



Vinnsla heits vatns úr holu 3 á Laugalandi í
Holtum

Grímur Björnsson

Greinargerð GrB-98-07

23. desember, 1998

VINNSLA HEITS VATNS ÚR HOLU 3 Á LAUGALANDI Í HOLTUM

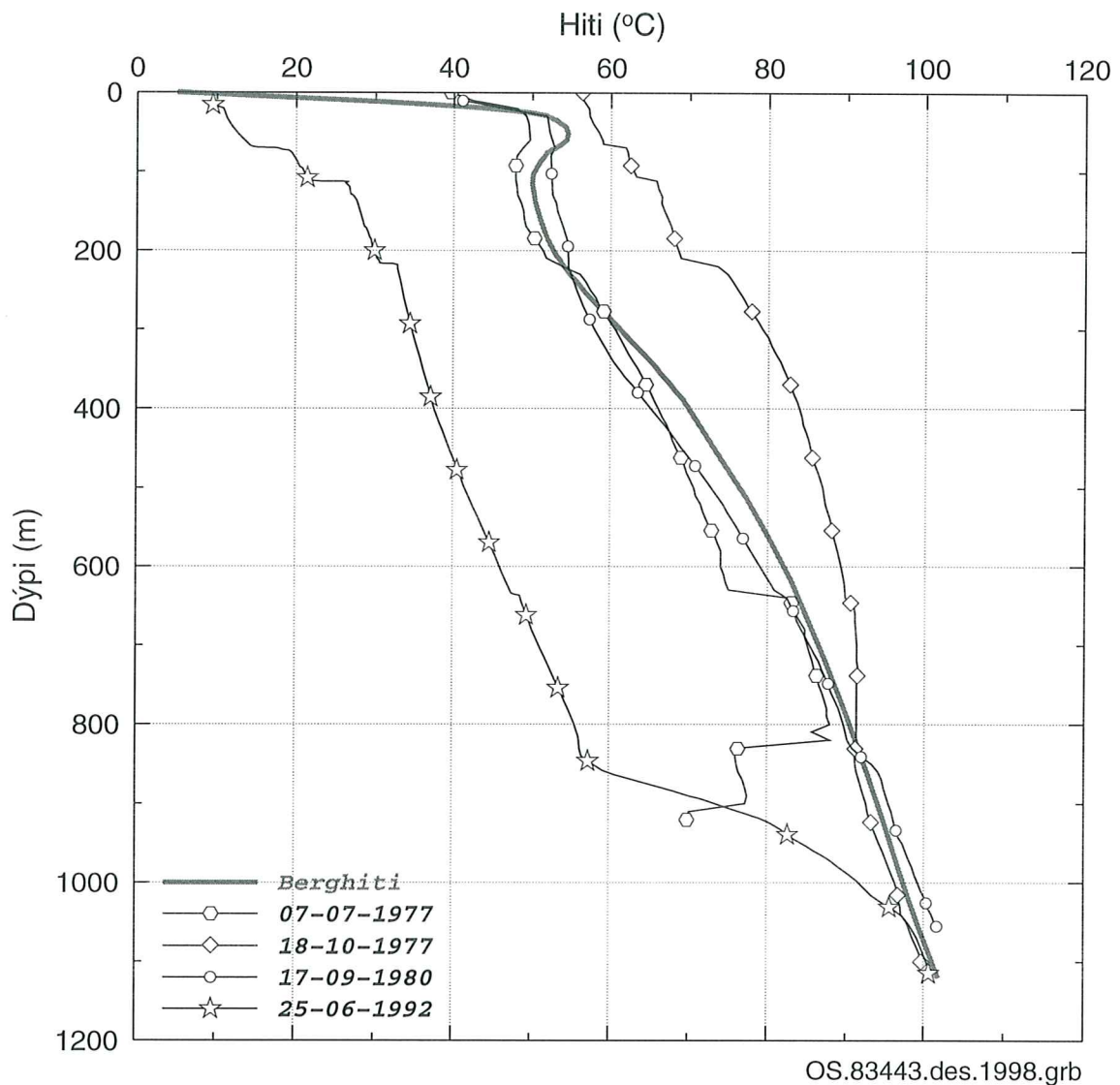
Eftirfarandi samantekt er gerð að beiðni Hitaveitu Rangæinga og fjallar um möguleika þess að vinna heitt vatn úr holu 3 á Laugalandi í Holtum. Holan er boruð 1977 í u.þ.b. 1300 m dýpi. Hún skilaði u.þ.b. 10 l/s af 45°C vatni í loftblæstri við lok borunar, sem þótti klént. Ýmislegt bras fylgdi borverkinu, steypingar og misheppnaðar pakkanir (Lúðvík S. Georgsson o.fl., 1978). Þó má teljast markvert við prófanirnar frá þessum tíma að holan gaf í samfelldri 31 klst loftdælingu 3,5 l/s af 53 °C vatni með 30 m niðurdrætti. Í kjölfarið voru æðakerfi holunnar skilgreind, þ.e. 50-60 °C heitt vatnskerfi á 50-215 m og svo dýpra kerfi á 635-920 m, 80-90 °C heitt. Þess utan urðu menn svo einnig varir við kalda æð á rétt um 20 m dýpi.

