



ORKUSTOFNUN

RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri

Laugaland á Þelamörk

**Borun holu LP-17 og aðgerðir vegna
niðurrennsli í holum LP-17 og LPÝ-7
á Hörgáreyrum**

**Bjarni Gautason
Steinunn Hauksdóttir**



Unnið fyrir Hita- og vatnsveitu Akureyrar

2000

OS-2000/046

ORKUSTOFNUN

Rannsóknasvið

Verknr. 8-610606

Bjarni Gautason

Steinunn Hauksdóttir

Laugaland á Þelamörk

**Borun holu LÞ-17 og aðgerðir vegna niðurrennslis
í holum LÞ-17 og LÞÝ-7 á Hörgáreyrum**

Unnið fyrir Hita- og vatnsveitu Akureyrar

OS-2000/046

September 2000

Orkustofnun – Rannsóknasvið

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

Akureyri: Glerárgötu 36, 600 Ak. – Sími 463 0957 – Fax 463 0998

Netfang: os@os.is – Veffang: <http://www.os.is>

Skýrsla nr: OS-2000/046	Dags: September 2000	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Laugaland á Þelamörk. Borun holu LP-17 og aðgerðir vegna niðurrennslis í holum LP-17 og LPÝ-7 á Hörgáreyrum		Upplag: 22
		Fjöldi síðna: 42
Höfundar: Bjarni Gautason Steinunn Hauksdóttir		Verkefnisstjóri: Ólafur G. Flóvenz
Gerð skýrslu / Verkstig: Borun rannsóknarholu		Verknúmer: 8-610606
Unnið fyrir: Hita- og vatnsveitu Akureyrar		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Í skýrslunni er fjallað um borun og rannsóknir á holu LP-17 sem er sunnan Hörgár rétt norðan við núverndi vinnsluholu LPN-11. Jafnframt er gerð grein fyrir vandamálum sem upp komu vegna niðurrennslis í holuna og vandkvæðum við rekstur holna LP-12 og LPÝ-7 á Hörgáreyrum. Hóla LP-17 var boruð sem skáhol með um 10° halla og er lengd hennar í borstefnu 252 m. Henni var ætlað að skera lágviðnámssprungu á 150-250 m dýpi og reyndist sprungan vera á 225-228 m. Á grundvelli þessara niðurstaðna var unnt að meta hvernig gerlegt væri að skera lágviðnámssprunguna á 1000 til 1500 m dýpi með skáborun út úr holu LPN-10. Niðurrennsli í holum LP-17 LPÝ-7 og flóð í Hörgá ollu því að tillölulega kalt og magnesíumríkt vatn barst inn í vinnsluholu HVA (LPN-11) á Þelamörk. Vegna þessa var stept mælirör í holu LP-17 og jafnframt stept í holur LPÝ-7 og LP-12, en þær löskuðust báðar í flóðum. Styrkur magnesíums mælist ennþá umtalsvert hærri en í reglubundnu efnaeftirlitssýni en þann mun er mögulegt að skýra með mismunandi meðhöndlun sýnanna. Verkið var unnið fyrir Hita- og vatnsveitu Akureyrar og annaðist Alvarr ehf. borun holunnar en Rannsóknasvið Orkustofnunar sá um rannsóknarhlutann.		
Lykilorð: Borhóla, skáborun, sprunga, jarðhitavatn, efnasamsetning, útfellingar, Laugaland á Þelamörk		ISBN-númer:
		Undirskrift verkefnisstjóra:
		Yfirfarið af: ÓGF, PI

EFNISYFIRLIT

1.	INNGANNGUR	4
2.	BORUN LP-17	6
2.1.	Jarðfræðilegar aðstæður	6
2.2.	Staðsetning	6
2.3.	Framgangur borunar	6
3.	RANNSÓKNIR	8
3.1.	Gerð jarðlaga	8
3.2.	Hitamælingar	8
3.3.	Halli og jarðlagamælingar	10
4.	BREYTINGAR Á EFNASAMSETNINGU VÖKVANS Í LPN-11.....	12
4.1.	Útfellingar í sundlaug	12
4.2.	Magnesiumsilíkat útfellingar	13
4.3.	Mettunarástand jarðhitavökvans	14
5.	LOKUN LP-17	17
5.1.	Bráðabirgðalokun með sandtappa	17
5.2.	Steyping í holur LP-17, LP-12 og LPÝ-7	18
6.	ÁHRIF AÐGERÐA	19
6.1.	Hitabreytingar í LP-17.....	19
6.2.	Mg-styrkur í vatni úr LPN-11.....	19
7.	NIÐURSTÖÐUR OG SAMANTEKT	22
8.	HEIMILDIR	23

VIÐAUKAR

Viðauki 1:	Jarðlagasnið af holu LP-17	Sjá prentaða útgáfu
Viðauki 2:	Hitamælingar í holu LP-17	Sjá prentaða útgáfu
Viðauki 3:	Borskýrslur	Sjá prentaða útgáfu
Viðauki 4:	Mælirör sett í holu LP-17 - Stutt verklýsing	Sjá prentaða útgáfu

TÖFLUSKRÁ

Tafla 1. Borun LP-17. Yfirlit yfir atburðarrás.....	7
Tafla 2. Stefna og halli LP-17.....	11
Tafla 3. Efnastyrkur (mg/l), vatnsborð og hiti í hlutsýnum úr holu LPN-11 í febrúar 1999 og köldu grunn- og yfirborðsvatni.	12
Tafla 4. Efnastyrkur (mg/l) og hiti í sýnum úr sundlaug og blöndunartæki í sundlaugarbyggingu.....	13

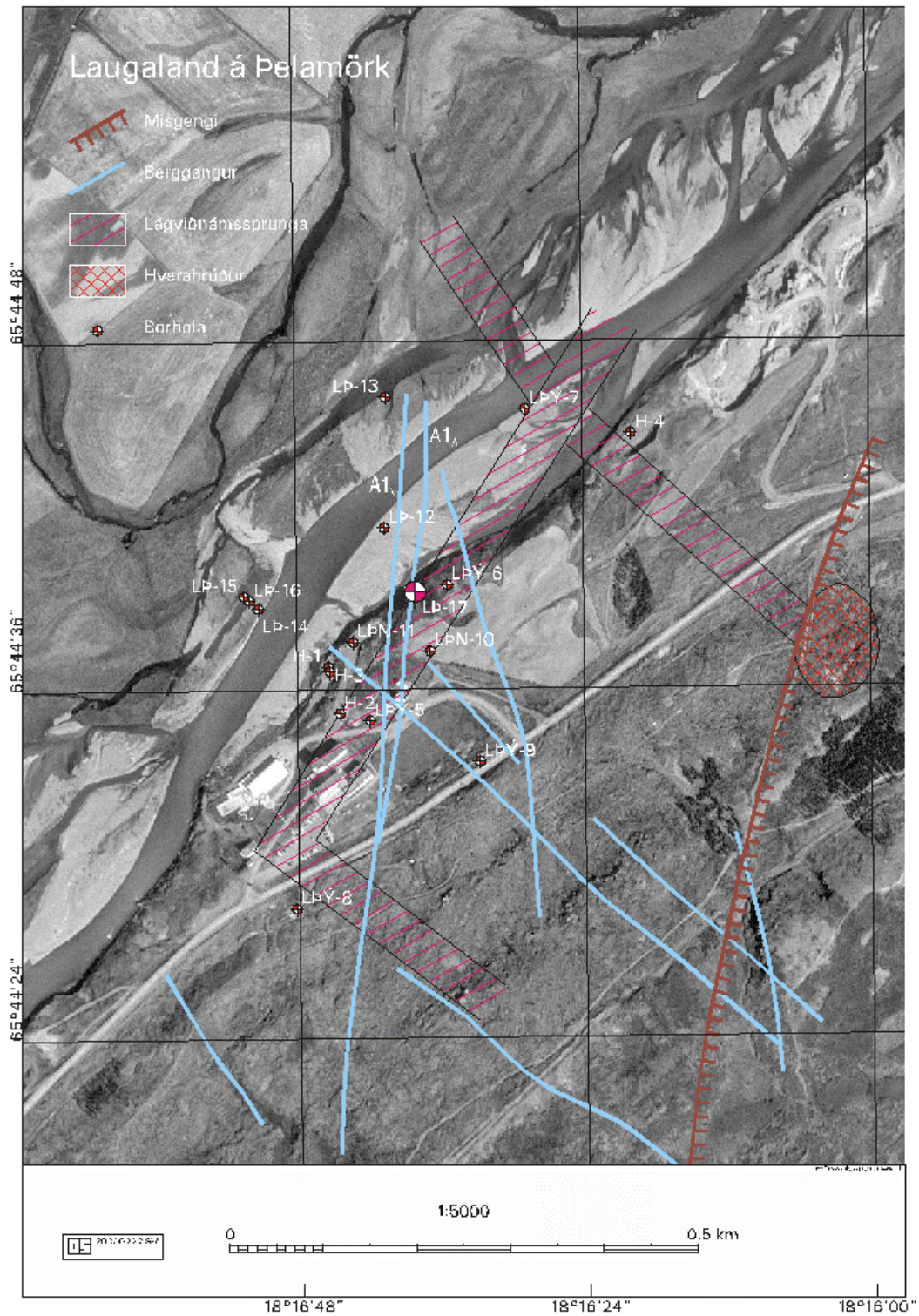
MYNDASKRÁ

Mynd 1. Yfirlitsmynd af jarðhitasvæðinu við Laugaland á Þelamörk.	5
Mynd 2. Valdar hitamælingar úr holu LP-17.	9
Mynd 3. Holuferli LP-17 varpað á láréttan flöt.....	10
Mynd 4. Mettunarstig talks í vatni úr LPN-11 og heitavatnskrana í sundlaug Þelamerkurskóla.....	15
Mynd 5. Mettunarstig krýsótíls í vatni úr LPN-11 og heitavatnskrana í sundlaug Þelamerkurskóla.....	15
Mynd 6. Mettunarstig magnesíumsilíkats í vatni úr LPN-11 og heitavatnskrana í sundlaug Þelamerkurskóla.....	16
Mynd 7. Styrkur magnesíums í holu LPN-11 með tíma.....	21

1. INNGANNGUR

Á árunum 1999 og 2000 voru boraðar LP-12, LP-13, og LP-16). Holur LP-14 og LP-15 voru einnig boraðar á hér um bil sama stað og hola LP-16 en misheppnuðust báðar af bortæknilegum ástæðum. Í stað þeirra boraði verktakinn holu LP-16. Í framhaldi af borun þessara holna var ákveðið að bora eina u.þ.b. 300 metra djúpa skáholu rétt norðan við núverandi vinnsluholu LPN-11. Holunni, LP-17, var valinn staður með það í huga að hún myndi skera sprungu í berggrunnum sem liggur frá Þelamerkurskóla, nær samsíða ánni til norðurs, með stefnu u.þ.b. 32° austan við norður (mynd 1). Markmið borunarinnar var að ákvarða eins nákvæmlega og unnt væri halla þessarar sprungu í berggrunnum.

Í þessari skýrslu er fjallað stuttlega um borun og rannsóknir á holu LP-17, og einnig greint frá vandamálum sem upp komu vegna niðurrennsli í LP-17 og flóða í Hörgá. Niðurrennslið í LP-17 og vandkvæði sem upp hafa komið við holur LP-12 og LPÝ-7 á Hörgáeyrum leiddu til þess að ákveðið var að steypa í þessar holur og er rætt stuttlega um þann verkþátt í skýrslunni.



Mynd 1 Yfirlitsmynd af jarðhitasvæðinu við Laugaland á Pelamörk

2. BORUN LP-17

2.1. Jarðfræðilegar aðstæður

Við jarðhitasvæðið á Laugalandi á Þelamörk (sjá mynd 1) leitar heitt vatn til yfirborðs þar sem tvískiptur berggangur ($A1_V$ og $A1_A$) sker lágviðnámssprungu ofarlega í jarðlögum (Ólafur G. Flóvenz o.fl. 1984). Halli ganganna í berggrunninum er vel þekktur enda hafa nokkrar borholur skorið þá. Halli sprungunnar í jarðlögunum var hins vegar ekki vel þekktur fyrir borun LP-17. Talið var að sprungunni hallaði til NV og að hallinn væri á bilinu 0 til 6° frá lóðréttu.

2.2. Staðsetning

Holu LP-17 var valinn staður um 40 m vestan við áður nefnda lágviðnámssprungu (mynd 1). Stefnt var að því að hola LP-17 yrði boruð með því sem næst 10° halla (frá lóðréttu). Með því var tryggt að holan skæri sprunguna á 150 til 250 m dýpi (Bjarni Gautason og Ólafur G. Flóvenz, 2000). Staðsetning LP-17 var mæld út frá holum LPÝ-6 og LPN-10. Mæld var grunnlína til suðurs frá holu LPÝ-6 með stefnu $32^\circ A$, en hola LPÝ-6 stendur á miðju lágviðnámsbeltinu sem afmarkar legu sprungunnar næst yfirborði. Nálega 25 m sunnan við holu LPÝ-6 var svo mæld önnur lína hornrétt á grunnlínuna til NV (stefna 302°) og hola LP-17 staðsett á þeirri línu u.þ.b. 40 m frá grunnlínu. Bormönnum var svo uppálagt að bora skáholu með stefnu 122° og 10° halla frá lóðréttu.

