



ORKUSTOFNUN

RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri

Örvunaraðgerðir í holu MN-8 í Munaðarnesi

**Arnar Hjartarson
Grímur Björnsson
Kristján Sæmundsson**

Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur

2003

OS-2003/019

Arnar Hjartarson
Grímur Björnsson
Kristján Sæmundsson

Örvunaraðgerðir í holu MN-8 í Munaðarnesi

Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur

OS-2003/019

Apríl 2003



Skýrsla nr.: OS-2003/019	Dags.: Apríl 2003	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Örvunaraðgerðir í holu MN-8 í Munaðarnesi	Upplag: 35	
	Fjöldi síðna: 35	
Höfundar: Arnar Hjartarson Grímur Björnsson Kristján Sæmundsson	Verkefnisstjóri: Benedikt Steingrímsson Grímur Björnsson	
Gerð skýrslu / Verkstig: Mælingar og prófanir á borholu	Verknúmer: 8-610015	
Unnið fyrir: Orkuveitu Reykjavíkur		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: <p>Hola MN-8 í Munaðarnesi var boruð í 900 m dýpi og kom í a.m.k. 90°C heitt jarðhitakerfi. Besta æð holunnar eftir borun var smáæð á 440 dýpi og skilaði holan um 4,5 l/s í loftdælingu með vatnsborð á 195 m dýpi. Borun holunnar lauk 11. febrúar 2003 og frá 17. febrúar fram til 3. mars stóðu yfir ýmsar örvunaraðgerðir í holunni ásamt viðeigandi prófunum. Allar örvunaraðgerðir sem gerðar voru skiluðu árangri. Í blástursprófi sem gert var þann 3. mars gaf holan um 18 l/s í loftdælingu með vatnsborð á 165 m dýpi. Sjálfrennsli eftir borun var um 0,5 l/s en er 2,3 l/s eftir örvunaraðgerðir. Hiti vatnsins sem rennur úr holunni er orðinn 80°C. Holan hefur mikið iðustreymistap í annars ágætlega leku bergi og ætti hún að standa undir u.þ.b. 10 l/s vinnslu af rúmlega 80°C heitu vatni. Hola 8 virðist boruð rétt til hliðar við vatnsleiðandi heitavatnssprungu og má taka það sem vísbendingu um að bora megi fleiri og aflmeiri holar á svæðinu. Nauðsynlegt er að dæluþróa holuna, efnagreina vatnið úr henni og hitamæla hana í botn. Ef til þess kæmi að aftur yrði borað þarf jafnframt að svarfgreina og jarðlagagreina holuna.</p>		
Lykilorð: Jarðhitakerfi, borhola, hiti, loftdæling, pökkun, vatnsborð, örvun	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra:	
	Yfirlit af: BS, PI	

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	7
2. ÁGRIP AF BORSÖGU	7
3. ÖRVUNARAÐGERÐIR Í HOLU MN-8	7
3.1. Blástursprófun 17. febrúar	7
3.2. Hringdæling 18. febrúar	10
3.3. Örvun og blástursprófun 19. febrúar	11
3.4. Örvun 21. febrúar	12
3.5. Blástursprófun 22. febrúar	14
3.6. Víddarmæling 23. febrúar	15
3.7. Pökkun 25. febrúar	16
3.8. Þrýstijöfnun og loftblástur 26. febrúar	19
3.9. Loftdæling 3. mars	21
4. AFKÖST OG LEKT	22
5. SJÁLFRENNSLI OG HITI EFTIR ÖRVANIR	24
6. ÞRÝSTISAMGANGUR VIÐ GRUNNAR BORHOLUR	25
7. SAMANTEKT OG NIÐURSTÖÐUR	26
8. HEIMILDIR	27

TÖFLUR

Tafla 1: Yfirlit um mælingar í blástursprófun þann 17. febrúar 2003.	28
Tafla 2: Mælingar á hita og rennsli úr holu MN-8 meðan á örvunaraðgerðum stóð. ..	29
Tafla 3: Mælingar við hringdælingu og kælingu miðvikudaginn 19. febrúar.	30
Tafla 4: Þrýstingur á holutoppi í og eftir að 13 l/s ádæling er tekin af 19. febrúar.	31
Tafla 5: Þrýstingur á stand pipe (Po) og ádæling með Sögu (D1) og Froski (D2) ásamt heildardælingu (q), við ádælingu í holu MN-8 21. febrúar.	32
Tafla 6: Skráningar á rennsli við pökkun 25. febrúar.	33
Tafla 7: Þrýstijöfnun eftir pökkun 26. febrúar.	35

MYNDIR

Mynd 1: <i>Hitamælingar í holu MN-8 dagana 17. til 19. febrúar.</i>	8
Mynd 2: <i>Prýstimælingar í holu MN-8 dagana 17. og 19. febrúar.</i>	9
Mynd 3: <i>Prýstifall (bar) á 300 m dýpi í upphafi blásturs þann 17. febrúar.</i>	10
Mynd 4: <i>Prýstijöfnun (bar) á 650 m dýpi þann 17. febrúar.</i>	10
Mynd 5: <i>Toppþrýstingur á holu MN-8 við ádælingu 21. febrúar.</i>	13
Mynd 6: <i>Jöfnun þrýsting í holu MN-8 eftir ádælingu þann 21. febrúar.</i>	13
Mynd 7: <i>Hitamælingar fyrir og í loftdælingu í holu MN-8 22. febrúar 2003.</i>	14
Mynd 8: <i>Vídd holu MN-8 frá fóðringu og niður á 470 m dýpi. Pakkað var við sléttan flöt á 403 m dýpi.</i>	16
Mynd 9: <i>Mældur þrýstingur og heildarrennsli við pökkun í holu MN-8.</i>	18
Mynd 10: <i>Mældur þrýstingur og heildarrennsli í holu MN-8 fyrstu tíma pökkunar.</i>	18
Mynd 11: <i>Mældur þrýstingur og heildarrennsli í holu MN-8 fyrsta hálf tíma pökkunar.</i>	19
Mynd 12: <i>Prýstijöfnun í holu MN-8 eftir pökkun.</i>	20
Mynd 13: <i>Hitamælingar eftir pökkun og í loftdælingu í holu MN-8, auk mælingar sem sýnir hæstan mældan hita í holunni.</i>	21
Mynd 14: <i>Hiti og rennsli úr holu 8 við loftblástur á 250 m dýpi (rauður) og 145 m dýpi (blár).</i>	22
Mynd 15: <i>Aflferlar holu MN-8 eftir borun, væga ádælingu, mikla ádælingu og pökkun.</i>	23
Mynd 16: <i>Prýstijöfnun í holu MN-8 eftir pökkun.</i>	23
Mynd 17: <i>Hiti og sjálfrennsli úr holu MN-8 í Munaðarnesi eftir pökkun.</i>	24
Mynd 18: <i>Vatnsborðsmælingar í holum MN-4, MN-6, MN-7 og SG-6.</i>	25

1. INNGANGUR

Skýrsla þessi er samin að beiðni Orkuveitu Reykjavíkur og Bandalags starfsmanna ríkis og bæja, og fjallar um prófanir og örvunaraðgerðir á holu MN-8 í Munaðarnesi. Ráðist var í borun holunnar þegar kaldvatnsleit sýndi að inni í nánast miðri orlofshúsa-byggðinni í Munaðarnesi er að finna hitastigul yfir 250°C/km (Kristján Sæmundsson, 1997). Holunni var valinn staður í vestanverðu gilinu, stutt austur af áhaldahúsinu sem þjónar orlofshúsabyggðinni.

Örvunaraðgerðir í holu 8 hófust mánudaginn 17. febrúar 2003 og stóðu fram til 3. mars. Skýrslan lýsir aðgerðum og niðurstöðum þeirra.

2. ÁGRIP AF BORSÖGU

Hola MN-8 var boruð af Sögu, bor Jarðborana hf. Borinn kom í Munaðarnes í desember 2002. Verkið hófst með því að fyrst var 16" fódoringu komið í 1,5 m dýpi og síðan 14" í 4 m dýpi. Því næst kom 10" vinnslufódoring sem steipt var í 150 m dýpi. Niður úr henni var borað með 8 ½" hjólakrónu og vatni í 900 m dýpi. Því var lokið þriðjudaginn 11. febrúar. Miðvikudaginn 12. febrúar voru stangir settar í 250 m dýpi til undirbúnings loftdælingu og fóru bormenn að því loknu í helgarleyfi.

Ekki varð vart við umtalsvert skoltap í borun holunnar nema á einni stöng, á u.þ.b. 697 m dýpi. Virtist þá sem talsvert vatn, kringum 10-15 l/s, tapaðist um tíma. Að sögn borstjóra, Steinars Más Jónssonar, var tapið mjög auðmarkað af rennsli sem var yfir hallandi brún á svarfsöfnunarkari í læknum við holuna. Hafði alla jafna flætt hraustlega yfir það í hinni venjulegu 30 l/s hjólakrónuborun, nema á þessari einu stöng. Tapið varaði í 3 til 4 tíma, en þéttist þá og varð ekki vart við það síðan.

Auk meinta tapsins í 697 m, kom einnig smáæð í holuna á u.þ.b. 440 m dýpi. Hún sást vel í hitamælingum sem voru teknar á morgnana að loknum næturhléum. Að loknu helgarleyfi þann 17. febrúar, þegar holan var rúmlega 500 m djúp, var frosið fyrir holutoppinn. Losaði var um ísinn og sjálfrann þá í kjölfarið um 0,5 l/s.

3. ÖRVUNARAÐGERÐIR Í HOLU MN-8

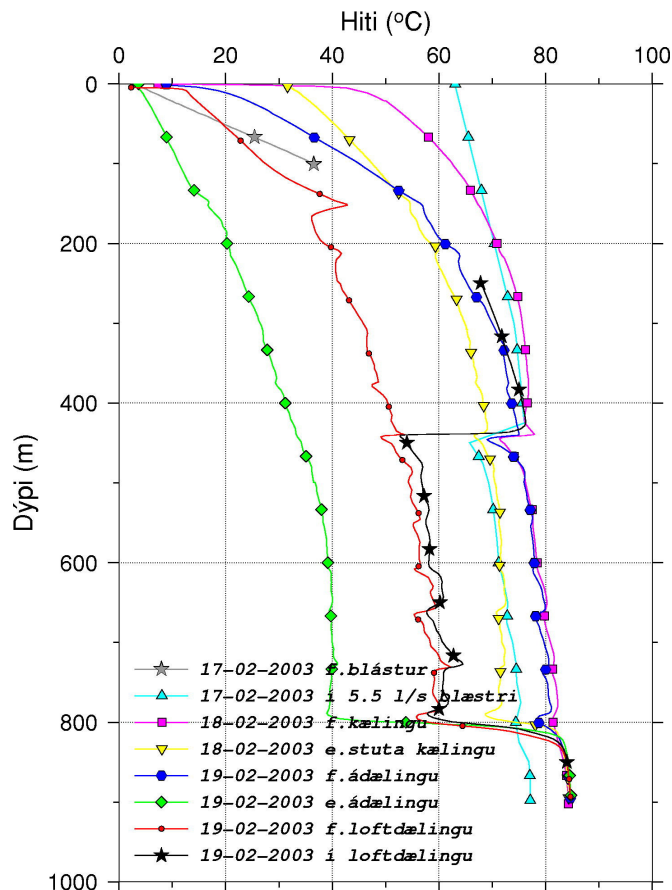
3.1. Blástursprófun 17. febrúar

Sem fyrr segir mættu bormenn Sögu og Grímur Björnsson mælingamaður ROS á svæðið fyrir hádegi mánudaginn 17. febrúar. Nokkur tími fór í undirbúning fyrir loftdælingu. Einnig kom í ljós að skemmd var á mælingavír þegar einungis var búið að slaka hitamæli niður á rúmlega 100 m dýpi. Ekki var aðstaða til að lagfæra hana á staðnum og því var snarlega skipt yfir í sambyggðan hita- og þrýstimæli af Kuster gerð. Mælunum var slakað á 300 m dýpi og síðan gert klárt fyrir blástur. Samfelldur blástur

hófst kl. 14:27 með stangir á 250 m dýpi. Auk mællanna niðri í holunni var fylgst með hita vatnsins sem kom upp, svo og þrýstingi á loftinu. Síðast en ekki síst var bor-
mönnum att út í söfnunarkarið endrum og eins til að mæla þann tíma sem það tók að
fylla 140 lítra dall.

Svo sem venjan er, þá gusaðist vel upp úr holunni í byrjun blásturs, en í kjölfarið dró
hratt af henni og mældist rennslið um 5 l/s af 52°C vatni eftir 20 mínútur. Síðan var
blásið fram til kl. 19:00 og fylgst með hita, rennsli og þrýstingi á loftinu á meðan.
Skemmst er frá því að segja að rennslið hélst nánast óbreytt út blásturinn og var lengst
af rétt um 4,5 l/s. Þrýstingur á loftinu var að sama skapi jafn og stöðugur í 5,5 bar sem
er ígildi þess að vatnsborð holunnar í blæstrinum hafi verið á u.þ.b. 195 m dýpi. Hiti
vatnsins sem upp kom steig hins vegar rólega og var í tæpum 64°C þegar hætt var. Tafla
1 í viðauka sýnir nánar þessi gögn.

