

ORKUSTOFNUN
JARÐHITAEILD

AFLMÆLING Á N-3, NÁMAFJALLI

Eftir

Sveinbjörn Björnsson

Júlí 1968

Aflmæling á N-3, Námafjalli

Helstu niðurstöður

Dagana 28.5. - 30.5. 1968 var gerð aflmæling á holu N-3, Námafjalli. Var enthalpy vatna- og gufublöndunnar mæld með gasaðferð og heildarrennsli ákvarðað með mælingu á krítiskum þrýstingi í útstreymisopi. Er þessum aðferðum lýst í skýrslu um aflmælingar (1).

Niðurstöður voru þessar:

Enthalpy $h_0 = 251 \pm 15$ kcal/kg
Heildarrennsli $M = 12,4 \pm 0,7$ kg/s við $P_0 = 9$ atg
Gufurennsli $G = 6,4 \pm 1,8$ tn/h við $P = 9$ atg
 $G = 7,0 \pm 1,8$ tn/h við $P = 7,5$ atg
 $G = 8,3 \pm 1,8$ tn/h við $P = 5$ atg

Ef enthalpy blöndunnar væri $h_0 = 287$ kcal/kg, en það svarar til 274°C innstreymishita á vatni, gæfi holan um $9,4$ tn/h af gufu við $7,5$ atg.

Samkvæmt þessum mælingum virðist mjög ólíklegt, að gufurennsli úr N-3 verði meira en 10 tn/h við $7,5$ atg og líklegast verður að telja, að það sé um 7 tn/h við þann þrýsting. (Sjá nánar mynd 1).

Hverju kg af gufu fylgir um 1 l af gasi. Er gasið um $0,6$ o/oo af rúmmáli gufunnar. Hverju kg af gufu fylgja $13 - 25$ millimole H_2S , $9 - 14$ millimole CO_2 , $3-6$ millimole H_2 og alls um $1-2$ millimole af öðrum gastegundum (N_2 , CH_4 og A).

Frankvæmd mælinga

Mælingar á rennsli og töku sýna önnuðust Stefán Arnórsson, Stefán Sigurmundsson og Sveinbjörn Björnsson. Greiningu á gasi gerði Gunnlaugur Elísson, RHÍ en greiningu á vatni Stefán Arnórsson. Samtímis þessu unnu Karl Ragnars og Ólafur Sigurjónsson að ýmsum breytingum á gufuveitu frá holunni.

Mæling á enthalpy

Enthalpy var mæld með gasabferð. Mæliútbúnaður er sýndur á mynd 2 og niðurstöður í töflu 1.

Sýni I og II voru tekin samtímis. Gasið var látið reka þéttivatn úr 500 ml flöskum og þéttivatni, sem fylgdi gasinu var safnað í 2 l - glerflöskur, sem lokað var gasþétt með gúmtappa. (Sýni III og IV voru notuð á staðnum). Sýni V og VI voru tekin á sama hátt. Sýni VII og VIII voru tekin beint í lofttæmda 2 l - glerflösku, sem tengd var við ryðfrían 4 mm gufukæli. Voru flöskurnar tæmdar lofti, unz þrýstingur í þeim var 0,1 ata. Gasi og þéttivatni var síðan hleypt inn í þær, unz þrýstingur var orðinn nærri 1/ata. Til þess að þetta gufu voru flöskurnar hafðar í blöndu af snjó og vatni. Enthalpy blöndunnar var reiknuð út frá magni af CO_2 eða H_2 í gasi og þéttivatni og til þess notaðar formúlurnar

$$h_0 = h_1 + x_1 L_1 = h_2 + x_2 L_2 \quad \text{og} \quad \frac{x_1}{x_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

þar sem

- P_1 og P_2 : Þrýstingur á söfnunarstöðum, ata
 h_0 : heildarenthalpy blöndu, kcal/kg
 h_1 og h_2 : enthalpy vatns við P_1 og P_2 , kcal/kg
 x_1 og x_2 : þurrstig blöndu við P_1 og P_2
 L_1 og L_2 : gufunarvarmi við P_1 og P_2 , kcal/kg
 m_1 og m_2 : magn gastegundar sem fylgir hverju kg af þéttivatni við P_1 og P_2 , ppm (CO_2 eða H_2)

Niurstöðum á enthalpy ber samlega saman eins og sýnt er í töflu 1. Þó gefur CO_2 í sýnum V og VI fráleita niurstöðu, en H_2 í sömu sýnum sennilega útkomu. Veldur þessu skekkja í ákvörðun á CO_2 - magni, sem var uppleyst í þéttivatni.

