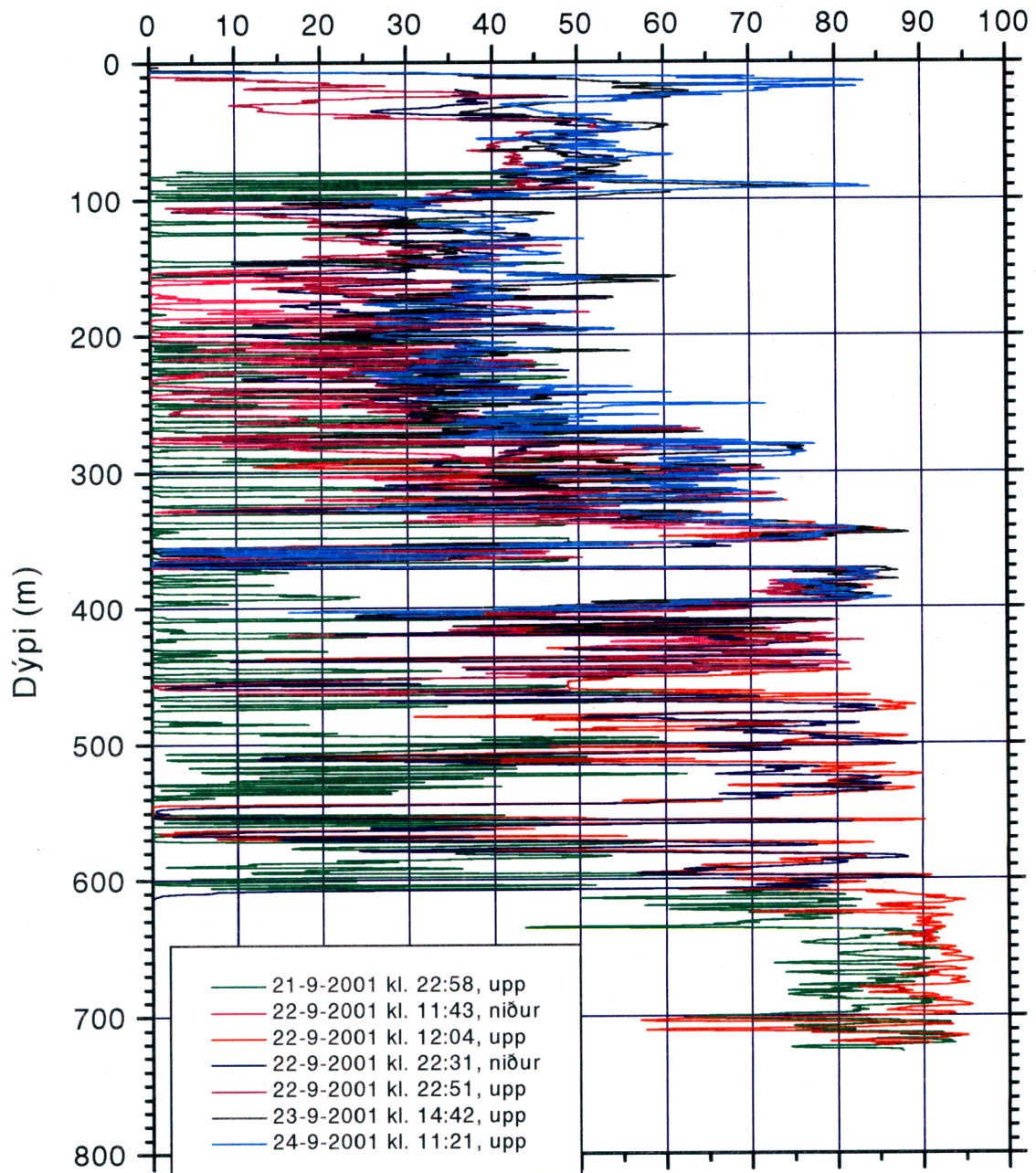
### Hellisheiði hola He-4

Hiti (°C)



Mynd 16. Hitamælingar í tengslum við CBL-mælingar.

## Hellisheiði hola He-4 Steypubinding (%)



Mynd 17. CBL-mælingar eftir steypingu vinnslufóðringar.

## 5. HEIMILDIR

*Benedikt Steingrímsson, Hjalti Franzson, Ingvar Þór Magnússon, Knútur Árnason, Kristján Sæmundsson, Sigvaldi Thordarson og Sverrir Þórhallsson 2001.* Holur HE-3 og HE-4 á Hellisheiði. Forsendur fyrir staðsetningu og hönnun holnanna. Orkustofnun, Greinargerð OS-ROS-01/01, 17 s.

*Sigurður Sveinn Jónsson, Benedikt Steingrímsson, Bjarni Guðmundsson, Bjarni Richter, Guðlaugur Hermannsson, Peter Danielsen og Sigvaldi Thordarson (2001)* Hellisheiði, hola HE-4. 1. áfangi : Borun fyrir 13<sup>3</sup>/<sub>8</sub>" öryggisfóðringu í 305 m dýpi. Orkustofnun OS-2001/058, 25 s.



## **6. VIÐAUKAR**

**Viðauki 1: Dagskýrslur úr öðrum áfanga borunar holu HE-3.**

**BORVAKT Á HELLSHEIÐI  
HE-4 DAGSSKÝRSLA #11**

Verkkaupi: Orkuveita Reykjavíkur. Verktaki: Jarðboranir hf.  
Hóla: HE-4 Borttæki: Jötunn  
Staðarnúmer: 95104 Jarðfr./mælingam.: ASG/PED

Holuviðd: 12 ¼"  
Síðasta fóðring: ~300 m m.v. Jötunn  
Skolvökví: \_\_\_\_\_

20. verkdagur

Dýpi kl. 24: 305 m  
Dýpi kl. 08: 305 m  
Skoltap: ~0 l/s

Borun síðasta sólarhring: 0 m  
Bortími: 0 klst.  
Meðalborhraði: 0 m/klst.

Gangur borverksins

Holuflans var söðinn á eftir hádegi í gær og byrjað var að vinna við uppsetningu holuloka um kl. 18. Það tók lungann úr nóttinni. Undir morgun eða um 6 leytið var byrjað að vinna við borstrenginn og var hann á leið niður í holu á vaktaskiptunum. Ekki er ljóst þegar þetta er skrifað hvenær komið verður niður úr fóðringu. Fyrst þarf að bora stungustykki, næst steypu og síðan skóinn. Stefnumótarar reikna með að fyrsta mæling vegna stefnu og halla verði eftir að ein stöng hefur verið boruð niður úr fóðringu.

Borvakt.

**BORVAKT Á HELLSHEIÐI  
HE-4 DAGSSKÝRSLA #12**

Verkkaupi: Orkuveita Reykjavíkur. Verktaki: Jarðboranir hf.  
Hóla: HE-4 Borttæki: Jötunn  
Staðarnúmer: 95104 Jarðfr./mælingam.: ASG/BR/PED

Holuviðd: 12 ¼"  
Síðasta fóðring: ~300 m m.v. Jötunn  
Skolvökví: Leðja

2. Áfangi

21. verkdagur

Dýpi kl. 24: 305 m  
Dýpi kl. 08: 339 m  
Skoltap: ~0 l/s

Borun síðasta sólarhring: 0 m  
Bortími: 0 klst.  
Meðalborhraði: 0 m/klst.

Gangur borverksins

Upp komu vandkvæði með vatnsdælur í gær þannig að ekki kom vatn upp á bor eins og ætlast var til. Þetta varð til að ekki var hægt að byrja borun fyrr en um kl. 21:00. Var þá borað stungustykki og skór. Steypa fannst í 279 m. Var loks komið í berg, rétt fyrir miðnætti. Borað var niður á 310 metra og skolað. Blönduð var leðja og grómæit frá um 02:15 til 03:30 á 273 m dýpi. Sýndi sú mæling stefnuna 257° og hallann 2,2° frá lóðréttu. Síðan var hafist handa við að sveigja og halla holunni. Til stendur að byggja upp 2,5° halla á hverja 30 metra boraða. Ætluin er að stefna í 208° og byggja upp halla að 35°.

Jarðlög og ummyndun

Enn er verið að bora í breksíu, að miklu leyti túff, en allmikló af hlutkrísluðum bergbrotum. Líklega er um bólstraberg að ræða. Ummyndun er enn fremur lítil, aðallega er um pýrit og kalsít að ræða.

Borvakt.



**BORVAKT Á HELLISHEIÐI**

**HE-4 DAGSSKYRSLA #13**

*Verkkaupi:* Orkuveita Revkiavíkur. *Verktaki:* Jarðboranir hf.  
*Hóla:* HE-4 *Bortæki:* Jötunn  
*Staðarnúmer:* 95104 *Jarðfr./mælingam.:* ASG/BR/PED

*Höluviðd:* 12 1/4" **2. Áfangi**  
*Síðasta fóðring:* 302,5 m m.v. Jötunn  
*Skolvdökv:* Leðja

**22. verkdagur**

**Dýpi kl. 24:** 483 m  
**Dýpi kl. 08:** 503 m  
**Skoltap:** ~0 l/s

**Borun síðasta sólarhring:** 178 m  
**Bortími:** 7 klst.  
**Meðalborhraði:** 25,4 m/klst.

**Gangur borverksins**

Borun gekk nokkuð vel í gær. Boruðust stangimar nokkuð bratt í fremur mjúku jarðlögum. Þegar hraðast gekk kláraðist stöngin á um 5 mínúturnum, en skolað var alltaf vel á milli til að ekki væri mikið af svarfi á ferðinni í holunni í einu. Borað var með um 10-12 tonna álagi, dælt var um 50 l/s og var dæluþrýstingur um 1000-1300 psi.

Borað er með MWD meðan verið er að beygja. Gýromæling var tekin upp úr miðnætti og gaf hún góða niðurstöðu og er allt samkvæmt ætíðun (sjá töflu 1). Var síðan haldið áfram að bora. Um 1 leytið í nótt, á um 496 metra dýpi varð algert skoltap, eða meira en 50 l/s. Stöngin var kláruð og vonast til að holan þéttist við það. Var biðnuð meiri leðja úr um 110 pokum auk þess sem bert var í 19 pokum af mica-flögum. Kom allt fyrir ekki. Var því ákveðið að taka strenginn upp í fóðringu og láta renna vatn á hóluna þar til meiri leðja kæmi úr bœnum og hægt væri að taka ákvörðun um framhaldið. Voru brotnar út 4 stangir og teknir upp 6 standar, eða um 220 metrar. Þar þá við að holan þéttist og mælist nánast ekkert skoltap nú, eða innan við 1,5 l/s. Líklegt er að eitthvað af svarfinu sem hafi verið í holunni hafi sest að neðst í holunni, er strengurinn var dreginn úr henni, auk þess sem hugsanlegt sé að mica-flögurnar hafi eitthvað hjálpað til eða holan sigið saman neðst, eða hrunið þar sem verið var að bora í fremur óstöðugtu berg. Frekari ákvarðanir um framvindu verður væntanlega tekin von bráðar.

**Tafla 1. Uppfærður halli og stefna.**

Dýpi (m)	Halli (°)	Halli (°)	Stefna (°)
273	2,2	257	
360	5,12	225,2	
447	10,10	204,3	

**Jarðlög og ummyndun**

Borað hefur verið nánast eingöngu í túff, utan u.p.b. 30 metra kafia af ljósu, nokkuð ummynduðu hraunlagi á um 415-445 metra dýpi. Túffitð ofan við hraunið er ljósgrenleit og nokkuð mikið ummyndað. Neðan við hraunlagið tekur við túff aftur en það er orðið nánast hvítt af ummyndun og er nokkuð af útfellingum. Stöku dókk ferskleg basalbröt eru til staðar og gætu bennit til að innskot séu til staðar. Neðan um 470 metra verður túffitð aftur með grænleitum blæ. Skv. upplýsingum frá borunum varð bergið skýndilega mjög hart smá stund á sama tíma og skoltapið varð og bendir það eindregið að fektin sé tengd innskoti. Ekki náðist í sýni af því.