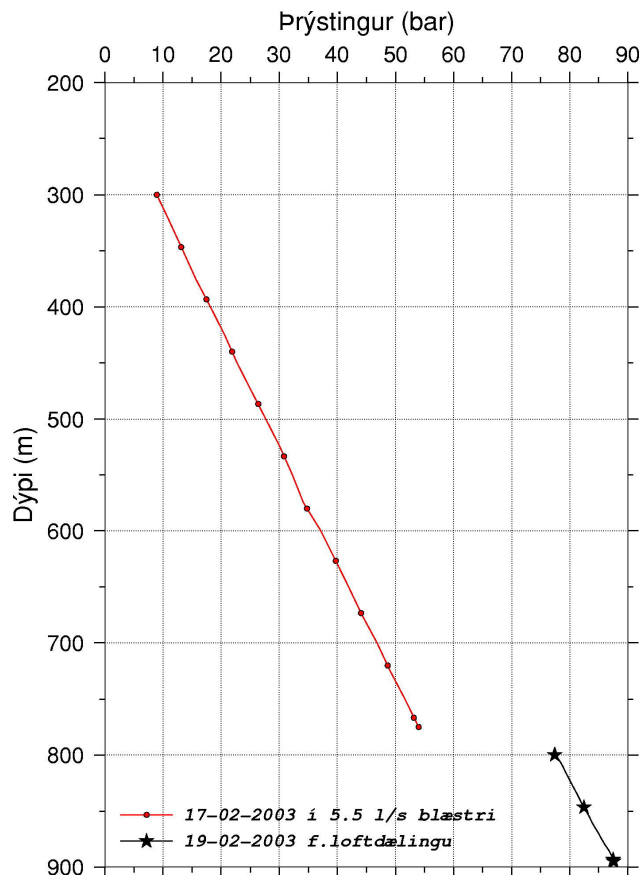
Sambyggði hita- og þrýstimælirinn var niðri í holunni allan tíman sem blásið var.
Dvaldi hann í 300 metrunum fram til kl. 17:18, en þá var slakað og stoppað á 25 m fresti
allt í botn sem mældist á um 897 m dýpi. Svo var híft á nýjan leik í 650 m dýpi. Slökkt
var á loftdælingunni kl. 19:15 og skráði mælirinn jöfnun þrýstings. Hann var síðan
hífdur úr holunni kl. 20:08.



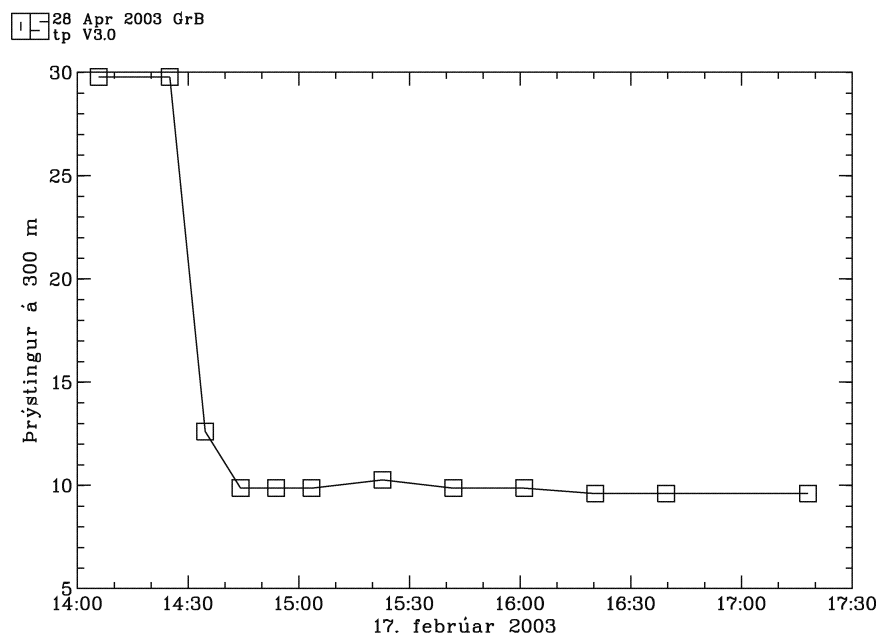
Mynd 1: Hitamælingar í holu MN-8 dagana 17. til 19. febrúar.

Vert er að benda á að hinir gamaldags Kuster mælur, sem skráðu hitann og þrýstinginn, sýndu báðir að holuveggirnir urðu mun hrjúfari neðan u.þ.b. 700 m dýpis en ofan, hvað sem það annars kann að merkja. Eins kom fram högg í slökun milli 425 og 450 m sem talið er geta merkt skáp við 440 m æðina. Klukkan 20:34 var vatnsborðið mælt á 7 m dýpi og hækkaði það um 1 m á mínútu. Holan var komin í sjálfrennsli kl. 20:54 og kl. 20:57 mældist það 0,3 l/s og hitinn 25°C. Yfirlit yfir mælingar á sjálfrennsli meðan á aðgerðum í holunni stóð er að finna í töflu 2 í viðauka.

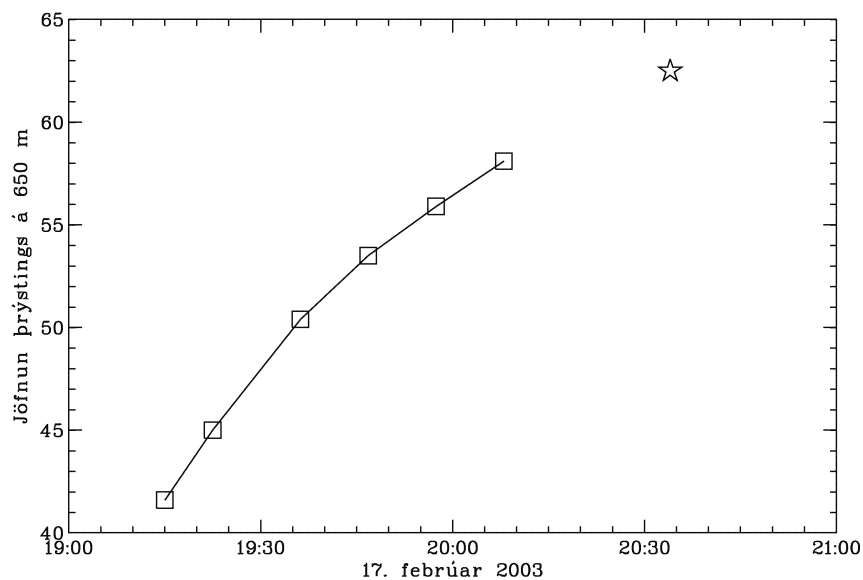
Hitamælingin sem var gerð í blæstrinum er sýnd á mynd 1 en mynd 2 sýnir þrýstiferilinn, hvoru tveggja með dýpi. Myndir 3 og 4 sýna hins vegar þrýstifall á 300 m dýpi í upphafi blásturs og þrýstijöfnun á 650 m dýpi með tíma. Af þessum gögnum má lesa að æðin á 440 m dýpi virðist vera aðalæð holunnar. Merki um kælipunkta er að finna á 650–675 og 800–825 m dýpi. Hins vegar fær holan góðan þrýstistuðning frá jarðhitakerfi sem er væntanlega mjög nærri en tregtengt holunni. Með þessar fréttir í hendi var afráðið að reyna örvun á þriðjudeginum 18. febrúar, með því einu að kæla holuna hressilega með 800 m af stöngum niðri í holunni og setja ekki þrýsting á holu-toppinn fyrr en holan væri orðin sæmilega köld niðri. Því næst var mælingabíllinn keyrður til Reykjavíkur og víraskemmdin löguð.



Mynd 2: Þrýstimælingar í holu MN-8 dagana 17. og 19. febrúar.



Mynd 3: Prýstifall (bar) á 300 m dýpi í upphafi blásturs þann 17. febrúar.



Mynd 4: Prýstijöfnun (bar) á 650 m dýpi þann 17. febrúar.

3.2. Hringdæling 18. febrúar

Um hádegi á þriðjudeginum 18. febrúar var lokið við að slaka borstreng í 800 m dýpi og gera klárt fyrir kalda hringdælingu. Þá mældust 0,5 l/s af 42°C vatni sjálfrenna úr holunni. Sambyggðum hita- og prýstimæli, sem að þessu sinni sendi mælingar sínar upp mælikapal og í tölvu mælingabílsins, var rennt í holubotn og hiti mældur á meðan (sjá

mynd 1). Bar þá ýmislegt við. Þá helst að auk æðarinnar á 440 m sáust vel afmarkaðir kælipunktur í 660, 735 og 790 m dýpi. Talið er að skoltap hafi verið á öllum þessum stöðum í boruninni og skýrir það hví æðin á 440 m varð ekki heitari í blæstrinum en raun bar vitni (76 °C í stað ~90 °C skv. handrúllumælingu bormanna). Jarðhitakerfið í Munaðarnesi er því ekki að ráði yfirþrýst heldur mallar það í friðsælu jafnvægi við yfirborð og hefur enga þörf á að láta á sér bera með laugum eða hverum, nema þá hugsanlega niður við Norðurá.

Á meðan hitamælirinn rann sína leið settu bormenn spjaldloka inn í “flowline” frá holutoppnum. Gafst þannig möguleiki á að loka holunni og dæla niður í gegnum strenginn undir þrýstingi. Upp úr klukkan 13 var síðan byrjað að dæla köldu vatni niður strenginn með spjaldlokann galopinn. Því var hætt snarlega vegna leka meðfram mælingavír. Úr því var bætt og var byrjað að dæla aftur kl. 13:20. Farið var rólega af stað, en um kl. 13:30 var bordæla Sögu komin á fullan snúning og sendi niður strenginn um 35 l/s við 28 bar þrýsting á “stand pipe”. Hiti vatnsins sem upp kom mældist þá 41 °C. U.þ.b 5 mínútum síðar komu hins vegar fram högg í bordælunni og var hún stoppuð til könnunar hvað ylli. Fenginn var vélstjóri úr bænum og var niðurstaða hans að ekki mætti nota dæluna án samráðs við framleiðanda.

Fóru nú tvö ferli í gang. Annars vegar var hitamælirinn dreginn úr holunni og komu þá í ljós áberandi kælinaglar á 790 og 660 m dýpi (sjá mynd 1). Hins vegar gengu Jarðboranir í það að senda aðra bordælu á svæðið, að þessu sinni svonefndan “Frosk” sem áður þjónaði bornum Aza. Var lagt af stað með dæluna upp úr kaffileytinu en hún kom ekki í Munaðarnes fyrr en vel eftir miðnætti vegna dekkjavandræða. Holan var því yfirgefin um klukkan 19. Þá var ekki enn komið sjálfrennsli.

3.3. Örvun og blástursprófun 19. febrúar

Að morgni miðvikudagsins 19. febrúar var hafist handa við að tengja Froskinn við Sögu. Byrjað var á að moka snjó úr brekkunni niður á borplanið og sandbera hana. Hitamælt var í botn upp úr klukkan 10, en áður var vatnsborð holunnar kannað og reyndist hún nákvæmlega sléttfull. Að lokinn mælingunni var tólið híft í 860 m dýpi og haft þar lungann úr deginum. Hitamælinguna má finna á mynd 1.

Upp úr kl. 10:50 var allt orðið klárt fyrir hringdælingu. Þó gekk slitrótt fyrsta hálf tímann vegna ólags á fæðidælu, auk þess sem talið var að keðja slægist til í bordælunni. Tíma tók að finna út úr því. Samfelld dæling var hins vegar komin á um kl. 11:30 og stóð svo fram til kl. 13:28 þegar bordælan fór á yfirsnúning. Meðan dælt var, var skráður þrýstingur á “stand pipe”, holutoppsþrýstingur og hiti vatnsins sem upp kom, auk þess sem þrýstímælir mælingabílsins skilaði sínum tölum inn í tölvu á 10 sekúndna fresti. Tafla 3 í viðauka sýnir mælingarnar sem gerðar voru.