Aftur er holan dæluprófuð árið 1987 (Sæþór L. Jónsson, 1987). Líkt og í prófuninni 1977, voru afköstin tiltölulega stöðug, annars vegar 5,5 l/s af 40 °C vatni við rúmlega 60 m niðurdrátt, en hins vegar 3 l/s af 34 °C vatni við 24 m niðurdrátt. Lágur vatnshiti og hátt súrfeinisinnihald varð til þess að holan var dæmd óvinnsluhæf.

Áfram er þó haldið við athuganir á holu 3, og voru þær þá helst í tengslum við hvers kyns vísindarannsóknir á eiginleikum jarðlaga. Þröng vatnsstaða Hitaveitu Rangæinga hefur margsinnis dregið huga undirritaðs að holunni sem mögulegri orkulind. Boranir á köldum svæðum, þar sem oftlega fæst lítið af volgu vatni úr tiltölulega heitum holum, hvatti forðafraeðinga á Orkustofnun til að endurhugsa vinnslutækni í slíkum tilvikum. Upp úr því þróaðist hugmyndin um skottdælu. Í henni er slanga úr snjóbræðsluplasti látin standa niður úr holudælu allt til botns. Í litlu rennsli (1-2 l/s) verður volgt vatn úr grunnum æðum að síga niður alla holuna uns það nær slönguendanum. Getur það þá auðveldlega hitnað um 20-30 °C á leiðinni. Grönn og tregvarmaleiðandi plastslangan sér svo til þess að þessir sömu 1-2 l/s koma umtalsvert heitari upp úr holunni en í hefðbundinni dælingu, þar sem lítið vatnsmagn rennur hægt upp um víða og kalda holu með miklu varmatapi. Í upphafi átti þessi greinargerð að beinast að könnun á hagkvæmni þess að virkja holu 3 með skottdælu.

Sem dæmi um árangur af svona tækni má nefna rúmlega 1000 m djúpa holu í Skarðshlíð undir Eyjafjöllum. Hiti upp úr holunni, í u.þ.b. 1,5 l/s dælingu, jókst við skottið úr 32 í 46 °C. Skilar holan því nægri orku til að hita bæjarhúsin í Skarðshlíð og líkast til víðar.