Steindir í upphafi áfangans bera ekki merki um mikinn hita, en algengustu steindirnar þar eru kalsít og pýrit. Í hraunlaginu á um 415 m fór að bera nokkuð á skólesiti. Í túffinu neðan við hraunlöggin, á um 450 m, sást einnig til kalsíðs og heulandits sem ber vott um eitthvað sé hitinn að hækka, hugsanlega eitthvað yfir 100°C. Á um 474 metra dýpi sjást steindir sem líklega er kvars, auk wairaktíar, og var það síðan endanlega staðfest á 484 m. Þetta bendir til hita um 200°C ef þessar steindir eru í jafnvægi við berghitann eins og hann er í dag. Hugsanlegt er að um mjög "lökla" fyrirbæri sé að ræða nærri nýlegu innskoti. Á meðfylgjandi mynd má sjá jarðlagaskipan.

*Borvakt.*



ORKUSTOFNUN  
Rannsóknarsvið

**Borgögn HE-4 Hellishelóí**

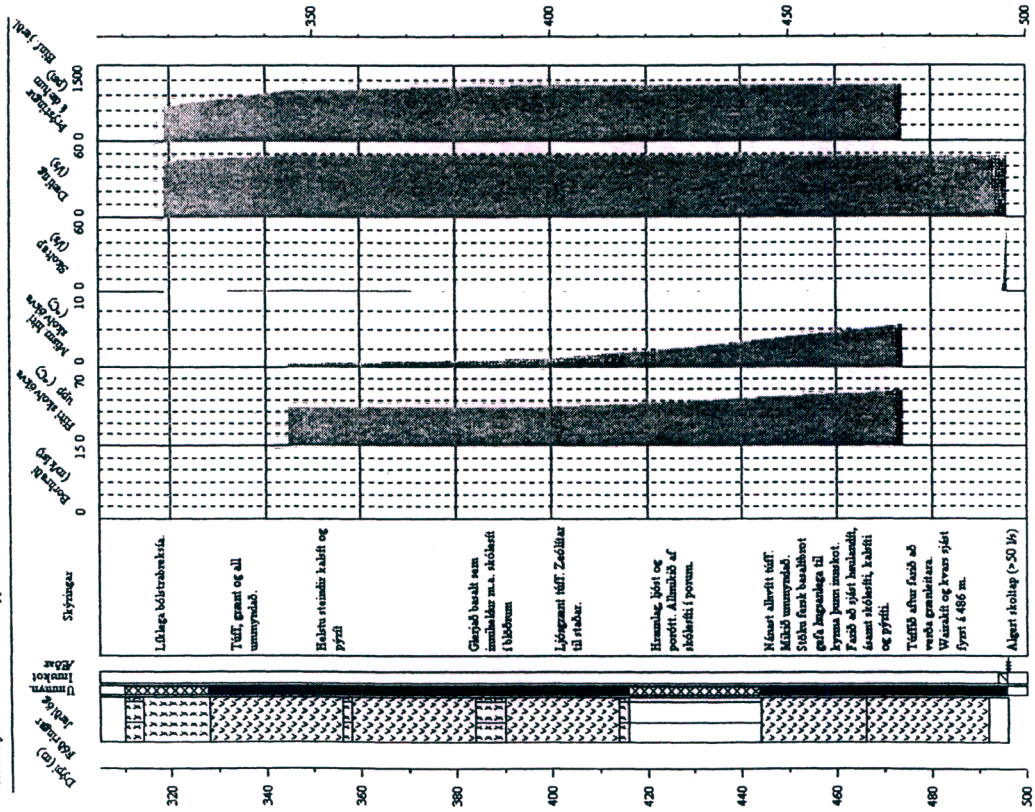
05.09.01

Staður: Hellishelóí  
Höfundur: HE-4

Staður: Hellishelóí  
Höfundur: HE-4

Bov: Jótunn  
Dýptarbíli: 305-820 m

Staðarnúmer: 95104  
Stærðsmenn: Á. GÖRBER



Jarðlagasmíð úr holu HE-4.

12.09.2001

**BORVAKT Á HELLISHEIÐI**  
**HE-4 DAGSSKÝRSLA #14**

*Verkkaupi:* Orkuveita Revkiavíkur. *Verktaki:* Jarðboranir hf.  
*Hola:* HE-4 *Bortæki:* Jötunn  
*Staðarnúmer:* 95104 *Jarðf./mælingam.:* ASG/BR/PED

*Holavidd:* 12 1/4"  
*Síðasta föðring:* 302,5 m m.v. Jötunn  
*Skolhvökvi:* Leðja

2. Áfangi

**23. verkdagur**

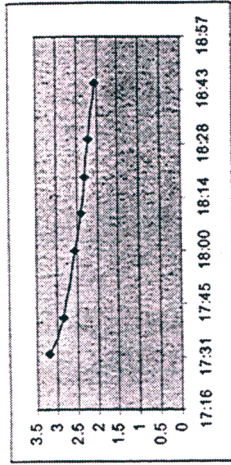
**Dýpi kl. 24:** 503 m  
**Dýpi kl. 08:** 503 m  
**Skoltap:** ~0 l/s

**Borun síðasta sólarhring:** 20 m  
**Bortími:** 0,5 klst.  
**Meðalborhraði:** 40 m/klst.

Líklegt þykir að þrýstingur á æðinni á 496 m sé lítið eitt hærrí en þyngd vatnssúlu þangað niður, sem gæti þýtt rúmlega 50 bar. Leðjan í holunni þegar borad var hefur verið nægilega þung til að æðin kom fram sem skoltap (áætlaður þungi leðju 1,05). Þegar vatnssúla var komin í að minnsta kosti helming holunnar (250 m) þá var þrýstingur á æðinni nægilegur til að snúa við streyminu.

Að því gefnu að ofangreind greining sé rétt þá verður þung leðja blönduð í holuna til að halda henni niðri meðan tekið verður upp og síðan sett niður vegna þéttingaraðgerða.

Dæling var stöðvuð í rúma klukkustund og fylgst með holutoppþrýsting eins og sést hér að neðan. Samkvæmt því virðist Po stefna niður fyrir 2 bar og hugsanlega á gildi milli 1-2 bar.



**Gangur borverksins**

Eins og kom fram í dagskýrslu gær dagsins þá var komið í algjört skoltap (> 50 l/s) á 496-497 m dýpi. Boradrir voru 6 m niður fyrir meintan skoltapsstað. Blönduð var meiri leðja úr um 110 pokum auk þess sem bætt var í 19 pokum af mica-flögum. Kom allt fyrir ekki. Var því ákveðið að taka strenginn upp í föðringu og láta renna vatn á holuna þar til meiri leðja kæmi úr þenum. Brotnar voru út 4 stangir og teknir upp 6 standar, eða um 220 metrar. Um kl. fjögur eða rúmlega það var holan hætt að taka við og orðin þétt. Næsta er gerðist var að holan var á leiðinni í gos kl. 9:40 og var velblandan er upp kom orðin 70 °C ljútt þegar lokað var að með gosvara.

Hér á eftir er samandreginn aðdragandi að núverandi ástandi og áætluð viðbrögð.

**Innlegg í umræðu um áframhaldandi borun HE-04 (dýpi 503 m)**

Um kl. 15 var dæling stöðvuð á holuna og þrýstingur mældur á kæfingastút sem reyndist vera 0,5-1 bar (skv. HÁB). Ljóst er að yfirþrýstingur er á holu sem nemur að minnsta kosti 0,5 bar og ósemilegt að hann verði yfirunninn með vatni og geli einu saman. Eina æðin sem vitað er um að hafi verið skorin er á 496 m og kom fram sem algjört skoltap (> 50 l/s). Reynt var að þétta lekann með geli og mikaflogum.

Borstrengurinn var tekinn upp þannig að krónan var komin upp í öryggisföðringu og á meðan var dælt á kæfingastút í þeim tilgangi að halda henni kaldri.

Gagnakerfi borsins gefur viðbendingar um að lekinn hafi verið orðinn þéttur um kl. 4:30 s.l. nótt, sem þýðir að holan hefur hitnað upp í neðri hlutanum frá því lekinn þéttist.

Holan fór í gos kl. 9:40 að morgni 11. sept. en það náðist að loka öryggislokum í tæka tíð (innan við mínútu eftir að streyma fór upp). Þá var hiti á leðjusulli er upp kom um 70°C.

Í ljósi þessa var ákveðið að blanda leðju sem samsvarar 100 m í holu og deila niður um kæfingastút. Síðan strax á eftir blöndu af þungri leðju (blandaðri barfi) með ep 1,3, sem samsvarar 200 m í holu. Miðað við fengnar upplýsingar á holan að þegja við þessa meðferð og verður þá eftirfarandi gert:

- Strengur tekinn upp
- Stangir settar niður til steypingar með einstreymisloka við neðstu samskeyti
- Hitamæla í gegnum strenginn þegar stangir eru niðri.

**Núverandi staða**

Leðja var blönduð og þung leðja þar á eftir eins og áætlað var. Þyngd hennar var á bilinu 1,2 -1,3. Mjóbúrin fór niður í holu og þagði hún eftir það. Síðan var strengurinn tekinn upp og var hann í góðu ásígtumlagi. Byrjað var að setja niður stangir á vaktaskiptum.



**BORVAKT Á HELLISHEIÐI**

**HE-4 DAGSSKÝRSLA #15**

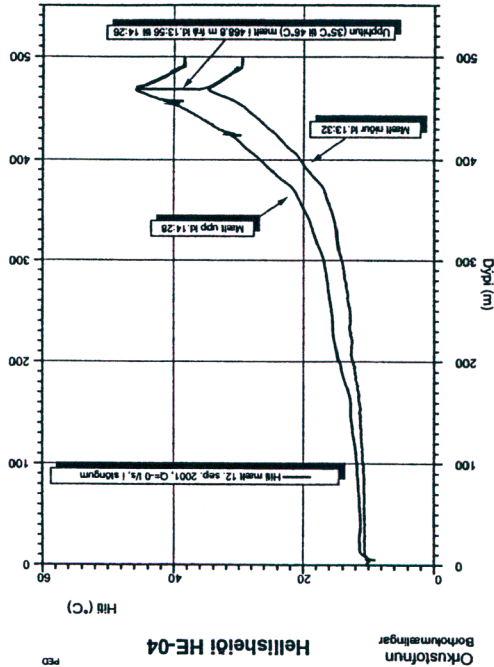
*Verkkaupi:* Orkuveita Reykjavíkur. *Verktaki:* Jarðboranir hf.  
*Hola:* HE-4 *Borteki:* Jötunn  
*Staðarnúmer:* 95104 *Jaröfr./mælingam.:* ASG/BR/PED

*Holuviðd:* 12 1/4" **2. Áfangi**  
*Síðasta fýðring:* 302,5 m m.v. Jötunn  
*Skolvékvi:* Leðja

**23. verkdagur**

**Dýpi kl. 24:** 503 m  
**Dýpi kl. 08:** 503 m  
**Skoltap:** ~0 l/s

**Borun síðasta sólarhring:** 0 m  
**Bortími:** 0 klst.  
**Meðalborhraði:** 0 m/klst.



Ljóst var að holan hitaði upp um 18-20°C/klst þar sem hún var heitust á 470 m dýpi.