Sú truflun, sem varð af yfirsnúningi bordælnnar, var notuð til að kanna hvaða magn mætti setja ofan í holuna fulllokaða á toppi. Sú athugun hófst með því að hringdæla 5,9 l/s og mæla síðan það sem upp kom. Reyndust þannig koma tæpir 1,5 l/s þ.a. skoltap í holunni á þeirri stundu var um 4,4 l/s. Að þessum upplýsingum fengnum var holunni lokað án þess að breyta dælingunni. Enginn marktæpur þrýstingur kom á toppinn við það. Holan var þá opnuð á nýjan leik og dæling aukin í 13 l/s. Að því búnu lokað aftur og var klukkan þá 13:55. Þeirri dælingu var síðan haldið fram til kl. 15:34 þegar dælingin var stöðvuð og þrýstijöfnun mæld. Holutoppsþrýstingurinn hafði þá verið lengst af 6,7 til 6,8 bar og breyttist ekki. Á 12 mínútum féll þrýstingurinn úr 6,6 í 1,1

bar en þá var opnað fyrir holutoppinn. Holan tæmdi sig á tæpum 2 mínútum og var síðan dauð. Tafla 4 sýnir þessar mælingar allar. Að þessum athugunum loknum tóku bormenn til við að stytta strenginn í 250 m og undirbúa loftblástur.

Hola 8 var síðan tilbúinn í blástur með stangir á ~245 m dýpi og sambyggðan hita og þrýstimæli á 750 m. Blásturinn hófst klukkan 22:07 og hélst til kl. 00:03 þann 20. febrúar. Skráður var þrýstingur á lofti og rennsli frá holunni, auk þess sem hiti og þrýstingur var skráður niðri í holunni með dýpi og tímanum. Skemmst er frá því að segja að holan endurtók fyrri hegðun með því að falla hratt í þrýstingi fyrstu 5-10 mínútur blástursins. Að því búnu fór hún í ágætlega stöðugt ástand út prófunina. Að þessu sinni kom einnig í ljós að holan var að gefa 8-8,5 l/s borið saman við 4,5 l/s strax í lok borunar. Hitu blástursins var í byrjun um 42 °C en endaði í 58 °C. Eins var þrýstingur á stangarloftinu nú um 7,5 bar í stað 5,5 bar í fyrstu prófuninni (vatnsborð í dælingu hafði því hækkað í ~170 m úr 195 m áður). Þótti því auðsýnt að dæling á holutoppinn hefði góð áhrif á heildarlekt holunnar. Varð því að ráði að dælingu á holutopp bæri að endurtaka, en að fleiri dælur þyrfti á borplanið og breytingar á holutoppnum til að ná mætti meira rennsli niður.

Mynd 1 sýnir hitamælingarnar sem safnað var með dýpi þann 19. febrúar. Þar koma fram 3 meginatriði sem skýrðu vel ástand hola 8 á þessum tíma. Í fyrsta lagi að hiti breyttist ekkert í neðstu 100 m holunnar við örvun og blástur. Holan er því þétt á þessu bili. Í öðru lagi hitnaði holan sáralítið frá enda kælingarstrengsins á 800 m dýpis og upp til æðarinnar á 440 m, frá því að kaldavatnsörvun lauk þar til loftblæstri lauk. Staðfestist þar með að holan er öll svo að segja þétt neðan 440 m æðarinnar. Og í þriðja lagi kom svo í ljós að holan bætti sig í lekt við að dælt var á holutoppinn, þ.a. frekari örvun holunnar með dælingu á holutopp myndi fyrst og fremst beinast að æðum í og ofan 440 m dýpis.

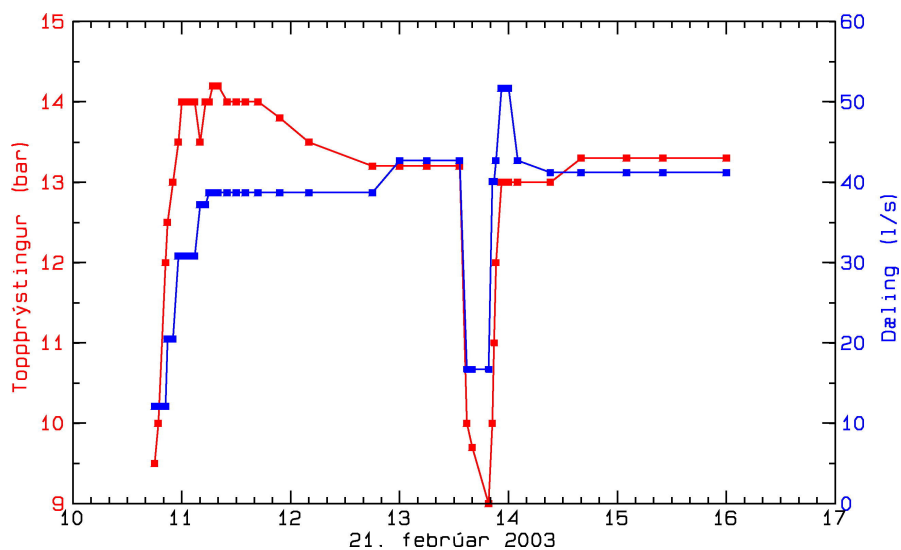
3.4. Örvun 21. febrúar

Arnar Hjartarson, mælingamaður ROS, mætti í Munaðarnes um kl. 9:20 í bleytu og slabbi. Bormenn voru þá að koma tækjum í gang. Sjálfrennsli var úr holunni og mældist það um 0,38 l/s og hiti þess 45,8°C. Tekið var til við að undirbúa dælingu á holutopp. Tengt var frá aðaldælu Sögu og Frosknum yfir á flans og var settur vökvafylltur þrýstimælir við holutopp og annar á “flowline” við aðaldælu. Báðir þrýstimælarnir voru með 40 bar mælisvið og því er aflestrarnákvæmnin varla upp á meira en 0,5 bar. Þó leitaðist mælingamaðurinn við að lesa nákvæmar, en það lýsir frekar tilfinningu mælingamanns á breytingum frekar en fullgildu mæligildi.

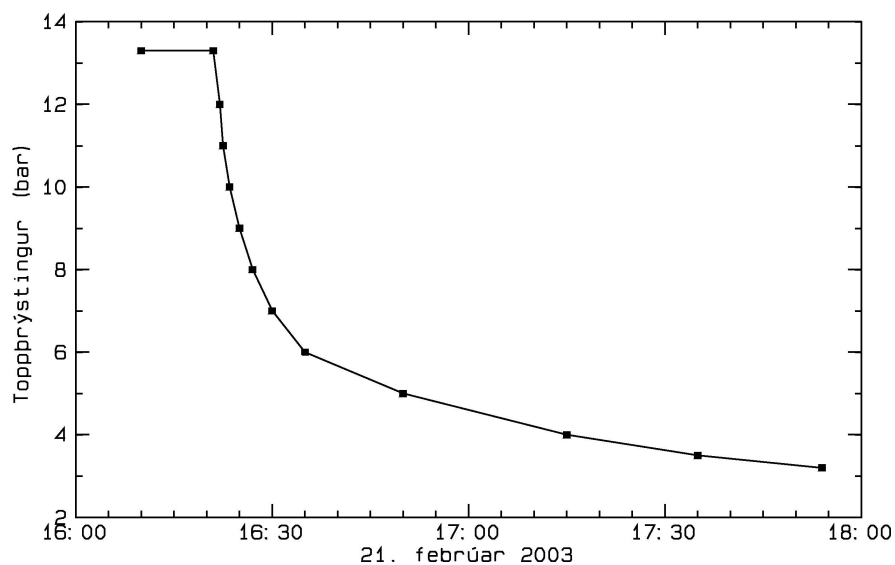
Klukkan 10:37 var dæla Sögu sett í gang og þrýstingur byggður hægt upp. Froskurinn var svo settur inn og látinn byggja upp enn meiri þrýsting með aukinni ádælingu. Skráð gögn í foldarbók mælingamanns er að sjá í töflu 5 í viðauka. Mynd 5 sýnir hvernig þrýstingurinn byggðist upp á holutoppi og hver heildardælingin var á holuna frá dælunum tveimur. Um kl. 11:15 má segja að fullum afköstum hafi verið náð, eða um 40 l/s. Upp úr kl. 11:30 verður sú ánægjulega breyting að holutoppþrýstingur seig um ~1 bar. Þetta ber að túlka sem merki um að holan hafi örvast.

Froskurinn datt síðan út kl. 13:33 þegar viftureim í honum slitnaði, en hann var aftur komin í gang kl. 13:50. Klukkan 16:21 var dælum slegið út og örvun hætt. Áfram var

fylgst með toppþrýstingi og þrýstijöfnun holunnar skráð. Mynd 6 sýnir hvernig holutoppþrýstingurinn féll með tíma. Slöngur frá dælum voru aftengdar kl. 17:55 og rennsli úr þeim sett ofan í karið. Sjálfrennsli úr holunni mældist þá um 4,1 l/s og fór hægt minnkandi. Um kl. 18:30 var rennslið orðið um 2,5 l/s og hafði hitinn hækkað úr 4,2 í 9,8 °C. Seinna um kvöldið þegar borstjóri athugaði rennslið hafði verulega dregið úr því.



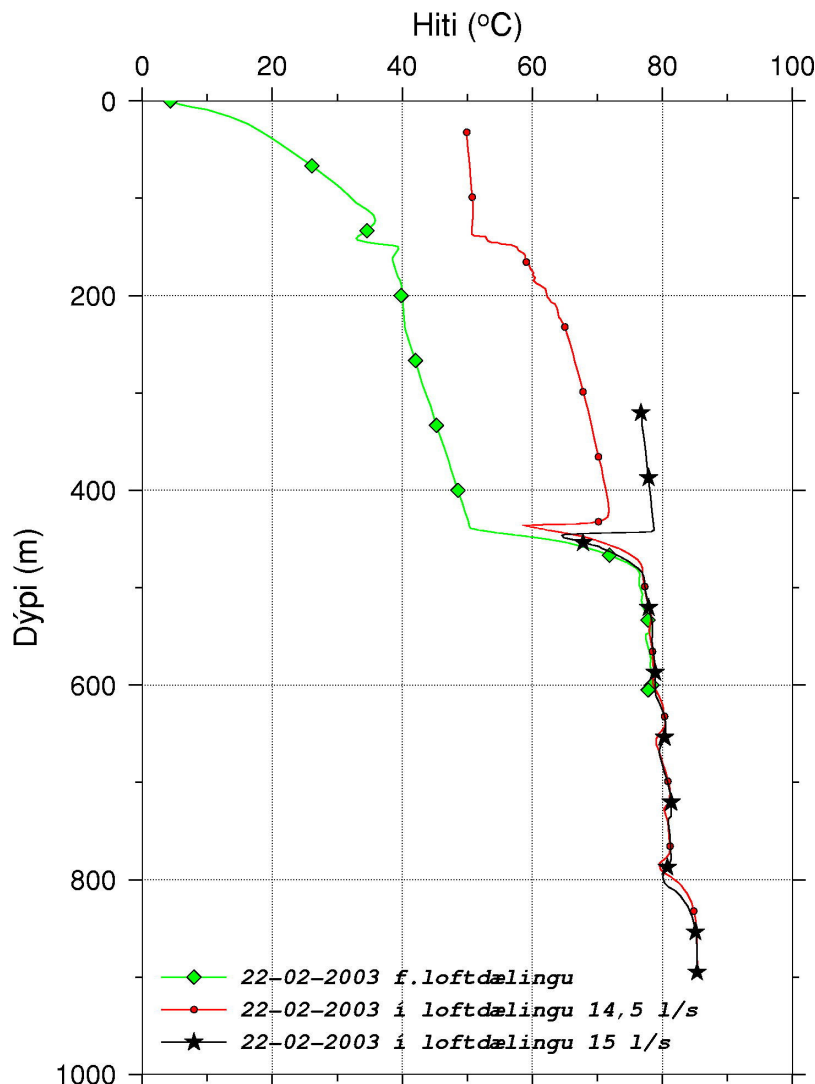
Mynd 5: *Toppþrýstingur á holu MN-8 við ádælingu 21. febrúar.*



Mynd 6: *Jöfnun þrýsting í holu MN-8 eftir ádælingu þann 21. febrúar.*

3.5. Blástursprófun 22. febrúar

Mælingarmaður mætti á staðinn kl. 10:15 og voru bormenn þá nýbúnir að setja stangir niður á 145 m dýpi. Ekki var farið dýpra með þær þar sem nauðsynlegt var talið að meta, með hitamælingu, hvort ádælingin frá því deginum áður hefði örvað grunnar æðar auk þeirrar á 440 m dýpi. Þegar komið var að holunni um morguninn var hún ekki í sjálfrennsli. Um kl. 10:45 var sambyggður hita- og þrýstimælir setur í holuna. Fyrst var hitamælt niður á um 605 m dýpi, en hitamælinguna má sjá á mynd 7. Kom þá í ljós að holan var köld niður að æðinni á 440 m og að kælipunktur var rétt neðan við fódringu. Mest allt vatnið í ádælingunni deginum áður fór því út í æðina á 440 m eða ofar.



Mynd 7: Hitamælingar fyrir og í loftdælingu í holu MN-8 22. febrúar 2003.