2.3. Framgangur borunar

Starfsmenn Alvarrs ehf hófust handa við að koma bornum fyrir og bora fyrir fódringu þann 1. mars. Borað var fyrir fódringu með "litla" bornum (bor nr. 85) en síðan var haldið áfram að bora með "stóra" bornum (bor nr. 77). Fóðrað var niður á 12 m dýpi. Borun með stóra bornum hófst 4. mars og lokadýpi náðist þann 6. mars. Upptekt lauk 7. mars.

Á tæplega 50 m dýpi jókst rennsli úr holu LP-17 og var það metið um 10 l/mín. í blæstri. Jókst það er leið á daginn og var um 30 l/mín. þegar borun var hætt á 150 m dýpi þann 4. mars. Þann 5. mars var borað áfram niður á 228 m dýpi. Rennsli jókst verulega á 225 til 228 m dýpi og var metið um 150-200 l/mín. af u.þ.b. $60^\circ C$ vatni. Á þessu dýpi er berg mjög sprungið og olli hrun töluverðum erfiðleikum í borun. Þann 6. mars var borað áfram niður á 252 m dýpi en þar var borun hætt og hafist handa við upptekt.

Tafla 1. Borun LP-17. Yfirlit yfir atburðarrás.

Dagsetning	Hitamæling í LP-17	Sýnataka úr LPN-11	Athugasemdir
24.02			Hola LP-17 staðsett.
01.03			Byrjað að koma "litla" bornum fyrir á borplaninu.
04.03			Borun með "stóra" bornum hefst. Borað í 150 m.
05.03	1		Borað í 227 m.
06.03			Borun lokið í 252 m, og upptekt hafin.
07.03			Upptekt lokið.
09.03	1		Jarðlagamælingar.
10.03			Jarðlagamælingar.
27.03			Byrjað að setja rör í LP-17, tekst ekki. Reynt að stöðva millirennisli með sandtappa.
27-29.03			Flóð í Hörgá.
27.03	1	1	
29.03	1	1	
30.03	1	1	
01.04	1	1	
04.04	2		Sandtappi í LP-17 styrktur.
05.04	1		Ástand holutoppa við LPÝ-7 og LP-12 kannað, í ljós kemur að toppur holu LPÝ-7 er laskaður og tappa vantar.
07.04	1	1	Tappi skrúfaður á LPÝ-7.
11.04	1	1	
13.04	2		Hafist handa við að steypa rör í LP-17. Gert við holutopp á LPÝ-7.
14.04	1		Steypt í holur LPÝ-7 og LP-12.
17.04		1	
18.04	1	1	
25.04	1	1	
28.04		1	
02.05		1	
11.05		1	
24.05			
15.06		1	

3. RANNSÓKNIR

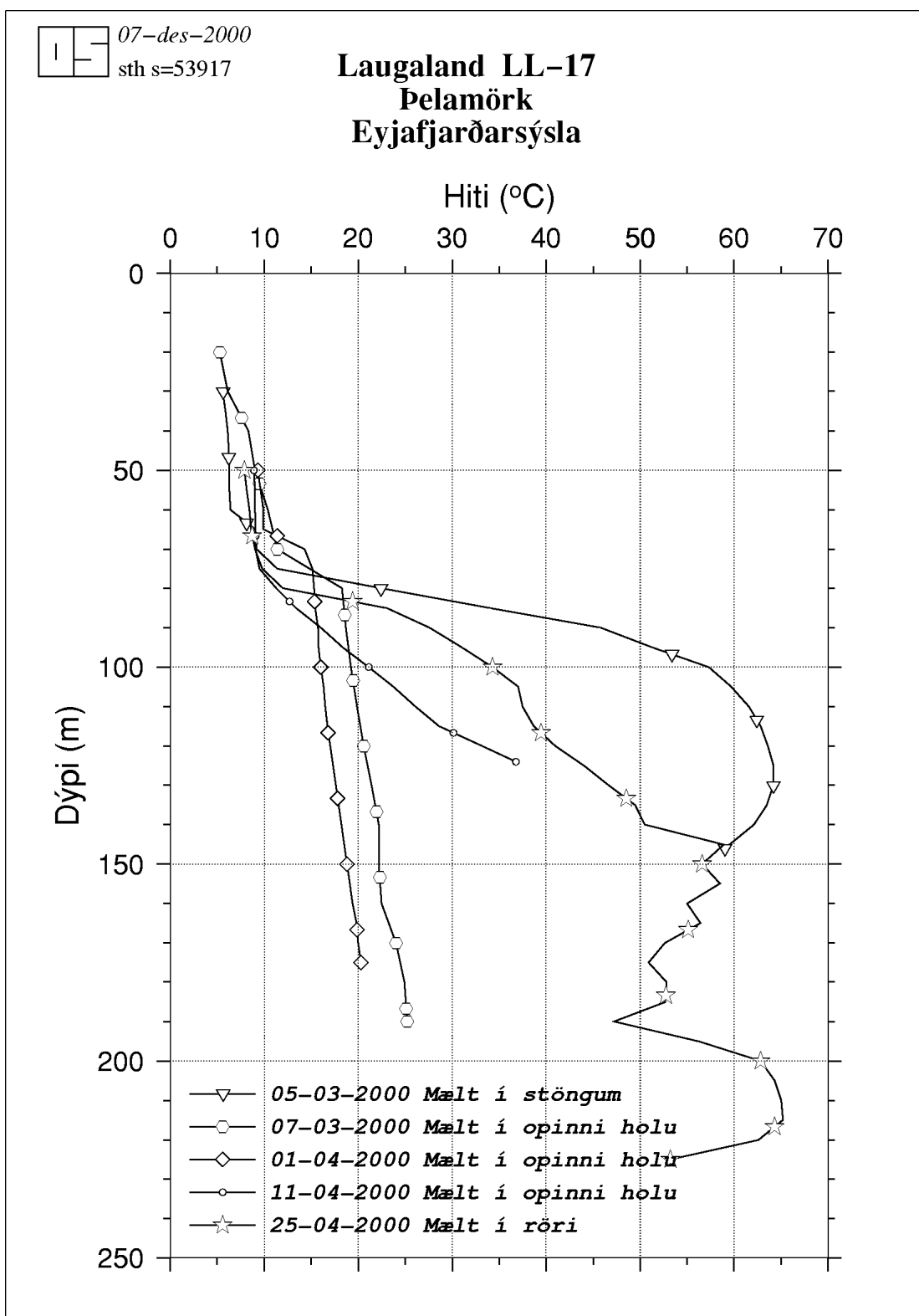
3.1. Gerð jarðlaga

Að venju voru svarfsýni greind í víðsjá. Jarðlagastaflinn er eins og búast mátti við svipaður því sem lýst hefur verið úr nærliggjandi holum, t.d. LPÝ-6 og LPN-11. Í viðauka 1 er sýnd mynd af jarðlagastaflanum byggð á berggreiningu og jarðlagamælingum. Í efri hluta jarðlagastaflans er meðal- til grófkorna basalt ráðandi en fín til meðalkorna berg verður meira áberandi er neðar dregur. Helstu ummyndunarsteindir eru mordenít, heulandít og stilbít. Smásæar (< 3 mm) sprungur finnast í bergbrotum á ákveðnum dýptarbilum og oxun grunnmassans í bergbrotum er einnig algeng. Aðeins þrjú millilög koma fram í svarfsýnunum úr þessari holu. Tvö þeirra, á 175 og 185 m dýpi, eru þunn en það þriðja á 62 m dýpi er mun þykkara. Þunnu lögin tvö má hugsanlega tengja við millilög á 198 m og 208 m í holu LPÝ-6 en um 20 m hæðarmunur er á holutoppum LP-17 og LPÝ-6. "Þykka" millilagið á 62 m í LP-17 kemur hins vegar ekki fram í svarfdósum úr holu LPÝ-6.

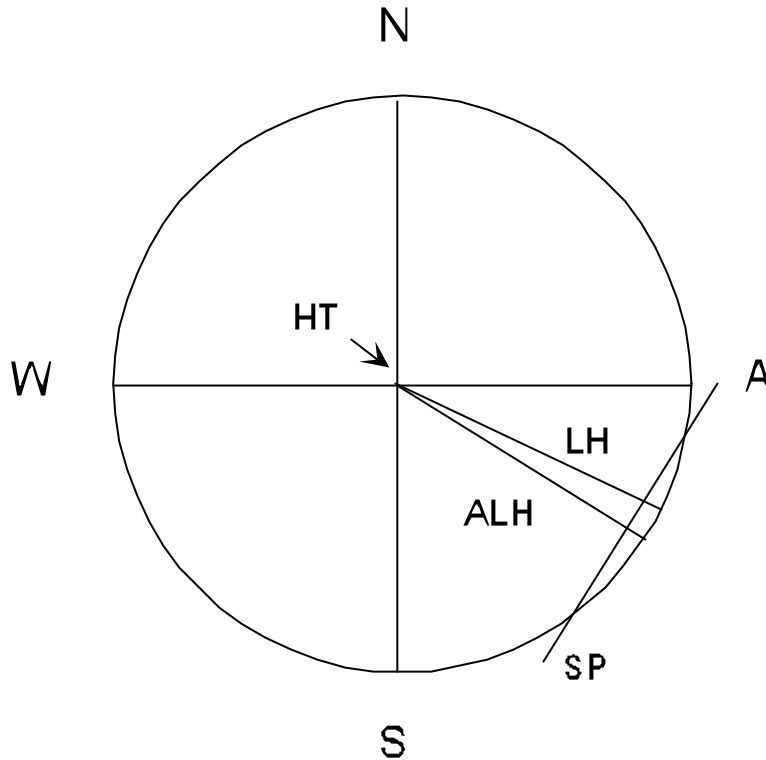
Á um 195 m dýpi verður vart við töluverða ummyndun í berginu. Ekki varð vart við verulega rennslisaukningu á þessu dýpi en hrun gerði bormönnum erfitt fyrir. Fyrir neðan 200 m er svo komið aftur í þokkalega burðugt basalt og er svo niður á 225 m dýpi. Þar eykst mjög ummyndun bergsins. Mikillar hitahækkunar og rennslisaukningar varð vart í borun á þessu dýpi. Því má fastlega gera ráð fyrir að hér sé æðin sem takmarkið var að bora í, og því má segja að fullnaðarárangur hafi náðst með þessari borun. Fyrir neðan þessa æð er bergið fyrst og fremst þétt, lítt ummyndað, fínt til meðalkorna basalt. Nokkuð ber á blöndun í svarfsýnunum neðan við æðina, og er áberandi að ummyndað berg úr æðinni á 225–227 m blandast í svarfið af meira dýpi.

3.2. Hitamælingar

Holan var hitamæld í stöngum á meðan á borun stóð. Að borun lokinni var holan hitamæld aftur með handrúllu. Hrun eða skápur hafði myndast á 190 m dýpi og komst hitamælirinn ekki dýpra. Samanburður við fyrri hitamælingar benti eindregið til þess að niðurrennsli væri í holunni. Á mynd 2 eru sýndir 5 hitaferlar úr holu LP-17. Ef hitaferillinn frá 7. mars er borin saman við ferilin frá 5. mars má glögg sjá þá kælingu sem er samfara niðurrennslinu. Í framhaldi af þessum mælingum voru allmargar hitamælingar teknar til að fylgjast með áhrifum þeirra aðgerða sem ráðist var í til að stöðva niðurrennsli í holu LP-17. Verður að þeim vikið síðar í skýrslunni.



Mynd 2. Valdar hitamælingar úr hólum LP-17. Mæling frá 05/03 í stöngum. Mæling frá 07/03 sýnir niðurrennsli. Mæling frá 1/4 sýnir áframhaldandi niðurrennsli þrátt fyrir viðgerð. 11/04 hola hitnar hratt eftir að tappi er styrktur. 25/04 mælt í mæliröri eftir steypingu.



Mynd 3. Holuferli LP-17 varpað á láréttan flöt. Miðja hrings (HT) er holutoppur. LH sýnir legu holunnar; ALH sýnir áætlaða legu. SP markar legu sprungunnar. Botn holunnar liggur á hringferlinum en radíus hringsins samsvarar lárétttri færslu við þessa borun sem er 43,8 m. Lóðrétt færsla er 248 m en lengd holunnar í borstefnu er 252 m.

3.3. Halli og jarðlagamælingar

Dagana 9. og 10. mars var mælingabíll Orkustofnunar við jarðhitasvæðið á Laugalandi á Þelamörk og voru gerðar jarðlagamælingar í holum LP-16 og LP-17. Mælitæki stöðvuðust á um 190 m dýpi í LP-17. Viddarmæling bendir til þess að stór skápur byrji á ríflega 185 m dýpi og því var nokkur hætta á að mælitækin leggðist út í skápinn og færi því ekki dýpra. Einnig var hugsanlegt að hrun í tengslum við myndun skápsins hefði stíflað holuna á rúmlega 190 m dýpi. Halli og stefna holu LP-17 var mæld til að ákvarða sem best legu holunnar í berggrunninum og þar með legu sprungunnar sem holan sker á 225 til 228 m dýpi.