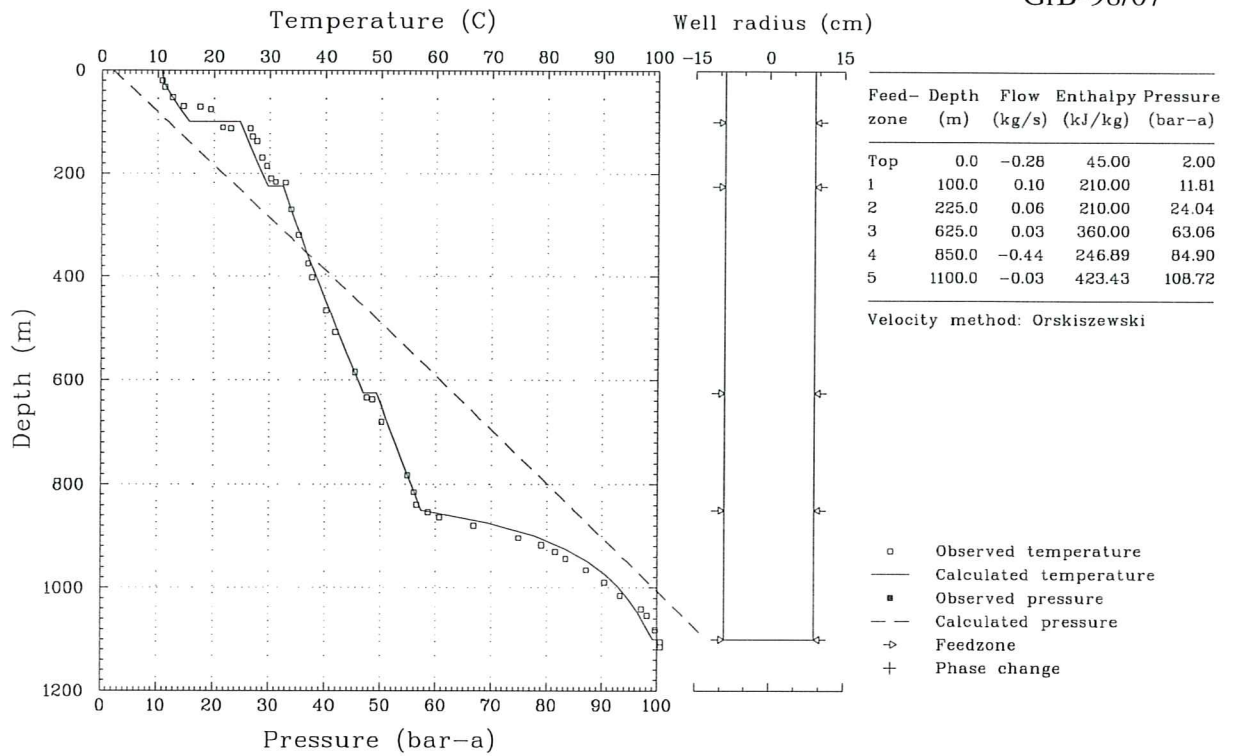
Mynd 1 sýnir allar hitamælingar úr holu 3 á Laugalandi. Eins er teiknaður berghiti holunnar eins og hann var áætlaður í nýlegri heildarúttekt um jarðhitakerfið á Laugalandi (Grímur Björnsson o.fl., 1993). Vakin er athygli á að berghitinn er alls staðar, nema rétt í efstu 30 metrunum, ofan við 50 °C. Með réttum frágangi fóðringa og í einhverra sekúndulíttra dælingu, á holan því að skila a.m.k. 50 °C heitu vatni.



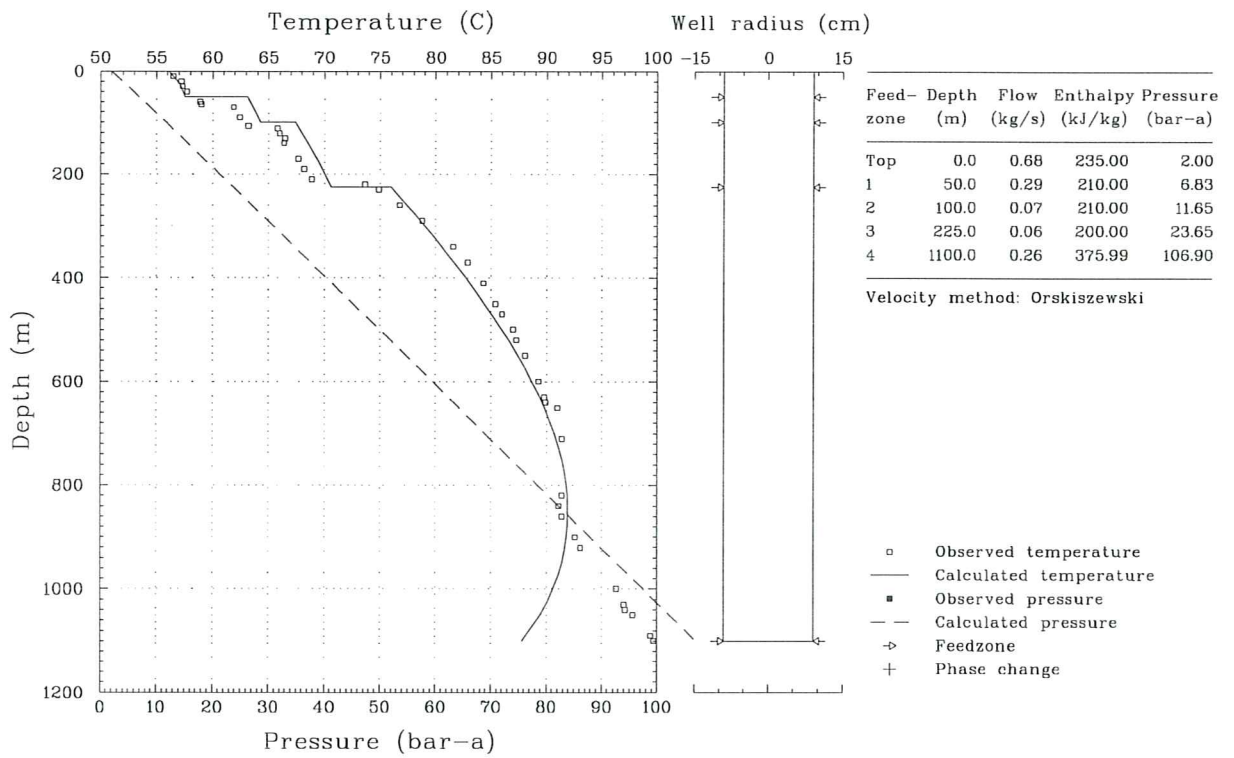
Mynd 1: Berghiti og hitamælingar í holu 3 á Laugalandi.

