



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

GAS Í GUFU

Lýsing og prófun ákvörðunaraðferða

**Krafla: Athugun á gasstyrk gufu við mismunandi
rekstraraðstæður í háprýstilögn og í gaslosunar-
búnaði, 1983.10.06-07**

Halldór Ármannsson

OS-83093/JHD-32 B

Október 1983



ORKUSTOFNUN

GRENSÁSVEGI 9, 108 REYKJAVÍK

GAS Í GUFU

Lýsing og prófun ákvörðunaraðferða

Krafla: Athugun á gasstyrk gufu við mismunandi rekstraraðstæður í háþrýstilögn og í gaslosunarbúnaði, 1983.10.06-07

Halldór Ármannsson

OS-83093/JHD-32 B

Október 1983

EFNISYFIRLIT

	Bls.
Efnisyfirlit	2
Töflu- og myndaskrá	3
1 Inngangur	5
2 Aðferðir til ákvörðunar gass í gufu	6
2.1 Ákvörðun hlutfallsins rúmmál gass/rúmmál þéttivatns (H)	6
2.1.1 Rúmmálsmæling	6
2.1.2 Tímamæling	6
2.1.3 Reikningur hundraðshluta gass í gufu frá hlutfallinu H	7
2.2 Söfnun gufusýnis í lút og ákvörðun koldíoxíðs og brennisteinsvetnis	8
2.2.1 Söfnun	8
2.2.2 pH títurun	9
2.2.3 Greining brennisteinsvetnis	9
2.2.4 Reikningur gasstyrks	9
2.2.5 Dæmi um niðurstöður og reikning gasstyrks	12
3 Samanburður lútarsöfnunar og tímamælingar 1983.10.06	13
4 Breytingar á gasstyrk við mismunandi rekstraraðstæður	16
5 Um gas og andrúmsloft í gaspeysum	21
HEIMILDIR	24

TÖFLUSKRÁ

	Bls.
1 Mólruðmmál (RM) og gasmargföldunarpáttur við mismunandi hitastig	7
2 Ahrif NaOH á pH titrun til ákvörðunar koldfoxíðs í gufufasa	10
3 Mólmassafastar (F) til reikninga á styrk gastegunda í gufu	12
4 Krafla. Gufuveita, lágprýstilögn 1983.10.06. Niðurstöður tímamælingar á gasstyrk gufu	15
5 Krafla. Gufuveita, lágprýstilögn 1983.10.06. Niðurstöður lúrtartitrunar til ákvörðunar gasstyrks gufu	15
6 Krafla. Gufuveita, háprýstilögn 1983.10.06. Niðurstöður tímamælingar á gasstyrk gufu	16
7 Krafla. Gufuveita, háprýstilögn 1983.10.06. Niðurstöður lúrtartitrunar til ákvörðunar gasstyrks gufu	16
8 Krafla. Gufuveita, háprýstilögn 1983.10.06 - 07. Gasstyrkur gufu við mismunandi rekstrarskilyrði	17
9 Krafla. Stöð 1983.10.06 - 07. Niðurstöður gasgreininga	18
10 Krafla. Stöð 1983.10.06 -07. Niðurstöður nokkurra gasgreininga miðaðar við massa gufu	19
11 Krafla. Gufuveita, háprýstilögn. Hlutur einstakra hola í gufu- og gasrennsli miðaður við 7 bar a inn-taksprýsting á Leirbotnasvæði en 14 bar a í Suður-hlíðum skv. nýlegum mælingum	20
12 Krafla. Gufuveita, lágprýstilögn. Hlutur einstakra hola í gufu- og gasrennsli miðaður við 2,2 bar a prýsting skv. nýlegum mælingum	21

- 13 Krafla. Gas í gufu og andrúmsloft í gasi (% af massa) aftan gaspeysa 1983.04.14 og 1983.10.07 skv mælingum Sveins Ólafssonar og frá efnagreiningum .. 22
- 14 Krafla. Massahluti (%) einstakra gastegunda í gufu frá holu KJ-6, lágprýstigufu, háprýstigufu og gufu aftan við gaspeysa 23

MYNDASKRÁ

- 1 Söfnunarkolba tilbúin til lútarsöfnunar 8
- 2 Áhrif NaOH lausnar á útkomu pH titrunar 11
- 3 Krafla. Stöð. Mæli- og sýnatökustaðir til ákvarðana gasstyrks gufu 1983.10.06 - 07 14

1 INNGANGUR

Um nokkurra ára skeið hefur verið fylgst með gasi í gufu í gufuleiðslum stöðvarhúss Kröfluvirkjunar. Við daglegt eftirlit hefur verið notuð tímamæling, sem er handhæg og fljótleg aðferð. Til viðmiðunar hefur hins vegar verið notuð söfnun gufu í lút og ákvörðun CO_2 og H_2S með títrunum. Er sú aðferð tímafrekari en nákvæmari. Hefur aðferðunum yfirleitt borið vel saman (Halldór Ármannsson & Jón Benjamínsson 1982; Halldór Ármannsson o.fl.1982, Halldór Ármannsson 1983). S.l. vor virtist gasstyrkur gufu í stöðvarhúsi minnka, þó að sambærileg gasminnkun virtist ekki hafa orðið í gufu frá borholum. Einnig virtust tímamælingarniðurstöður lægri en lútartítrananiðurstöður. Tímamæling var notuð við prófanir á gaslosunarbúnaði í lok september. Reyndist í einu tilviki mælast lægri gasstyrkur eftir að gufu frá hinni gasríku holu KJ-15 hafði verið hleypt inn á veituna en fyrir (Egill Sigurðsson, persónulegar upplýsingar). Því var ákveðið að endurtaka prófanir á gaslosunarbúnaði og mæla gas með títrunum. Um leið var ákveðið að gera samanburð á tímamælingu og títrunaraðferð með raðmælingum. Einnig var tekið sýni aftan við gasþeysi annars þreps til athugana á andrúmsloftsmengun (sbr. Halldór Ármannsson 1983). Í þessari skýrslu er fjallað um aðferðir til ákvörðunar gasstyrks gufu, og sagt frá prófunum á gaslosunarbúnaði.