Niðurstöðurnar stefnu- og hallamælinga eru sýndar í töflu 2. Mæling á 0 m byggist á halla og stefnu fóðurrörs við yfirborð og er það mælt með áttavita. Mælingabíll Orkustofnunar mældi halla og stefnu á 80 m og 160 m dýpi. Í hverri mælingu eru tveir punktar merktir á mæliskífu og líður 1 mínúta á milli mælinganna. Á 160 m dýpi var algjört samræmi milli mælipunktanna. Hins vegar var nokkur munur á mælipunktunum

á 80 m dýpi. Þegar mælingin fór fram var talið að vatnsborð væri í 75 m og var það byggt á hitamælingu. Nifteindamæling sem var tekin seinna um kvöldið sýndi hinsvegar

Tafla 2. *Stefna og halli LP-17.*

Dýpi (m)	Halli ° (frá lóðréttu)	Stefna ° (A við N)
0 ¹⁾	10	117
80	11.5	106
160	10	116

1) Stefna og halli yfirborðsfóðringar mæld við yfirborð.

að vatnsborð h mun dýpra. Ör hækkun í hita á 75 m dýpi er því til marks um æð sem rennur inn í holuna. Fyrir neðan æðina umlykur vatnið úr henni meira og minna mælitækin. Ekki er ólíklegt að rennsli úr þessari æð hafi valdið einhverjum titringi í halla- og stefnumælinum og skýrist þá minniháttar misræmi milli mælipunkta á 80 m dýpi.

Borun skáholunnar tókst vel. Stefnan er ekki nákvæmlega sú sem ætluð var en frávikkið kom strax í upphafi þegar borað var í lausum jarðlögum og gengið frá yfirborðsfóðringu. Eftir það er ekki annað að sjá en að stefna og halli haldist án teljandi breytinga. Á mynd 3 er sýnd lega holunnar og hún borin sama við áætlaða legu. Á myndinni er holunni varpað á láréttan flöt, þannig að miðja hringsins er holutoppurinn en botn holunnar liggur á hringferlinum. Radíus hringsins samsvarar láréttri færslu holunnar á þeim 252 m sem boraðir voru. Skurðpunktur sprungunnar við holuna er einnig gefin til kynna.

Þegar jarðlagamælingar fóru fram var vatnsborð á um 137 m dýpi. Mælitæki stöðvuðust síðan á tæplega 190 m dýpi. Mælingarnar gagnast því aðeins í hluta holunnar. Þeir "toppar" sem fram koma í nifteindamælingunni á 140 til 175 m dýpi, og telja má víst að endurspegli hraunlög, eru áþekkir "toppum" í nifteindamælingunni úr holu LPÝ-6 á 150 til 185 m dýpi (Ólafur Flóvenz o.fl., 1990). Við rannsóknir tengdar borun holu LP-17 hefur því ekkert komið fram sem bendir til verulegrar höggunar á svæðinu, er það í samræmi við þá mynd sem dregin hefur verið upp af svæðinu á síðustu árum (Ólafur G. Flóvenz o.fl., 1994)

4. BREYTINGAR Á EFNASAMSETNINGU VÖKVANS Í LPN-11

4.1. Útfellingar í sundlaug

Í kjölfar borunar rannsóknarholu LP-17 á Laugalandi á Þelamörk í byrjun mars varð vart við útfellingar í sundlauginni við Þelamerkurskóla. Þær lýstu sér þannig að sundlaugarvatnið varð grænt svo ekki sást til botns, en útfellingarnar settust ekki á vegg laugarinnar. Heitt vatn fyrir sundlaugina er tekið úr vinnsluholu Hita- og vatnsveitu Akureyrar LPN-11 og er það leitt í laugina ósíað. Í blöndunartæki er jarðhitavatninu blandað við kalt vatn sem tekið er úr vatnsbólunni að Vöglum. Starfsmenn HVA og ROS Akureyri tóku vatnssýni úr holu LPN-11, lauginni sjálfri og úr heitavatskrana í sundlauginni og voru þau send efnafræðistofu ROS ómeðhöndluð til efnagreininga, en sýni tekin einu sinni á ári af starfsmönnum efnafræðistofu ROS eru síuð með 0,45 μ síum og sýrð með saltpéturssýru (HNO_3).

Tafla 3. Efnastyrkur (mg/l), vatnsborð og hiti í hlutsýnum úr holu LPN-11 í febrúar 1999 og köldu grunn- og yfirborðsvatni.

Staður	LPN-11	LPN-11	LPN-11	Vaglar vatnsból	Hörgá
Númer	1999-0042	1999-0043	1999-0044	-	1997-9187
Dags	11.02.1999	12.02.1999	15.02.1999	01.09.1967	16.11.1994
Hiti ($^{\circ}\text{C}$)	91,5	89,2	90,0	3,0	0,5
Vatnsborð (m)	-	122,3	135	-	-
Sýrustig (pH)	9,77	-	-	7,2	7,55
Kísill (SiO_2)	111,7	109,8	113,4	20,0	15,4
Magnesium (Mg)	0,067	0,062	0,045	2,4	1,83

Svipað atvik átti sér stað í febrúar 1999 þegar Hörgá braut ofan af toppi rannsóknarholu LP-12, sem er á eyrum árinna, og streymdi árvatn óhindrað niður í holuna (Guðni Axelsson o.fl., 1999). Varð þá vart við grænar útfellingar í sundlauginni. Fljótlega lækkaði hiti vatnsins í holu LPN-11 um tvær gráður og efnagreiningar sýndu að styrkur kísils hafði lækkað og magnesíumstyrkur hækkað (tafla 3). Einnig hækkaði vatnsborð töluvert og var ljóst að vatnið úr Hörgá átti greiða leið úr holu LP-12 yfir í þann vatnsleiðara sem gefur LPN-11 90 $^{\circ}\text{C}$ heitt vatn. Þegar lokað hafði verið fyrir niðurrennslið í holu LP-12 komst fljótlega eðlilegt ástand á jarðhitakerfið (munnl. uppl. Ari Rögnvaldsson).

Eins og áður greinir bentu hitamælingar til millirennslis í holu LP-17, þar sem vatn úr tiltölulega grunnri æð rann niður í holuna. Þetta vatn er rúmlega 10 $^{\circ}\text{C}$ heitt samkvæmt hitamælingum sem voru gerðar stuttu eftir að borun lauk. Fljótlega fór að bera á miklu af grænum útfellingum í sundlauginni. Fylgst var með hitastigi og vatnsborði í holu

LÞN-11 en engar markverðar breytingar urðu til að byrja með. Tæpum þremur vikum síðar (25.-27. mars) hafði vatnsborð hækkað úr 156 m í 152,5 m. Tekin voru sýni úr holu LÞN-11 eftir að niðurrennslið í holu LÞ-17 hófst, fyrst 10. mars og síðan 27. mars. Niðurstöður efnagreininga á þeim sýnum bentu til að um útfellingu á magnesíumsilíkati væri að ræða (tafla 4). Styrkur magnesíums mældist 0,167 mg/l í eldra sýninu en hafði lækkað í 0,087 mg/l í því yngra. Styrkur magnesíums í sýni úr holu LÞN-11 frá 4. febrúar 2000, þ.e. áður en hola LÞ-17 var boruð, mældist 0,006 mg/l í meðhöndluðu sýni en 0,014 mg/l í ómeðhöndluðu.

4.2. Magnesíumsilíkat útfellingar

Útfelling magnesíumsilíkata er þekkt vandamál í hitaveitum sem nýta upphitað ferskvatn (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 1983) og ennfrekar verða slíkar útfellingar þar sem ferskt magnesíumríkt grunnvatn blandast heitu kísilríku jarðhitavatni (Magnús Ólafsson, 1988). Útreikningar á hlutfalli íblöndunar á kaldara grunnvatni í holu LÞN-11 benda til um 7% blöndunar, ef miðað er við að það vatn sem blandast jarðhitavatninu hafi þann magnesíumstyrk sem mældist í sýni frá Vöglum (tafla 4). Til samanburðar hefur verið reiknað út hlutfall blöndunar í því tilviki þegar vatn úr Hörgá rann ofan í holu LÞ-12. Þá voru notaðar greiningar sýna úr vinnsluholunni 1998-0043 (óblandað, Mg=0,009 mg/l) og 1999-0042 (blandað) og 1997-9187 frá Hörgá (tafla 3). Þær niðurstöður benda til um 3% blöndunar.

Tafla 4. Efnastyrkur (mg/l) og hiti í sýnum úr sundlaug og blöndunartæki í sundlaugarbyggingu.

Staður	Sundlaug blandað	Heitavatns- Krani	Heitavatns- Krani	Heitavatns- krani	LÞN-11
Númer	2000-0073	2000-0074	2000-0114	2000-0119	2000-0020
Dags	20.03.2000	23.03.2000	01.04.2000	07.04.2000	04.02.2000
Hiti (°C)	-	80	-	-	89,6
Sýrustig (pH)	9,62	-	-	-	9,80
Kísill (SiO ₂)	110,0	94,5	107,7	-	114,0
Magnesíum (Mg)	0,334	0,367	0,127	0,155	0,006

Ekki er vitað nákvæmlega um hvaða magnesíumsilíkat er að ræða en með forritinu Watch er hægt að reikna út jafnvægi ýmissa steinda, þar á meðal krýsótíls (Mg₃Si₂O₅(OH)₄) og talks (Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂), sem hafa reynst gefa nokkuð góða mynd af mettnarástandi magnesíumsilíkata í jarðhitavatni (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 1983). Einnig var reiknað út jafnvægi fyrir Mg-silíkat sem myndaðist í tilraunum á vegum Hitaveitu Reykjavíkur, Hitaveitu Suðurnesja og Orkustofnunar (Trausti Hauksson og Sverrir Þórhallsson, 1993). Notað var heilsýni 2000-0020 sem tekið var 4. febrúar en útreikningar með Watch á mettnarstigi steindanna fyrir önnur sýni voru gerðir með því að færa styrk magnesíums til þeirra gilda sem mældust í ómeðhöndluðum hlutsýnum úr LÞN-11 frá 4. febrúar, 10. og 27. mars auk sýnis úr

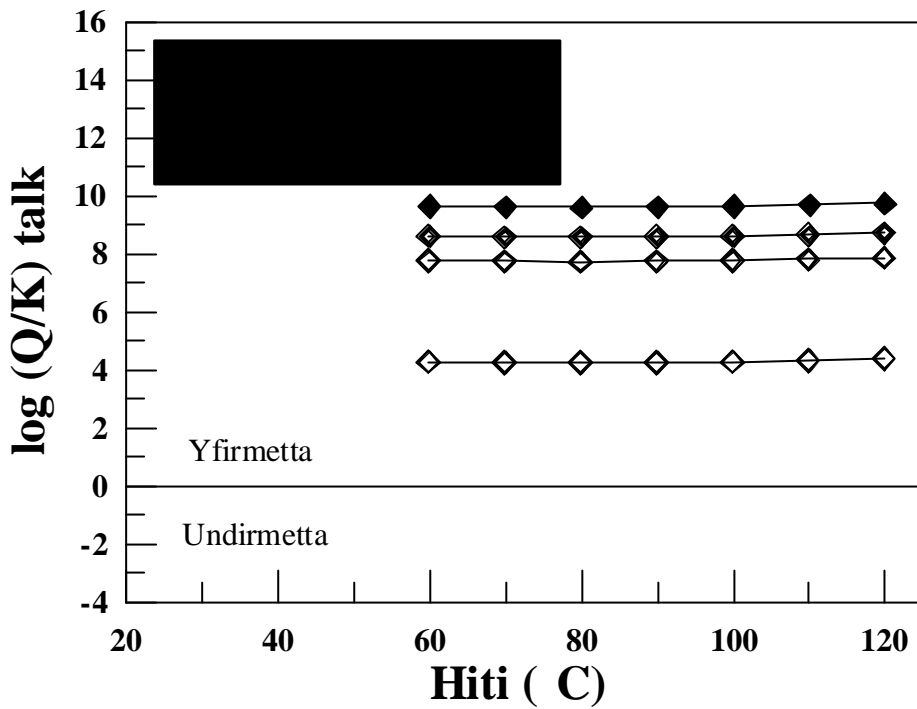
heitavatnskranana frá 20. mars. Viðbúið er að magnesíum mælist hærra í þeim sýnum sem ekki eru síuð og sýrð á staðnum eins og reyndin er um þau sýni sem send voru ROS til greininga. Magnesíumsilíkat útfellingar með lágt Mg/Si hlutfall myndast gjarna þar sem grunnvatn blandast jarðhitavatni, en útfellingar með hátt Mg/Si hlutfall myndast þar sem ferskvatn er hitað upp (Kristmannsdóttir, H. et al., 1999). Þær fyrrnefndu samanstanda oft af illa kristöll-uðu saponíti með talk- eða smektít einkennum, en þær síðarnefndu mynda frekar illa kristallað serpentín. Græni liturinn sem er áberandi í vatninu í sundlauginni á Þelamörk er ekki dæmigerður fyrir magnesíumsilíkat sem fallið hefur út hjá hitaveitum sem nýta upphitad ferskvatn, þar sem útfellingarnar eru oftast ljósar eða ljósbrúnar (t.d. Hrefna Kristmannsdóttir, 1978). Ekki tókst að ná sýni af þeim grænu útfellingum sem lituðu sundlaugarvatnið.

Tvö sýnanna (2000-0073, 2000-0074) voru athuguð með tilliti til þess hvort um lífrænt efni væri að ræða. Sú athugun leiddi ekkert óeðlilegt í ljós, og vatnið innihélt lítið af lífrænu efni (munnl. uppl. Viggó Þór Marteinsson, Iðntæknistofnun).