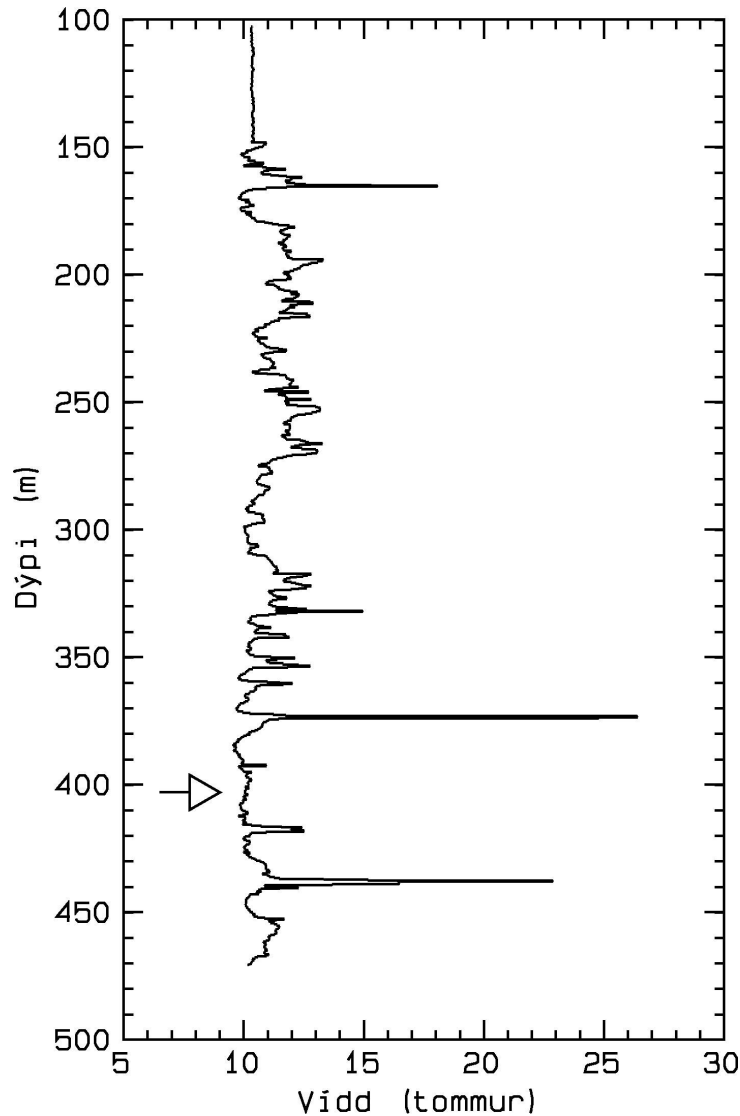
Mælarnir voru því næst hífðir á 340 m dýpi og hafðir þar. Blástur hófst kl. 11:30 og stóð hann samfelld til kl. 13:30. Þrýstingurinn var skráður jafnóðum í mælingabílnum. Þrýstingurinn á “stand pipe” var um 4,2 bar um kl. 11:35 en um kl. 11:38 var hann kominn í 3,8 bar og breyttist lítið eftir það. Holan var mjög fljót að jafna sig í þrýstingi.

Miðað við 3,8 bar á “stand pipe” og stangir á 145 m dýpi var vatnsborðið áætlað á um 107 m dýpi. Framan af var rennslið um 16,2 l/s en var síðasta hálf tímann í um 11 l/s. Klukkan 12:45 hófst hitamæling í blæstri og var henni lokið um kl.13:20 (sjá mynd 7). Hún sýnir vel æðina á 440 m dýpi. Engar aðrar æðar var að sjá nema rétt neðan við fóðringarenda. Þar kom greinilega kaldara vatn inn og engin leið að skýra það öðruvísi en að lekt hafi líka vaxið á þessu e.t.v. 50 m langa bili við ádælinguna á holutoppinn. Nánast sami hiti mældist neðan æðarinnar á 440 m dýpi bæði fyrir loftblástur og meðan á honum stóð. Vatnið frá holunni var um 50°C þegar loftblæstri á 145 m dýpi var hætt klukkan 13:30.

Þá voru mælar teknir úr holunni og stangir settar niður á 250 m dýpi. Hita- og þrýstimæli var komið fyrir á 320 m dýpi. Þegar síðustu stöng var bætt í hafði vatnsborðið stigið upp í 1 m. Blástur hófst aftur kl. 14:47. Þrýstimælirinn skráði þrýstifallið í holunni. Fyrst í stað var rennslið áætlað um 18,5 l/s en svo dró af því og var orðið um 13 l/s þegar loftblæstri var lokið um kl. 18:00. Þá var hiti vatnsins um 58,2°C. “Stand pipe” þrýstingur var stöðugur í 7,5 bar. Með stangir á 250 m reiknast vatnsborðið á 175 m dýpi. Í lok loftdælingarinnar var hitamælt frá 320 m dýpi í botn. Þá hitamælingu má sjá á mynd 7, en rennslið úr holunni var þá um 14,5 l/s. Samkvæmt mælingunni hafði hitinn á 440 m æðinni hækkað í 78°C. Þar fyrir neðan var hitinn nánast óbreyttur sem merkir að engin æð gaf vatn fyrir neðan 440 m æðina. Hins vegar þótti óeðlilegt að hitinn á toppi væri aðeins 58°C borið saman við 78°C úr 440 m æðinni. Illur grunur vaknaði því um að æðar neðan fóðringar væru orðnar óþarflega góðar og ástæðulaust að örvar þær frekar. Að þessum upplýsingum fengnum var því ákveðið að setja pakkara í holuna og reyna að örva æðina á 440 m dýpi enn frekar.

3.6. Víddarmæling 23. febrúar

Mælingarmaður var kallaður út um kl. 12:00 til að víddarmæla holuna vegna fyrirhugaðrar pökkunar. Hann mætti á staðinn um klukkan 14 og var þá verið að taka síðustu stangirnar úr holunni en hún hafði verið loftdæld þá um morguninn til hádegis. Mælingamanni láðist að skrá upplýsingar um hita og rennsli. Víddarmæling hófst kl. 14:45 og var lokið kl. 15:55. Hana má sjá á mynd 8. Mælt var frá 470 m upp í fóðringu á 150 m dýpi. Mælingin sýnir skáp við æðina á 440 m dýpi og annan stærri á 375 m dýpi. Á um 160 m dýpi er skáp einnig að finna og á því dýpi, eða þar rétt fyrir ofan, kemur vatn inn í holuna úr grynri æðinni. Besti staður fyrir pakkaran fannst á um 405 m dýpi, með nokkurra metra sléttum kafla bæði fyrir ofan og neðan. Restina af deginum og daginn eftir notuðu bormenn til að undirbúa fyrir pökkun. Dælu frá jarðbornum Sleipni var bætt við þær tvær sem fyrir voru til að tryggja að hægt yrði að dæla allavega 40 l/s í gegnum pakkaran þegar að því kæmi.



Mynd 8: Vidd holu MN-8 frá fódringu og niður á 470 m dýpi. Pakkað var við slétta flöt á 403 m dýpi (sjá ör).

3.7. Pökkun 25. febrúar

Um klukkan 9 var mælingamaður mættur á borstað. Þá stóð vinna yfir við niðursetningu á pakkara. Á meðan á því stóð var kjaftakerlingunni komið fyrir, en það er búnaður sem samanstendur af þrýstiskynjara, PC-söfnunartæki og kjölturakka. Þrýstinemanum var komið fyrir á “stand pipe” lögninni, á stað sem er ofan loka (dælumegin) á milli tveggja slangna sem liggja til bordælanna. Þessum búnaði var ætlað að skrá “stand pipe” þrýstinginn meðan á pökkun stóð og þrýstijöfnunina í kjölfarið. Milli klukkan 11 og 12 var athugað með vatnsborð í grunnu borholunum fjórum sem næstar eru holu MN-8. Klukkan 13:40 var pakkarinn kominn niður á 403,5 m dýpi og hófst dæling um klukkan 14:14. Splittið í pakkaranum sprakk kl. 14:34 við 80 bar þrýsting og fékkst þá þrýsting-

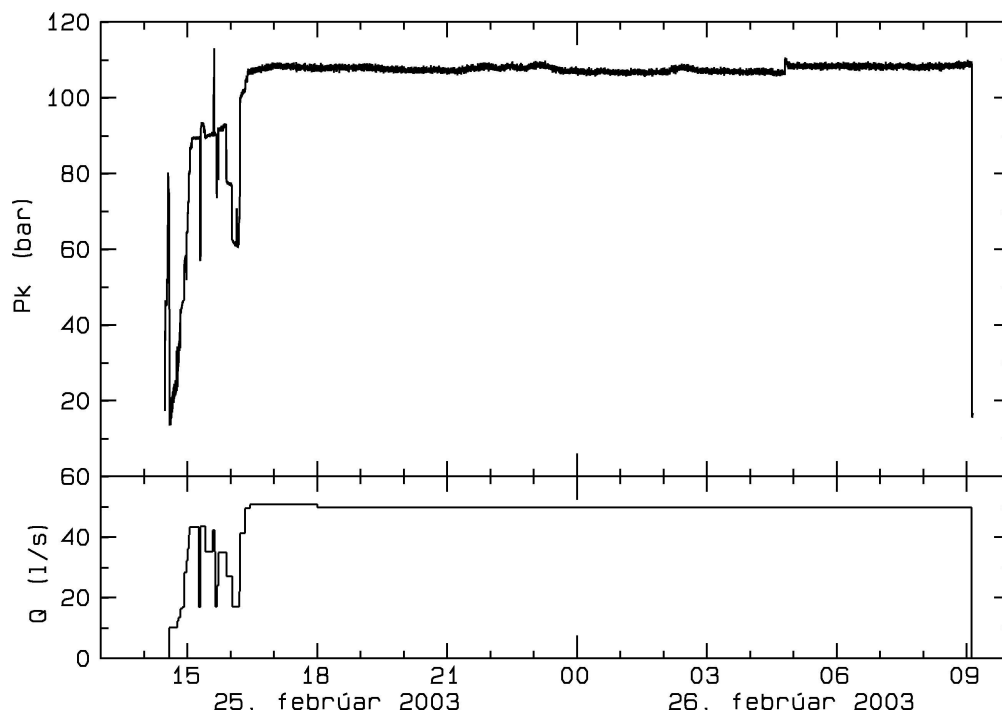
ur á holuna. Þrýstingur var byggður hægt upp og bordælur teknar inn í áföngum. Mynd 9 sýnir heildardælingu á holuna og þrýstinginn sem kjaftakerlingin skráði á 5 sekúndna fresti meðan á pökkun stóð, en mynd 10 blæs upp þrýstisögu fyrstu 2 til 3 tímana. Fyrst var byrjað með Sögu-dæluna og gaf hún um 16,8 l/s (föst í fyrsta gir). Því næst var Sleipnis-dælan ræst. Hún var komin í gang kl. 14:57 og gaf tæpa 20 l/s. Nokkuð var fíktað í rennslinu frá henni til kl. 15:24. Klukkan 15:36 var reynt að fá Froskinn inn en hann réð ekki við þrýstinginn á kerfinu. Því var Sleipnis-dælan slegin út rétt á meðan Froskinum var komið í gang. Ekki náðist að skrá nákvæmlega allar gangbreytingar á dælunum þremur meðan þær duttu út og inn og því skáldaði mælingamaður í eyðurnar þegar það átti við, en skráningar mælingamanns á rennsli frá dælum má finna í töflu 6 í viðauka.