Þegar niðurstöður hitamælingar lágu fyrir þá var tekið til hendinni og steypt í æðina, milli kl. 16 og 16:30, til að þétta hana. Stangir voru settar niður á 437 m dýpi og kælt til að byrja með og síðan steypt úr rúnum 10 tonnnum af sement og var áætlað að alls hafi 10 m<sup>3</sup> af sementséðju (gæðasement með tafefni) farið niður. Lokað var að uppi meðan á aðgerð stóð. Eftirdæling var 6000 l sem nægði til að reka eðjuna út úr stöngum og niður rúmlega 460 m dýpi. Eðlisþyngd sementséðjunnar var um 1,7 g/cm<sup>3</sup>. Eftir steypingu voru teknir upp 5 standar í mastur þannig að stangarendi var kominn upp í fýðringu.

Um kl. 22:30 var síðan settir niður standar á 436 metra dýpi til að hitamæla. Hitamæling var gerð um miðnætti og upphitunarmæling á 430 metrum. Fylgdi sú hitamæling alveg sama ferli og sú fyrri nema að hún sýndi 63°C á 430 m. Upphitunarmæling sýndi að holan hitaði um 2,4°C/klst. Bendir þetta til að ekki sé neinn samgangur við heitari hluta holunnar í gegnum steypana. Næst var holan skoluð og þar á eftir þrýstiprófuð. Htún byggði ekki upp neinn þrýsting og hélt alveg 4 bar þrýstingi er byggt var upp.

Næst var strengur tekinn úr holu og mótorg og króna sett niður ásamt kollum. Byrjað var að pota í steypana á um 450 metra dýpi um kl 7 í morgun. Nú er komið í 464 m og hefur enn tekist að halda sér í holunni. Steypan er greinilega búin að taka sig nokkuð, en er ekki orðin mjög hörð. Greinilegt er þó að neðan 460 metra er eitthvað af brennisteinsvetni á ferðinni.

Haldið verður áfram að bora hægt og rólega í steypana.

Borvakt

**Gangur borverks**

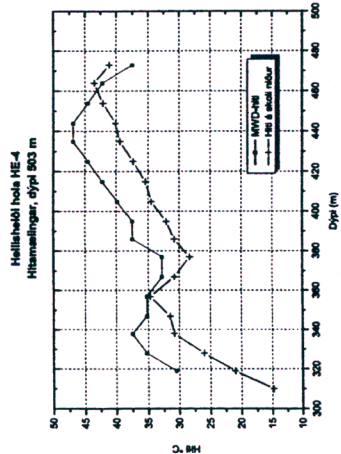
Leðja var blönduð og þung leðja þar á eftir eins og áætlað var. Þyngd hennar var á bilinu 1,2 - 1,3. Mjóðurinn fór niður í holu og þagði hún eftir það. Síðan var strengurinn tekinn upp og var hann í góðu ásigkomulagi.

Hitaðgn frá MWD-tæki skáborara voru skoðuð og borin saman við hita á skolvékva niður þegar borun stóð yfir (mynd 1). Akveðin breyting kemur fram neðan 440 m dýpis sem getur bent til aukinnar lektar.

Byrjað var að setja niður stangir á vaktaskipnum. Fyrst voru settir niður standar niður á xxx m dýpi en síðan voru settar niður stangir með kelly.

Dælt var í gegn 15 l/s við 4-5 bar þrýsting. Þannig gekk það alla leið niður að botni, sem fannst á 501,5 m um hádegisbil. Greinilegt var sem sagt að ekkert haði fallið fyrir æðina og lokað henni eins og talið var um tíma.

Eftir tveggja tíma dælingu þá var hitamælt og eru niðurstöður sýndar á mynd 2. Áferandi kæling sést neðan 470 m og þá kaldasti staðurinn er neðan 490 m eða þar sem allt skol tapaðist.



14.09.2001

**BORVAKT Á HELLISHEIÐI**

**HE-4 DAGSSKÝRSLA #16**

Verkkaupi: Orkuveita Reykjavíkur. Verktaki: Jarðboranir hf.  
Hóla: HE-4 Bortæki: Jötunn  
Staðarnúmer: 95104 Jarðfr./mælingam.: ASG/BR/PED

Holuvídd: 12 1/4"  
Síðasta fóðring: 302,5 m m.v. Jötunn  
Skolhvökví: Lebja

2. Áfangi

**23. verkdagur**

Dýpi kl. 24: 513 m  
Dýpi kl. 08: 513 m  
Skolaukn.: 5-6 l/s

Borun síðasta sólarhring: 10 m  
Bortími: 0, 5 klst.  
Meðalborhraði: 20 m/klst.

**Gangur borverks**

Byrjað var að pota í steypuna á 454 metra dýpi um kl 7 í gærmorgun. Borað var út úr holunni á rúmlega 470 m dýpi og þegar búið var að bora niður á 503 m dýpi þá byrjaði að renna upp úr henni og var áætlað magn rúmlega 5 l/s. Það var nokkuð afgerandi breyting og ef einhver hefur verið í vafa þar um, þá var þetta staðfesting á því að lekinn var þar sem skoltapitð kom um daginn á 496-497 m dýpi. Akveðið var að bora eina stöng til viðbótar niður á 513 m dýpi í þeim tilgangi að komast niður fyrir lekasvæðið.

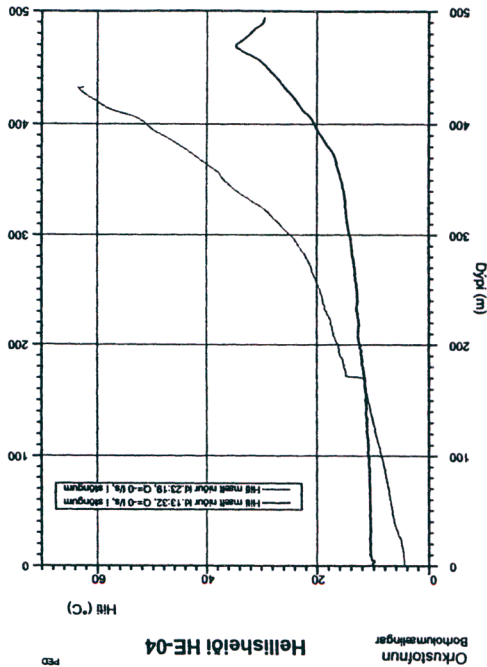
Vegna rennislis upp þá tók nokkuð langan tíma að taka strenginn upp úr holunni. Brugðið var á það ráð að blanda þunga leðju og var henni dælt niður um kæfingarstútin, en á undan var settur lejúgrauttur. Þetta var gert á sama hátt og fyrir síðustu steypingu. Þessu var lokið í gærkvöldi og eftir það var strengur tekinn upp og settar niður stangir til steypingar. Þrýstingur á holutoppi virðist svipaður og fyrir síðustu steypingu eða jafnvel lægri, líklega rúmlega 1 bar.

Hér á eftir fylgir mynd með hitamælingum sem gerðar voru í holunni fyrir 1. steypingu, þar sem annan ferlinn vantaði í dagskýrslu gærdagsins.

Þegar þetta er ritað er stangarendi á 450 m dýpi en ekki hefur verið ákveðið að svo komnu máli hvernig steypst verður.

Ónefndur maður (fyrsti staðurinn Hjalte) hringdi í borvakina og varpaði nýrri sýn á málið. Greinilegt væri að Orkuveitan væri búin að fá áframhaldandi öflugt jarðhitasvæði og því væri ekki ástæða til að gera of mikið úr smá tæknilegum vandamálum við borverkið.

Borvakt



Mynd 1. Hitamælingar fyrir 1. steypingu

15.09.2001

**BORVAKT Á HELLISHEIÐI**  
**HE-4 DAGSSKÝRSLA #17**

**Verkkaupi:** Orkuveita Revkiavíkur.

**Vertakti:** Jarðboranir hf.

**Hola:** HE-4

**Bortakti:** Jöðunn

**Staðarnúmer:** 95104

**Jarðfr./mælingarnúmer:** BG/HF/SThor

**Holuvídd:** 12 1/4"  
**Síðasta fýðing:** 302,5 m m.v. Jöðunn  
**Skotivökv:** Leðja

**2. Áfangi**

**24. verkdagur**

**Dýpi kl. 24:** 513 m  
**Dýpi kl. 08:** 529 m  
**Skolaukn:** 0 l/s

**Borun síðasta sólarhring:** 6 m  
**Bortími:** 0,5 klst.  
**Meðalborhraði:** 12 m/klst.

**Gangur borverks**

Steyping hófst kl. 11:05 í gærmorgun og var stangarendi á 484 m dýpi. Alls fóru 10 m<sup>3</sup> niður af semiseðju með eðlisþyngd 1,62 g/cm<sup>3</sup> og var blandað við hana mikaflax úr 23 pokum. Eftirdæling var 4300 l, sem þýddi til þess að breinsa steypueðju úr stöngum. Aðgerðin tók alls 14 mínútur. Strax að lokinni steypingu voru stangir teknar upp, en til að fríska minni lesenda þá var sett þung leðja í holuna í gærkvöldi til að halda yfirþrýstingi í skefjum. Holan hefur þegað eftir það.

Beðið var fram eftir degi eftir að steypan harðnaði. Komist var að samkomulagi um að bora steypuna með mjúkum streng. Byrjað var að setja niður einnar stýringar BHA upp úr kl. 16:00. Kollar voru komnir niður um kl 18:00 og síðan voru settir niður 6<sup>2</sup>/3 standar með elevator og 7 stangir brotnar út.

Steypuhröngl kom upp við skolun í 480 m. Einni borstöng var bætt við en ekki varð vart við neina vernulega aukningu í álagi á krönu. Stoppað í 483 m um kl. 21:30 og ákveðið að bíða í 2 klst.

Eftir það var haldið áfram að bora út steypuna, sem enn var lín og hálfhrönuð. Skolað var eftir hverja stöng og athugað hvort eitthvað innstreymi væri inn í holuna. Varð það nánast ekkert (<0,2 l/s), sem þýddi að steyping hafði náð tilæluðum árangri. Botn holunnar var 513 m og voru boraðar tæpar tvær stangir í viðbót eða niður í 529 m dýpi, til að ganga úr skugga um að búið væri að bora í gegnum æðina. Ekki varð vart við neina vamsað í þeirri borun. Hringdæit var í lok borunar í um 1 klukkustund, og síðan tekið til við upptekt borstrengs.

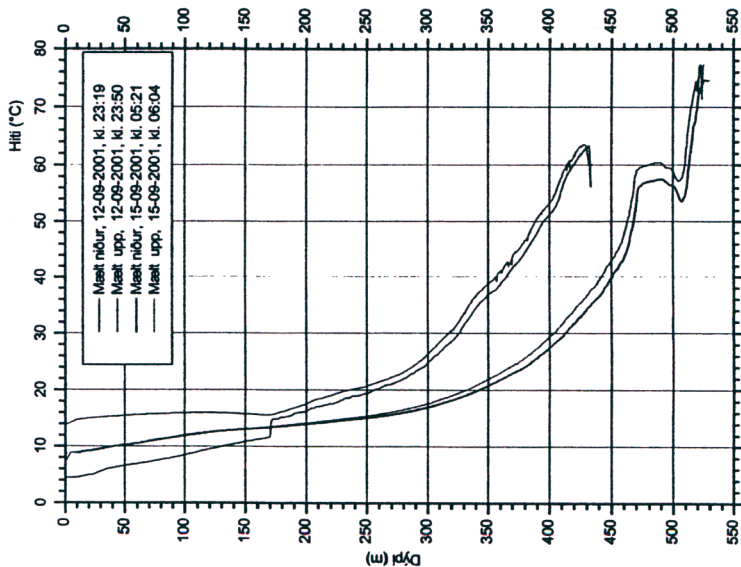
Þegar borstrengur var kominn upp úr holu var mælingamaður mættur til leiks til að hitamæla holuna. Var mælt niður holuna, beðið nærri botni og upphitun mæld í um 20 mínútur, og síðan mælt upp. Mælingum lauk nú klukkan 6:30 í morgunsánó. eru niðurstöður mælinganna, ásamt mælingum frá 12. sept., sýndar á meðfylgjandi mynd.