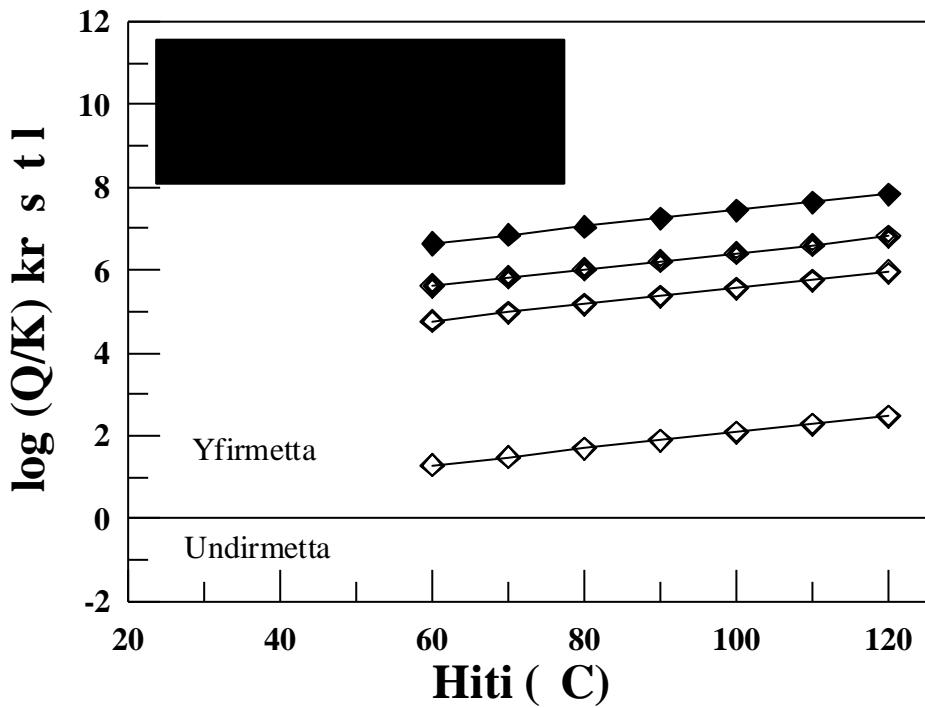
4.3. Mettunarástand jarðhitavökvans

Á myndum 4 og 5 eru teiknaðir jafnvægisferlar fyrir krýsótíl og talk í sýnum úr holu LPN-11 og úr heitavatnskranana í sundlaug Þelamerkurskóla. Við eðlilegt ástand (sýni 2000-0020) er vatnið mettað m.t.t. krýsótíls og talks en það er algengt með jarðhitavatni á Íslandi, einkum síðarnefndu steindarinnar (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 1983). Við niðurrennsli í holu LP-17 hefur þessi yfirmettun aukist mikið og mest er hún í vatni úr krana í sundlaug. Mynd 6 sýnir að vatnið er undirmettað með tilliti til Mg-silíkats sem hefur Mg:Si hlutfallið 1:1 (Jónamargfeldi (Q) = $Mg^{2+} \cdot H_3SiO_4 \cdot OH^-$) í sýni sem sekið var á staðnum og meðhöndlað. Sé lítið á sama sýni þar sem magnesíum er greint í ómeðhöndluðu sýni kemur í ljós að við 90 °C er vatnið við mettnarmörkin. Eftir að íblöndun hófst hefur vatnið orðið yfirmettað með tilliti til Mg-silíkats, en yfirmettun í yngra sýninu er minni en í því eldra (10. mars). Ástæða þess er óljós en gæti verið að dregið hafi úr innrennsli í holu LPN-11, mögulega vegna hruns í holu LP-17. Hækkun vatnsborðs í vinnsluholunni bendir þó ekki til þess.

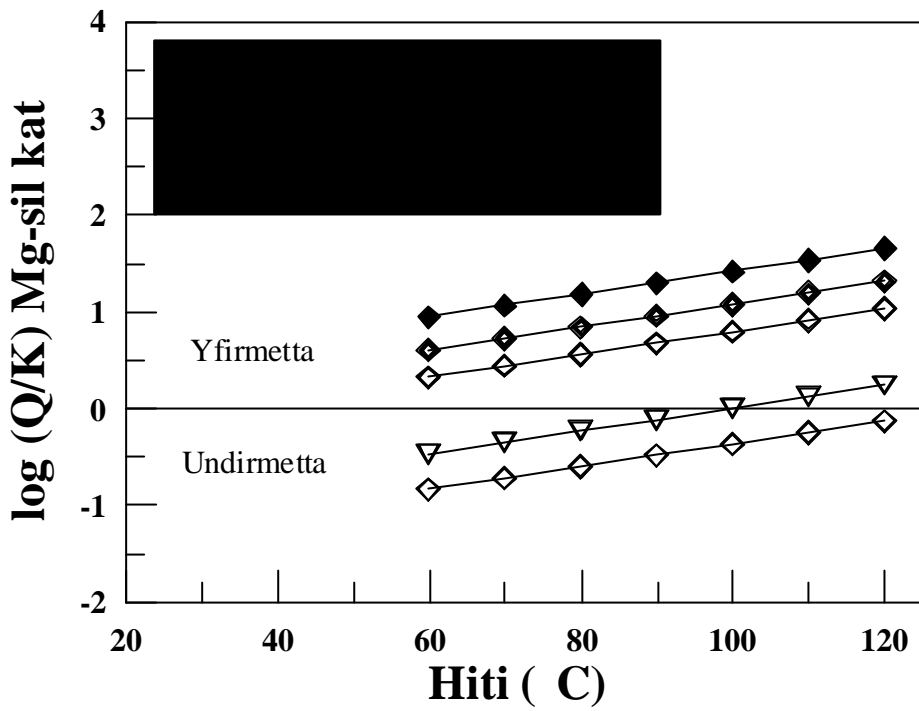
Sýnið sem innihélt langhæsta styrk magnesíums var tekið úr heitavatnskranana í sundlauginni. Yfirmettun steindanna sem jafnvægisreikningar voru gerðir fyrir reiknast þar af leiðandi langmest í því sýni. Sýnið var um 80 °C við sýnatöku en niðurstöður efnagreininga leiddu í ljós að styrkur kísils er mun lægri en í sýni úr holu LPN-11 og styrkur magnesíums miklu hærri (tafla 4). Þetta verður eingöngu skýrt með því að kalt vatn komist í heitavatnskranana sundlaugarinnar og einhver blöndun hafi orðið. Möguleiki er á að útfelling magnesíumsilíkata verði ekki fyrr en komið er í heitavatnskrannann þar sem hiti vatnsins er enn um 80°C. Ástæða þess að slíkt myndi ekki valda útfellingu magnesíumsilíkata í sundlauginni undir eðlilegum kringumstæðum er sú að vatnið er kælt í sundlauginni niður fyrir 40°C og leysni steindanna eykst með lækandi hitastigi. Útreikningar sýna þó að vatnið úr holu LPN-11 er yfirmettað með tilliti til Mg-silíkata, vegna millirennslis úr holu LP-17 og því viðbúið að útfelling verði þar.



Mynd 5. Mettunarstig talks í vatni úr LPN-11 og heitavatnskrana í sundlaug Þelamerkurskóla.



Mynd 6. Mettunarstig krýsótíls í vatni úr LPN-11 og heitavatnskrana í sundlaug Þelamerkurskóla.



Mynd 7. Mettunarstig magnesíumsilíkats í vatni úr LPN-11 og heitavatnskrana í sundlaug Þelamerkurskóla.

5. LOKUN LP-17

5.1. Bráðabirgðalokun með sandtappa

Til að stöðva niðurrennsli í LPN-17 var ákveðið að steypa 2" mælirör í holuna. Sverrir Þórhallsson verkfræðingur á Orkustofnun lagði til að frágangur yrði í aðalatriðum sem hér segir (sjá einnig Viðauka 4). Mælirörið skyldi sett niður á botn holunnar og áttu neðstu 10 m þess að vera raufaðir. Fín perlumöl yrði síðan sett utan um rörið á sem svarar 15 m kafla neðst í holunni, og þar fyrir ofan um 5 m af fínnum þússningssandi. Svo yrði rörið steipt fast, alveg upp að holutoppi.

Með slíkum frágangi er nær örugglega komið í veg fyrir niðurrennsli í holunni. Jafnframt er hægt að fylgjast með þrýstibreytingum í æðinni á 225 til 228 m dýpi en vatn úr henni á greiðan aðgang inn í botni rörsins. Þannig má nota holuna í framtíðinni til mælinga og tilrauna (t.d. með ferilefni) en það er ótvíræður kostur sérstaklega ef vinnsla á svæðinu eykst með tilkomu nýrrar vinnsluholu.

Þann 26. mars hafði hlýnaði nokkuð um land allt og héldu hlýindi áfram þann 27. mars. Mikill vöxtur var í Hörgá allan þann dag og útlit fyrir að borplanið færi á kaf og gæti að einhverju leyti skolast burt í þessum leysingum. Var lagt mikið kapp á að ganga frá holunni, a.m.k. til bráðabirgða, og koma í veg fyrir niðurrennsli í henni að miklu eða öllu leyti.

Hafist var handa við að setja rör niður í holuna að morgni 27. mars. Þegar komið var niður á um 195 m dýpi stoppuðu rörin á tappa sem þar hefur myndast, líklega í tengslum við myndun á skáp sem greina má í víddarmælingu að byrji á ríflega 180 m dýpi. Ekki var hægt að fá bor á svæðið til að freista þess að ná þessari stíflu úr holunni. Því var ráðist í að búa til góðan tappa með sandi frá um 195 m upp á 150 m dýpi.

Fyrst voru settir niður um 150 l af fínnum þússningssandi. Sandinum var mokað, um 20 l í senn, ofan í holuna og síðan beðið í a.m.k. 5 mínútur til að gefa sandinum færi á að sökkva niður að stíflunni í holunni á 195 m og setjast þar að. Eftir að búið var að moka niður fína sandinum var beðið í rúmar 30 mínútur og hitamæli, en síðan rennt aftur niður í holuna. Nú stöðvaðist hann á um 187 m dýpi. og passar það ágætlega við að rúmmál holunnar er um 17 l fyrir hvern lengdarmetra, eins og reikna má út frá víddarmælingunni. Síðan var settur steypusandur (0-12 mm). Fyrst var um 200 lítrum af fínnum sandi skolað úr nálega 400 lítrum af steypusandi. Þetta var framkvæmt þannig að um 400 lítrar af sandi var sett í 500 l fiskikar og vatn látið buna í karið. Karinu var haldið með krana við holutoppinn og vatn með fínefninu skolaðist út úr karinu og beint niður í holuna. Grófasta efninu var fleygt. Síðan var bætt við um 400 l af steypusandi. Alls fóru því um 750 l af efni í holuna. Þetta efnismagn hefði átt að duga í um 45 m þykkann tappa. Þegar holan var svo mæld með handrúllu þann 29. mars stöðvaðist mælirinn á 175 m dýpi. Líklegt er að töluvert af efninu sem skolað var ofan í holuna hefur farið út í æðar fyrir ofan 187 m dýpi.

Hitamælingar sem teknar voru 29. mars og 1. apríl sýndu að holan hitnaði hægt (mynd 2). Þær bentu því til þess að enn væri eitthvert niðurrennsli, líklega úr æðum á litlu dýpi og úti æðar fyrir ofan tappann. Ekki var hægt að fá neinar upplýsingar um hvað var að

gerast fyrir neðan tappann. Enn sem fyrr var ekki hægt að fá bor á svæðið til að hreinsa út stífluna og hefjast handa við að steypa rör í holuna. Því var ráðist í það að styrkja tappann frekar með sandi. Þann 4. apríl var því bætt við um 900 lítrum af sandi í holuna. Sandinum var nú mokað í u.þ.b. 10 lskömmtum ofan í holuna. Eftir að þessu var lokið var botn holunnar (yfirborð tappans) á 121,5 m dýpi. Eftir þessa aðgerð hitnaði efsti hluti holunnar nokkuð ört (mynd 2) sem bendir til þess að millirennslí hafi verið stöðvað a.m.k tímabundið.

Þann 5. apríl fór starfmaður ROS á Akureyri í vettvangskönnun með starfsmanni HVA og kannaði ástand holutoppa á LP-12 og LPÝ-7 á Hörgáreyrum (mynd 1). Eins og áður var nefnt laskaðist holutoppur LP-12 í leysingum í febrúar 1999 og rann yfirborðsvatn úr Hörgá niður holu LP-12 og barst síðan í vinnsluholuna LPN-11. Þá, eins og nú, olli blöndun kalds vatns hækkun á Mg-styrk í vinnsluholunni og orsakaði útfellingar í sundlauginni við Þelamerkurskóla. Holutoppur LP-12 reyndist í góðu lagi en toppurinn á holu LPÝ-7 hafði laskast verulega í flóðum og ísreki. Holutoppnum hallaði um 45° til NA og vantaði á hann tappa. Því var ljóst að auk niðurrennslis í LP-17 hefði líka verið töluvert niðurrennslí í LPÝ-7. Ekki er hægt að segja með vissu hvenær holutoppurinn laskaðist, þó ber að geta þess að í vatni úr LPN-11 sem safnað var 24. febrúar var magnesíumstyrkur eðlilegur eins og kom fram hér að framan. Því er ólíklegt að hola LPÝ-7 hafi laskast fyrir þann tíma, t.d. í miklum flóðum seinni part janúar mánaðar en þá var óvenju hlýtt á Norðurlandi. Líklegast er að toppur holu LPÝ-7 hafi laskast í flóðum og ísreki í lok mars. Hugsanlegt er að eitthvað yfirborðsvatn hafi sullast ofan í holuna í fyrri flóðum í Hörgá í vetur.