Þegar allar dælur voru komnar inn um kl. 16:30 var heildarrennslið á holuna um 49 l/s og toppþrýstingur samkvæmt stand pipe um 82 bar. Kjaftakerlingin sýndi þó mun hærri þrýsting, um 107 til 109 bar. Munurinn stafar líklega af því að “stand pipe” þrýstingurinn er mældur í gegnum “punginn”, sem er vökvafyllt kúla, en þrýstineminn var tengdur beint á “stand pipe” á milli inntaka frá dælunum og verður þrýstifall þarnar á milli í dælingu. Þrýstingurinn mældist hins vegar svipaður með báðum aðferðum þegar dælingu lauk. Samband “stand pipe” þrýstings (Po) og þrýsting kjaftakellingar (Pk) má lýsa með línulegu jöfnunni:

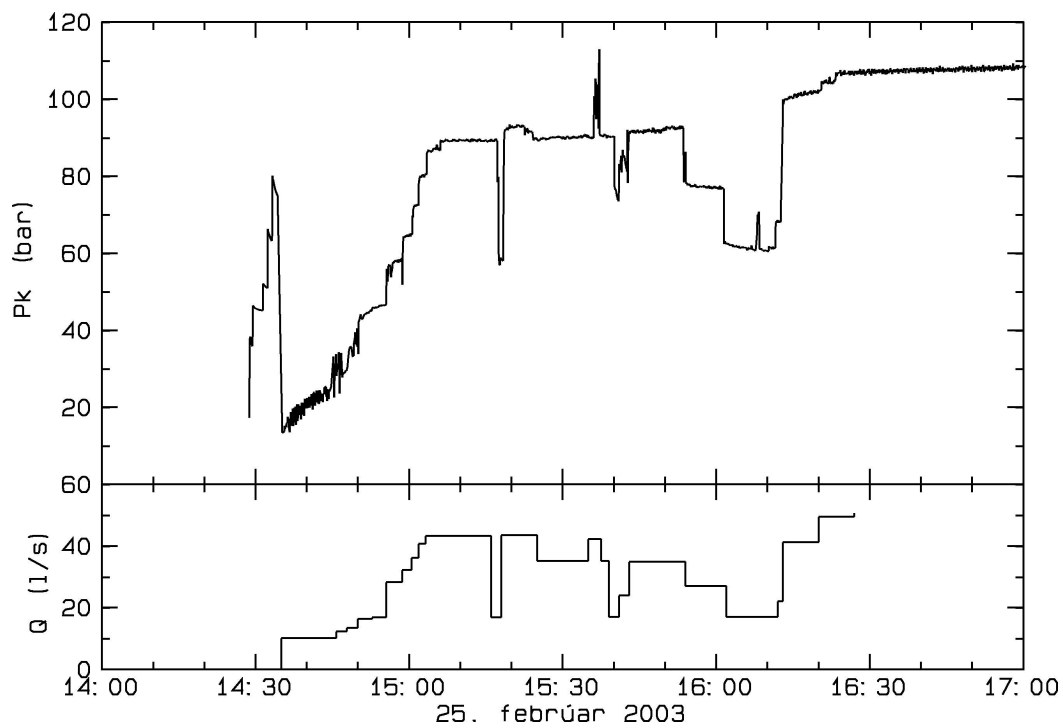
$$P_o = 5,39 + 1,24 P_k$$

Um klukkan 17 var þrýstingur kominn í 82 bar samkvæmt “stand pipe” og var óbreyttur þangað til mælingamaður yfirgaf borstað um kl. 20:15.

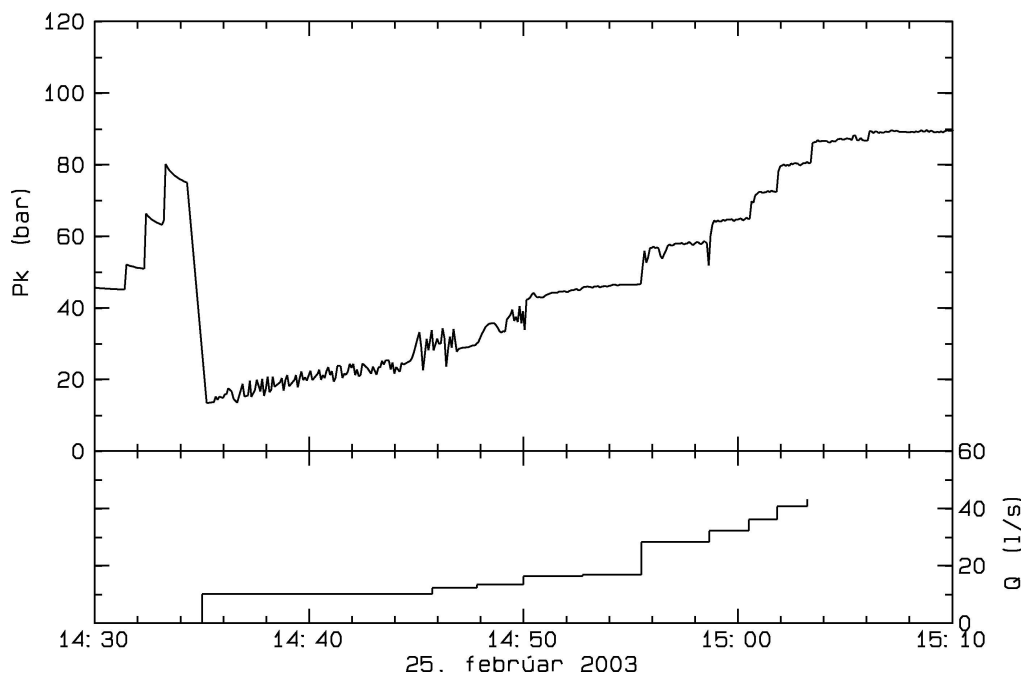
Þegar pökkun lauk að morgni þess 26. febrúar kom í ljós að frosið hafði í þrýstiskynjaranum á kjaftakerlingunni. Ekki er vitað hvenær það gerðist en líklega gerðist það um kvöldið eða nóttina þegar rennslið var búið að vera stöðugt í einhvern tíma. Túlka verður því allar þrýstibreytingar sem skráðar eru á þeim tíma með varúð og varast að draga ályktanir. Mynd 10 sýnir hins vegar þrýsting og rennsli fyrstu 3 tímana meðan á pökkun stóð. Hún sýnir hvenær dælur komu inn eða voru slegnar út. Hér er markvert að um leið og þrýstingur kemur á holuna verður hann nokkuð óstöðugur fyrstu 10 til 14 mínúturnar. Þetta sést nánar á mynd 11. Hugsanlega hefur holan verið að bæta sig á þessum tíma og vatnið að brjóta sér leið út í jarðhitageyminn. Einnig er hugsanlegt að þessar sveiflur séu einhverjar truflanir í vatnskerfinu ofanjarðar, svo sem loft í pípum eða truflanir í dælum, þó það sé talið ólíklegt. Árangur pökkunarinnar virist því að mestu skila sér á fyrstu mínútum verksins. Heildarmagnið sem dælt var á holuna meðan á pökkun stóð var um 3200 m³. Þetta magn samsvarar þremur 50 m sundlaugum sem eru 12 m á breidd og 1,8 m að dýpt. Hiti vatnsins sem fór niður var um 0°C.



Mynd 9: Mældur þrýstingur og heildarrensli við pökkun í holu MN-8.



Mynd 10: Mældur þrýstingur og heildarrensli í holu MN-8 fyrstu tíma pökkunar.



Mynd 11: Mældur þrýstingur og heildarrennsli í holu MN-8 fyrsta hálf tíma pökkunar.

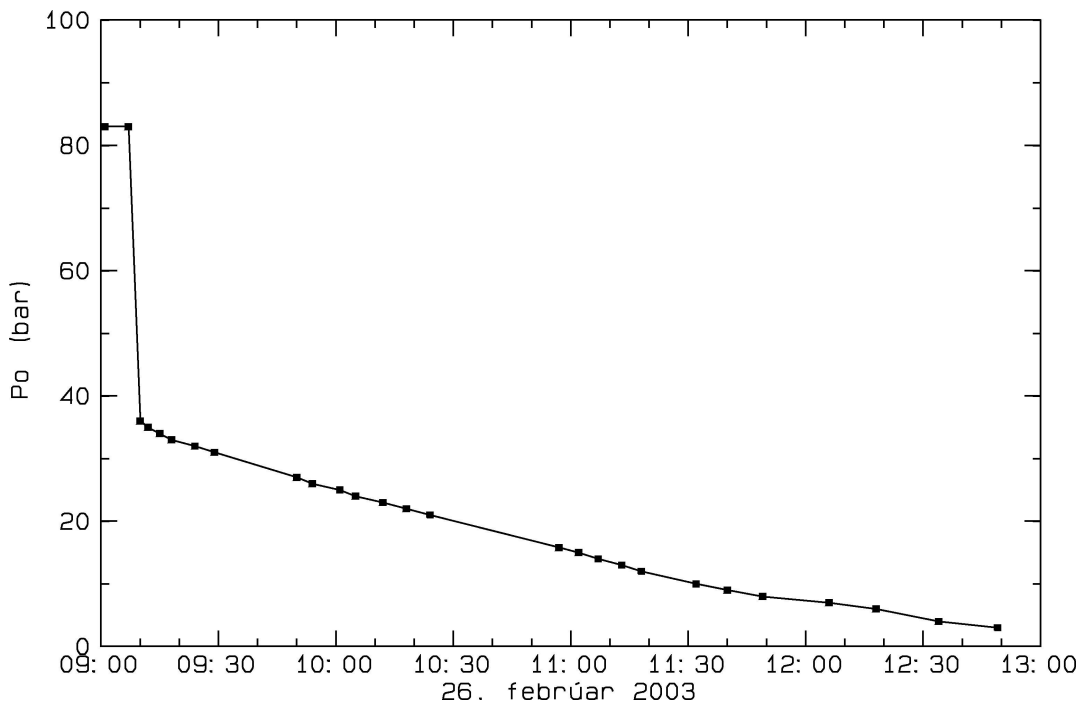
3.8. Þrýstijöfnun og loftblástur 26. febrúar

Mælingamaður mætti á borstað holu MN-8 um klukkan 8. Runnu þá upp úr holunni 1,8 l/s utan stanga. Þetta rennsli hefur líklega verið ættað úr 160 m æðinni rétt neðan fóðringarenda. Þrýstingur neðan pakkara breyttist lítið yfir nóttina samkvæmt kjaftakerlingunni. Klukkan 9:07 var slökkt á dælum og þrýstijöfnun mæld. Þrýstingur lækkaði snarlega úr 82 bar og jafnaði sig fljótlega í 36 bar samkvæmt “stand pipe” þrýstimæli. Kjaftakerlingin sýndi líka snögga þrýstilækkun og svo ekki söguna meir. Hins vegar var “stand pipe” þrýstingur skráður við hverja 0,5 bar þrýstilækkun. Fljótlega var ljóst að frosið hafði á þrýstinemanum á kjaftakerlingunni, eins og áður var nefnt, og mældi hann því ekki þrýstijöfnunina framan af með. Þá var skvett á hann heitu vatni nokkrum sinnum og 500 W ljóslampa komið fyrir við hann. Klukkan 10:18 hafði þrýstineminn þiðnað og mældi jöfnunina samviskusamlega. Þrýstingurinn lækkaði jafnt og þétt um 1 bar á 5 mínútum en um klukkan 11:30 varð breyting á og jöfnunin hægari. Klukkan 12:49 var þrýstingurinn kominn niður í 3 bar og þá var ákveðið að losa um pakkarann. Mynd 12 sýnir þrýstijöfnunina eins og hún var skráð af “stand pipe” þrýstimæli en gögnin má finna í töflu 7 í viðauka. Tvisvar kom það fyrir að vísirinn á “stand pipe” mælinum stæði á sér og orsakaði það bil í skráningu.

Þegar slökkt var á dælunum og þrýstijöfnun hófst lækkaði þrýstingurinn úr 82 bar í 36 bar á 3 mínútum. Ljóst er að stór hluti þessarar þrýstibreytingar er til kominn vegna þrýstifalls, þegar vatninu er þrýst í gegnum stangirnar og pakkarann, og vegna iðustreymis í holuveggnum. Með því að skoða gögnin úr þrýstijöfnuninni sést að líklega er þetta þrýstifall um 43 bar. Iðustreymistapið gæti verið í kringum 10 bar og þrýstifallið í gegnum stangirnar gæti verið rúm 30 bar. Líklegur holutoppþrýstingur hefur verið áætlaður 39 bar strax eftir útslátt dæla. Ekki er gott að segja til um hver þrýstingurinn

hefur verið á 440 m æðinni við pökkun, en strax eftir pökkun hefur þrýstingurinn á æðina verið holutoppsþrýstingurinn plús þrýstingur vatnssúlunnar í holunni. Þetta gerir 39 bar plús 44 bar eða 83 bar.