Ummerki æða á 470-510 m dýpi sjást í mælingunum, en ekki er greinilegt hvort um nokkurt streymi frá þeim inn í holuna sé að ræða, líklega er hér um heitara berg kringum æðarnar sem steypt var í að ræða. Hiti hækkar bratt með dýpi neðan við æðarnar (~510 m) enda er sá hluti lítt kældur. Upphitun á 525 m dýpi reyndist vera nálægt 6°C/klst, og virtist vera svipuð í neðstu 100 m, en minnkandi þar fyrir ofan.

ORKUSTOFNUN  
Borholumælingar

15.09.2001  
SThor/HF

**Hellisheiði, HE-04**



Mynd 1. Hitamælingar eftir 2. steypingu

Borvakt



16.09.2001

## BORVAKT Á HELLISHEIÐI

### HE-4 DAGSSKÝRSLA #18

**Verkkaupi:** Orkuveita Revkiavíkur. **Verktaki:** Jarðboranir hf.  
**Hola:** HE-4 **Bortaki:** Jötunn  
**Staðarnúmer:** 95104 **Jarðfr./mælingam.:** BG/HF/SThor

**Holuviðd:** 12 1/4"  
**Síðasta fjarðing:** 302,5 m m.v. Jötunn  
**Skolviðkví:** Leðja

2. Áfangi

#### 25. verkdagur

**Dýpi kl. 24:** 560 m  
**Dýpi kl. 08:** 611 m  
**Skotlap.:** 6 l/s

**Borun síðasta sólarhring:** 41 m  
**Bortími:** 2,5 klst.  
**Meðalborhraði:** 16,4 m/klst.

#### Gangur borverks

Á vaktaskiptum í gærmorgun var unnið að niðurstæðingum strengs. Strengurinn er í öllum aðalatriðum sambærilegur við þann sem notaður hefur verið hingað til í borun í 2. áfanga. Þó er notaður er annar bormótór og því hefur "bottom x/o" (söbb) neðan við mótór verið tekin út, einnig var skipt um söbb ofan við mótór. Af þessu leiðir að BHA (Bottom Hole Assembly) er nú 83 cm styttri en hann var áður.

Rétt fyrir hádegi í gær var síðasti kollinn og lykkihólurými kominn í borð. Laust fyrir kl. 16:00 var króna í botni á 529 m. Hóla var þá kæld og svo hafist handa við að blanda 100 poka af geli í skolviðkvann.

Borun í berg hófst laust fyrir kl. 18:00 í gær. Fyrst var ein stöng klárud (um 2 m voru eftir) með róteringu, síðan voru tvær stangir boraðar án snúnings strengs ("slæðaðar").

Mílli klukkan 02:45 og 03:25 var holan gyromæld á 543 m dýpi, en þá var bordýpi um 580 m. Niðurstöður gyromælinganna voru þær að hallinn er 17,03° og stefnan 213,7°, þ.a. stefnan er innan vikmarka áætlunarinnar, en hallinn eitthvað minni en áætlun gerir ráð fyrir (um 20°).

Vart var við 6 l/s skotlap á milli 575-590 m dýpis, og voru settir nokkrir pokar af jólastkrauni. Ekki hefur aftur verið tekið skotlap en búið er við að það hafi minnkað eða horfið.

#### Jarðlög og ummyndan

Eins og fram hefur komið er æðin í 496 m hugsanlega tengd innskoti, en dreif basalt koma er í svarsýnum á því dýpi og þar neðan við. Berglöggin neðan 500 m dýpis eru ráðandi móberg; túff er einrátt niður á 530 m, þar sem við tekur bólistraberg og brekskur sem ná niður á 578 m dýpi. Þar verður túff aftur ríkjandi allt niður á 600 m dýpi.

Vart hefur verið við berggang. Nærveru hans merktist fyrst á oxun í grannberginu neðan um 530 m dýpis, í 540 m kom magnéttit og grænleit slíka sem rakinn er til járnriks píroxens og í 552 m dýpi varð vart við fersklegt plagióklasílitótt þétt basalt innskot. Dreif af innskotinu var í öllum sýnum allt niður í 566 m dýpi en neðan þess hefur ekki orðið vart við það, en hitaunmyndun sem merki um nærveru berggangsins sést enn niður í tæplega 600 m dýpi. Líklegt er að skotlapnið tengist sprungum við þaðra berggangsins.

Stefna holunnar er, eins og getið er hér fyrir ofan, um 213° er nærri stefnu helznu misgengja og gossprungna á yfirborði, og er líklegt að þetta sé einnig strikstefna berggangsins, enda fylgir holan eftir jaðri hans.

Borvakt

17.09.2001

**BORVAKT Á HELLISHEIÐI**

**HE-4 DAGSSKÝRSLA #19**

**Verkkaupi:** Orkuveita Reykjavíkur.  
**Hola:** HE-4  
**Staðarnúmer:** 95104  
**Verktaki:** Jarðboranir hf.  
**Bortæki:** Jötunn  
**Jarðfr./mælingam.:** BG/HE/SThor

**Holuviðd:** 12 1/4"  
**Síðasta föðring:** 302,5 m m.v. Jötunn  
**Skolvökv:** Leðja

**2. Áfangi**

**28. verkdagur**

**Dýpi kl. 24:** 696m  
**Dýpi kl. 08:** 696m  
**Skoltap:** 0 l/s

**Borun síðasta sólarhring:** 136m  
**Bortími:** 13 klst.  
**Meðalborhraði:** 10,5 m/klst.

**Gangur borverksins**

Borun gekk vel í gærdag. Stöngin klárðist að jafnaði á um 20 mínútum, alltaf var skolað vel á milli til að ekki væri mikið af svarti á ferðinni í holunni. Borað var með um 12 tona álagi, dælt var um 50 l/s og var dæluþrýstingur 1300-1400 psi.

Skoltap ar mælt 10:30 í gærdag og reyndist 3,5 l/s. Settir voru tveir pokar af mikaflogum til að þétta tekann og er talið að það hafi tekið. Um hádegi var stutt hlé meðan skipt var um ventil á dælu 3. Skoltap var mælt aftur kl 14:30 og var þá 1,0 l/s. Meira jólaskrauti var þá blandað í skolvökvann.

Pegar dýpi var orðið 676 m var farið í girómælingu (frá 17:20 til 18:00 í gærdag). Mælt var á 639 m dýpi (Tafli 1). Vel hefur gengið að byggja upp hallan en holan hefur sveigt heldur til suðurs frá síðustu mælingu. Girómetn höfðu orð á því að MWD búnaðurinn yrði fyrir minni truflunum hér en í öðrum holum þar sem hann hefur verið notaður.

Vel gekk að bora holuna niður í um 680 m dýpi en þá fór að harðna á dalnum, og datt borhraðinn niður í um 2 m/klst þrátt fyrir að álag væri 25-30 þús. pund og farið var með snúning upp í 80 sn/mín.. Er farið var að rýna í svarfsýnin kom í ljós að bergið var hálfauingjalegt og linkent tuff. Dæluþrýstingur var einnig óvenju hár eða um 1400 psi. Kom móbnum saman um að líklegasta skýringin væri lejúkögglar á krónu og styrtingum. Strengur var tekinn upp og reyndist grunur manna á rökum reistur, hart lejúlag lá utaná

rymurum og vart sá í krónuna. Leðja var hreinsuð af með skóflum og járnköllum, og síðustu lejúkornum spúlað af með háþrýstipvotti.

Mælingamaður var mættur á svæðið um það leyti sem borstrengur var úr holu, og var slakað niður hitamæli til að kanna ástand holunnar fyrir niðurstömu borstrengs. Er hitamælingamyndin sýnd hér að neðan ásamt fyrri mælingum til samanburðar. Mælt var niður, tekin upphitun í 690 m, og síðan mælt upp. Mælingin upp reyndist lítt ábyggileg þar sem leðja settist á mælinn og brást hann því seint og illa við hitabreytingum. Upphitunarhraðinn reyndist vera um 12°C/klst í 690 m, og í um 520 m var hann gróflga áætlaður um 3,5°C/klst, og minni þar fyrir ofan. Ljóst er að mjólkla þarf strenginn neðan um 500 m dýpi.

Niðurstömu er langt komin nú í morgunsárið.

**Jarðlög og ummyndun**

Jarðlagasnið er sýnt á síðari myndinni. Sem fyrr er tuff ráðandi. Túffid verður fyrst grænleitari neðan við 600 m, þá verður túffid heldur blágrænna er kemur niður fyrir 650 m og dökknar það enn er komið er niður fyrir 680 m, en það merkir að ummyndun fari minnkandi. Nokkuð af tiltölulega fersklegu basalti kom í sýnum á 620-660 m dýpi og var basaltið ráðandi á stuttum kaffa. Líklegast er holan að kassast utan í berggang á þessu dýptarbili. Sé sú tilgáta rétt kann það að skýra að einhverju leyti af hverju holan er svona "vinstrisinnuð" í kringum 639 m. Steindir í upphafi áfangans báru ekki merki um mikinn hita. Það er ekki fyrir en á 470 til 480 m dýpi að ummyndunarmáttur nær 200°C. Síðan hafna kalist og pírit verði algengar ummyndunarsteindir, einnig er wairakít og kvars áberandi og sést hefur í prenti.