5.2. Steyping í holur LP-17, LP-12 og LPÝ-7

Þann 12. apríl kom svo bor frá Alvarr ehf. á svæðið og hófst handa við að hreinsa úr holu LP-17. Verkið sóttist vel og var holan hreinsuð niður á 227 m dýpi. Þar var stanslaust hrun á borinn og afráðið að fara ekki lengra. Starfsmenn HVA renndu síðan 2" röri niður í holuna, botn þess er á 225,5 m dýpi. Frágangur var svo svipaður því sem lýst er hér að ofan. Eftir að búíð var að koma fyrir fínni perlumöl og sandi var holan hitamæld. Svo var dælt köldu vatni utan með rörinu í 20 mínútur og að því búnu var holan hitamæld aftur. Eins og búist mátti við kólnaði verulega í holunni en þó er greinlegt að sandtappinn neðst í henni kom í veg fyrir kælingu á neðstu metrunum. Holan var aftur hitamæld næsta morgun og hafði þá hitnað nokkuð og áberandi mest alveg neðst. Var þá hafist handa við að steypa rörið fast.

Í steypunni var sandur og sement í hlutfallinu 1:1, en svo var bætt nægilegu vatni til að steypa yrði lapþunn. Í steypuna var einnig blandað tveimur efnum sem HVA keypti af fyrirtækinu Kemis fyrir milligöngu Orkustofnunar. Annars vegar vatnsfráhrindandi efni, "Kemskol", sem kemur í veg fyrir að sementið skolist út úr steypunni þegar steyp er fyrir neðan vatnsborð. Blandað var sem nam 0,5% af þunga sementsins í steypunni af þessu efni. Hinsvegar var bætt í þjálnefni, "Kemplast Kum 50", sem heldur steypunni léttfljótandi í u.þ.b. 1 til 2 klukkustundir eftir íblöndun. Blandað var sem nam 1% af þunga sementsins í steypunni af þessu efni. Hellt var um 3,2 m³ af steypu í holu LP-17. Einnig var steyp í holur LP-12 og LPÝ-7 en ekki var ráðist í að leggja mælirör í þær. Í holu LPÝ-7 fóru 4,3 m³ af steypu en í holu LP-12 5,0 m³ af steypu.

6. ÁHRIF AÐGERÐA

6.1. Hitabreytingar í LP-17

Holan hefur verið hitamæld tvívegis eftir að rörið var steipt í hana, d. 17. og 25. apríl. Niðurstöðurnar eru sýndar á mynd 2. Greinilegt er að holan hefur hitnað jafnt og þétt frá því að steipt var í hana. Neðri hluti ferilsins er nokkuð skrykkjóttur en það stafar af því að grannbergið hefur kólnað mismikið, meira þar sem vatn hefur runnið út í æðar. Þannig er greinilegt að bergið hefur kólnað verulega í kringum æðina á 225 til 228 m dýpi.

6.2. Mg-styrkur í vatni úr LPN-11

Á mynd 7 eru sýndar breytingar á styrk magnesíums í jarðhitavatni úr LPN-11 sem fall af tíma, tímabilið mars til júní 2000. Til samanburðar er einnig sýndur styrkur Mg sem mældist í sýni sem tekið var í hefðbundnu efnaeftirliti 4. febrúar sl., annars vegar ómeðhöndluðu og hins vegar meðhöndluðu (sýrt og síað). Styrkur Mg mælist hæstur í mælingunni frá 10. mars en er orðinn verulega lægri í mælingunni frá 27. mars. Langur tími leið milli þessara mælinga og vissulega kunna að hafa verið sveiflur í styrk Mg á þessum tíma. Sú lækkun sem þó varð mætti hugsanlega rekja til þess að hrun og myndun tappa hafi dregið úr niðurrennslinu en ekki stöðvað það. Að kvöldi 27. mars var settur tappi í holu LP-17, og sýni úr vinnsluholunni LPN-11 gefa til kynna að tekist hafi að draga enn frekar úr rennsli milli holnanna þar sem magnesíumstyrkur lækkar enn frekar (tafla 5). Vatnsborðsmælingar tengdar þeim sýnum eru ekki marktækar þar sem vinnsla úr holu LPN-11 minnkaði vegna hlýnandi veðurs og eðlilegt að vatnsborð hækki við þær aðstæður. Dagana á eftir flæddi Hörgá yfir bakka sína með töluverðum klakaburði og varð aftur vart hækkunar á styrk magnesíums í holu LPN-11 (mynd 7, tafla 5). Eftirgrennslan leiddi í ljós að toppur holu LPÝ-7 var laskaður og tappa vantaði eins og áður sagði. Þegar gert var við topp holu LPÝ-7 og steipt í hana fylltist hún eðlilega af köldu vatni og skýrir það hækkun Mg í sýnunum frá miðjum apríl. Eftir að steipt var í holar LPÝ-7, LP-12 og LP-17 hefur verið fylgst með því hvernig styrkur magnesíums hefur minnkað í holu LPN-11. Styrkur magnesíums sem nú mælist er ennþá umtalsvert hærri en mældist í reglubundnu eftirliti í febrúar 2000, en það er hægt að skýra með þeim mismun sem mælist í meðhöndluðu og ómeðhöndluðu sýni. Til þess að staðfesta að komið hafi verið í veg fyrir innrennsli kalds vatns í vinnsluholuna LPN-11 er nauðsynlegt að taka sýni sem meðhöndlað er á staðnum. Einnig er nauðsynlegt að kanna á hvaða formi magnesíum sem mælist í ómeðhöndluðum sýnum er og hvort hætta er á útfellingu magnesíumsilíkata í holunni í núverandi ástandi.

Varðandi ástand vatnsins í sundlauginni við Þelamörk er rétt að benda á að orsök útfellinganna er væntanlega af tvennum toga, annars vegar blöndun heits og kalds vatns í blöndunartækjum laugarinnar og hins vegar niðurrennslið í holum LP-17 og LPÝ-7. Seinnipart apríl var hafist handa við að taka upp blöndunartæki í sundlauginni á Þelamörk. Sundlaugarvatnið lagaðist smám saman og var orðið hreint í kringum 20. maí. Í síðustu viku maímánaðar var svo skipt um vatn í lauginni í tengslum við reglulegt viðhald. Ekki hefur orðið vart við útfellingar síðan (Helgi Jóhannsson munnl. uppl.).

Tafla 5. Efnastyrkur (mg/l), vatnsborð og hiti í LPN-11, frá mars til júní 2000.

Staður	LPN-11	LPN-11	LPN-11	LPN-11	LPN-11	LPN-11
Númer	2000-0060	2000-0108	2000-0110	2000-0111	2000-0112	2000-0113
Dags	10.03.2000	27.03.2000	28.03.2000	29.03.2000	30.03.2000	01.04.2000
Hiti (°C)	90,2	89,8	89,8	89,8	90,2	90,2
Vatnsborð (m)	-	152,5	144	140	142,5	148
Kísill (SiO ₂)	113,0	113,0	114,1	113,8	112,5	111,9
Magnesium (Mg)	0,167	0,087	0,074	0,072	0,073	0,072

Tafla 5. Frh.

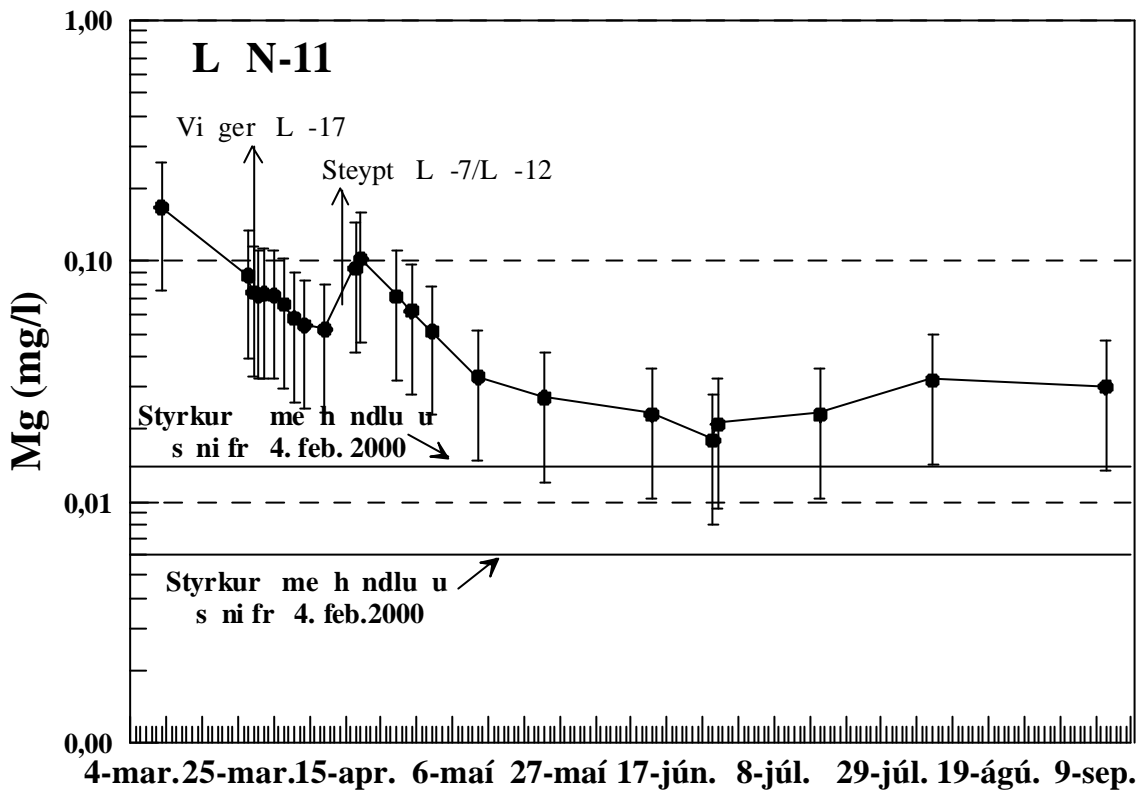
Staður	LPN-11	LPN-11	LPN-11	LPN-11	LPN-11	LPN-11
Númer	2000-0115	2000-0117	2000-0118	2000-0121	2000-0128	2000-0129
Dags	03.04.2000	05.04.2000	07.04.2000	11.04.2000	17.4.2000	18.4.2000
Hiti (°C)	90,1	90,1	90,1	90,2	90,1	90,2
Vatnsborð (m)	151,5	153,5	154,5	153,5	-	-
Magnesium (Mg)	0,066	0,058	0,054	0,052	0,093	0,102

Tafla 5. Frh.

Staður	LPN-11	LPN-11	LPN-11	LPN-11	LPN-11	LPN-11
Númer	2000-0139	2000-0141	2000-0142	2000-0153	2000-0194	2000-0196
Dags	25.04.2000	28.04.2000	02.05.2000	11.05.2000	24.05.2000	14.06.2000
Hiti (°C)	90,2	90,2	90,2	90,0	90,2	90,2
Magnesium (Mg)	0,071	0,062	0,051	0,033	0,027	0,023

Tafla 5. Frh.

Staður	LPN-11	LPN-11	LPN-11	LPN-11	LPN-11
Númer	2000-0241	2000-0269	2000-0270	2000-0271	2000-0307
Dags	26.06.2000	27.06.2000	17.07.2000	08.08.2000	11.09.2000
Hiti (°C)	89,7	89,7	90,0	90,0	90,0
Magnesium (Mg)	0,018	0,021	0,023	0,032	0,030



Mynd 11. Styrkur magnesíums í holu LPN-11 með tíma.