2 AÐFERÐIR TIL ÁKVÖRÐUNAR GASS Í GUFU

2.1 Ákvörðun hlutfallsins rúmmál gass/rúmmál þéttivatns (H)

2.1.1 Rúmmálsmæling

Leiðið gufu um kælispiral og kælið þannig í u.p.b. 20°C (Stefán Arnórsson & Einar Gunnlaugsson 1975). Tengjið kolbu eða túbu með þekktu rúmmáli (R_k) og látið fyllast af þéttivatni. Látið gasið síðan reka út þéttivatnið, safnið því og mælið rúmmál þess (R_p) og hitastig (t_p). Sé $H =$ rúmmál gass/rúmmál þéttivatns þá er

$$H = \frac{R_k}{R_p - R_k} \quad (1)$$

2.1.2 Tímamæling

Farið að á sama hátt og áður, nema að í stað þess að safna þéttivatni og mæla rúmmál þess, takið þann tíma, sem tekur að fylla kolbuna eða túbuna af þéttivatni (S_p) og síðan þann tíma, sem tekur gasið að reka út þéttivatnið (S_g). Þá er

$$H = \frac{S_p}{S_g} \quad (2)$$

Sé þessi aðferð notuð verður flæði að vera jafnt og stöðugt, meðan á sýnatöku stendur.

2.1.3 Reikningur hundraðshluta gass í gufu frá hlutfallinu H

Við reikning yfir á massagrundvöll er yfirleitt gert ráð fyrir, að eðlismassi þéttivatnsins sé einn og því er $H = 1 \text{ gas/kg þéttivatn.}$

Í Kröflu er góð nálgun að gera ráð fyrir, að gasið sé 100% CO₂, en það er yfirleitt vel yfir 90%. Að auki er annað aðalgasið brennisteinsvetni og er mólmassi þess ekki miklu lægri en koldíoxíðs ($M_{\text{CO}_2} = 44 \text{ g/mól, } M_{\text{H}_2\text{S}} = 34 \text{ g/mól}$).
 $H * 4,4$

$$\text{Þá er \% gas} = \frac{H * 4,4}{RM} \quad (3)$$

þar sem RM er mólrúmmál, en það er háð hitastigi, eða $RM = (t^\circ p + 273,15) * 0,08205 \quad (4)$

Þægilegt er að nota einn margföldunarpátt til að finna % gas við hvert hitastig, þ.e.

$$G = \frac{4,4}{RM} \quad (5)$$

$$\text{og \% gas} = H * G \quad (6)$$

Tafla 1 Mólrúmmál (RM) og gasmargföldunarpáttur við mismunandi hitastig

t°C	RM l	G
0	22,4	0,1964
5	22,8	0,1928
10	23,2	0,1894
15	23,6	0,1861
20	24,0	0,1833
25	24,5	0,1799
30	24,9	0,1769
35	25,3	0,1740
40	25,8	0,1707

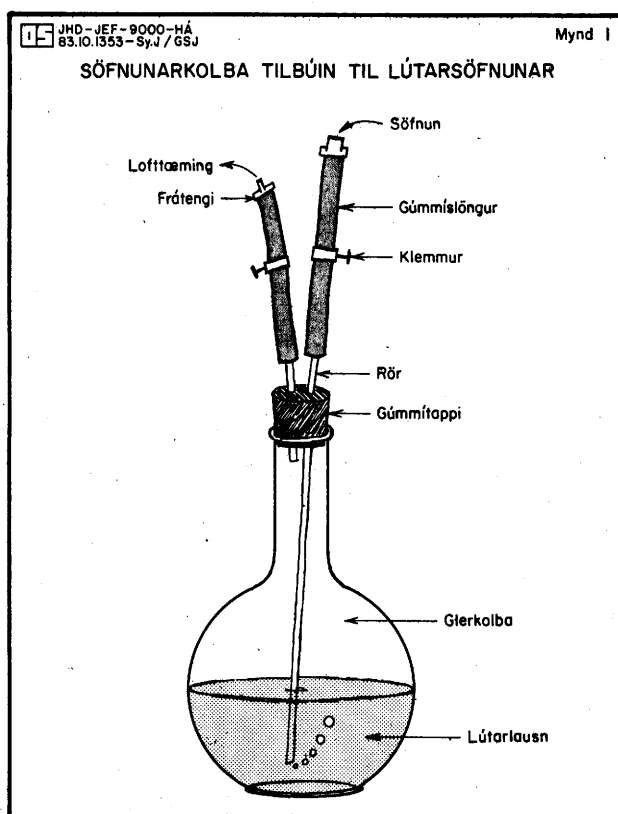
I töflu 1 eru mólrúmmál (RM) og margföldunarpátturinn (G) sýndir fyrir hitastig á bilinu 0-40°C. Í Kröflu er venjulega gert ráð fyrir, að safnað sé við 20°C. Þar hefur verið notuð tímamæling til ákvörðunar H, og er því gasprósenta reiknuð sem