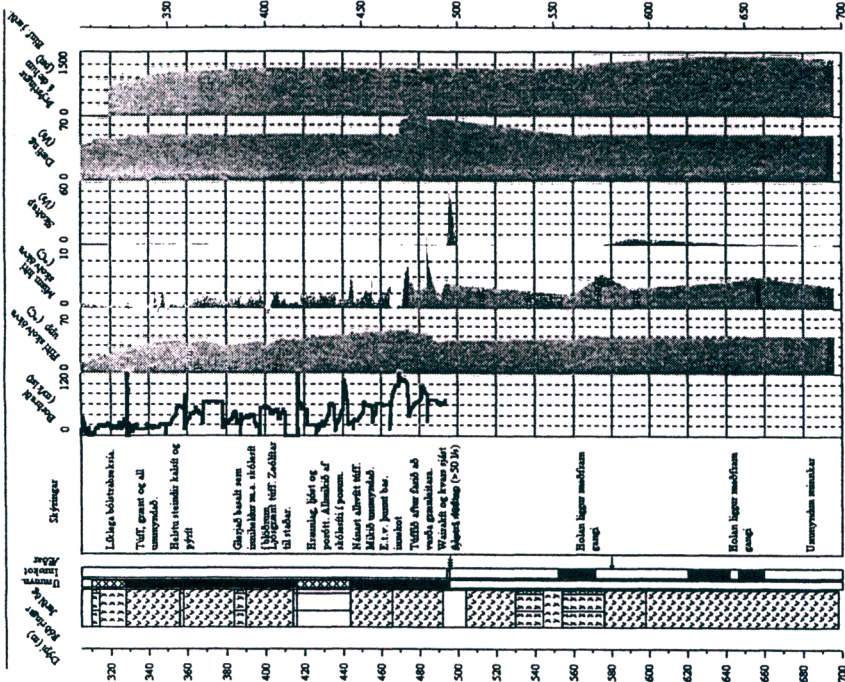
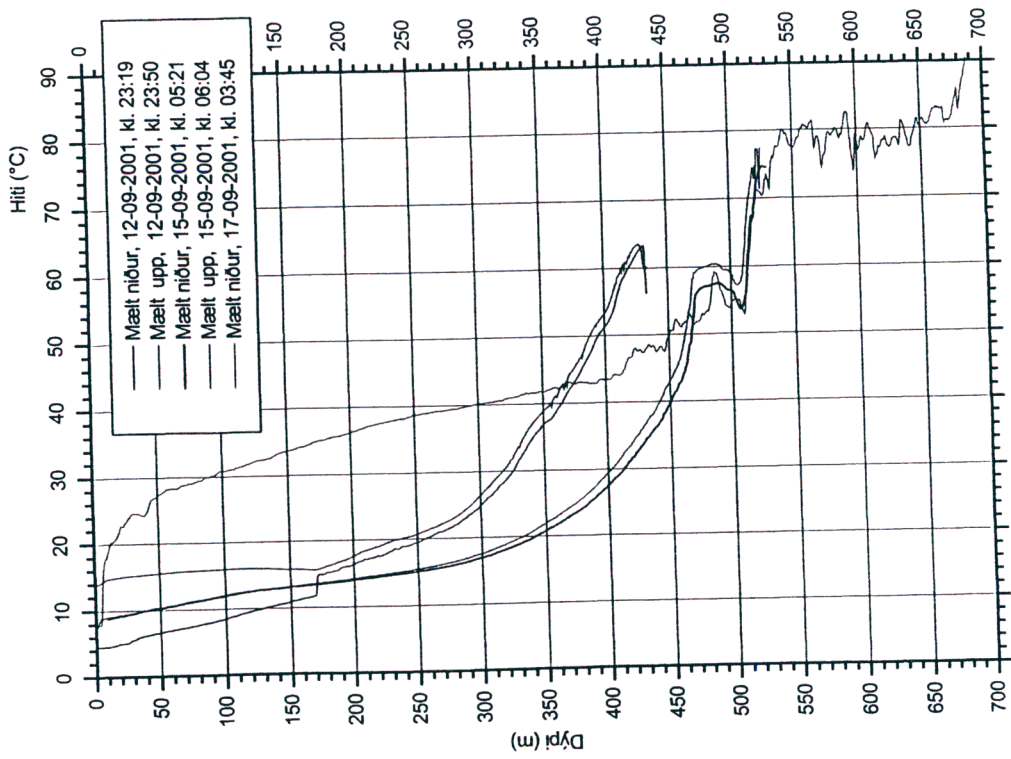
Á meðfylgjandi mynd má sjá jarðlagaskipan.

*Borvakt.*

**Tafli 1. Uppfærður halli og stefna.**

Dýpi (m)	Halli (°)	Stefna (°)
273	2,2	257
360	5,12	225,2
447	10,10	204,3
543	17,03	213,7
639	28,68	201,8

Staður: Hellisheiði Borjónun Skjalnúmer: Laby Staðarnúmer: 95104  
 Hólaögn: HE-4 Dýptarlíni: 301-820 m Ferillíni: 2. úrangi Skjalnúmer: A/GÖRBRÖRHF





**BORVAKT Á HELLISHEIÐI**

**HE-4 DAGSSKÝRSLA #20**

*Yrkkaupti:* Orkuveita Reykjavíkur. *Verktaki:* Jarðboranir hf.  
*Hola:* HE-4 *Bortæki:* Jötunn  
*Staðarnúme:* 95104 *Jarðfr./mælingam.:* BG/HF/SThor

*Holavidd:* 12 1/4"  
*Síðasta fóðring:* 302,5 m m.v. Jötunn  
*Skohvökt:* Leðja

**2. Áfangi**

**29. verkdagur**

**Dýpi kl. 24:** 753 m **Borun síðasta sólarhring:** 57 m  
**Dýpi kl. 08:** 789 m **Bortími:** 5,5 klst.  
**Skoltap:** 0 l/s **Meðalborhraði:** 10,5 m/klst.

**Gangur borverksins**

Niðurstætt strengs var langt kominn á vaktaskiptum í gærmorgun. Um kl. 13:30 í gærdag var strengurinn að mestu kominn ofan í holi. Fyrst var rýmt aftur á næststíðustu stönginni sem boruð var í fyrredag (áðeins boruð 1 m á síðustu stönginni). Borun í berg hófst um kl. 14:00. Borun gekk þokkalega fram eftir degi og fram á kvöld. Borað var með um 10 tonna álagi ákrónu, deiling var 50 l/s og dæluþrýsingur var um 1400 til 1500 psi. Skoltap var mælt tvicegis í gærdag (kl. 15:00 og 18:00) og reyndist holan þétt. Dýpi var 726 m á vaktaskiptum í gærkvöldi.

Fundað var kl. 14:00 til að ræða þá hugmynd sem hafði skotið upp kollinum snemma í þessu borverki, en hún er á þá leið að fóbna heldur dýpra (í 850 m) í öðrum áfanga en lagt var upp með (800 m). Með því er líklegt að hægt sé að halda smúningsvægi (torki) innan viðráðanlegra marka lengur og auka þar með líkumarn á ná 2 km dýpi. Kostirnir voru metnir en áfráðið að halda sig við upprunalega fóðringardýpi.

Borun gekk vel niður í um 775 m dýpi, en þá lækkaði borhraðinn umtalsvert og lækkaði smá saman niður í um 2 m/klst. Tölu menn að það sama væri að gerast að áður, það að lejúkögglar lægu á krónu og stýringum, og að krónan "spólaði" í línu túffinu. Þegar komið var í um 784 m dýpi tók borhraðinn góðan kipp og var það túlkað sem að komið væri í hart berg. Borað var í 789 m og beðið svarfins, og reyndist bergið hafa breytt úr túffi í finkorna hart og fersklegt basaltmúskot. Er hér komið í æskilegt fóðringardýpi.

Hringdælt verður í holunni í um 6 klst. til að læsla holuna sem bezt fyrir upptekt, því menn vonast til að holan reynist nægilega köld til jarðlagamælinga.

**Jarðlög og ummyndun**

Jarðlagaskipan á þeim kafla sem borað var síðasta sólarhring er áfram að mestu leyti móbergstúff. Ummyndun reyndist takmörkuð niður í um 738 m, en þar kom í gromnara túff og jókst ummyndun eitthvað. Á um 782 m tókur aðeins að örja á epidóti, og var það gíðicfimi þar sem hér var staðfesting á að komið væri í núverandi eða fyrirverandi 250°C hita.

*Borvakt.*

**BORVAKT Á HELLISHEIÐI**  
**HE-4 DAGSSKYRSLA #21**

*Verkkaupi:* Orkuveita Reykjavíkur. *Verktaki:* Jarðboranir hf.  
*Hola:* HE-4 *Bortaki:* Jötunn  
*Staðarnúmer:* 95104 *Jarðfr./mælingam.:* BG/HF/SThor

*Holaviddi:* 12 ¼"  
*Síðasta fóðring:* 302,5 m m.v. Jötunn  
*Skolvolvi:* Lebja

2. Áfangi

**30. verkdagur**

**Dýpi kl. 24:** 789 m  
**Dýpi kl. 08:** 789 m  
**Skoltap:** 0 l/s

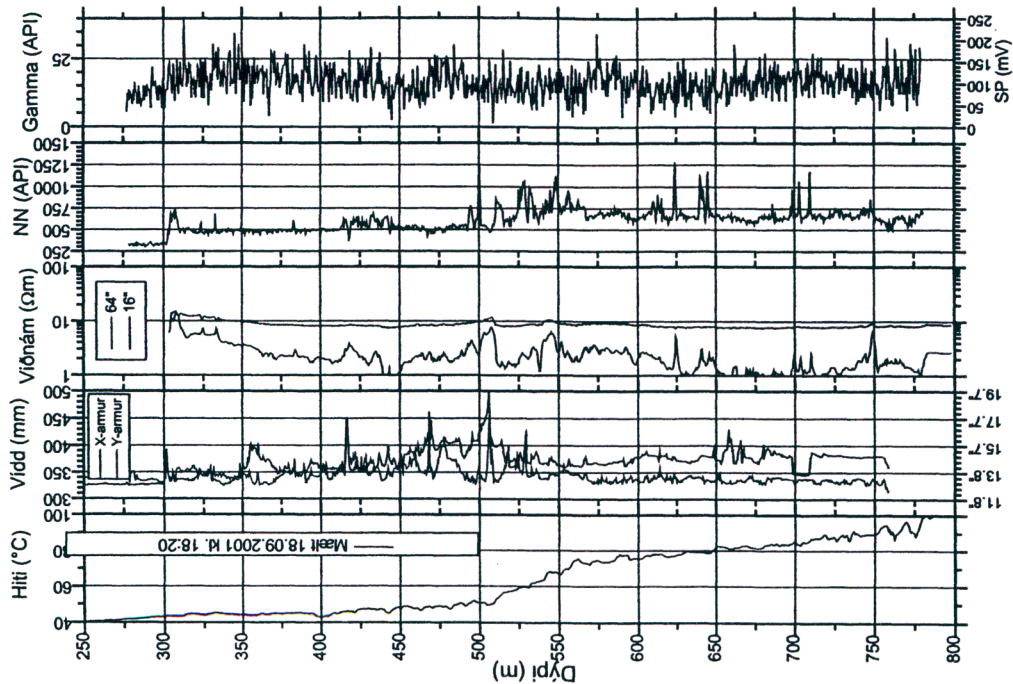
**Borun síðasta sólarhring:** 36 m  
**Bortími:** 5,5 klst.  
**Meðalborhraði:** 6,5 m/klst.

**Gangur borverksins**

Eftir að borun lauk í gærmorgun á, 789 m dýpi, var hringdælt í 6 klst til að læsla holuna. Kælingin gekk hægt og náðist "upphitun" aldrei niður fyrir 40°C. Talið var hugsanlegt að einhvert streymi væri úr æðinni á 497 m í aðra undirþrysta með niður undir holubotni. Uppið hófst kl. 13:30. Lykilholurými var kominn í borð rétt fyrir kl. 15:00 og króna var kominn í borð laust eftir kl. 17:00.

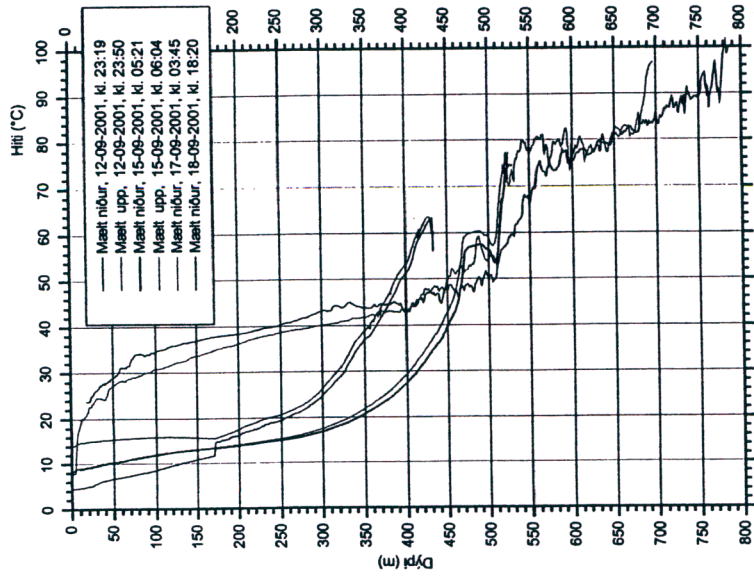
Mælingar hófust um kl. 18:00 og lauk laust eftir miðnætti. Sett var niður ein stöng og mælt í gegnum hana, því var sá möguleiki fyrir hendi að loka að stönginni með BOP lokanum ef holan færi að bæra á sér. Mælt var í opinni hollu og þess gætt að holan væri full af lefðu. Mældur var hiti, vidd og jarðblög og eru mælingarnar sýndar á mynd 1, auk þess sem hitamælingin er sýnd ásamt völdum hitamælingum á mynd 2. Magn steypu fyrir 9 5/8" fóðringu reyndist vera ~36,2 m<sup>3</sup> ef miðað er við Y-ásinn eingöngu, en ~41,8 m<sup>3</sup> ef báðir armar eru notaðir. Jarðlagasúla ásamt helstu borgögnnum er sýnd á mynd 3.