Malt var SiO_2 -magn í þéttivatni til þess að leiðrétta malt magn þéttivatns, vegna dropa af holuvatni, sem slæðst geta með gufu. Í sýni I var holuvatn um 30% af því vatni, sem safnað var, en í öðrum sýnum var ekki teljandi holuvatn.

Meðaltal mælinga með gasaðferð er

$$h_0 = 251 \text{ kcal/kg} \pm 15 \text{ kcal/kg}$$

Til frekari staðfestingar á þessari niðurstöðu voru tekin sýni af vatni úr skilju holunnar við mismunandi þrýsting og greint í þeim Na og SiO₂. Magn órokgjarnra efna í hverju kg af vatni eykst, eftir því sem vatnið sýður af sér gufu. Ef enthalpy blöndunnar er þekkt, má reikna magn þessara efna pr. kg af vatninu, áður en súða hófst. Þetta er gert í töflu 2 fyrir heildarenthalpy blöndu $h_0 = 251 \text{ kcal/kg}$. Ef rétt gildi á h_0 er notað í reikningum ætti sama gildi á (Na)₂O eða (SiO₂)₂O að fást, enda þótt sýni séu tekin við mismunandi þrýsting. Útreikningarnir gefa sama gildi á (Na)₂O en nokkuð frávik í (SiO₂)₂O. Talið er, að greining á Na sé nákvæmari en á SiO₂, og styðja þessir reikningar ákvörðun á enthalpy með gasaðferð.

Tafla 2

P	x	(Na) ₂ O	(Na) ₂ O	(SiO ₂) ₂ O	(SiO ₂) ₂ O
ata		ppm	ppm	ppm	ppm
4,36	0,204	105,5	131,0	756	601
10,69	0,140	154,4	132,8	676	580

Tafla 1

Niðurstöður mælinga á enthalpy með gasaðferð

Sýni	P ₁	P ₂	$\frac{x_1}{x_2}$	h ₀	Gas
	ata	ata		kcal/kg	
I - II	11,63	4,01	0,567	247	CO ₂
			0,647	266,5	H ₂
V - VI	5,72	1,931	0,933	(444,7)	CO ₂
			0,78	264,5	H ₂
VII - VIII	11,49	3,93	0,614	246,5	CO ₂
			0,557	231,2	H ₂

Meðaltal 251 kcal/kg + 15 kcal/kg

Rennsli

Mældur var kritiskur þrýstingur í útstraeymisopi við mismunandi þrýsting P₀ undir aðalloka. Eftir hverja breytingu á aðalloka var beðið með mælingu 3 - 8 stundir, meðan holan var að ná jafnvægi. Þessar mælingar voru notaðar til þess að reikna heildarrennsli og gufurennsli eftir formúlunum

$$M = \frac{3,717 \cdot 10^5 \cdot A \cdot P_C^{0,96}}{1,102 \cdot h_0} \quad \text{og}$$

$$G_P = x_P M_P = \frac{h_0 - h_P}{L_P} M_P$$

er þar tákna

- M : heildarrensli, kg/s (M_p : heildarrensli við þrýsting $P_0 = P$)
 h_0 : enthalpy blöndu, kcal/kg (h_p : enthalpy vatns við þrýsting $P_0 = P$)
 L_p : gufunarvarma við þrýsting $P_0 = P$, kcal/kg
 P_c : kritískan þrýsting í útstreymisopi, ata
 A : flatarmál útstreymisops, m^2
 G : gufurensli, kg/s (G_p : gufurensli við þrýsting $P_0 = P$)
 x : þurrstig blöndu ($x = G/M$)