$$\% \text{ gas} = Sp/Sg \times 0,1833 \quad (7)$$

2.2 Söfnun gufusýnis í lút og ákvörðun koldíoxíðs og brennisteinsvetnis

2.2.1 Söfnun

Mælið 50 ml 40%NaOH í kúlukolbu (250-1000 ml), lokið með gúmmítappa, sem tveimur rörum (gler-, plast eða nælon) er stungið gegnum þannig, að annað nær til botns í kolbunni, en hitt rétt niður fyrir tappann. Smeygið gúmmíslöngum yfir rörin og klemmum á þær. Stingið plastfrátengjum ("disconnects") á enda slanganna (mynd 1).



Setjið kolbuna í sjóðandi vatn og tengið slönguna á styttra rörinu í lofttæmisdælu en haldið hinni lokaðri (eða tengið í lofttæmisprýstimæli). Lofttæmið kolbuna or vigtið síðan (VL). Safnið gufu um kælispiral á sama hátt og áður. Hafið gúmmislöngu með plastfrátengi á enda spiralsins, tengið slönguna frá lengra röri kolbunnar þar við, og opnið fyrir með því að losa klemmu. Safnið hæfilegu magni (venjulega 2-300 ml) eða þar til lofttæmismælir nálgast að sýna andrúmsloftsprýsting. Vigtið síðan (Vs), mælið rúmmál (Rs) og finnið þynningarpáttinn, p

$$p = \frac{V_s - V_L}{R_s} \quad (8)$$

2.2.2 pH titrun

Mælið 2 ml sýnis úr kolbunni í 50 ml mælikolbu og þynnið að merki með eimuðu vatni. Hellið í bikarglas (125 ml) og stingið pH elektróðu í. Notið HCl og NaOH lausnir (0,1 - 6N) til að stilla pH á 8,20. Títtrið síðan með 0,1N saltsýru að pH 3,80, og skráið títur ($A = \text{ml } 0,1 \text{ NHCl}$).

2.2.3 Greining brennisteinsvetnis

Mælið 0,1-0,5 ml úr kolbunni í 10 ml eimaðs vatns í Erlenmeyerkolbu. Bætið í 5 ml 5N NaOH, 5 ml asetons og nokkrum kornum af dithizoni. Títtrið með 0,001N kvikasilfursasetatlausn ($\text{Hg}(\text{CH}_3\text{COO})_2$) og skráið títur ($B = \text{ml Hg}(\text{CH}_3\text{COO})_2$).

2.2.4 Reikningur gasstyrks

til reiknings á styrk H_2S gildir

$$\text{H}_2\text{S ppm} = \frac{B \times 34}{\text{ml sýnis } p} \quad (9)$$

Þegar lausn er títtruð með HCl eins og lýst er í 2.2.1, leggja bæði CO_2 og H_2S sitt til títrunarinnar. Jafnvel venjulegt vatn leggur nokkurn "blindpátt" til og í því reiknast styrkur CO_2 (ef þætti kísils (SiO_2) er sleppt).

$$\text{CO}_2 \text{ ppm} = \frac{A \cdot 4400}{\text{ml sýnis}} - 7,92 - 1,182 \times (\text{H}_2\text{S ppm}) \quad (10)$$

(Stefán Arnórsson & Einar Gunnlaugsson 1975).

Þar sem álitíð var, að NaOH myndi leggja nokkuð til líka var gerð tilraun, þar sem mismunandi mikið þynntar NaOH lausnir voru titraðar með 0,1N HCl. Niðurstöður eru sýndar í töflu 2 og á mynd 2.

Tafla 2 Ahrif NaOH á pH titrun til ákvörðunar koldíoxíðs í gufu

ml titraðir	P	CO ₂ jafngildi ppm
50	0 1)	19,4
2	0,0476	1059
2	0,0769	1257
2	0,091	1059
2	0,111	1389
2	0,143	1235
2	0,200	1323
2	0,333	1631
2	0,500	1829
2	1,000	2709