**Borvakt.**



Mynd 1. Jarðlagamælingar.

**Hellisheiði, HE-04**

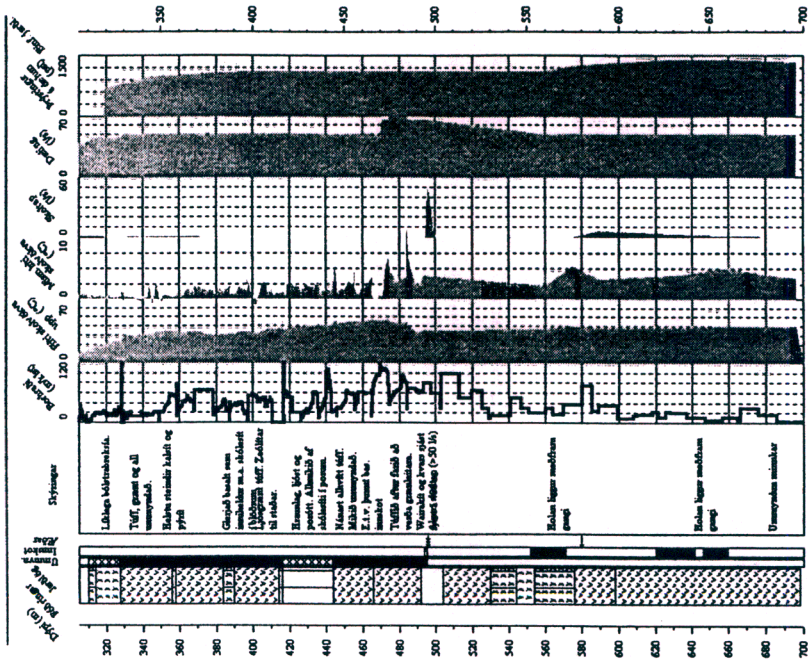


Mynd 2. Hitamælingar.

**IE** ORKUSTOFNUN  
Rannsóknasvið

**Borgögn HE-4 Hellisheiði**

Staður: Hellisheiði  
Höfnun: HE-4  
Borjónan: Svólver: Leif's  
Dýptarbil: 303-500 m  
Ferkvæði: 2. flokkur  
Stærðarm: AUCR/BOR/R



Mynd 3. Jarðlagastíla



**BORVAKT Á HELLISHEIÐI**

**HE-4 DAGSSKÝRSLA #22**

*Verkkaupi:* Orkuveita Reykjavíkur. *Verktaki:* Jarðboranir hf.  
*Hola:* HE-4 *Bortæki:* Jötunn  
*Staðarnúmer:* 95104 *Jarðfr./mælingam.:* BG/HF/SThor

*Holiviðd:* 12 1/4"  
*Síðasta fóðring:* 302,5 m m.v. Jötunn  
*Skolyðkvi:* Leðja

2. Áfangi

**31. verkdagur**

**Dýpi kl. 24:** 789 m  
**Dýpi kl. 08:** 789 m  
**Skoltap:** < 1 l/s

**Borun síðasta sólarhring:** 0 m  
**Bortími:** 0 klst.  
**Meðalborhraði:** 0 m/klst.

**Gangur borverksins**

Mælingum lauk skömmu eftir miðnætti aðfaranótt miðvikudags. Eftir að mælingum lauk var farið að undirbúa fóðringu með 9<sup>5</sup>/s". Fóðring var í fullum gangi á vaktaskiptum. Samkallað fóðringarveður var á borsaði í gærdeg, þéttur rigningarróði og þoka. Fóðring var komin í botn laust fyrir kl. 17:00. Fóðring náði botni á 787 m sem bendir til litlilhátar botnfalls. Hift var og er fóðringarendi á 786,5 m dýpi.

Eftir að fóðring var komin í holu var hafist handa við að setja niður stangir og tengja í flotkolla. Þá var leðja blönduð og nú í morgunárið er leðju bringaðelt á meðan steyping er undirbúinn. Vegna þess að æðin á 497 m er líklega ekki alveg þétt (sbr. litlilháttar skoltap) er beðið með að skipa yfir í vatn til að kæla holuna fyrir steypingu þar til undirbúningi er að mestu lokið. Þetta er gert til að lágmarka þann tíma sem aðeins er vatn í holunni og minnka þannig líkurnar á að æðin verði til vandræða.

*Borvakt.*

**BORVAKT Á HELLISHEIÐI**

**HE-4 DAGSSKÝRSLA #23**

*Verkkaupi:* Orkuveita Reykjavíkur. *Verktaki:* Jarðboranir hf.  
*Hola:* HE-4 *Bortæki:* Jötunn  
*Staðarnúmer:* 95104 *Jarðfr./mælingam.:* BG/HF/SThor

*Holiviðd:* 12 1/4"  
*Síðasta fóðring:* 302,5 m m.v. Jötunn  
*Skolyðkvi:* Leðja

2. Áfangi

**32. verkdagur**

**Dýpi kl. 24:** 789 m  
**Dýpi kl. 08:** 789 m  
**Skoltap:** l/s

**Borun síðasta sólarhring:** 0 m  
**Bortími:** 0 klst.  
**Meðalborhraði:** 0 m/klst.

**Gangur borverksins**

Í gær var steyping undirbúinn. Kl. 20:00 var steypufundur á bor. Ákveðið að fresta steypingu þangað til í dag. Líklega verður steypit og haldið á móti á "kill-line" en passað að þrýstingur fari ekki yfir 5 bór. Ef steypan fer ekki upp fyrir æðina á 500 m er hægt að steypa bæði ofan og neðan frá. Fundað verður aftur núna kl. 8:30 og farið yfir steypuáætlunina.

Í morgun um 5:35 var skipt yfir í vatn og leðjan skoluð út. Um kl. 8:00 var sóði settur í og fór hann að koma upp um 8:10. Skoltap hefur ekki verið mælt en er mjög lítið ef nokkuð.

*Borvakt.*



ORKUSTOFNUN  
Rannsóknasvið

22.09.2001

## BORVAKT Á HELLISHEIÐI

### HE-4 DAGSSKÝRSLA #24

**Verkkaupi:** Orkuveita Revkiavíkur.

**Vertaki:** Jarðboranir hf.

**Hola:** HE-4

**Bortæki:** Jötunn

**Staðarnúmer:** 95104

**Jarðfr./mælingarnúmer:** ÁsG

**Holuvádd:** 8 1/2"  
**Stöðvaðing:** 786,5 m m.v. Jötunn  
**Skolvökvi:**

**2. Áfangi**

### 32. verkdagur

**Dýpi kl. 24:** 789 m  
**Dýpi kl. 08:** 789 m  
**Skoltap:** 0 l/s

**Borun stösta sólarhring:** 0 m  
**Bortími:** 0 klst.  
**Meðalborhraði:** 0 m/klst.

### Gangur borverksins

Á fundi sem haldinn var á borstað kvöldið fyrir steypingu var ákveðið tvennt. Í fyrsta lagi að steypa ekki í myrktu og fresta framkvæmd því fram til fyrramáls. Í öðru lagi að skola geli úr holunni um það bil þremur tímum fyrir steypingu. Þreinsa síðan með sóta, skola með vatni og kæla. Þetta gekk allt eftir skolinum hófst kl. 5 aðfaranótt föstudagsins 21. september. Notabir voru 7 þokar að sóta við þvottinn. Áætluð steyping dróst aftur á móti fram yfir hádegi vegna ýmissa undirbúningsþátta sem sköða þurfti í þau. Mesta töfn var þegar vatn hætti að berast að borun um kl. 11. Valdir menn fóru á valda staði og komu öllu í lag á innan við klukkustund. Á þessum tíma hafði holan náð að hina og var hún skoluð og kæld fram að steypingu kl. 14:02. Fyrir steypingu var kannað hvort æðin í 500 m væri opin og var dælt á hólutopp þar til þrýstingur var kominn í rúmlega 5 bar og tók hún aðeins við 3 l/s. Þar af leiðandi var holan metin nánast þétt við þessar aðstæður, en þúast mátti við að hún opnabist á ný þegar þungi steypusúlunnar legðist á lekasvæðið.

Klukkan 14:02 fór steypueðjan að renna niður og var blandað við hana mika-flögum í þeim tilgangi að þetta lekam í holunni. Haldið var að hólutoppi þannig að þrýstingur þar var um 3 bar og eðlisþyngdin hélst mestan tímann yfir 1,6. Þegar steyping hafði staðið yfir í rúma hálfu klukkustund fór að bera á stíflu frá semenstillóti yfir í mixara og að endingu varð að rífa í sundur leisluna og tilheyrandi. Aðdragandinn varð á þá lund að slanga frá sílóinu losnaði af og mikill sementstrókur stóð upp í loftið og skreytti alla viðstadda, en þó misrúkið. Töfn í steypingunni var í um 20 mínútur en röskar hendur komu öllu í samt lag aftur og haldið var áfram að steypa. Fyrir töfna voru komnir niður þá sást þerlusteinn í fyrsta skipti í frátrennslinu. Holunni og þegar 45 m<sup>3</sup> voru komnir niður þá sást þerlusteinn í fyrsta skipti í frátrennslinu. Klukkan 13:30 þá hætti alveg að koma upp. Afköst á dælu voru þá rúmlega 24 l/s. Dælt var þannig í 10 mínútur en þá tekin ákvörðun um að hætta steypingu í gegnum stangir og steypa ofanfrá í gegnum kæfingarstút milli föðringa. Þá voru komnir 66 m<sup>3</sup> í holuna. Um 25 mínútur tók að dæla allri steypu úr stöngum niður í gegnum stungustykki, losa stengur frá stungustykki og tengja slöngur við kæfingastút. Þannig var steyping ofan frá kominn af stað kl. 16:05. Til að byrja með eða fyrstu 20 mínúturnar var móþrýstingur 8-10 bar við 8-12 l/s dæluafköst, en þá voru komnir niður um 10 m<sup>3</sup>. Eftir það gekk dælingin nánast móþrýstingslaust við svipuð afköst.

Steypuæðgerðinni lauk kl. 16:45 eftir að um 21 m<sup>3</sup> var kominn niður um kæfingarstút, mika-blandað og með eðlisþyngdina 1,62 g/cm<sup>3</sup>.

Alls var þá búið að dæla niður 87 m<sup>3</sup> af sementöju og steypuborð einhvers staðar niðri á ökunnum stað. Áætlað var að halda áfram að dæla á holluna sementöju eftir tvo og hálfan tíma og síðan aftur eftir tvo tíma ef hún væri ekki komin upp og þannig aftur og aftur þar til árangur aðgerðar væri ásettannlegur.

Um kl. 20 var dælt niður 2,7 m<sup>3</sup> og hurfu þeir eins allt þar á undan. Milli kl. 23 og 24 fóru 2,4 m<sup>3</sup> og fylltist holan við það. Líklega fór 1 m<sup>3</sup> fram hjá en 1,3 nýttust til að fylla hana. Eðlisþyngdin var 1,67 g/cm<sup>3</sup> í fyrri steypingunni en 1,65 í þeirri seinni. Steypan seig ekkert og var þar með lokið steypingu vinnslufóðringar á farsælan hátt að því best er vitað.