Hér verða teknir til sérstakrar *æðagreiningar* tveir hitaferlar úr holu 3, frá 18. október 1977 og 25. júní 1992. Í fyrri mælingunni sjálfrann holan tæpum 1 l/s og voru þá liðnir nokkrir mánuðir frá borun. Seinni mælingin einkennist hins vegar af niðurrennsli, vatn rennur fyrst úr æð á 20 m og síðan skila fleiri æðar sér inn sem veldur eins konar tröppugangi í hitaferlnum niður alla holuna. Að lokum sleppur niðurrennslið út í jarðhitakerfið um æð á rúmlega 800 m dýpi.

Í æðagreiningu er sett upp varmafræðilegt líkan af borholu og reynt að meta hvaða vatnsmagn er að renna milli æða. Skilyrði þess að það sé hægt, er að rennslið hafi verið nokkuð stöðugt í marga mánuði og að hiti hveirrar æðar og þar með berghitinn sé þekktur. Til reikninganna er notaður hermírin HOLA (Grímur Björnsson, 1987). Myndir 2 og 3 sýna niðurstöðu athugananna en töflur 1 og 2 geyma inntaksskrár forritsins.



Mynd 2: Mældur og reiknaður hiti holu 3 í niðurrennsli árið 1992.



Mynd 3: Mældur og reiknaður hiti holu 3 í sjálfrennsli árið 1977.

Athugið að reikningarnir eru ómarktækir neðan við dýpstu æð á rúmlega 800 m dýpi.

Þarna er ekkert rennsli, sem er andstætt forsendum reikninganna.

Tafla 1: Inntaksskrá reiknilíkansins HOLU vegna hitamælingar frá 1992.**Tafla 2:** Inntaksskrá reiknilíkansins HOLU vegna hitamælingar frá 1977.

Laugaland í Holtum			
Hermun á hitamælingu frá 1992			
GrB			
2.00	bar-a		
45.00	kJ/kg		
-.28	kg/s		
1100.00	m		
2.00	W/m/C		
2800.00	kg/m ³		
1000.00	J/kg/C		
.3140E+09	sec		
1	nu. of well sect.		
1100.0	.090	.000050	25.0
6	nu. of temp. data points		
.0	10.00		
50.0	50.00		
20.0	50.00		
400.0	70.00		
800.0	90.00		
1100.0	102.00		
5	nu. of feedzones		
100.0	.100	.210E+06	
225.0	.060	.210E+06	
625.0	.030	.360E+06	
850.0	-.440	.385E+06	