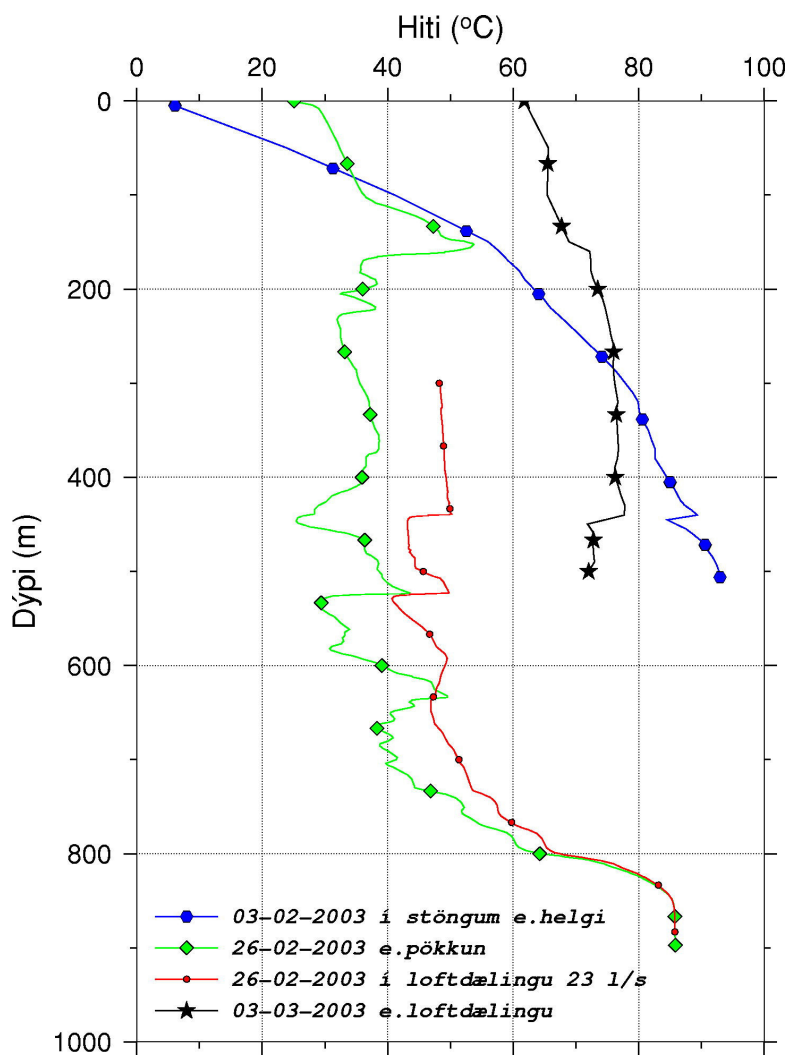
Um klukkan 13:10 hófst svo upptekt á streng. Þegar upptekt var lokið var hitamæli rennt í botn. Mælinguna má sjá á mynd 13. Hitamælingin sýnir að á um 150 m dýpi lekur vatn inn í holuna. Neðan pökkunarstaðar á 403,5 m dýpi er holan mikið kæld. Á 445 m dýpi er kuldapunktur með 26°C hita og annar á bilinu 525 til 575 m dýpi. Jafnframt virðast æðar á 635 til 710 hafa tekið við einhverju af niðurdælingarvatninu. Dýpsta æðin er í 800 m dýpi en þar fyrir neðan hækkar hitinn ört í um 85°C. Hitamælingu var lokið um kl. 17:10. Þá hófst niðursetning á stöngum í 245 m dýpi og loftblástur kl. 18:40. Fyrst í stað gaf holan mikið og var vatnið grátt á lit. Síðan dró úr rennslinu og liturinn á vatninu varð ljósari. Klukkan 20 var holan hitamæld í blæstri (sjá mynd 13). Sú mæling sýnir að mest allt vatnið kom inn í holuna um æðina á 440 m dýpi en að einnig kunni að hafa opnast æð á 480 m dýpi, sökum þess hve holuhitinn er jafn og rennslislegur á milli 440 og 480 m dýpis. Í lok blástursprófsins, um klukkan 21, var rennslið mælt 23 l/s og hitinn 51°C. Því næst var gengið frá og héldu bormenn í helgarfrí.



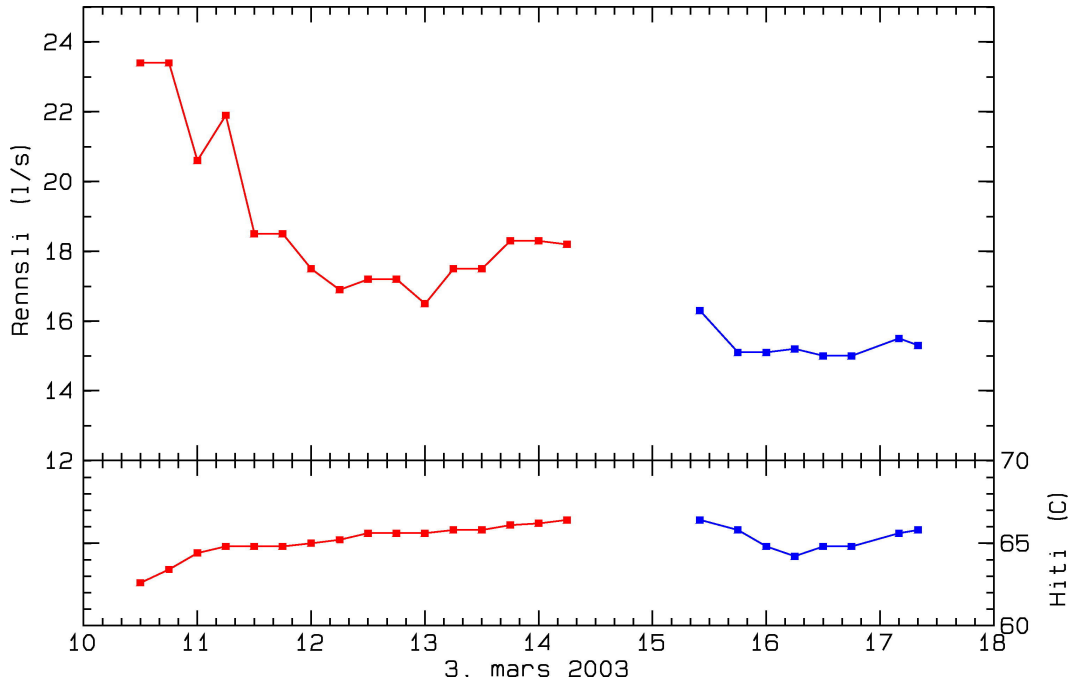
Mynd 12: Þrýstijöfnun í holu MN-8 eftir pökkun.

3.9. Loftdæling 3. mars

Þegar bormenn mættu aftur til starfa 3. mars eftir helgarfrí var hitamælt með handrúllu niður á 500 m dýpi. Þá hitamælingu að finna á mynd 13. Að auki er á þeirri mynd sýnd sú mæling sem sýnir hæsta mældan hita í holunni, en hún var gerð í stöngum þann 3. febrúar eftir helgarhlé. Að lokinni hitamælingu var holan loftblásin, fyrst með stangir á 245 m dýpi en síðan á 145 m dýpi. Blásturinn hófst um kl. 11:30 og var lokið upp úr kl. 17. Mynd 14 sýnir rennslið úr holunni og hita vatnsins við loftblásturinn. Þegar blásið var á 245 m dýpi reiknast vatnsborðið á 165 m dýpi en á 105 m dýpi þegar blásið var með stangir á 145 m dýpi. Hiti vatnsins sem upp kom var milli 65 og 67°C.



Mynd 13: Hitamælingar eftir pökkun og í loftdælingu í holu MN-8, auk mælingar sem sýnir hæstan mældan hita í holunni.

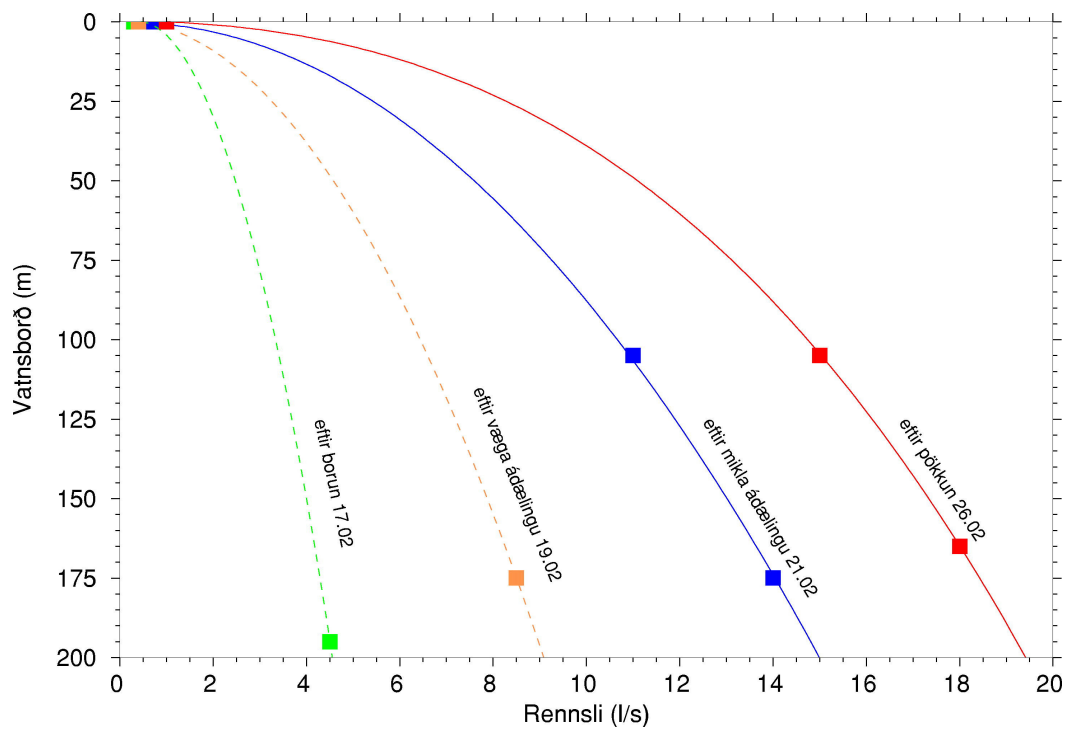


Mynd 14: Hiti og rennsli úr holu 8 við loftblástur á 250 m dýpi (rauður) og 145 m dýpi (blár).

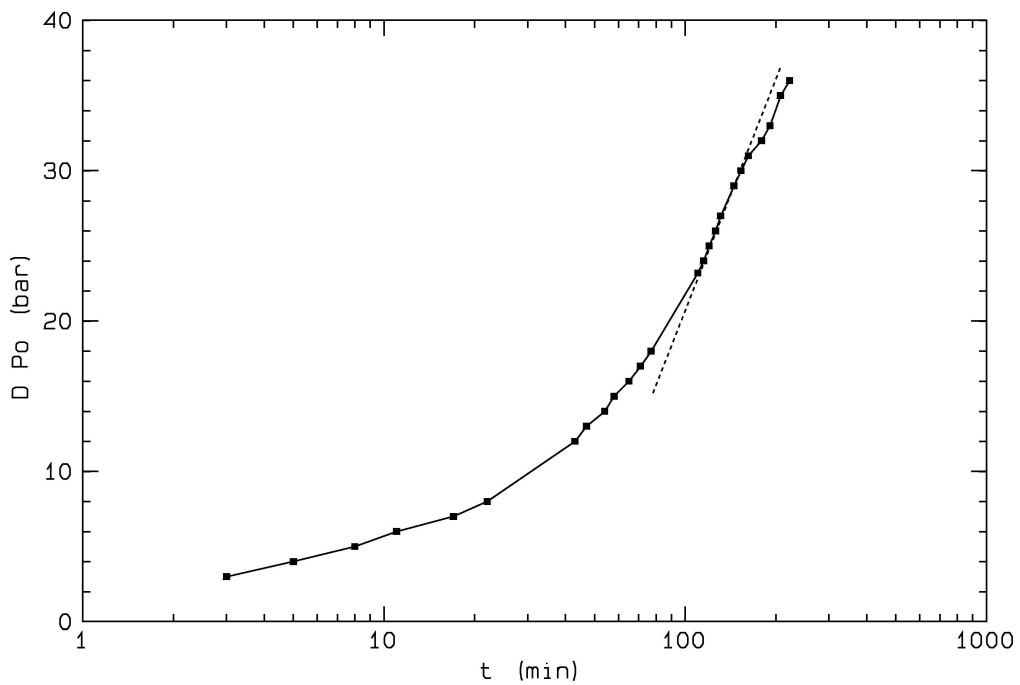
4. AFKÖST OG LEKT

Meginniðurstöðu örvunaraðgerðanna á holu MN-8 í Munaðarnesi er að sjá á mynd 15. Hún sýnir áætlaða aflferla holunnar sem byggðir eru á loftdælingum á 250 og 145 m dýpi, fyrir og eftir pökkun. Ítrekað skal hér að þessir ferlar eru byggðir á skammtíma-prófunum. Lengri prófun þarf til að kveða nákvæmar á um afköst holunnar. Samkvæmt mynd 15 ætti vatnsborð að vera á u.þ.b. 40 m dýpi miðað við 10 l/s vinnslu, en var á 85 m dýpi fyrir pökkun. Ljóst er því að árangur hefur orðið við örvunaraðgerðirnar. Aflferlarnir fylgja annarrar gáðu líkingu sem er merki um töluvert iðustreymistap.