1) eimað vatn

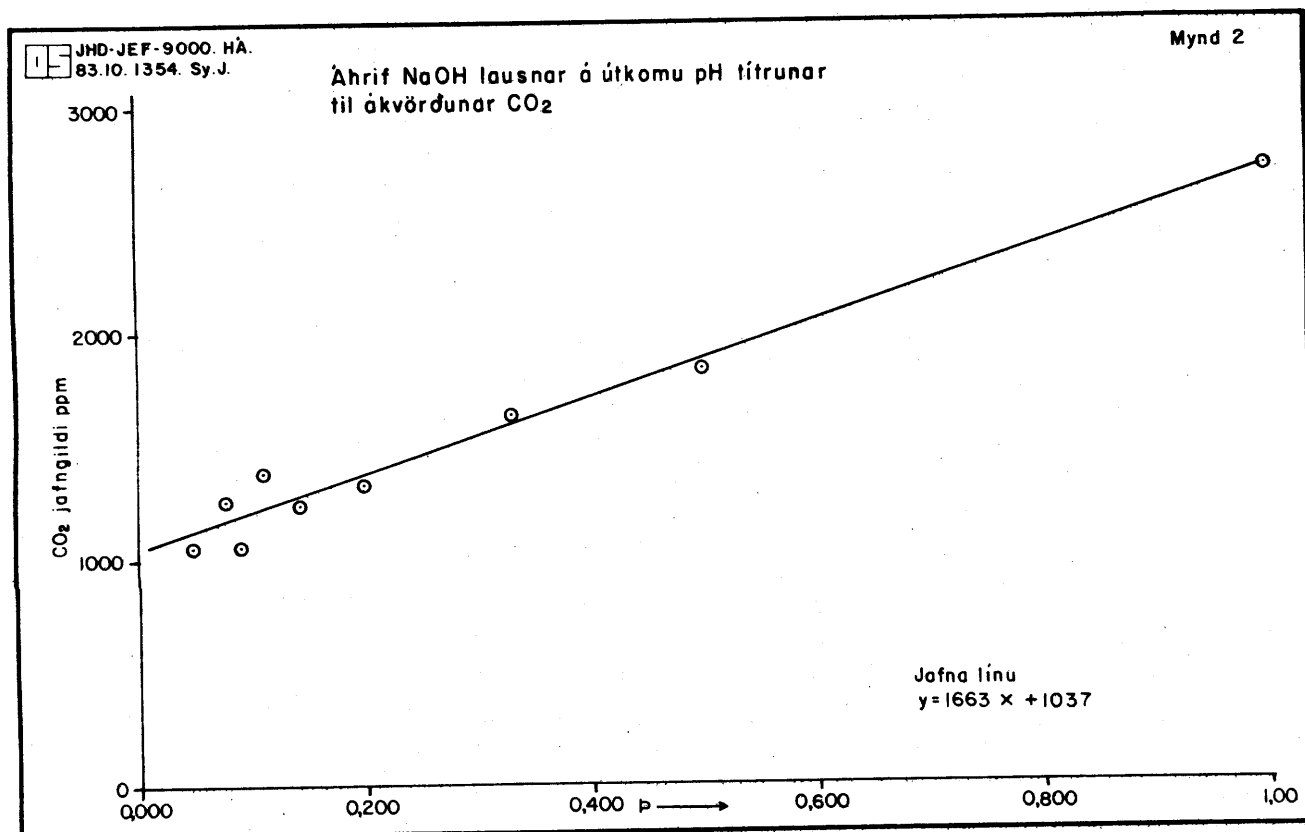
Frá þeim niðurstöðum og jöfnu (10) var eftirfarandi jafna leidd út til reiknings CO₂ styrks

$$\text{ppm CO}_2 = (2200 \times A - 2700 + 1663 P) / P - 1,182 \times \text{H}_2\text{S ppm} \quad (11)$$

Til þess að fá hundraðshluta gass á massagrundvelli, reiknast

$$\% \text{ Gas} = \frac{\text{CO}_2 \text{ ppm} + \text{H}_2\text{S ppm}}{10.000} \quad (12)$$

Sé hlutur annarra gastegunda verulegur, verður að safna sérstöku gassýni á túbu, og greina í gaskrómátograf (Trausti Hauksson 1981). Fást þá niðurstöður um rúmmálsprósentur gastegunda (% gast.), þ.á.m. CO₂ og H₂S.



Styrk annarra gastegunda á massagrundvelli (ppm gast.), má þá reikna með aðstoð mælds styrks (ppm CO₂), og rúmmálsprósentu (% CO₂) koldíoxíðs (eða brennisteinsvetnis), ásamt mólmössum þessara gastegunda (M CO₂ og M gast.).

$$\text{ppm gast} = \frac{(M \text{ gast})}{(M \text{ CO}_2)} \cdot \frac{(\% \text{ gast})}{(\% \text{ CO}_2)} \cdot (\text{ppm CO}_2) \quad (13)$$

Þar sem mólmassarnir (M gast. og M CO₂) eru ávallt þekktar, fastar tölur, má einfalda þessa jöfnu á eftirfarandi hátt

$$\text{ppm gast.} = F \cdot \frac{\text{ppm CO}_2}{\% \text{ CO}_2} \cdot \% \text{ gast.} \quad (14)$$

og fastinn, F, er sýndur fyrir algengustu gastegundir í jarðhitagasi í töflu 3. Hundraðshluti heildargass á

massagrundvelli verður

$$\% \text{ gas} = \frac{\Sigma \text{ ppm gast.}}{10.000} \quad (15)$$

Fyrir jarðhitagas er oftast

$$\Sigma \text{ ppm gast} = \text{ppm CO}_2 + \text{ppm H}_2\text{S} + \text{ppm H}_2 + \text{ppm CH}_4 + \text{ppm N}_2 + \text{ppm O}_2 + \text{ppm Ar} \quad (16)$$

Tafla 3 Mólmassafastar (F) til reikninga á styrk gastegunda í gufu

Lofttegund	H ₂ S	H ₂	CH ₄	N ₂	O ₂	Ar
F	0,7727	0,04581	0,3645	0,6366	0,7271	0,9677