Mælingarnenn mættu með tæki sin milli kl. 18 og 19. Þeir hitamældu og 0-stíllu CBL-þrópana áður en endanleg mæling væri gerð á steypugæðum þegar hörðun var orðin viðumandi. CBL-þrópan for niður á um 730 m dýpi og hitamælirinn um 10 m neðar. Þannig að eitthvað steypuhröngi er í holunni.

**Borvakt.**

**BORVAKT Á HELLISHEIÐI**

**HE-4 DAGSSKÝRSLA #25**

*Verktæpu:* Orkuveita Revkiavíkur. *Verktaki:* Jarðboranir hf.  
*Hola:* HE-4 *Bortæki:* Jötunn  
*Staðarnúmer:* 95104 *Jarðfr./mælingam.:* ÁsG

2. Áfangi

*Holuviddi:* 8 1/2"  
*Síðasta fóðring:* 786,5 m m.v. Jötunn  
*Skothöki:*

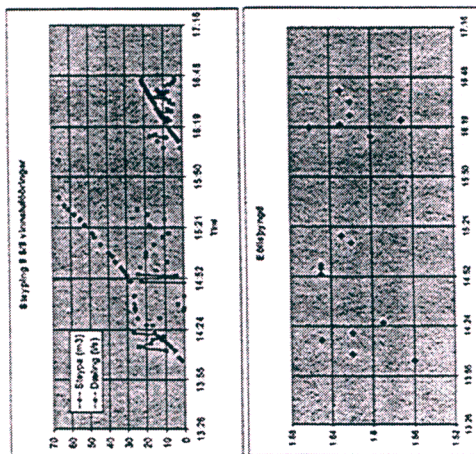
**34. verkdagur**

**Dýpi kl. 24:** 789 m  
**Dýpi kl. 08:** 789 m  
**Skoltap:** 0 l/s

**Borun síðasta sólarhring:** 0 m  
**Bortími:** 0 klst.  
**Meðalborhraði:** 0 m/klst.

**Gangur borverksins**

Eins og kom fram í dagsskýrslu gerdagsins þá tók steyping vinnslufóðringar nánast allan seinni hluta fösudagsins og með eftirreittum fram að miðnætti. Það var sagt að mika-flögur hefðu farið niður í steypingu um kæfingarstút en svo reyndist ekki vera. En hér fylgja tvö línurit sem sýna framvindu steypingar annars vegar og svo eðlisþyngd hins vegar.



Mynd 1. Yfirlit yfir steypingu vinnslufóðringar.

Mælingamein sinnu starfi af samvirkseminni sem ávallt. Hér á eftir eru tvær myndir annars

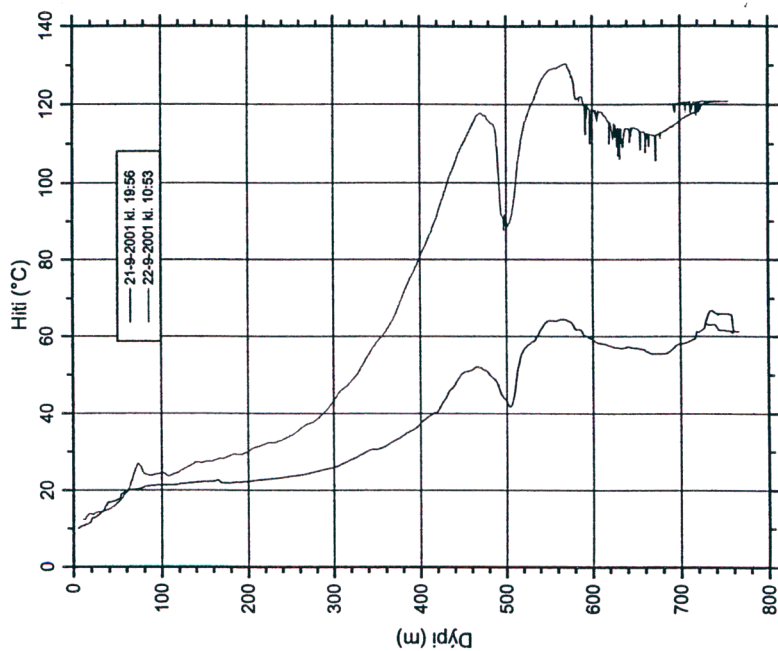
vegar hitamælingar (mynd 2), sem gerðar voru á undan CBL-mælingum og svo sjálfar CBL-mælingar (mynd 3) sem sýna gæði steypunnar. Í aðalatriðum má segja að steypan sé góð, en á tveimur stöðum sjást þókar sem í virðast vera án steypu þ.e. á um 550 m og við 570 m. Erfitt er að skýra það, en hugsanlega má segja að þar sé steypa sem einfaldlega scinni til hörðnuinar en fyrir ofan og neðan.

Mælingamein komu í gærkvöldi og mátu steypu óharnaða milli fóðringa þannig að enn er beðið eftir hörðnun áður en skortið ofan af fóðringunni.

Orkustofnun  
Borholumælingar

23.9.2001  
Ómar/GuH

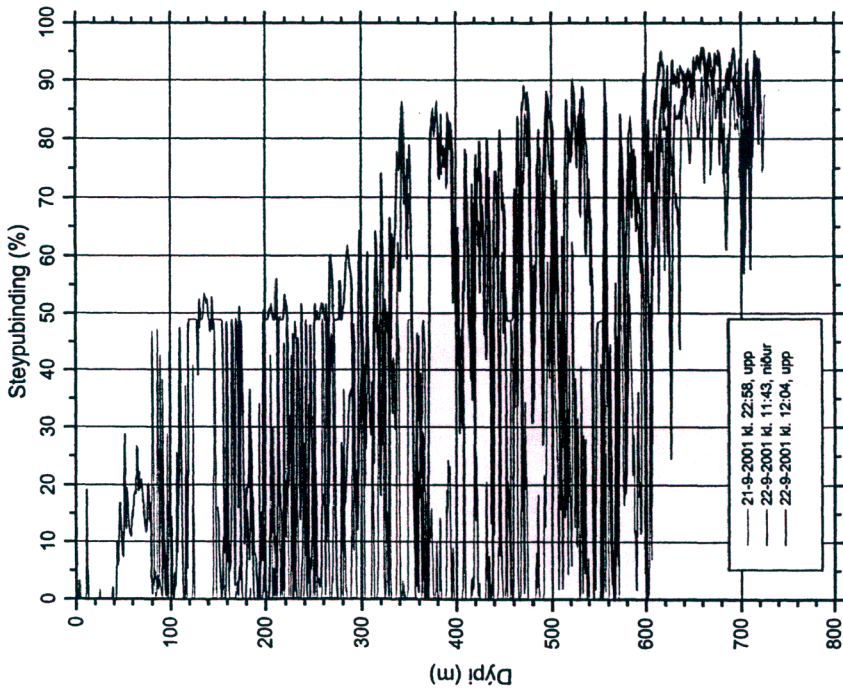
**Hellisheiði hola He-4**



Mynd 2. Hitamælingar 21. 22. september.



Hellisheiði hola He-4



Mýnd 3. CBL-mælingar í vinnslufóðringu.

Borvakt.

BORVAKT Á HELLISHEIÐI

HE-4 DAGSSKYRSLA #26

Verkkaupi: Orkuveita Revkjavíkur. Verktaki: Jarðboranir hf.  
Hóla: HE-4 Bortteki: Jötunn  
Staðarnúmer: 95104 Jarðfr./mælingam.: ÁsG/Ómar/GuH

Holuvídd: 8 1/2"  
Síðasta fóðring: 786,5 m m.v. Jötunn  
Skolvöðvi:

2. Afangli

35. verkdagur

Dýpi kl. 24: 789 m  
Dýpi kl. 08: 789 m  
Skoltap: 0 l/s

Borun síðasta sólarhring: 0 m  
Bortími: 0 klst.  
Meðalborhraði: 0 m/klst.

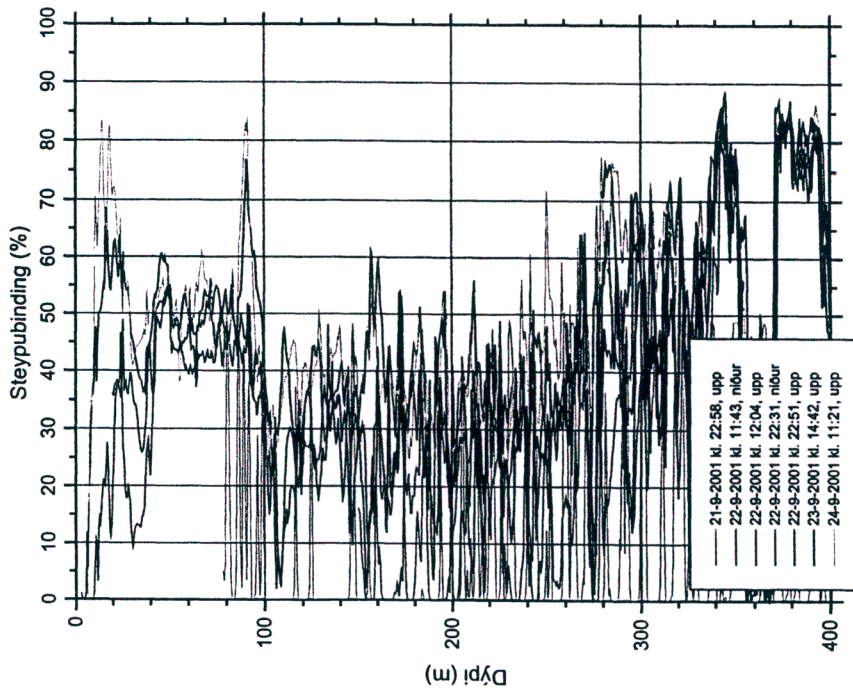
Gangur borverksins

Beðið hefur verið eftir að steypa harðni nægilega vel til þess að halda megi áfram við holuna. Um eftirmiðdagnin í gær var CBL-mælt. Eftir yfirtegu á niðurstöðum var ákveðið að biða fram á mánuðag með áframhaldandi aðgerðir. Í morgun var CBL-mælt eina ferðina til og voru ekki miklar breytingar sjátlegar miðað við gærdaginn en þó hafði steypan tekið sig líflega. Niðurstöður mælinga eru sýndar á meðfylgjandi mynd. Breytingar næstu daga á steypu verða mjög hægar og var það mat ROS og eftirlis að óhætt væri að halda áfram við borverkið.

Bormenn eru í þann veg að fara að skera ofan af vinnslufóðringunni. Síðan á eftir að koma slif fyrir, ganga frá holuþopp, setja niður til að bora út stungustykki og steypu, taka upp borstreng og mæla samfellda grómælingu (G-2). Að þessu loknu verður sett niður til borunar vinnsluhluta.

Borvakt.

Hellisheiði hola He-4



**BORVAKT Á HELLISHEIÐI**

**HE-4 DAGSSKÝRSLA #27**

Verkkaupi: Orkuveita Revkiavíkur. Verktaki: Jarðboranir hf.  
 Hóla: HE-4 Borttæki: Jötunn  
 Staðarnúmer: 95104 Jarðfr./mælingam.: ÁsG/Ómar/GuH

Holviðd: 8 1/2"  
 Síðasta fjóring: 786,5 m m.v. Jötunn  
 Skolvökví:

2. Áfangi

36. verkdagur

Dýpi kl. 24: 789 m  
 Dýpi kl. 08: 789 m  
 Skoltap: 0 l/s

Borun síðasta sólarhring: 0 m  
 Bortími: 0 klst.  
 Meðalborhraði: 0 m/klst.