Laugaland í Holtum			
Hermun á hitamælingu frá 1977			
GrB			
2.00	bar-a		
235.00	kJ/kg		
.68	kg/s		
1100.00	m		
2.00	W/m/C		
2800.00	kg/m ³		
1000.00	J/kg/C		
.1000E+08	sec		
1	nu. of well sect.		
1100.0	.090	.000050	25.0
6	nu. of temp. data points		
.0	10.00		
50.0	50.00		
20.0	50.00		
400.0	70.00		
800.0	90.00		
1100.0	102.00		
4	nu. of feedzones		
50.0	.290	.210E+06	
100.0	.070	.210E+06	
225.0	.060	.200E+06	

Á myndum 2 og 3 eru hliðartöflur sem sýna rennsli úr hverri æð. Þannig má t.d. lesa í fyrri myndinni að niður um holutoppinn (sem er í raun 10°C köld æð á 20 m dýpi) koma tæpir 0,3 l/s. Við þá bætast síðan tæpir 0,2 l/s og fara því út í botnæðarnar á 850 og 1100 m samtals tæpur hálfur sekúndulítri af 57 °C heitu vatni. Takið eftir að holan er að hita þennan hálfu skúndulítra úr 34 í 57°C á 600 m bili nánast eingöngu sem varmaskiptir. Þarna leiðast því inn tæp 100 kW af varma eða um 160 W á metrann. Holan hentar því ágætlega sem varmaskiptir, einkum ef tækist að stöðva 10°C heita innrennslið á 20 m og leiða í staðinn u.þ.b. 30°C bakrásarvatn niður í holuna.

Þá er ekki síður athyglivert á mynd 3 að í aðeins 0,25 l/s rennsli náði 850 m æðin að skila 76°C vatnshita upp að 225 m dýpi þar sem innrennsli úr grynri æðum kælir rennslið niður í stökkum. Það vekur upp hugmyndina að e.t.v. er engin þörf á skottdælu í þessari holu, nóg sé að fódra af 20 m æðina og e.t.v. líka æðarnar á 50-100 m. Til að renna stöðum undir slíka reikningar verður fyrst að meta hvaða hlutfall verður á milli vatnsæða í endurfóðraðri holunni. Tafla 3 gefur niðurstöður þess mats, og er þá byggt á myndum 2 og 3.

Tafla 3: Mat á innbyrðis gæfni æða í holu 3.

Æðadýpi (m)	Æðahiti (°C)	Hola í sjálfrennsli		Hola í niðurrennsli		Hlutfall æða e.lokun 20 m æðar (%)
		Rennsli (l/s)	Hlutf. (%)	Rennsli (l/s)	Hlutf. (%)	
20	10	0	0	(0.28)	(30)	0
50-100	50	0.36	53	0.10	15	30
225	50	0.06	9	0.06	9	10
625	86		6	0.03	5	10
850	90	0.26	32	-0.47	71	50
Alls		0.68	100	0.66	100	100

Þrátt fyrir nokkuð frjállega túlkun í töflu 3, verður ekki annað ráðið af henni en að dýpri æðar holunnar geti skilað ágætum vatnshita og að holan sé vinnsluhæf ef tekst að loka æðinni á 20 m. Ef t.d. er gert ráð fyrir dælingu án varmataps í endurfóðraðri holu niður á 50 m, fæst að blandhiti allra æða yrði (aftasta súlan í töflu 3):

$$\text{Blandhiti} = \left[0.50 \cdot 90 + 0.10 \cdot 86 + 0.1 \cdot 50 + 0.3 \cdot 50 \right] = 74^\circ\text{C}$$

Fróðlegt er að nota matið á gæfni æðarinnar í 20 m til að meta hita vatnsins sem kom upp að henni í hinum ýmsu dæluþrófunum. Tafla 4 gefur yfirlit um þetta:

Tafla 4: Áætlaður blandhiti vatns neðan kaldrar æðar holu 3 í ýmsum dæluþrófunum. Gert er ráð fyrir 30-40% framlagi 10°C heitrar æðarinnar á 20 m dýpi í öllum tilvikum.

Prófun	Magn og hiti á toppi	Blandhiti neðan 20 m æðar, °C	Rennsli neðan 20 m æðar (l/s)	Niðurdráttur (m)
Loftd. í borlok	10 l/s af 50°C	67-77	6-7	
Loft. e. borun	3.5 l/s af 53°C	71-82	2.1-2.5	60
Dæluþrófun	5 l/s af 40°C	53-60	3-3.5	35
Dæluþrófun	3 l/s af 34°C	46-50	1.8-2.1	27

Athugið að tafla 4 gefur mjög ólík hitagildi eftir því hvort byggt er á prófunum strax eftir borun annars vegar (70-80 °C) eða í dæluþrófi frá 1987 (46-60°C). Þetta þarf ekki að koma á óvart þar sem neðri hluti holunnar er fullheitur og í upprennslu í fyrri prófununum tveimur en kaldur og í niðurrennsli í seinni prófuninni. Þá sýnist sem 10-20 m niðurdráttur fylgi hverjum sekúndulítra sem dæla á.