2.2.5 Dæmi um niðurstöður og reikning gasstyrks

Sýni nr. 1001 frá háprýstigufulögn, tekið 1983-04-14.

$$VL = 514 \text{ g}; \quad Vs = 609 \text{ g}; \quad Rs = 148 \text{ ml}$$

$$P = \frac{609 - 514}{148} = 0,642$$

$$A = 6,30 \text{ ml}; \quad B = 3,04 \text{ ml} \quad (\text{ml sýnis} = 0,2).$$

$$\text{ppm H}_2\text{S} = \frac{3,04 \times 34}{0,2 \times 0,642} = 805$$

$$\text{ppm CO}_2 = \frac{(2200 \times 6,30 - 2700 + 1663 \times 0,642)}{0,642} - 1,182 \times 805 = 18097$$

$$\% \text{ gas} = \frac{18097 + 805}{10.000} = 1,89$$

sé einungis reiknað með CO₂ og H₂S.

Niðurstöður efnagreiningar gassýnis:

% CO₂ = 91,36; % H₂S = 4,15; % H₂ = 4,32; % O₂ = 0,01;
% CH₄ = 0,02; % N₂ = 0,15; %Ar = 0,00.

$$: \text{ppm H}_2 = 0,04581 \times \frac{4,32}{91,36} \times 18097 = 39,2$$

$$: \text{ppm O}_2 = 0,7271 \times \frac{0,01}{91,36} \times 18097 = 1,4$$

$$: \text{ppm CH}_4 = 0,3645 \times \frac{0,02}{91,36} \times 18097 = 1,4$$

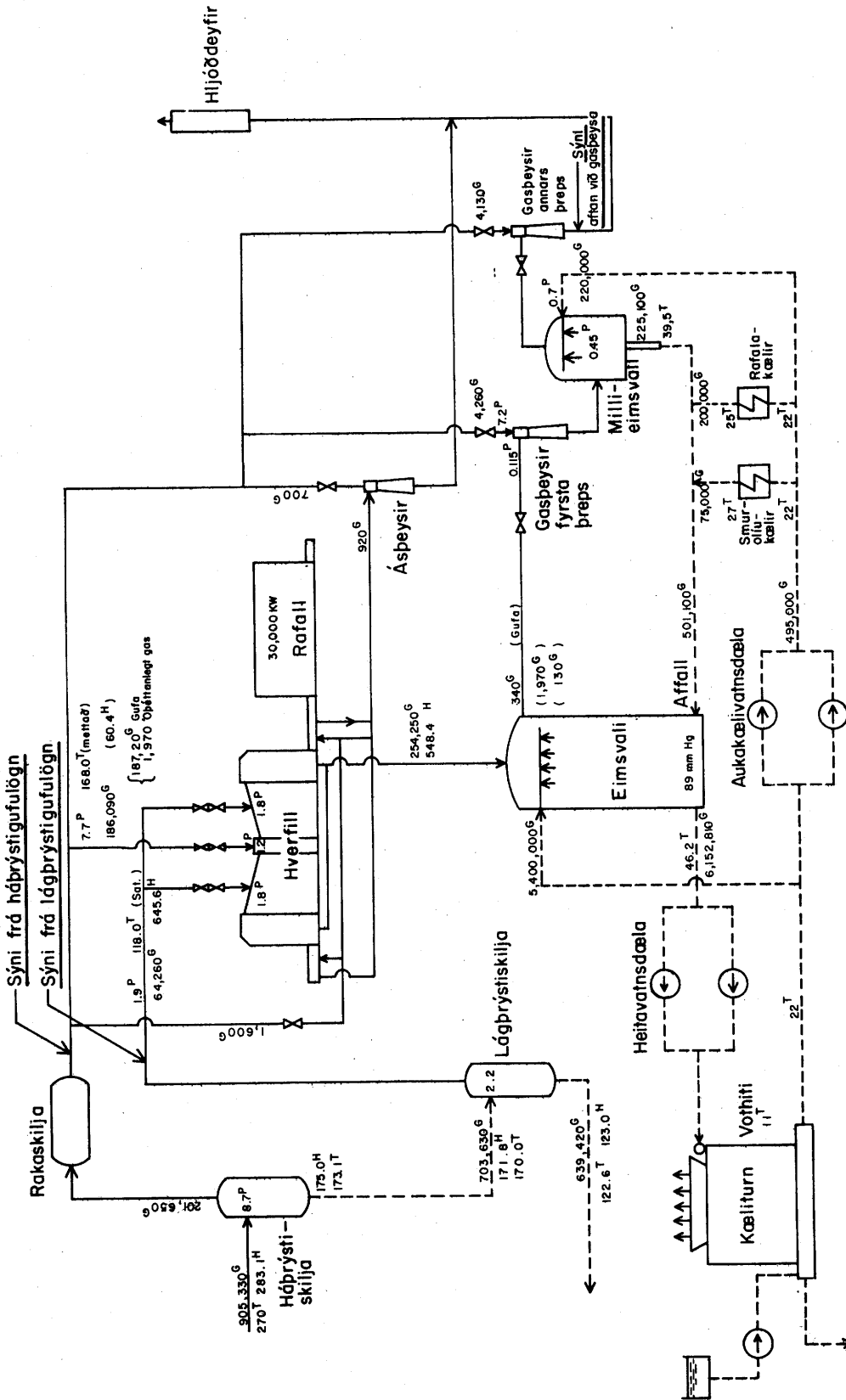
$$: \text{ppm N}_2 = 0,6366 \times \frac{0,15}{91,36} \times 18097 = 18,9$$

$$: \% \text{ gas} = \frac{18097 + 805 + 39,2 + 1,4 + 1,4 + 1,3 + 18,9}{10.000} = 1,90$$

sé tekið tillit til allra lofttegunda.