Gangur borverksins

Framvinda verksins er nokkuð í samræmi við það sem getið var um í dagskýrslu gær-dagsins. Byrjað var að vinna við holuna um kl. 15 og var búið að koma fyrir þennsluslif og holuventli milli kl. 20 og 21. Þá var byrjað að raða öryggislokum og því tilheyrandi á holutopp.

Í nótt hófst niðurstetning krónu og um kl. 7 var komið niður í steypu á 724 m dýpi eða litlu ofar en mælur ROS fóru niður (730 m). Steypa hefur verið boruð í morgun og rétt fyrir kl. 11 var komið í stungustykkið og er verið að bora það.

Á heiðinn er haustveðrið eins og best verður á kosið.

Borvakt.

## **Viðauki 2: Uppbygging borstrengs.**



# sperry-sun DRILLING SERVICES

## BHA Report

Operator : Jardboranir HF  
Well : HE - 4  
Field : Heillisheidi  
Location : Heillisheidi  
Rig : JØTUNN  
Job # : NR-DD-21043

BHA# 1

BHA# 1 : Date in :09-09-200 MD In (m) : 305 TVD In (m) : 305 Date Out 12-09-200 MD Out (m): 503 TVD Out (m): 501

### BIT DATA

Bit #	OD (in)	MFR	Style	Serial#	Nozzles (/32's)	TFA (in <sup>2</sup> )	Dull Condition
			EHP51	LX8108	3x24	1.325	

### MOTOR DATA

Run #	OD (in)	MFR	Model	Serial#	Bend	Nzl (/32's)	Avg Dif (bar)	Cum Circ Hrs
	9.625	SSDS	SperryDrill	963281	0.00°		84.3	31.00

### COMPONENT DATA

Item #	Description	Serial #	OD (in)	ID (in)	Gauge (in)	Weight (kg/m)	Top Con	Length (m)	Bit - Center Blade (m)
1	Tricone	LX8108					P 6-5/8" Reg	0.36	
2	x/o on mtr at bit # 963281	67116					P 7-5/8" Reg	0.36	
3	9-5/8" SperryDrill Lobe 5/6 - 3.0 stg	963281	9.625	5.863		232.03	B 7-5/8" Reg	9.38	
4	Bottleneck x/o on mtr#963281	71377	9.625				B 6-5/8" Reg	0.91	
5	Float Sub	74445					B 6-5/8" Reg	0.64	
6	Integral Blade Stabilizer	71318	7.938	2.875	11.750	218.03	B 6-5/8" Reg	1.86	12.45
7	8" DWD 1200 System	81252	8.000				B 6-5/8" Reg	9.48	
8	UBHO Sub	67106	7.938	2.875		218.03	B 6-5/8" Reg	0.76	
9	Integral Blade Stabilizer	62964	7.938	2.813	12.000	219.43	B 6-5/8" Reg	1.98	24.62
10	1x Non-Mag Drill collar	51265	7.875	2.625		219.54	B 6-5/8" Reg	8.98	
11	Cross Over Sub							0.94	
12	8x Drill collar		8.000	2.500		229.13		75.42	
13	Cross Over Sub							0.95	
14	Drilling Jar							9.68	
15	Cross Over Sub							0.90	
16	3x Drill collar		8.000	2.500		229.13		28.26	
17	Key seat wiper							1.40	
								152.26	

Parameter	Min	Max	Ave
WOB (t)	20.00	25.00	24.35
RPM (rpm)	40	50	49
Flow (L/min)	2500	3000	2961
SPP (bar)	910.0	1250.0	1129.1

Activity	Hrs
Drilling	17.75
Reaming	0.00
Circ-Other	13.25
<b>Total</b>	<b>31.00</b>

BHA Weight	(kg)
in Air (Total)	
in Mud (Total)	
in Air (Bel Jars)	0
in Mud (Bel Jars)	

Drill String	OD(in)	Len(m)

### PERFORMANCE

	In	Out
Inclination (deg)	1.96	16.58
Azimuth (deg)	264.65	215.59

	Distance (m)	ROP (m/hr)	Build (°/30m)	Turn (°/30m)	DLS (°/30m)
Oriented	124.00	0			
Rotated	74.00	0			
<b>Total</b>	<b>198.00</b>	<b>11</b>	<b>2.22</b>	<b>-7.43</b>	<b>2.33</b>

### COMMENTS

Strengur 1. Niður á 503 m dýpi.

# sperry-sun DRILLING SERVICES

## BHA Report

Operator : Jarðboranir HF  
Well : HE - 4  
Field : Heillisheidi  
Location : Heillisheidi  
Rig : JØTUNN  
Job # : NR-DD-21043

BHA# 3 (Proposed)

BHA# 3 : Date In : MD In (m) : TVD In (m) : Date Out MD Out (m) : TVD Out (m) :

### BIT DATA

Bit #	OD (in)	MFR	Style	Serial#	Nozzles (/32's)	TFA (in <sup>2</sup> )	Dull Condition
			EHP51	LX8108	3x24	1.325	

### MOTOR DATA

Run #	OD (in)	MFR	Model	Serial#	Bend	Nzl (/32's)	Avg Dif (bar)	Cum Circ Hrs

### COMPONENT DATA

Item #	Description	Serial #	OD (in)	ID (in)	Gauge (in)	Weight (kg/m)	Top Con	Length (m)	Bit - Center Blade (m)
1	Tricone	LX8108			12.250		P 6-5/8" Reg	0.36	
2	Integral Blade Stabilizer	74475	8.000	3.000	11.750	219.04	P 6-5/8" Reg	2.13	1.43
3	Cross Over Sub	333						0.40	
4	Float Sub	74437					B 6-5/8" Reg	0.54	
5	1x Non-Mag Drill collar	51265	7.875	2.625		219.54	B 6-5/8" Reg	8.98	
6	Cross Over Sub							0.94	
7	8x Drill collar		8.000	2.500		229.13		75.42	
8	Cross Over Sub							0.95	
9	Drilling Jar							9.68	
10	Cross Over Sub							0.90	
11	3x Drill collar		8.000	2.500		229.13		28.26	
12	Key seat wiper							1.40	
								129.96	

Parameter	Min	Max	Ave	Activity	Hrs	BHA Weight (kg)	Drill String	OD (in)	Len (m)
WOB (t) :				Drilling :		in Air (Total) :			
RPM (rpm) :				Reaming :		in Mud (Total) :			
Flow (L/min) :				Circ-Other :		in Air (Bel Jars) :			
SPP (bar) :				Total :	0.00	in Mud (Bel Jars) :			

PERFORMANCE			Distance (m)	ROP (m/hr)	Build (°/30m)	Turn (°/30m)	DLS (°/30m)
Inclination (deg)	In	Out					
Azimuth (deg)							
Oriented :							
Rotated :							
Total :							

### COMMENTS

Strengur 2. Notað í steypuborun eftir 2. steypingu.

<b>sperry-sun</b> <b>DRILLING SERVICES</b>		Operator : Jardboranir HF Well : HE - 4 Field : Heillisheidi Location : Heillisheidi Rig : JØTUNN Job # : NR-DD-21043		<b>BHA# 4 (Proposed)</b>					
<b>BHA Report</b>									
BHA# 4 : Date In :		MD In (m) :	TVD In (m) :	Date Out :	MD Out (m) : TVD Out (m) :				
<b>BIT DATA</b>									
Bit #	OD (in)	MFR	Style	Serial#	Nozzles (/32's) TFA (in <sup>2</sup> ) Dull Condition				
			EHP51	LX8108	3x24 1.325				
<b>MOTOR DATA</b>									
Run #	OD (in)	MFR	Model	Serial#	Bend Nzl (/32's) Avg Dif (bar) Cum Circ Hrs				
	9.625	SSDS	SperryDrill	963166	<del>0.00</del> 215°				
<b>COMPONENT DATA</b>									
Item #	Description	Serial #	OD (in)	ID (in)	Gauge (in)	Weight (kg/m)	Top Con	Length (m)	Bit - Center Blade (m)
1	Tricone	LX8108			12.250		P 6-5/8" Reg	0.36	
2	9-5/8" SperryDrille 6/7-5.0 c/w stab+xo	963166	9.625	6.135	12.125	219.03	B 7-5/8" Reg	9.00	1.09
3	X/O Sub on mtr #963166	67108					B 6-5/8" Reg	0.82	
4	Float Sub	74445					B 6-5/8" Reg	0.64	
5	Integral Blade Stabilizer	71318	7.938	2.875	11.750	218.03	B 6-5/8" Reg	1.86	11.62
6	8" DWD 1200 System	81252	8.000				B 6-5/8" Reg	9.48	
7	UBHO Sub	67106	7.938	2.875		216.03	B 6-5/8" Reg	0.76	
8	Integral Blade Stabilizer	62964	7.938	2.813	12.000	219.43	B 6-5/8" Reg	1.98	23.79
9	1x Non-Mag Drill collar	51285	7.875	2.625		219.54	B 6-5/8" Reg	8.98	
10	Cross Over Sub							0.94	
11	8x Drill collar		8.000	2.500		229.13		75.42	
12	Cross Over Sub							0.95	
13	Drilling Jar							9.68	
14	Cross Over Sub							0.90	
15	3x Drill collar		8.000	2.500		229.13		28.26	
16	Key seat wiper							1.40	
								151.43	
<b>PERFORMANCE</b>									
Parameter	Min	Max	Ave	Activity	Hrs	BHA Weight (kg)	Drill String OD(in) Len(m)		
WOB (t) :				Drilling :		in Air (Total) :			
RPM (rpm) :				Reaming :		in Mud (Total) :			
Flow (L/min) :				Circ-Other :		in Air (Bel Jars) : 0			
SPP (bar) :				Total :	0.00	in Mud (Bel Jars) :			
<b>PERFORMANCE</b>									
			In	Out	Distance (m)	ROP (m/hr)	Build (°/30m)	Turn (°/30m)	DLS (°/30m)
Inclination (deg)					Oriented :				
Azimuth (deg)					Rotated :				
					Total :				
<b>COMMENTS</b>									

Strengur 3. Borun eftir steypingar niður í fóðringardýpi.



**Viðauki 3: Aflestur mælinga (surveys) úr MWD tæki.**

Dýpi (m)	Halli frá lóðréttu(°)	Stefna (°)
0.000	0.000	0.000
200.000	0.000	0.000
273.000	2.050	332.045
319.000	0.940	312.045
328.000	1.780	270.045
338.000	3.000	250.645
347.000	3.800	243.145
357.000	4.340	239.945
367.000	5.370	229.945
377.000	6.100	225.445
386.000	6.900	223.245
395.000	7.600	223.345
405.000	8.100	219.245
415.000	8.670	216.945
425.000	8.910	213.295
435.000	9.180	208.645
444.000	9.760	214.905
454.000	10.950	213.435
464.000	11.750	209.975
482.000	14.360	214.945
492.000	14.930	214.945
511.000	14.800	216.945
530.000	15.900	213.745
550.000	17.790	208.795
560.000	19.070	208.775
569.000	21.030	209.305
579.000	22.070	210.115
589.000	23.200	205.145
599.000	24.600	206.345
608.000	25.600	205.145

618.000	26.800	204.145
627.000	27.200	206.345
637.000	28.400	206.545
646.000	29.500	202.345
656.000	30.300	203.045
666.000	31.100	203.845
675.000	32.130	203.645
685.000	33.300	204.345
694.000	34.300	206.345
704.000	35.300	204.445
714.000	35.430	205.445
733.000	35.680	205.645
743.000	35.670	206.145
762.000	35.470	205.245
768.000	35.200	205.100