Reiknað var rennsli fyrir enthalpy blöndu $h_0 = 251$ kcal/kg, en það er enthalpy holunnar samkvæmt mælingum. Svarar þessi enthalpy til innstreymishita $t_0 = 243^\circ\text{C}$, ef eingöngu vatn streymir inn í holuna. Líklegra er þó að inn streymi blanda af gufu og vatni með þessa enthalpy. Til samanburðar var einnig reiknað rennsli úr holunni, ef gert var ráð fyrir að enthalpy blöndu væri $h_0 = 270,9$ kcal/kg og $h_0 = 295,3$ kcal/kg, en það mundi svara til innstreymishita $t_0 = 260^\circ\text{C}$ og $t_0 = 280^\circ\text{C}$. Niðurstöður þessara reikninga eru sýndar á mynd 1. Á myndinni sést m.a. að heildarrensli er næstum óháð þrýstingi P_0 undir aðaloka, ef $P_0 \leq 10$ atg. Við nærri þrýsting fer rennslið minnkandi og hefur minnkað um helming við $P_0 = 22$ atg. Iokunarþrýstingur mældist um $P_0 = 27$ atg.

Fyrir $h_0 = 251 \pm 15$ kcal/kg ($t_0 = 243^\circ\text{C}$) reiknast gufurenslið 6 ± 2 tn/h, ef gufan er skilin frá vatni við 10 atg, en getur orðið 7 ± 2 tn/h, ef skilið er við 7,5 atg.

hæstur hiti, sem mælt hefur í holunni, er um 274°C á dýpi. Var holan þá lokað. Þegar holan er opnuð fellur þrýstingur á botni hennar og er mjög líklegt, að vatnið sjóði í berginu, áður en það kemst í holuna. Ef hluti gufunnar verður eftir í berginu, verður enthalpy blöndunnar í holunni lægri en enthalpy vatnsins, áður en opnað var. Enthalpy $h_0 = 251 \text{ kcal/kg}$ gæti t.d. svarað til þess að inn í holuna streymdi vatn með 243°C hita, sem hefði sokið af sér um 9% þunga af gufu. Ómunur skýring á hinni lágu enthalpy gæti verið, að kaldari aðrar gefu hluta vatnsins og væri hiti blöndunnar um 243°C . Þetta mætti kanna betur, ef mældur er hiti í holunni, rétt eftir blástur og síðan, þegar holan hefur verið lokað nokkurn tíma. Kísilsýrumagn í vatninu er um 580 - 600 ppm og svarar það til jafnvægis-upplausnar kvartz í vatni við $250 - 255^{\circ}\text{C}$ hita.

Ef inn streymdi vatn með 274°C hita, yrði gufurenslið um 8 tn/h við 10 atg og 9,4 tn/h við 7,5 atg. Samkvæmt þessu virðist mjög ólíklegt, að holan gefi meira gufurensli en 10 tn/h við 7,5 atg og líklegast verður að telja, að rennslið sé um 7 tn/h við þann þrýsting.

Mæling á þrýstifalli í aðalæð

Samtímis mælingu á enthalpy með gasaðferð var mælt þrýstifall í aðalæð á stöðunum P_0 , P_1 , P_2 og P_c . (Sjá mynd 2).
 Fer hér á eftir dagbók yfir þessar mælingar.

Ath.	Kl.	P_0 atg	P_1 atg	P_2 atg	P_c atg	M kg/s	Ath.
Opnað	14 ¹⁴	5,8					Settur 3" stútur
	18	13,5					
	20	26,3	2,0	2,1	0,0		
Opnað meira	22						
	23	19,1	4,9	5,1	0,977	7,2	
	25	21,8	5,0	5,2	1,103	8,0	
	30	23,9	5,0	5,1	0,963	7,1	
Opnað meira		24,3	6,2	6,4			
	35	25,8	6,0	7,5	2,11	11,0	
	38	25,8	7,9	7,5	2,00	10,7	
Opnað meira	39						
		24,8	11,2	10,9			
	42	23,0	10,2	10,2	2,90	13,7	
Lokað á aðalloka							Settur 4" stútur
	15 ⁰⁰	27,6					
Opnað 28.5.1968	15 ⁰²						4" stútur
	05	22,5	4,8	4,9	1,072	13,4	
Opnað meira	07						
	09	21,5	7,7	7,4	2,12	19,8	