3 SAMANBURÐUR LÚTARSÖFNUNAR OG TÍMAMÆLINGAR 1983-10-0

Mæli- og sýnatökustaðir eru sýndir á mynd 3. Egill Sigurðsson ákvarðaði gasstyrk í lágprýstigufu þrisvar sinnum með tímamælingu frá kl 16:05 til 16:20. Niðurstöður þeirra mælinga eru í töflu 4. Sjö sýnum af lágprýstigufu var safnað í lút kl 13:35 til 15:25 og gasmagn ákvarðað með títrunum. Niðurstöður eru í töflu 5. Þer mælingum mjög vel saman. Samkvæmni virðist öllu betri, þegar títrun er notuð, en þá þer þess að geta, að tímamælingin var einungis gerð þrisvar og er það heldur sjaldan til mats á samkvæmni. Þess þer að geta, að við lág gildi má búast við, að samkvæmni títrunar minnki verulega og að tímamæling batni í samanburði. Má ætla, að raunverulega sé lítil munur á samkvæmni aðferðanna við þessi skilyrði. Egill



Mynd 3. Krafila : Stöð,- Mæli -og sýna-
tökustaðir til ákvarðana
gasstyrks gufu 1983.10.06-07

Einingar
P : Kg/cm²abs.
T : °C
H : Kcal/Kg
G : Kg/h

Sigurðsson ákvarðaði gasstyrk háprýstigufu með tímamælingu sex sinnum og eru niðurstöður í töflu 6. Þá voru títruð fimm sýni af háprýstigufu, sem safnað var í lút, og eru niðurstöður þeirra ákvarðana í töflu 7. Niðurstöðum ber mjög vel saman, en eins og búast má við, er samkvæmni títrunaraðferðar miklum mun betri, þegar styrkur er orðinn meiri en 1 %. Prófanir þessar stóðu í tæpar 3 klst á lágprýstigufu og rúmar 2 klst á háprýstigufu. Breytistuðlar sýna, að á því tímabili verða ekki marktækar breytingar á gasinnihaldi gufunnar og þær breytingar, sem skráðar eru má að öllum líkindum rekja til óvissu aðferða.

Tafla 4 Krafla. Gufuveita, lágprýstilögn 1983-10-06.
Niðurstöður tímamælingar á gasstyrk gufu

KL	16:05	16:12	16:20	Meðaltal	Staðalfrávik	Breytistuðull (coeff.of var.)%
Gas %	0,17	0,16	0,12	0,15	0,026	17,3

Tafla 5 Krafla. Gufuveita, lágprýstilögn 1983-10-06.
Niðurstöður lútartítrunar til ákvörðunar
gasstyrks gufu

Sýni nr	Kl	Gas %
1062	13:35	0,14
1063	13:35	0,19
1064	14:10	0,16
1065	14:10	0,14
1066	14:45	0,17
1067	14:45	0,15
1068	15:25	0,19
Meðaltal		0,16
Staðalfrávik		0,0213
Breytistuðull (Coefficient of variation) %		13,2

Tafla 6 Krafla. Gufuveita, háprýstilögn 1983-10-06
Niðurstöður tímamælingar á gasstyrk gufu

Kl.	Gas %
14:58	1,28
15:02	1,26
15:10	1,22
15:14	1,38
15:17	1,16
15:22	1,34
Meðaltal	1,27
Staðalfrávik	0,0797
Breytistuðull %	6,3

Tafla 7 Krafla. Gufuveita, háprýstilögn 1983-10-06
Niðurstöður lúrtartítrunar til ákvörðunar á
gasstyrk gufu

Sýni nr	Kl.	Gas %
1054	15:25	1,27
1055	16:25	1,30
1056	16:25	1,26
1057	17:05	1,31
1058	17:05	1,28
Meðaltal		1,28
Staðalfrávik		0,0207
Breytistuðull %		1,6

4 BREYTINGAR Á GASSTYRK VIÐ MISMUNANDI REKSTRARADSTÆÐUR

I töflu 8 er sýndur gasstyrkur gufu á þeim tímum, er prófanir voru gerðar á gaslosunarbúnaði (lofttæmi, hitastig vökva o.s.frv.). Að vísu var sýni nr. 1054 ekki tekið alveg um leið og prófun 1 var gerð (kl 14:10), en niðurstöður um breytileika (3. kafli) benda til þess að réttlátanlegt sé að gera ráð fyrir að gasstyrkur hafi ekki breyst, meðan framleiðsluaðstæðum var ekki breytt.

Tafla 8 Krafla. Gufuveita, háprýstilögn 1983.10.06 - 07
Gasstyrkur gufu við mismunandi rekstrarskilyrði.