Þrýstijöfnunin sem mæld var eftir pökkun má sjá á mynd 12 hér að framan. Þessi gögn er búið að teikna upp á logaritmískum tímaskala, og eru þau birt á mynd 16. Gert er ráð fyrir að upphafsþrýstingur í prófinu hafi verið 39 bar. Á myndinni sést að eftir um 100 mínútur er þrýstibreytingin orðin línuleg og að hún beygir aðeins af línulegri hegðun í lokin. Séu gögnin skoðuð á log-log kvarða fæst nokkuð bein lína með hallatölu $\frac{1}{2}$ sem eru skýr merki um sprunguáhrif. Þessi gögn má nota til að meta leiðni bergsins í jarðhitakerfinu í nágrenni holunnar. Með “semi-log-aðferð” fæst að vatnsleiðnin (T) er $13,5 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3/(\text{pa} \cdot \text{s})$. Ef gert er ráð fyrir 90°C kerfishita fæst að margfeldi lektar og þykktar (kh) er 41 Dm sem er til vitnis um góða lekt í jarðhitakerfinu sem fæðir holu MN-8 (mjög góð íslensk lághitsvæði eru af lektarmargfeldinu 50-100 Dm). Það að þrýstijöfnunin skuli beygja frá línulegri hegðun í lok prófsins má túlka á þann hátt að holan sjái betri lekt en 41 Dm enn fjær holunni.



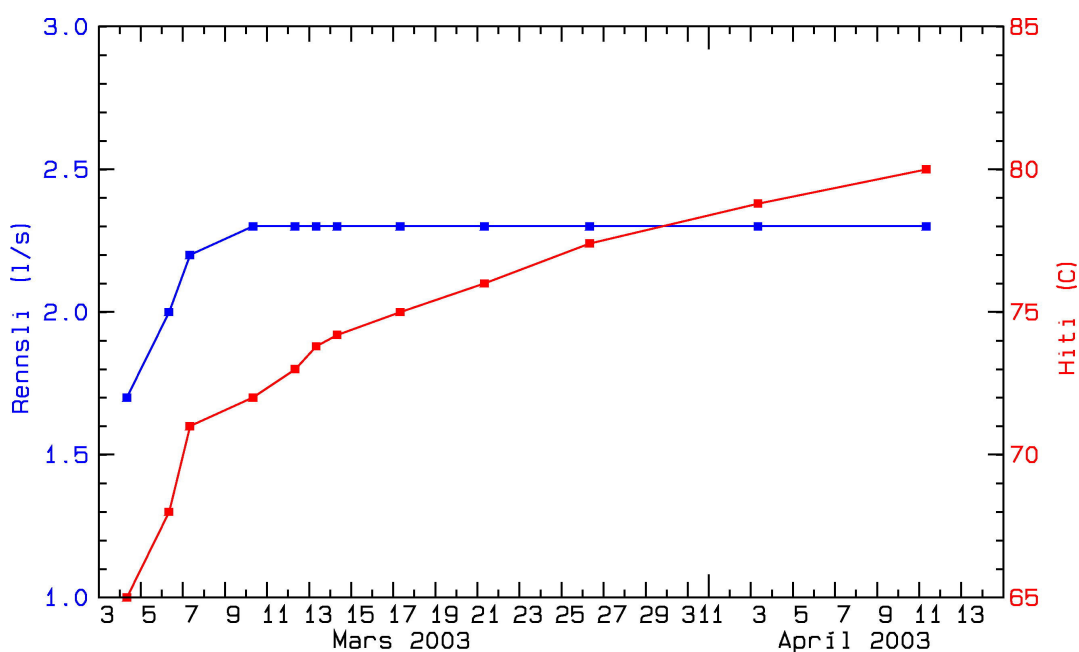
Mynd 15: Aflierar holu MN-8 eftir borun, væga ádælingu, mikla ádælingu og pökkun.



Mynd 16: Þrýstijöfnun í holu MN-8 eftir pökkun.

5. SJÁLFRENNSLI OG HITI EFTIR ÖRVANIR

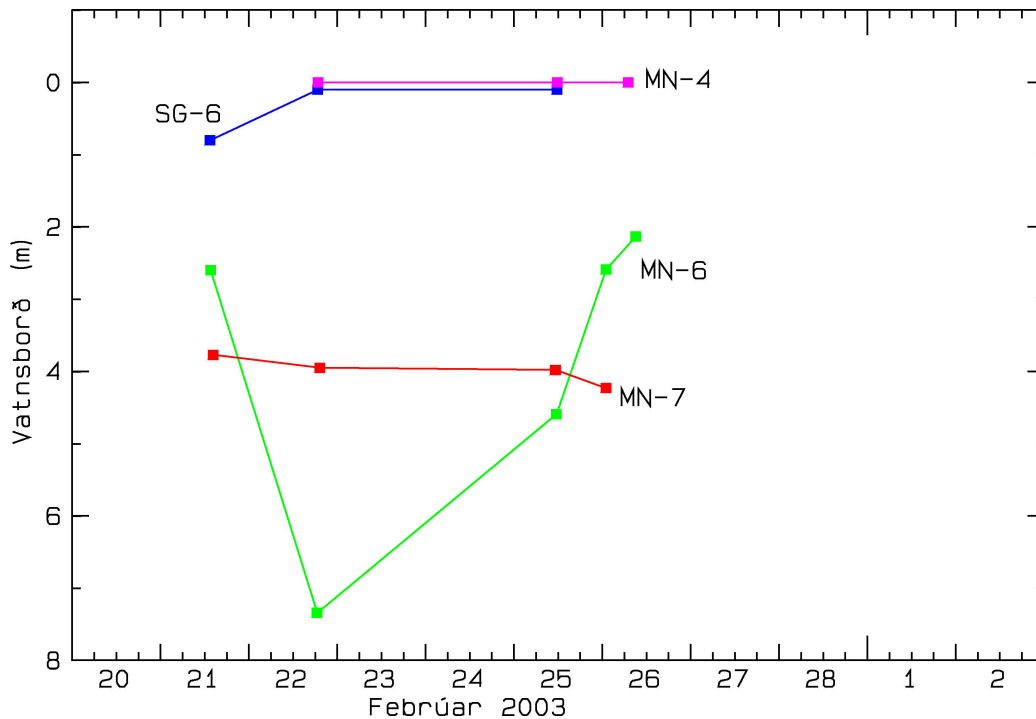
Mynd 17 sýnir hita og magn vatnsins sem runnið hefur úr holu MN-8 síðan aðgerðum við hana lauk. Sjálfrennslið hefur aukist í 2,3 l/s en var fyrir örvunaraðgerðir um 0,5 l/s. Hiti vatnsins hefur eðlilega aukist og mun halda áfram að aukast hægt, þar sem holan er enn að jafna sig eftir kælinguna samfara örvunaraðgerðunum. Líklegur lokahiti er á milli 80 og 90°C en hann ræðst af blöndunarhlutfallinu milli æðarinnar rétt neðan fóðringar og þeirrar á 440 m dýpi.



Mynd 17: Hiti og sjálfrennsli úr holu MN-8 í Munaðarnesi eftir þökkun.

6. ÞRÝSTISAMGANGUR VIÐ GRUNNAR BORHOLUR

Vatnsborðsmælingar í holum MN-4, MN-6, MN-7 og SG-6 í nágrenni holu MN-8 er að sjá á mynd 18. Holur MN-7 og SG-6, sem eru austan við holu 8 niður við Norðurá, sýna afar litlar breytingar á vatnsborði meðan á aðgerðum stóð í holu 8. Hola MN-4, sem er tæpum 200 m NV við holu 8, virðist heldur ekkert vita af aðgerðum. Hola MN-6, sem er uppi á hamrinum ofan við holu 8 sýnir hins vegar afgerandi viðbrögð við loftdælingunni sem gerð var í holunni 21. febrúar. Ljóst er að þrýstisamgangur er á milli holnanna, og þá líklegast í gengum 160 m æðina sem er rétt neðan fóðringar í holu 8.



Mynd 18: Vatnsborðsmælingar í holum MN-4, MN-6, MN-7 og SG-6.

7. SAMANTEKT OG NIÐURSTÖÐUR

Hola MN-8 í Munaðarnesi var boruð í 900 m dýpi og kom í a.m.k. 90°C heitt jarðhitakerfi. Besta æð holunnar eftir borun var smáæð á 440 m dýpi og skilaði holan um 4,5 l/s í loftdælingu með vatnsborð á um 195 m dýpi. Samantekt örvunaraðgerða og helstu niðurstöður þeirra og prófanna sem gerðar voru eru eftirfarandi:

1. Holan var örvuð þann 18. febrúar með kaldri hringdælingu. Eftir það skilaði holan um 8,5 l/s í loftblæstri með vatnsborð á um 175 m dýpi. Æðin á 440 m dýpi virtist vera besta æðin.
2. Þann 21. febrúar var dælt um 40 l/s á holutoppinn með þremur bordælum. Holan örvaðist við það og toppþrýstingur féll um 1 bar. Eftir þetta skilaði holan um 14 l/s í loftblæstri með vatnsborð á um 175 m dýpi. Hinsvegar örvaðist líka æð rétt neðan fóðringar sem gaf kaldara vatn inn í holuna. Eftir það var ákveðið að pakka holuna til að örva betur æðina á 440 m dýpi en ekki þá grunnu.
3. Pakkað var neðan við 403,5 m dýpi í 18 klukkustundir dagana 25. og 26. febrúar. Dælt var á holuna að jafnaði um 49 l/s af 0°C heitu vatni við 82 bar toppþrýsting, en um 39 bar yfirþrýsting á berg. Svo virðist sem árangur þökkunarinnar hafi að mestu skilað sér á fyrsta hálf tíma aðgerðarinnar, því engin skýr merki um örvun fundust í sískráningarbúnaði. Eftir þökkun skilaði holan um 18 l/s í loftdælingu með vatnsborð á 165 m dýpi.
4. Allar örvunaraðgerðirnar skiluðu árangri og bætti holan sig við hverja aðgerð. Þennan árangur má sjá myndrænt á mynd 14 frammar í skýrslunni. Sjálfrennsli eftir borun var um 0,5 l/s en jókst í 2,3 l/s eftir örvunaraðgerðirnar. Hiti vatnsins sem rennur úr holunni var orðinn 80°C þann 11. apríl og fer hægt hækkanði.
5. Í lok þökkunar var þrýstijöfnun holunnar mæld til að meta lekt jarðhitakerfisins kringum holuna. Vatnsleiðnin (T) er metin $13,5 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3/(\text{pa} \cdot \text{s})$. Ef gert er ráð fyrir 90°C kerfishita fæst að margfeldi lektar og þykktar jarðhitageymisins (kh) er 41 Dm sem er til vitnis um góða lekt í jarðhitakerfinu sem fæðir holuna. Þrýstijöfnunin sýnir skýr merki um sprungulekt.
6. Vatnsborðsmælingar í holu MN-6, sem staðsett er uppi á hamrinum ofan við holu MN-8, sýnir að þrýstisamgangur er á milli holnanna, líklegast í gegnum grunnu æðina í holu 8 sem er rétt neðan við fóðringarendann. Vatnsborð í holum MN-4, MN-7 og SG-6 sýnir litlar vatnsborðsbreytingar í tengslum við aðgerðirnar í holu MN-8.

Í heild má því segja að árangur af borun holu MN-8 sé einhvers staðar á milli þess að vera viðunandi og góður. Eins virðist sem holan sé rétt við jarðhitasprungu sem hefur mjög góða vatnslekt. Má taka það sem hvatningu um áframhaldandi boranir á svæðinu, að því gefnu að markaður sé fyrir meira heitt vatn.

Í ljósi ofangreindra niðurstaðna er hér lagt til að eftirfarandi rannsóknir verði gerðar:

1. Rannsaka efnainnihald vatnsins úr holunni.
2. Dæluprófa holuna í nokkra mánuði til að sjá langtímaviðbrögð holunnar við vinnslu. Æskilegt magn í dælingu er um 10 l/s, miðað við að hámarksniðurdráttur vatnsborðs verði ekki meiri en 100 m (helmingur þess sem fæst í skammtímaprófun). Á meðan prófuninni stendur er mikilvægt að fylgjast með vatnsborði í könnunarholunum í nágrenninu.
3. Hitamæla holuna í botn.

Komi til þess að boraðar verði fleiri vinnsluholur í Munaðarnesi, leggjum við til eftirfarandi:

1. Gerð verði jarðlagagreining á svarfinu sem upp kom í borun holu MN-8.
2. Að holan verði jarðlagamæld og könnuð með borholusjá til að sjá stefnu og halla sprungna sem skera holuna.

8. HEIMILDIR

Kristján Sæmundsson, 1997: Kaldavatns- og jarðhitaleit fyrir BSRB. Orkustofnun, greinargerð KS-97/09.

VIÐAUKI 1

Tafla 1: Yfirlit um mælingar í blástursprófun þann 17. febrúar 2003.