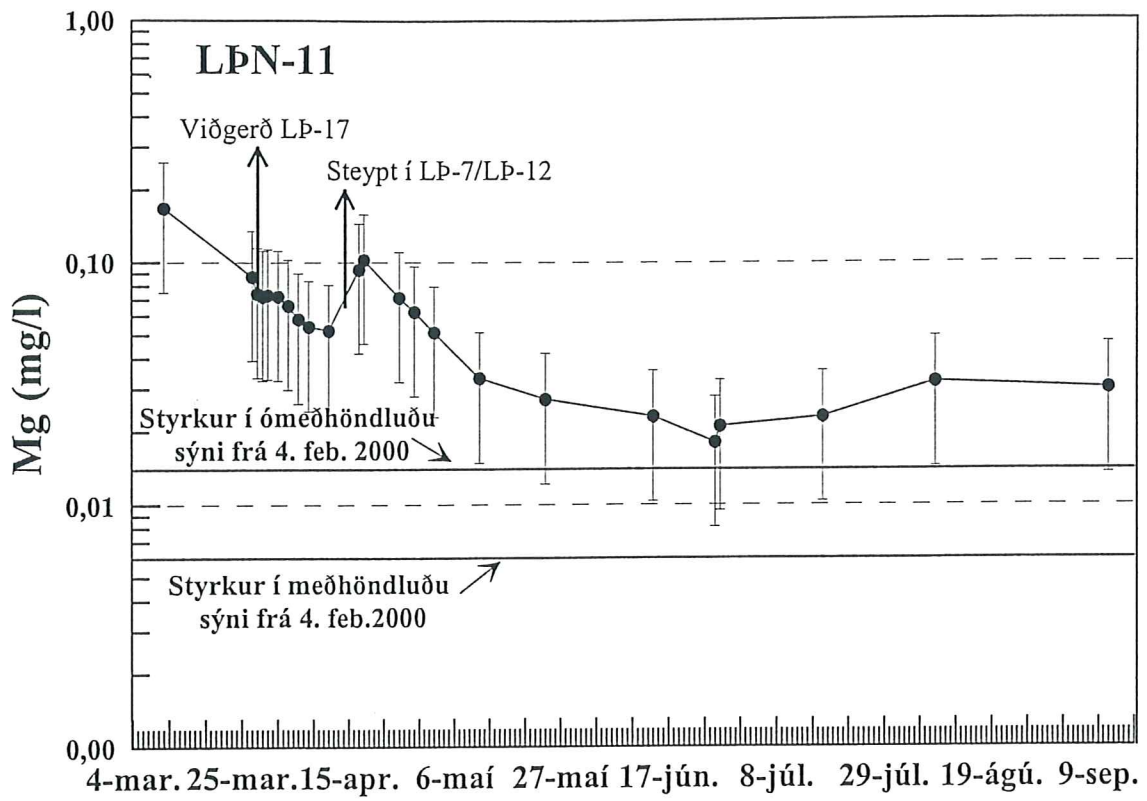
7. NIÐURSTÖÐUR OG SAMANTEKT

Borun LP-17 skilaði tilætluðum árangri. Á grundvelli þeirra gagna sem aflað var í tengslum við borun LP-17 var lagt til að boruð yrði skáhole út úr holu LPN-10 til NV og freista þess að skera lágviðnámssprunguna á 1000 til 1500 m dýpi (Ólafur G. Flóvenz, 2000).

Niðurrennsli í holum LPÝ-7 og LP-17 og flóð í Hörgá urðu þess valdandi að tiltölulega kalt og magnesíumríkt vatn barst í vinnsluholu HVA á Þelamörk (þ.e. holu LPN-11). Sú blöndun leiddi m.a. til útfellinga í vatni sundlaugarinnar við Laugaland á Þelamörk. Vegna þessara vandkvæða var ráðist í að steypa mælirör í holu LP-17 og steypa í þær tvær holur á Hörgáreyrum sem laskast hafa í flóðum í Hörgá (þ.e. LPÝ-7 og LP-12). Styrkur magnesíums í ómeðhöndluðum sýnum mælist enn fimm sinnum hærra en í meðhöndluðu sýni sem tekið var áður en niðurrennsli hófst. Áfram verður fylgst með efnainnihaldi í holu LPN-11 við Laugaland á Þelamörk og fullkomið sýni tekið við fyrsta tækifæri.

8. HEIMILDIR

- Bjarni Gautason og Ólafur G. Flóvenz, 2000: Staðsetning holu LP-17 við Laugaland á Þelamörk. Orkustofnun greinargerð BG/ÓGF-00/01, 3 s.
- Guðni Axelsson, Steinunn Hauksdóttir, Ólafur G. Flóvenz og Guðrún Sverrisdóttir, 1999: Hitaveita Akureyrar. Eftirlit með jarðhitasvæðum 1998 og horfur í orkubúskap veitunnar. Orkustofnun, OS-99087, 89 s.
- Hrefna Kristmannsdóttir, 1978: Greiningar á útfellingum í Svartsengi. Orkustofnun, OS/JHD-7828, 10 s.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Sverrir Þórhallsson og Karl Ragnars, 1983: Magnesíumsilikatútfellingar í hitaveitum. Orkustofnun, OS-83051/JHD-10, 28 s.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Ph. Ildefonse, J. Bertaux og A.M. Flank, 1999: Crystal-chemistry of Mg-Si and Al-Si scales in geothermal waters, Iceland. Geochemistry of the Earth's Surface, Halldór Ármannsson (ed.). Proceedings of the 5th International Symposium, Reykjavík, 519-522 s.
- Magnús Ólafsson, 1988: Hitaveita Laugaráss. Útfellingar í dreifikerfi. Orkustofnun, greinargerð MÓ-88/06, 5 s.
- Ólafur G. Flóvenz, 1998. Staðsetning holu 12 við Laugaland á Þelamörk. Orkustofnun, greinargerð ÓGF-98/07, 7 s.
- Ólafur G. Flóvenz, 2000: Djúpborun á Laugalandi á Þelamörk. Forsendur borunar og tillaga að staðsetningu. Orkustofnun, greinargerð ÓGF-00/02.
- Ólafur G. Flóvenz, Guðni Axelsson, Grímur Björnsson, Jens Tómasson, Guðrún Sverrisdóttir, Hilmar Sigvaldason og Sigurður Benediktsson (1994): Laugaland á Þelamörk. Boranir og vinnsluprófun 1992 - 1993. OS-94032/JHD-07, 121 s.
- Ólafur G. Flóvenz, Jens Tómasson og Grímur Björnsson, 1990: Rannsóknarboranir við Laugaland á Þelamörk 1989. OS-90014/JHD-02, 38 s.
- Ólafur G. Flóvenz, Margrét Kjartansdóttir, Sigmundur Einarsson, Hjálmar Eysteinnsson og Steinar Þór Guðlaugsson, 1984: Laugaland á Þelamörk. Jarðhitarannsóknir 1983-1984. OS-84095/JHD-17, 88 s.
- Trausti Hauksson og Sverrir Þórhallsson, 1993. Útfellingar magnesíum-silíkata. Áhrif sýrustigs og hitastigs á útfellingu magnesíum-silíkata úr hitaveituvatni. Orkustofnun, OS-93014/JHD-04, 52 s.



Mynd 7. Styrkur magnésíums í holu LFN-11 með tíma.

7. NIÐURSTÖÐUR OG SAMANTEKT

Borun LP-17 skilaði tilætluðum árangri. Á grundvelli þeirra gagna sem aflað var í tengslum við borun LP-17 var lagt til að boruð yrði skáhole út úr holu LPN-10 til NV og freista þess að skera lágviðnámssprunguna á 1000 til 1500 m dýpi (Ólafur G. Flóvenz, 2000).

Niðurrennsli í holum LPÝ-7 og LP-17 og flóð í Hörgá urðu þess valdandi að tiltölulega kalt og magnesíumríkt vatn barst í vinnsluholu HVA á Þelamörk (þ.e. holu LPN-11). Sú blöndun leiddi m.a. til útfellinga í vatni sundlaugarinnar við Laugaland á Þelamörk. Vegna þessara vandkvæða var ráðist í að steypa mælirör í holu LP-17 og steypa í þær tvær holur á Hörgáreyrum sem laskast hafa í flóðum í Hörgá (þ.e. LPÝ-7 og LP-12). Styrkur magnesíums í ómeðhöndluðum sýnum mælist enn fimm sinnum hærri en í meðhöndluðu sýni sem tekið var áður en niðurrennsli hófst. Áfram verður fylgst með efnainnihaldi í holu LPN-11 við Laugaland á Þelamörk og fullkomið sýni tekið við fyrsta tækifæri.