Sýni nr	kl.	Gas %	Prófun nr	Framleiðsla stöðvar MW	Aðstæður
1054	15:25	1,27	1	23,0	Ótrufluð framleiðsla KJ-15 ekki með
1055	16:25	1,30	2	23,4	-- " --
1056	16:25	1,26	2	23,4	-- " --
1059	20:40	1,64	3	22,2	KJ-15 með
1060	08:40	1,50	4	21,9	-- " --
1061	14:20	1,41	5	20,9	Minnkuð framleiðsla KJ-15 ekki með

Um kl 17:00 1983-10-06, var rennsli KJ-15 beint inn á gufuveitu. Tvisvar voru tekin sýni við þær aðstæður (kl 20:40 1983-10-06 og kl 08:40 1983-10-07) og er athyglisvert, að gasstyrkur lækkar yfir nóttina og er munur marktækur (1,64 +/- 0,05 og 1,50 +/- 0,05 miðað við 95% marktækni). Ekki er alveg ljóst af hverju þetta stafar, en getur verið af völdum samskonar gaslosunar í kerfinu, og þeirri, er veldur því, að 0,3% minna gas mælist í gufunni en vegið meðaltal úr holum gefur til kynna (sjá síðar). Má þá gera því skóna, að í fyrstu flæði gasið frá KJ-15 inn á fullu, en gaslosun verði síðan virkari. Einkenni gass úr KJ-15 eru mikill koldfoxíðstyrkur en lítil styrkur annarra gastegunda. Koma þau fram í þeirri breytingu, er verður á rúmmálshlutföllum lofttegunda (Tafla 9), er gufu KJ-15 er bætt við.

Tafla 9 Krafla. Stöð 1983-10-06 - 07. Niðurstöður gasgreininga

Sýni nr	Dags	kl	Staður	CO ₂ %	H ₂ S %	H ₂ %	O ₂ %	CH ₄ %	N ₂ %	AR %
1054	1983.10.06	15:25	Gufuveita háprýstil.	89,37	4,57	5,75	0,01	0,02	0,28	0,00
1060	1983.10.07	08:40	- " -	90,44	4,48	4,84	0,01	0,02	0,21	0,00
1061	1983.10.07	14:20	- " -	88,89	4,46	6,18	0,01	0,13	0,33	0,00
1068	1983.10.06	15:25	Gufuveita lágprýstil.	86,50	4,92	7,25	0,03	0,28	1,02	0,00
1069	1983.10.07	17:15	Aftan við gaspeysa	77,63	4,12	5,18	3,67	0,04	9,20	0,16

Tafla 10 Krafla. Stöð 1983-10-06 - 07. Niðurstöður nokkurra gasgreininga miðaðar við massa gufu

Sýni nr	Staður	CO ₂ mg/kg	H ₂ S mg/kg	H ₂ mg/kg	O ₂ mg/kg	CH ₄ mg/kg	N ₂ mg/kg	Ar mg/kg
1054	Gufuveita háprýstil.	11891	809	35	1,0	1,0	24	0
1055	- " -	12204	817					
1056	- " -	11809	806					
1059	- " -	15505	853					
1060	- " -	14129	833	35	1,1	1,1	21	0
1061	- " -	13240	817	30	1,1	7,1	31	0
1068	Gufuveita lágprýstil.	1647	237	6,3	0,4	1,9	12	0
1069	Aftan við gaspeysa	279230	10677	854	9598	52	21066	557

Rennsli KJ-15 var beint frá gufuveitu kl 09:00 1983-10-07, og var þá einnig slegið af framleiðslu. Gasstyrkur er heldur meiri við þau skilyrði en við meiri framleiðslu. Virðist um sams konar áhrif að ræða og þegar rennsli KJ-15 er beint að eða frá, þ.e. aukið rennsli veldur auknu gastapi.

Niðurstöður þeirra gasgreininga, sem gerðar voru í sambandi við prófun vélar svo og einnar greiningar á lágprýstigufu eru birtar í töflu 10 miðaðar við massa (mg gastegund/kg gufu). Sést þar greinileg aukning koldfoxíðs fram yfir aðrar gastegundir, þegar rennsli frá holu KJ-15 fer um gufuveitu.

Tafla 11 Krafla. Gufuveita háprýstilögn. Hlutur einstakra hola í gufu og gasrennsli miðaður við 7 bar a inntaksprýsting á Leirbotnasvæði en 14 bar a í Suðurhlífum skv nýlegum mælingum
(Halldór Ármannsson o.fl. 1983; Jón Benjamínsson & Halldór Ármannsson 1983; Jón Benjamínsson 1983)

Hola nr	Gufa kg/s	% af heildar-gufurennslu	Gas % af massa gufu	Gas g/s	% af heildar-gasrennsli
KJ-7	3,3	6,0	1,29	43	4,2
KJ-9	3,2	5,9	0,47	15	1,5
KJ-11	2,3	4,2	1,95	45	4,4
KG-12	3,4	6,2	1,71	58	5,7
KJ-13	10,6	19,4	0,93	99	9,7
KJ-14	11,7	21,4	1,78	208	20,4
KJ-15	3,3	6,0	6,13	202	19,8
KJ-17	3,2	5,9	0,87	27	2,9
KJ-19	8,1	14,8	1,92	155	15,2
KJ-20	5,6	10,2	2,95	165	16,2
Samtals	54,7	100,00		1018	100,00
Vegið meðaltal			1,86		
Vegið meðaltal á KJ-15			1,59		

Í töflu 11 er sýndur hlutur einstakra hola í gufu- og gasrennsli í háprýstilögn. Vegið meðaltal sýnir, að gasstyrkur í veitu ætti að vera u.p.b. 1,6 % þegar hola KJ-15 er ekki í rekstri, en u.p.b. 1,9 %, þegar hún er með. Í raun reyndist hann 1,3 % og 1,6% við þessar aðstæður, eða u.p.b. 0,3 % lægri en við er að búast.