Rétt er að ítreka að gildin í töflum 3 og 4 byggja á skammtímaprófunum. Er t.d. óþekkt hvort innbyrðis hlutfall æða haldist í langtímaþvinnslu. Eins er óvíst hvort vinnsla úr heitu æðinni á rúmum 800 m, auki vinnslugeta Laugalandssvæðisins eða hreinlega minnki vinnslugetu holu 4 um sama magn. Hitt þykir víst að endurfóðruð holan geti þjónað vel sem toppafllshola, og nokkrar líkur eru á að hún geti annað heimanotkun á Laugalandi árið um kring. Í ljósi batnandi vonar um að hola 3 sé vinnsluhæf er því lagt til að holan verði dæluprófuð með það að takmarki að möguleikinn á kringum 70 °C vinnsluhita sé staðfestur. Til að það megi verði þarf að leggja 2" rör niður með holudælunni svo hægt sé að hitamæla holuna í rennsli og meta þannig rennsli úr hverri æð. Eins má nefna að teljist bráð þörf á viðbótarvatni á Laugalandi, er möguleiki að vinna holu 3 með tveimur dælum. Er rennslið úr þeirri efri þá stillt þannig að hún taki rétt rúmlega vatnsmagnið sem kalda æðin á 20 m skilar inn.

Niðurstaða

Helsta niðurstöður umfjöllunar um mögulega heitavatnsvinnslu úr holu 3 á Laugalandi í Holtum eru:

1. Holan gaf og gefur enn upp undir 10 l/s í heildarrennsli með skaplegum niðurdrætti.
2. Köld og súrefnisrík vatnsæð á einungis 20 m dýpi er höfuðskýring þess að holan kemur illa út í prófunum, hvað varðar hita og efnainnihald. Er talið að hún skili 30-40 % af heildarrennslinu.
3. Ef allar dýpri æðar holunnar stæðu í upphafshita má áætla blandhita úr þeim upp á kringum 70 °C.
4. Langvarandi niðurrennsli til bestu djúpu æðarinnar á rúmlega 800 m dýpi getur þýtt að töluverðan tíma taki að hreinsa hrollinn úr henni í langtímadælingu.
5. Lagt er til að holan verði dæluprófuð og hita- og þrýstiferlar mældir samtímis niðri í holunni. Með því fæst betra mat á innbyrðis gæfni æða og forsendur fyrir endurfóðrun og virkjun holunnar.
6. Óvíst er að hve miklu leyti dæling úr endurfóðraðri holunni skili til heildarvinnslugetu Laugalandssvæðisins. Í öllu falli ætti hún að þjóna vel sem toppafl í kulda-köstum.

Orkustofnun, 23. desember 1998

Grímur Björnsson

Heimildir

- Grímur Björnsson, Guðni Axelsson, Jens Tómasson, Kristján Sæmundsson, Árni Ragnarsson, Sverrir Þórhallsson og Hrefna Kristmannsdóttir, 1993: *Hitaveita Rangæinga. Jarðhitarannsóknir 1987-1992 og möguleikar á frekari orkuöflun*. Orkustofnun, OS-93008/JHD-03'B, 74 s.
- Grímur Björnsson, 1987: *A multi-feedzone geothermal wellbore simulator*. Mastersritgerð frá University of California, Berkeley, Lawrence Berkeley Laboratory, 102 s.
- Lúðvík S. Georgsson, Haukur Jóhannesson, Margrét Kjartansdóttir og Einar Gunnlaugsson, 1978: *Laugaland í Holtum. Jarðhitakönnun og borun holu 3*. Orkustofnun, OS-JHD-7802, 53 s.
- Sæþór L. Jónsson, 1987: *Dæluprófun holu LN-3 Laugalandi í Holtum*. Orkustofnun, greinargerð, SLJ-87/3.