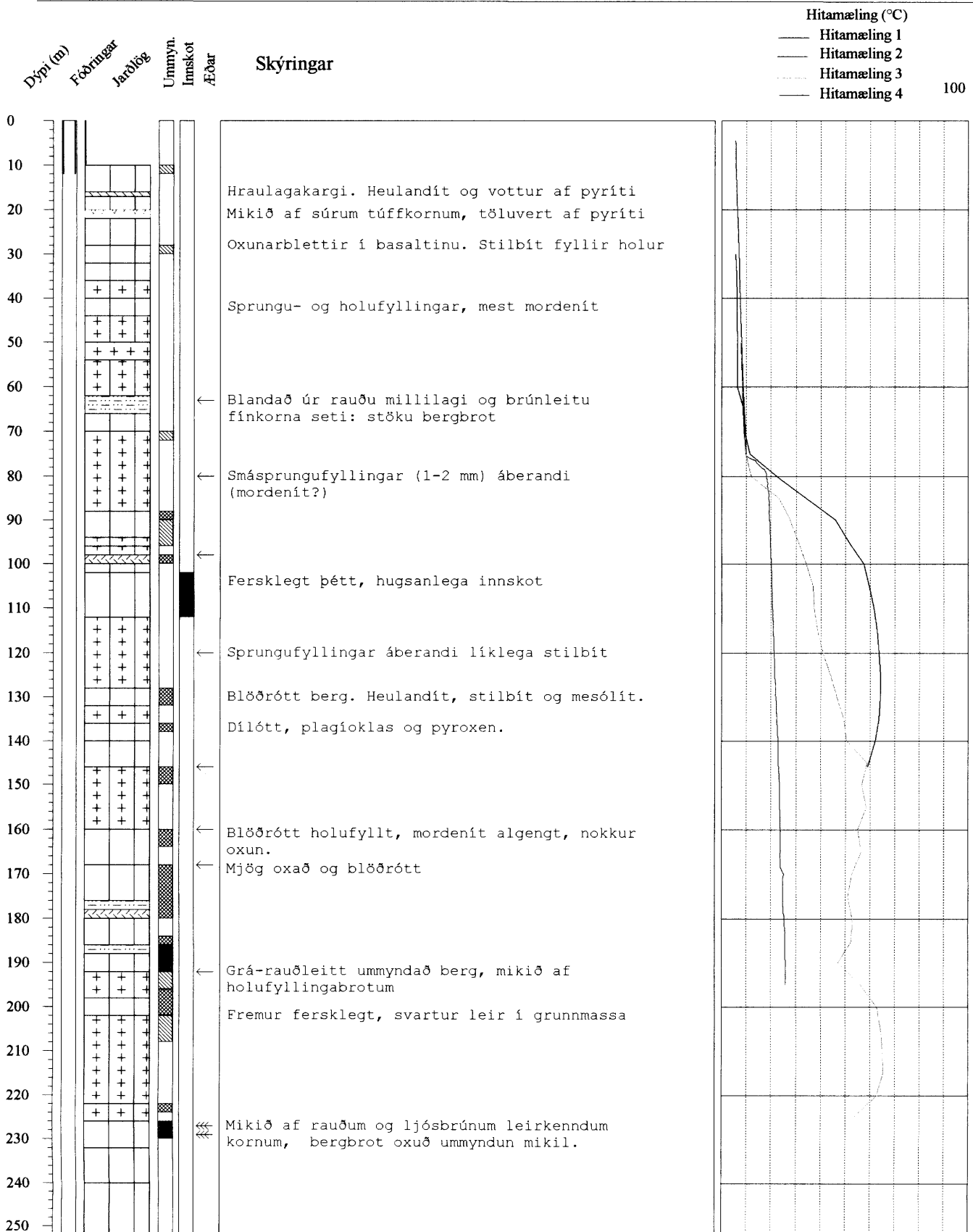
Viðauki 1. Jarðlagasnið af holu LP-17



Staður: Laugaland, Þelamörk Boraðili: Alvarr
Holunafn: LP-17 Verkkaupi: HVA

Dýpi: 0-252
Skolun: Loftborun

Staðarnúmer: 53917
Starfsmenn: BG/KB/ARH

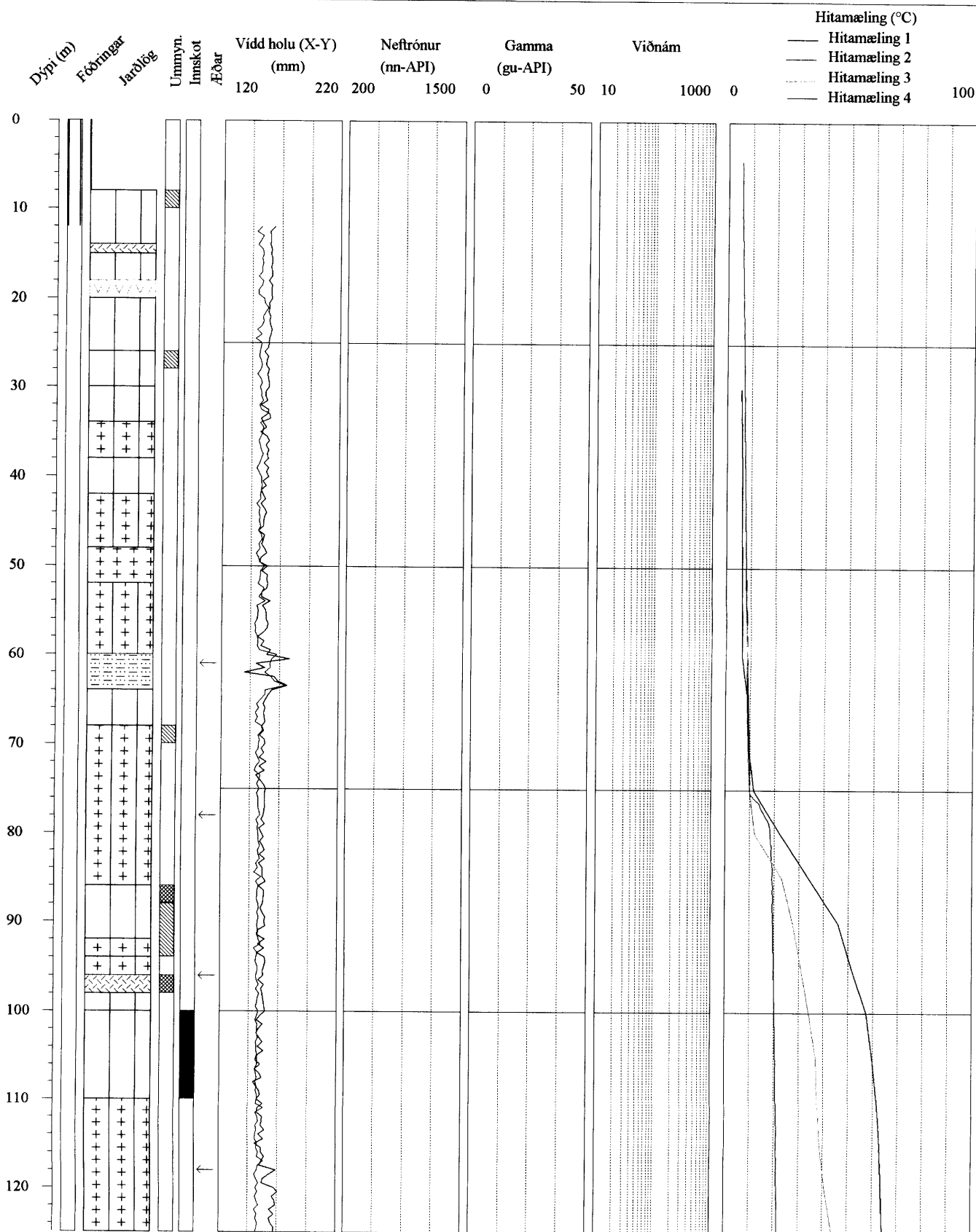




Staður: Laugaland, Þelamörk Boraðili: Alvarr
Holunafn: LB-17 Verkkaupi: HVA

Dýpi: 0-252
Skolun: Loftborun

Staðarnúmer: 53917
Starfsmenn: BG/KB/ARH





Staður: Laugaland, Pelamörk Boraðili: Alvarr
Holunafn: LP-17 Verkkaupi: HVA

Dýpi: 0-252
Skolun: Loftborun

Staðarnúmer: 53917
Starfsmenn: BG/KB/ARH



Skýringar við jarðlagasnið og bergummyndun

Berggerðir



Hraunlagakargi



Fín-meðalkorna basalt



Meðal-grófkorna basalt



Grófkorna basalt



Súrt túff



Millilag



Svarf vantar

Innskot



Innskot



Hugsanlegt innskot

Ummyndunarstig



Engin ummyndun



Lítill ummyndun



Meðal ummyndun



Mikil ummyndun

Vatnsæðar



Lítill æð



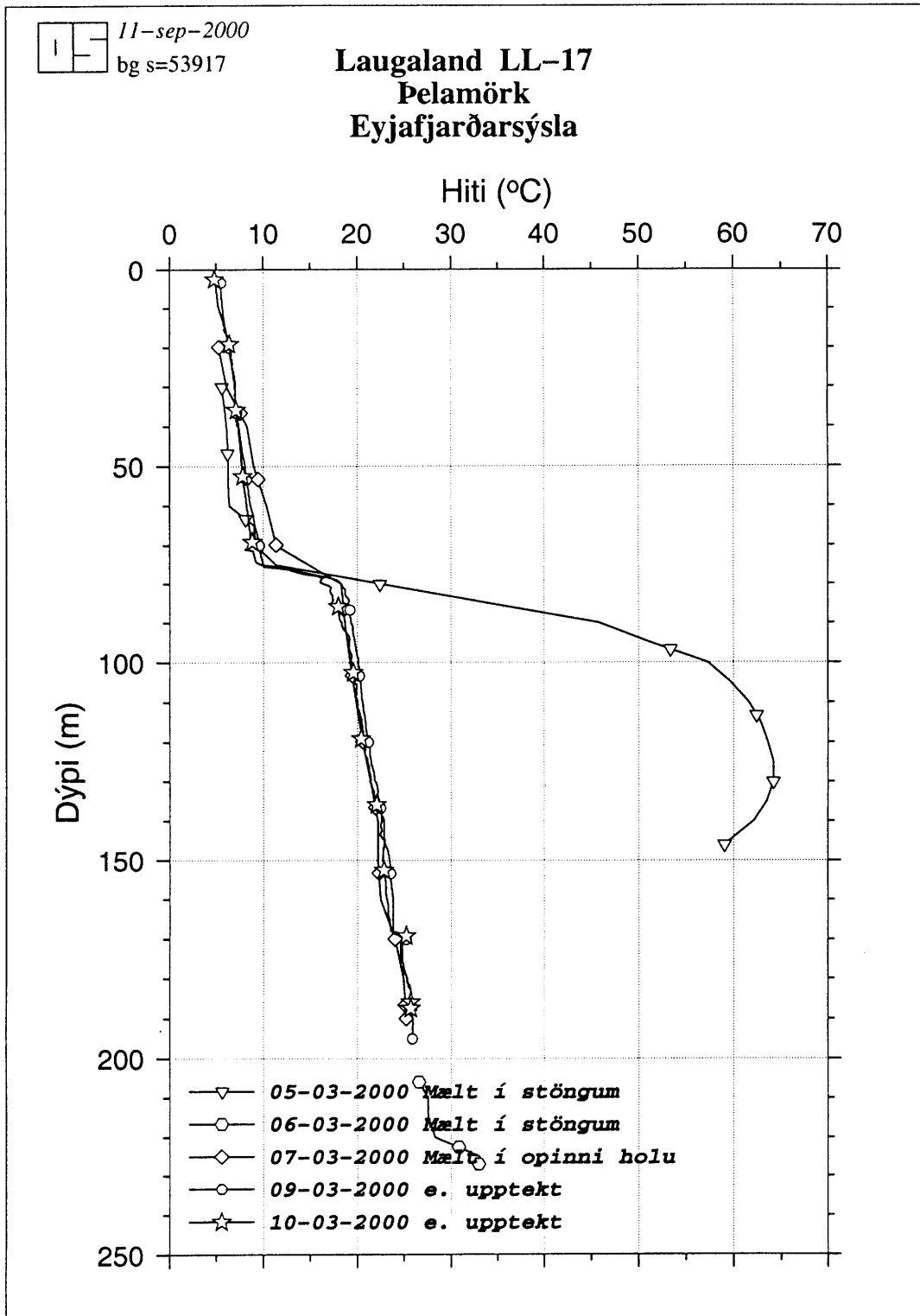
Meðal æð

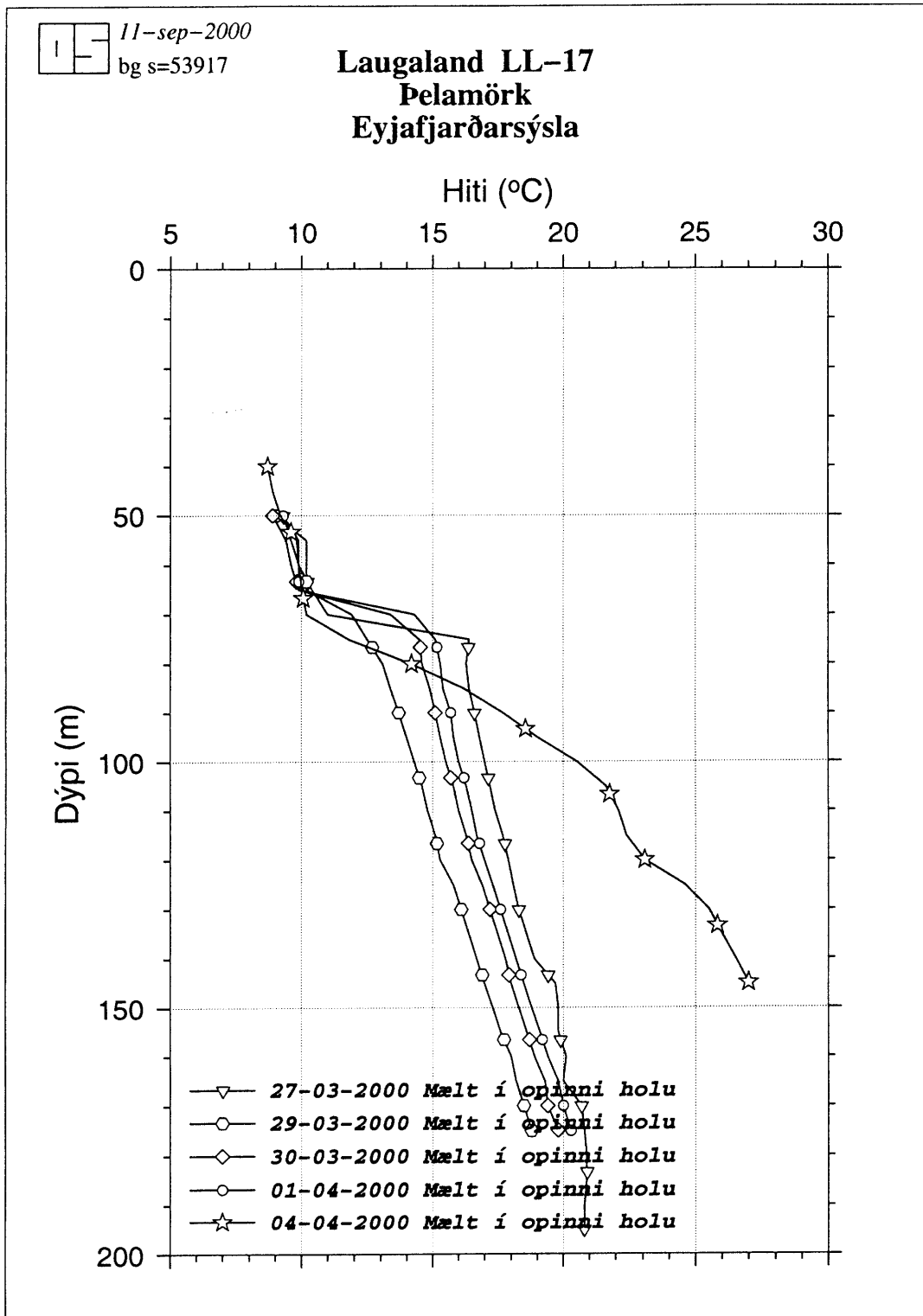


Stór æð

Viðauki 2

Hitamælingar í holu LP-17

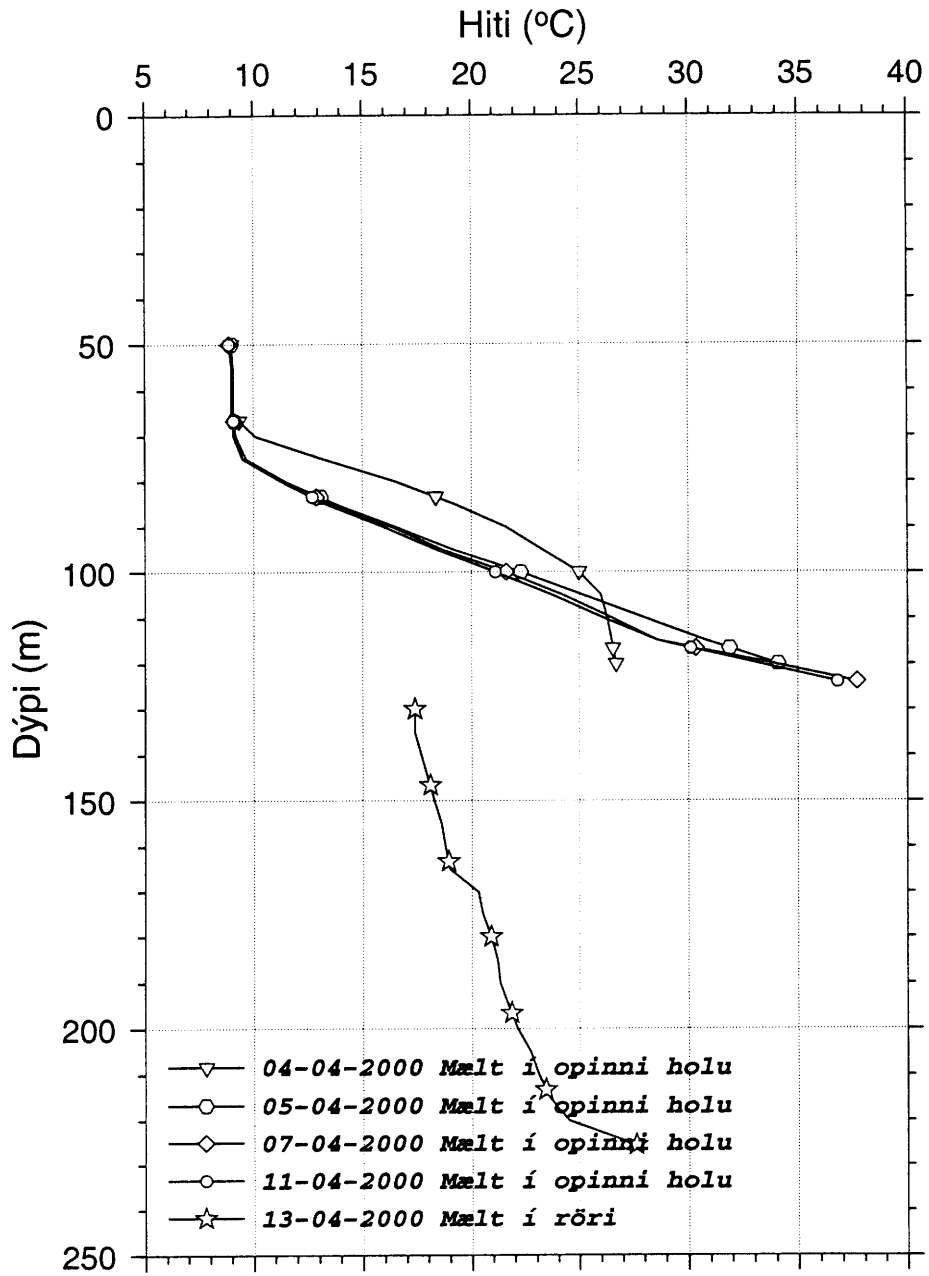






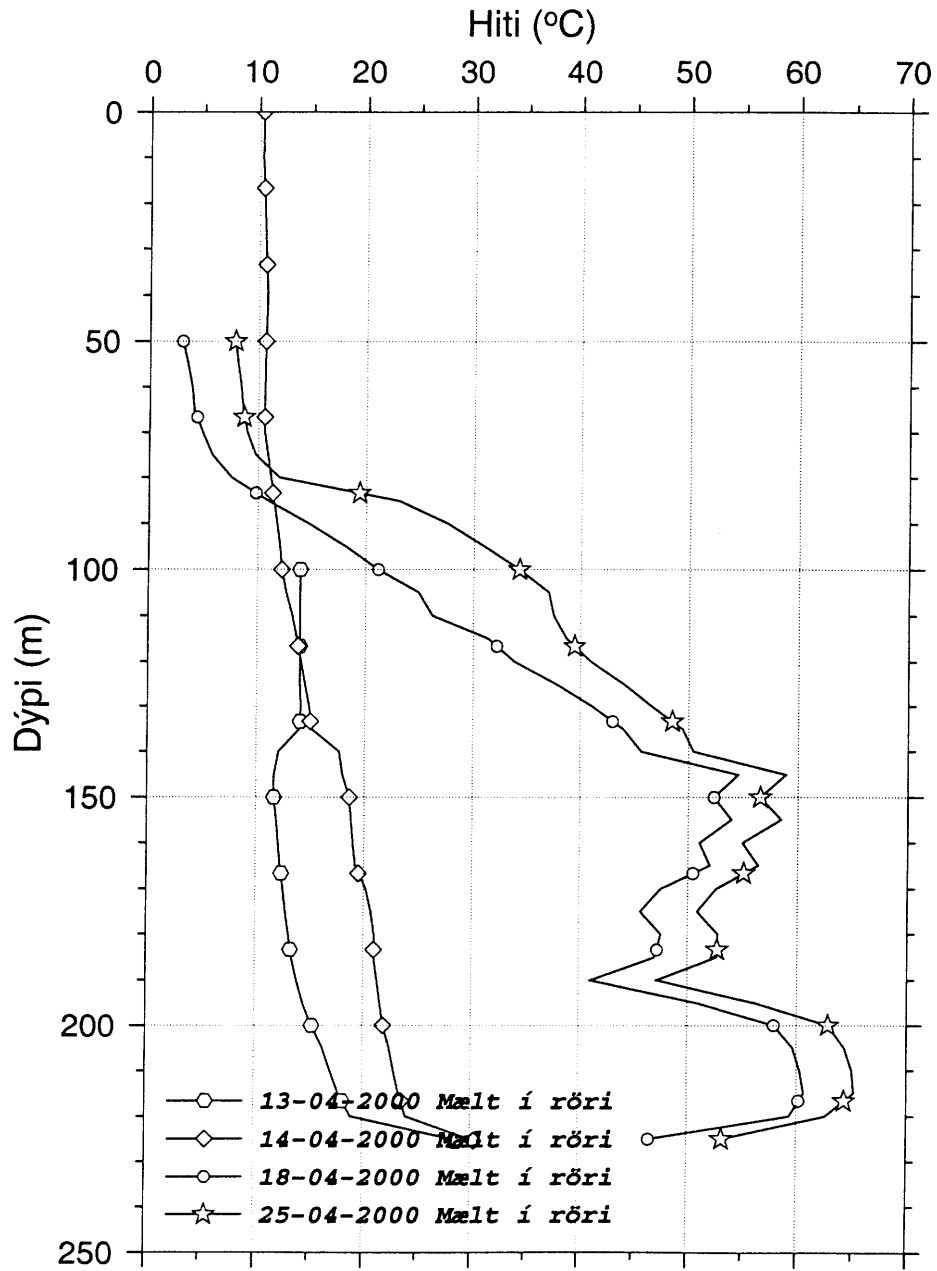
11-sep-2000
bg s=53917

Laugaland LL-17 Pelamörk Eyjafjarðarsýsla



11-sep-2000
bg s=53917

Laugaland LL-17 Pelamörk Eyjafjarðarsýsla



Viðauki 3

Borskýrslur

Borskýrsla

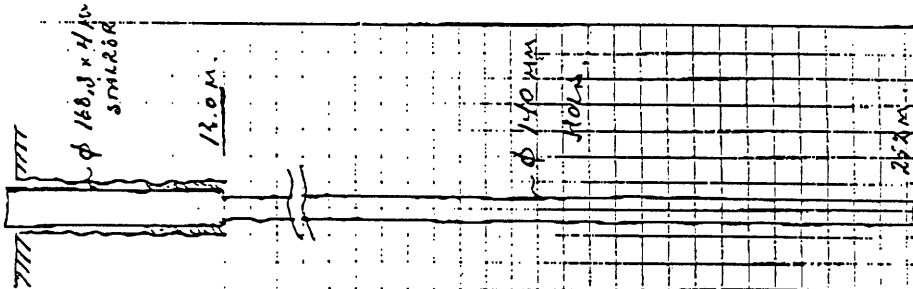
HIND OG VATNSV AKUREYRAR ÞELAMÖRK

04-06/03 00

17.17

JARARÖÐ:

0 - 3 M. GRÖFT, FYLING OG MÖL	0
3 - 6 M. FINEÐI, LEIÐGANGADUR BAND.	3
6 - 9 M. MÖLLA OG SPRUNGIN KLÖPP	6
9 - 26 M. ÞÉTT GRÁ KLÖPP	9
28 - 29 M. MÓLEIT	12
29 - 39 M. GRÁTT OG MÓLEIT, MÖL	20
39 - 40 M. RAUÐLEIT, VATNSVÆL 10 1/2 MIN	40
40 - 53 M. SEIGLINGSKLÖPP	60
53 - 55 M. SPRUNGIN, VAXANDI VATN	80
55 - 60 M. SKOL MÓLEIT	100
60 - 64 M. SEIGLINGSKLÖPP	110
64 - 66 M. ÞÉTT KLÖPP, MÍÐJAR ÚTFELL.	140
66 - 67 M. RAUTT / MÓLEIT	140
67 - 127 M. SEIGLINGSKLÖPP	160
127 - 150 M. MÖL, DÖKK MÓLEIT	180
VAN CA 30 L/MIN ÞÉLAR ÞÖRUN VAR	200
MÖL.	220
	240
	260



Frétt. K. K.
Helli of.

Borskýrsla

HIND OG VATNSV AKUREYRAR ÞELAMÖRK

04-06/03 00

17.17

17.17 FRAMHALDSBLAÐ.

150 - 167 M. MÖL, GRÁLEIT
167 - 169 M. RAUÐLEIT
169 - 174 M. MÖL, GRÁLEIT
174 - 182 M. RAUÐMÓLEIT LINT
182 - 184 M. HELDUR SPINNARA
184 - 185 M. MILLIAG EÐA SPRUNGA
185 - 189 M. MÖL
189 - 190,5 SPRUNGIN
190,5 - 222 M. VEL ÞÉTT, SÉFT. 210 →
222 - 225 M. HELDUR MÝKRA
225 - 228 M. SPRUNGA, VATNSMÖL
228 - 252 M. AÐEINS MÝKRA ALLRA
FYST EN SVO SEIÐ KLÖPP
Á KAFLANUM 228-252 M. HRUNDI
LÁTLAUST ÖFANÁ STAMARINN. VIÐ
UPPIEKT ÞURFTI AÐ BLAFA Á FURRU
STÖMG UPP Í CA 225 M. ANNARS
SEITIST STAMARINN AÐ AÐEINS Í ÞEÐI
OG SMUNINGI.

Frétt. K. K.
Helli of.

Viðauki 4

**Mælirör sett í holu LP-17 að Þelamörk:
Stutt verklýsing**

ORKUSTOFNUN

Rannsóknasvið

MÆLIRÖR SETT Í HOLU LÞ-17 AÐ ÞELAMÖRK STUTT VERKLYSING