Ath.	kl.	P_0 atg	P_1 atg	P_2 atg	P_c atg	M kg/s	Ath.
	15 ¹²	18,6	10,8	10,5	3,25	26,6	
	14	18,0	10,8	10,4	3,25	26,6	
Lokað á fremri loka	18	24,0	24,0				
	21	27,0	27,0				
Opnað aftur á fremra loka	46						Settur 6" stútur
	15 ⁴⁹	16,8	4,3	3,2	1,13	31,0	
	16 ⁴⁵	9,3	1,7	1,1	0,074	16,3	
Fullopnað	50	4,4	2,0	1,5	0,22	18,4	
Lokað á aðalloka	52						Settur 4" stútur
	17 ⁰⁴	18,8					
	20	19,1					
Opnað fullt	21						
	27	11,3	10,0	9,8	2,90	24,4	
	29	10,4	9,6	9,4	2,86	24,2	
	18 ³⁵	5,9	5,3	5,4	1,24	14,5	
	48	5,8	5,2	5,3	1,20	14,1	
	55	5,6	5,2	5,2			
	19 ¹⁸	5,3	5,2	5,2	1,15	14,0	
	20 ⁴⁴	5,1	4,6	5,0	1,08	13,5	
Þrengt að á fremra loka	50						
	21 ⁰⁵	10,8	10,8	1,9			
Holu lokað á fremri loka	40	16,4					