Tími dags	Loftþrýst. (bar)	Hiti upp (°C)	Rennsli (sek/100 l)	Athugasemdir
14:16				Hita- og þrýstimælar komnir í 300 m
14:20				Byrjað að blása en gekk ekki v. lokað ventils
14:27				Blástur hafinn
14:29		49		
14:32	8			
14:48	5.5	52.8	20	
15:00	5.5	54.8	25	
15:43	5.5	57.4	23	Kippt í mælingavírin
16:13	5.5	58.8	23	71°C hiti kominn á 300 m
17:15	5.5	60.2	23	Byrjað að mæla hita&þrýsting frá 300 m
18:28	5.5	61.8	24	
19:00	5.5	63.8	21&23	Tekin vatnssýni
19:08				Byrjað að hífa P&T mæla úr botni
19:12				P&T mælar komnir í 650 m
19:15				Slökkt á lofti og farið í mat
20:08				Byrjað að hífa P&T mæla úr 650 m
20:34				Vatnsborð á 7 m og hækkar um 1 m/mín
20:45				Hola byrjar að sjálfrenna
20:57				Rennslið mælist 0,3 l/s

Tafla 2: Mælingar á hita og rennsli úr holu MN-8 meðan á örvunaraðgerðum stóð.

Dags	Tími	Rennsli (l/s)	Hiti (°C)	Athugasemdir
17. feb	20:57	0,3	25	Sjálfrennsli eftir loftdælingu
18. feb	12:00	0,5	42	Sjálfrennsli fyrir ádælingu
21. feb	9:30	0,36	46	Sjálfrennsli fyrir ádælingu
21. feb	18:05	4,1	5,2	Sjálfrennsli eftir ádælingu
21. feb	18:10	3,4	7,8	Sjálfrennsli eftir ádælingu
21. feb	18:16	3,2	8,4	Sjálfrennsli eftir ádælingu
21. feb	18:29	2,5	9,8	Sjálfrennsli eftir ádælingu
21. feb	21:00	Lítið		
22. feb	9:00	Ekkert		Fyrir loftblástur á 145 m dýpi
22. feb	11:40	16,2		Í blæstri
22. feb	12:05	14,5		Í blæstri
22. feb	12:45	14,5	47	Í blæstri
22. feb	13:05	14,5	50	Í blæstri
22. feb	15:00	18,5	54	Loftblástur á 250 m dýpi
22. feb	15:30	15,0	56	Í blæstri
22. feb	15:45	15,0		Í blæstri
22. feb	16:20	15,0	57	Í blæstri
22. feb	16:45	15,0	58	Í blæstri
22. feb	18:00	13,0	58	Í blæstri
23. feb	16:45	1,0	51	Sjálfrennsli
25. feb	9:20	1,2	53	Sjálfrennsli
25. feb	14:45	0,26	kalt	Í pökkun
25. feb	16:00	0,32	kalt	Í pökkun
25. feb	17:30	0,44	kalt	Í pökkun
25. feb	19:54	0,64	kalt	Í pökkun
25. feb	23:30	0,86	kalt	Í pökkun
26. feb	7:00	1,8	kalt	Í pökkun sem lýkur 9:07
26. feb	9:25	1,5	kalt	Í þrýstijöfnun
26. feb	10:45	0,87	kalt	Í þrýstijöfnun
26. feb	12:20	0,63	kalt	Í þrýstijöfnun
26. feb	21:00	21	51	Í loftblæstri á 245 m dýpi

Tafla 3: Mælingar við hringdælingu og kælingu miðvikudaginn 19. febrúar.

Tími dags	Prýst. á stand pipe (bar)	Skolvatnshiti (°C)	Athugasemdir
10:41	0		Hita- og þrýstimælar komnir á 860 m dýpi.
10:48	1	20	Róleg dæling, e.t.v. 5 l/s
10:52	0		Stopp vegna vandræða með fæðidælu
10:57	1	24	Aftur í gang
11:00		26	Dæla gengur 73 sn/mín
11:02	6	30	Aukið við 11:01
11:03			Slær út
11:30	8.5		Dæling hafin á ný
11:32	10	25	
11:34		27	Hægt á dælu
11:36	9	28	Aukið aftur
11:39		28	Dynkir í dælu
11:44	5	27	Slegið af
11:47	8.5	25	Aukið við
11:49	11	25	Aukið við
11:52	10	25	
11:53			Flökt á toppþrýstingi
11:56	10	26	Hringdælt 17 l/s
12:00	10	24	
12:07	10		
12:27	10.5		
12:55	10.5	18.6	
13:05			Aukið við
13:16	15	17	
13:25			Aukið við, ~21 l/s, hiti á 860 m 84.3 °C
13:28			Bordæla fer á yfirsúning, slegið af
13:36 til :40	0		Hringdælt 5,9 l/s, 4,4 l/s tapast
13:44			Lokað á toppi en enginn þrýstiuppbygging við 5,9 l/s niður
13:55			Dæling aukin í 13 l/s, hola lokuð

Tafla 4: Þrýstingur á holutoppi í og eftir að 13 l/s ádæling er tekin af 19. febrúar.

Tími dags	Toppþr. (bar)	Athugasemdir	Tími dags	Toppþr. (bar)	Athugasemdir
13:54	0	Dæla stillt á 13 l/s	15:34	6.2	Dælingu hætt
13:55	1.5	Hola lokuð	15:35	5.0	
13:56	2		15:36	4.2	
13:57	2.5		15:37	3.7	
13:58	2.8	Opnað og lagaður leki	15:38	3.2	
14:01	1.8	Lokað aftur	15:40	2.4	
14:02	3.0		15:42	1.9	
14:03	3.5		15:44	1.5	
14:04	3.8		15:47	1.1	Opnað, smágusa
14:05	4.2		15:48	0	Sjálfrennsli < 1 l/s
14:06	4.5	103 slög/mín	15:49	0	Sjálfrennslið hætt
14:08	4.8		15:52		P&T mælur hífðir upp
14:10	5.0		16:49		Vatnsborð á 7.2 m
14:13	5.5				
14:17	5.7				
14:20	6.0				
14:26	6.4	Enginn leki á toppi			
14:30	6.6	100 slög/mín			
14:35	6.7				
14:41	6.8				
14:58	6.8	100 slög/mín			
15:28	6.6				
15:31	6.5	99 slög/mín			

Tafla 5: Þrýstingur á stand pipe (P_o) og ádæling með Sögu ($D1$) og Froski ($D2$) ásamt heildardælingu (q), við ádælingu í holu MN-8 21. febrúar.

Tími	Po (bar)	D1 (l/s)	D1 (slög)	D2 (l/s)	D2 (slög)	q (l/s)	Athugasemdir
10:41	6					0	Sett í gang 10:37
10:45	9,5	8,5	40	3,6	28	12,1	
10:47	10	8,5		3,6		12,1	D1 aukin 10:48
10:51	12	8,5		3,6	60	12,1	D2 aukin 10:50
10:52	12,5	12,8	58	7,7	60	20,5	
10:55	13	12,8		7,7		20,5	D1 og D2 aukin 10:56
10:58	13,5	16,7	76	14,11		30,81	
11:00	14	16,7		14,11		30,81	
11:03	14	16,7		14,11		30,81	D2 aukin 11:05
11:07	14	16,7		14,11		30,81	
11:10	13,5	16,7		20,5	160	37,2	D2 aukin 11:08
11:13	14	16,7		20,5		37,2	D2 aukin 11:11
11:15	14	16,7		22	175	38,7	
11:17	14,2	16,7		22		38,7	
11:20	14,2	16,7		22		38,7	
11:25	14	16,7	76	22		38,7	
11:30	14	16,7		22		38,7	
11:35	14	16,7		22		38,7	
11:42	14	16,7		22		38,7	
11:54	13,8	16,7		22		38,7	D1 datt út í 1 mín
12:10	13,5	16,7		22		38,7	
12:45	13,2	16,7	76	22		38,7	
13:00	13,2	16,7		26	200	42,7	
13:15	13,2	16,7		26		42,7	D2 datt út 13:33
13:33	13,2	16,7		0	0	16,7	
13:37	10	16,7	76	0	0	16,7	
13:40	9,7	16,7		0	0	16,7	
13:49	9	16,7		0	0	16,7	D2 í gang 13:50
13:51	10	16,7		23,4	~180	40,1	
13:52	11	16,7		23,4		40,1	
13:53	12	16,7		26	~200	42,7	
13:56	13	16,7		35	240	51,7	
14:00	13	16,7	76	35	240	51,7	Slegið af D2
14:05	13	16,7		26	200	42,7	
14:23	13	17	77	24,2	186	41,2	

14:40	13,3	17		24,2		41,2	Hydril lagaður á D1
15:05	13,3	17		24,2		41,2	
15:25	13,3	17		24,2		41,2	
16:00	13,3	17		24,2		41,2	

Tafla 6: Skráningar á rennsli við pökkun 25. febrúar.

Dags	Tími	Sleipnir (l/s)	Froskur (l/s)	Sleipnir (l/s)	Q (l/s)
25.2.2003	14:35:00	0,00	0,00	0,00	0,00
25.2.2003	14:35:00	10,14	0,00	0,00	10,14
25.2.2003	14:45:45	10,14	0,00	0,00	10,14
25.2.2003	14:45:45	12,35	0,00	0,00	12,35
25.2.2003	14:47:50	12,35	0,00	0,00	12,35
25.2.2003	14:47:50	13,45	0,00	0,00	13,45
25.2.2003	14:50:00	13,45	0,00	0,00	13,45
25.2.2003	14:50:00	16,30	0,00	0,00	16,30
25.2.2003	14:52:45	16,30	0,00	0,00	16,30
25.2.2003	14:52:45	16,80	0,00	0,00	16,80
25.2.2003	14:55:00	16,80	0,00	0,00	16,80
25.2.2003	14:55:00	16,80	0,00	0,00	16,80
25.2.2003	14:55:30	16,80	0,00	0,00	16,80
25.2.2003	14:55:30	16,80	0,00	11,50	28,30
25.2.2003	14:58:40	16,80	0,00	11,50	28,30
25.2.2003	14:58:40	16,80	0,00	15,40	32,20
25.2.2003	15:00:30	16,80	0,00	15,40	32,20
25.2.2003	15:00:30	16,80	0,00	19,40	36,20
25.2.2003	15:01:50	16,80	0,00	19,40	36,20
25.2.2003	15:01:50	16,80	0,00	24,00	40,80
25.2.2003	15:03:14	16,80	0,00	24,00	40,80
25.2.2003	15:03:14	16,80	0,00	26,50	43,30
25.2.2003	15:13:00	16,80	0,00	26,50	43,30
25.2.2003	15:16:00	16,80	0,00	26,50	43,30
25.2.2003	15:16:00	16,80	0,00	0,00	16,80
25.2.2003	15:18:00	16,80	0,00	0,00	16,80
25.2.2003	15:18:00	17,00	0,00	26,50	43,50

25.2.2003	15:25:00	17,00	0,00	26,50	43,50
25.2.2003	15:25:00	17,00	0,00	18,20	35,20
25.2.2003	15:35:00	17,00	0,00	18,20	35,20
25.2.2003	15:35:00	17,00	7,00	18,20	42,20
25.2.2003	15:37:30	17,00	7,00	18,20	42,20
25.2.2003	15:37:30	17,00	0,00	18,20	35,20
25.2.2003	15:39:00	17,00	0,00	18,20	35,20
25.2.2003	15:39:00	17,00	0,00	0,00	17,00
25.2.2003	15:41:00	17,00	0,00	0,00	17,00
25.2.2003	15:41:00	17,00	7,00	0,00	24,00
25.2.2003	15:43:00	17,00	7,00	0,00	24,00
25.2.2003	15:43:00	17,00	0,00	17,90	34,90
25.2.2003	15:54:00	17,00	0,00	17,90	34,90
25.2.2003	15:54:00	17,00	0,00	10,00	27,00
25.2.2003	16:02:00	17,00	0,00	10,00	27,00
25.2.2003	16:02:00	17,00	0,00	0,00	17,00
25.2.2003	16:12:00	17,00	0,00	0,00	17,00
25.2.2003	16:12:00	17,00	5,13	0,00	22,13
25.2.2003	16:13:00	17,00	5,13	0,00	22,13
25.2.2003	16:13:00	17,64	5,13	18,50	41,27
25.2.2003	16:20:00	17,64	5,13	18,50	41,27
25.2.2003	16:20:00	17,64	7,18	24,70	49,52
25.2.2003	16:27:00	17,64	7,18	24,70	49,52
25.2.2003	16:27:00	16,76	9,30	24,70	50,76
25.2.2003	18:00:00	16,76	9,30	24,70	50,76
25.2.2003	18:00:00	16,76	8,70	24,25	49,71
26.2.2003	9:07:00	16,76	8,70	24,25	49,71
26.2.2003	9:07:00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tafla 7: *Þrýstijöfnun eftir þökkun 26. febrúar.*

Tími	Stand pipe (bar)
09:07	83,0
09:10	36,0
09:12	35,0
09:15	34,0
09:18	33,0
09:24	32,0
09:29	31,0
09:50	27,0
09:54	26,0
10:01	25,0
10:05	24,0
10:12	23,0
10:18	22,0
10:24	21,0
10:57	15,8
11:02	15,0
11:07	14,0
11:13	13,0
11:18	12,0
11:32	10,0
11:40	9,0
11:49	8,0
12:06	7,0
12:18	6,0
12:34	4,0
12:49	3,0