Hola LJ-17 var boruð að Þelamörk í Hörgárdal fyrir Hitaveitu Akureyrar með bor Alvars ehf. í 252 m dýpi með 5 5/8" krónu og er skáboruð með um 10° halla. Fóðring 2 m djúp er efst í holunni og vatnsborð er á u.þ.b 130 m dýpi. Mælir Orkustofnunar stoppaði í 190 m dýpi og er óttast að þar sé skápur eða hrun. Millistreymi er í holunni niður í æðarkafla á 225-230 m dýpi og á þeim dýptarkafla var í borun einnig vart við hrun og botnfall. Nú hefur verið ákveðið að stöðva millirennslíð með steypingu og setja jafnframt mælirör í holuna. Mælirörin eru yfirleitt höfð með götum neðst til að unnt sé að fylgjast með þrýstibreytingum jafnframt því að unnt er að mæla hitferil holunnar. Hér á eftir er stutt lýsing á helstu verkþáttum við fóðrun holunnar með mæliröri og frágang.

1. Slaka þarf borstöngum og krónu í botn holunnar til að fullvissa sig um að hún sé opin og hrein. Ef mælirörin verða sett í holuna með krana er hugsanlegt að sleppa þessari aðgerð og taka þá áhættu að taka þurfi rörin upp, gangi þau ekki í botn holunnar.
2. Síðan er 60,3 mm (2") mælirör sett í holuna niður á 250 m dýpi og er það gatað með því að bora 4 mm göt með 20 cm millibili á dýptarbilinu 250-240 m. Þar fyrir ofan er rörið heilt. Rörið er lokað í neðri endann með stáloddi til stýra rörinu í holuna og einnig til að hindra að sigtismölin gangi upp í það. Mælirörin eru heildregin stálrör 60,3 mm að utanmáli og 4 mm þykk (DIN 2448), um 5 kg/m og losar þungi þeirra því 1 tonn. Rörin verða skrúfuð saman með stálmúffum (ekki steypustálmúffum), en einng má sjóða þau saman. Rörin nái frá yfirborði og til botns holunnar, þó þannig að þau hangi 2 m frá botni. Sérsmíðuð trekt er sett á holuna með 120 mm stút sem nær niður í yfirborðsfóðringuna og er trektin um 600 mm í þvermál efst til þess að auðvelda að sturta sandinum og steypunni hægt í holuna. Hún er sett á áður en síðasta rörinu er slakað í holuna. Rörin eru látin hanga í holunni þar til þau hafa verið steipt.
3. Eftir að rörinu hefur verið komið fyrir í holunni er sigtismöl (flokkuð og þvegin mól 3-6 mm í kornastærð) sett í holuna þar til 235 m dýpi er náð, þ.e. upp fyrir götin. Þá er settur þússingssandur í holuna um ca. 5 m. Mikilvægt er að láta mölina og sandinn í holuna í litlum skömmtum (10 l) og láta vatn leka jafnframt úr slöngu í holuna ásamt því að gefa sandkornunum tíma til að falla til botns. Fallhraðinn eru um 20-40 cm/s. Skráð sandmagn sem sett er í holuna er borið saman við útreiknað rúmtak.
4. Kannað er hvort holan tekur við vatni og er reynt að meta hvar lekinn er. Er það gert með því að láta kalt vatn buna í holuna utan með mælirörinu og hitamæla innan í rörinu.
5. Þegar mælirörið er steipt þarf að láta sandsteypuna síga niður utan með mælirörinu. Mikilvægt er að setja ekki of stóran skammt af steypu á holuna í einu eða of ört til að gefa vatni og lofti tíma til að skila sér framhjá. Einnig er gott að hrista rörnin af og til á meðan steyping stendur yfir þar sem þau hanga í holunni. Sandsteypan er k500 (sandur og Portlandsement til helminga) og blönduð þjálnefni sem jafnframt hindrar aðskilnað í vatninu. Ef holan tekur ekki við vatni þarf að breyta um aðferð. Í stað sandsteypu er finni sandur látinn niður með rörinu í litlum skömmtum þar til holan hefur verið fyllt upp fyrir vatnsborð og síðan fyllt upp til yfirborðs með sandsteypu.
6. Lok er sett á mælirörið sem er með 2" rörgengjum. Plata er soðin til að loka bilinu milli yfirborðsfóðringar og mælirörs. Einnig er toppurinn tvímálaður með menju og ein yfirferð með málnigu í felulit.

Sverrir Þórhallsson

21.03.2000