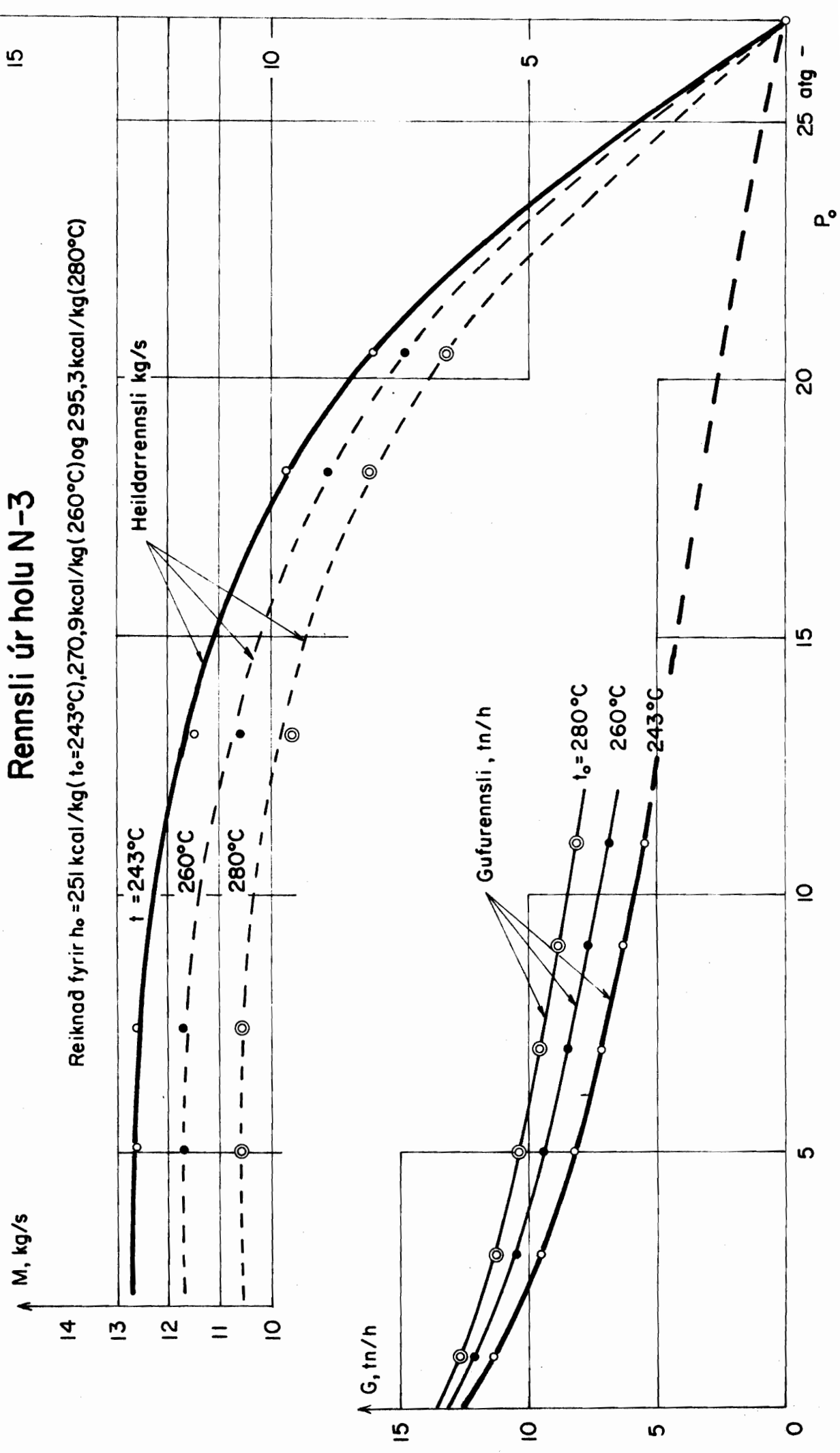
Ath.	Kl.	P ₀ atg	P ₁ atg	P ₂ atg	P _c atg	M kg/s	Ath.
Opnað 29.5.68	00 ⁴⁵						
	50	9,1	8,1		2,46	21,8	
Hola fullt opin um nóttina	09 ¹⁰	5,1			0,945	12,6	
Þmist þrengt að á fremra loka eða ekki	10 ⁰²	11,7	11,4	3,0			4" stútur
	09	12,0	12,0	3,05			
	11 ¹³	10,4	10,5	2,3			
	21	12,2	12,2	2,6			
	30	12,0	12,0	2,4			
Lokað Opnað	12 ⁰⁰						Settur 6" stútur
	14 ⁴⁰	3,8					
Hert að holu á báðum lokum	15 ¹⁶	5,7					
	30	5,6	4,5	1,0			
	16 ⁰⁹	5,4	4,5	0,9			
Opnað fullt Hert að holu	17 ³²	9,8	9,4	2,5			
	42	10,3	10,2	3,0			
	50	10,9	10,9	3,0			Settur 4" stútur
Reynt að stilla P ₀ = 12,5 kg	18 ⁴⁵	11,8					
	35	10,3			1,85	18,1	
	22 ⁰⁵	7,0			1,03	13,1	
	23	7,0			1,037	13,2	

Ath.	Kl.	P ₀ atg	P ₁ atg	P ₂ atg	P _C atg	M kg/s	Ath.
Hert á aðallocka	22 ³⁶	7,3			0,866	12,2	
	54	7,3			0,896	12,3	
	23 ⁰³	7,3			0,903	12,4	
30.5.1968	00 ⁰⁷	7,4			0,948	12,5	
Hert að holu	00 ⁰⁸						
	08 ²¹	13,1			0,755	11,5	
Snn hert að holu	08 ²²						
	10 ⁴⁵	18,2			0,87	9,6	
	11 ⁵⁰	18,7			0,837	9,5	
	13 ²⁵	18,2			0,482	9,7	
Snn hert að holu	13 ²⁵						
	16 ²⁵	20,5			0,20	8,5	

- (1) Greinargerð um aflmælingar á gufuholum eftir Sveinbjörn Björnsson, jarðhitadeild og Sigurð Benediktsson, Vermi s.f.

Aflmæling - Námafjall, N-3. 29.5.'68

Rennsli úr holu N-3



Útbúnaður til aflmælingar á N-3, Námafjalli 28.5.68