Viðbóttin frá KJ-15 bendir til mjög svipaðs gasstyrks í gufu hennar og mælt hefur undanfarið. Sé gert ráð fyrir, að styrkur gass sé meðaltal niðurstaðna greininga sýna úr 1060 og 1061, þ.e. 1,57 %, þegar KJ-15 er í rekstri, fæst að gasstyrkur gufu KJ-15 sé 6,1%, en hann mældist 6,13% nýlega (sjá töflu 11).

Tafla 12 Krafla. Gufuveita, lágprýstilögn. Hluttur einstakra hola í gufu- og gasrennsli miðaður við 2,2 bar a prýsting skv. nýlegum mælingum (Halldór Ármannsson o.fl. 1983, Jón Benjamínsson & Halldór Ármannsson 1983, Jón Benjamínsson 1983)

Hola nr	Gufa kg/s	% af heildar- gufurennisli	Gas % af massa gufu	Gas g/s	% af heildar- gasrennsli
KJ-6	3,5	36,8	0,52	18	100
KJ-7	0,7	7,4	<0,01	0	0
KJ-9	1,6	16,8	<0,01	0	0
KJ-11	0,2	2,1	<0,01	0	0
KJ-13	0,5	5,3	<0,01	0	0
KJ-14	0,5	5,3	<0,01	0	0
KJ-17	1,4	14,7	<0,01	0	0
KJ-19	0,3	3,2	<0,01	0	0
KJ-20	0,8	8,4	<0,01	0	0
Samtals	9,5	100,0	0,52	18	100
Vegið meðaltal			0,19		

Í töflu 12 er sýndur hluttur einstakra hola í gufu- og gasrennsli í lágprýstilögn. Reyndar er hluttur gass frá gufu þeirra hola, er háprýstigufa hefur soðið frá, svo lítil, að hann skiptir ekki máli. Því ætti allt mælt gas í lágprýstilögn að vera áttað úr gufu holu KJ-6, og vera 0,19% af massa lágprýstigufu. Liggur mjög nærri að svo sé ($\bar{x} = 0,16 \pm 0,04\%$ með 95% vissu, sjá töflu 5).

5 UM GAS OG ANDRÚMSLOFT Í GASPEYSUM

S.l. vor var gerð könnun á gasstyrk og andrúmsloftsmengun í gufu þeirri, er kemur frá gaspeysum (ejectors) (Halldór Ármannsson 1983). Kom í ljós lítils háttar andrúmsloftsmengun, en þó ekki í þeim mæli að hafa þyrfti áhyggjur af með tilliti til nýtingarhæfni. Þar sem ýmsar tilfæringar hafa verið gerðar með búnað þennan síðan þá, var ákveðið að endurtaka slíka mælingu nú. Tekið var sýni í lút auk gassýnis á túbu á sýnatökustað aftan gaspeysa (mynd 3) við sömu skilyrði og prófun nr. 5 (Tafla 8).

Mæld rúmmálshlutföll gastegunda eru sýnd í töflu 9, og niðurstöður miðaðar við massa þeirra í gufu (mg gastegund/kg gufu) eru skráðar í töflu 10. Svo vill til, að framleiðsla virkjunarinnar við skilyrði prófunar nr 5 (20,9 MW) er ekki fjarri þeirri, er skráð var við apríl-prófanirnar (20,0 MW), og því ekki úr vegi að bera þessar athuganir saman. Er það gert í töflu 13.

Tafla 13 Krafla. Gas í gufu, og andrúmsloft í gasi (% af massa) aftan við gaspeysa 1983.04.14 og 1983.10.07 skv. mælingum Sveins Ólafssonar og skv. efnagreiningum

Dags	1983.04.14	1983.10.07
Gas í gufu % af massa	37,3	32,2
Andrúmsloft í gasi % (Sv. Ó)	4,6	8,2
Andrúmsloft í gasi skv. efnagreiningu	7,3	9,7

Í samræmi við niðurstöður mælinga á gasi í gufu gufuveitu er heildargasmagn aftan við gaspeysa minna nú en s.l. vor. Reiknaður andrúmsloftsstyrkur frá mælingum Sveins Ólafssonar (persónulegar upplýsingar), þar sem gert er ráð fyrir "hönnunarleka" er nokkru hærri nú en þá, en mismunur á honum og efnagreindum andrúmsloftsstyrk gassins er sáralftill, og sýnir, að búnaðurinn virkar eins og best verður á kosið.

Tafla 14 Krafla. Massahluti (%) einstakra gastegunda í gufu frá holu KJ-6, lágþrýstigufu, háþrýstigufu og gufu aftan gaspeysa.

Sýni nr	Staður	CO ₂ % af massa	H ₂ S % af massa	H ₂ % af massa	O ₂ % af massa	CH ₄ % af massa	N ₂ % af massa	Ar % af massa
83-1003	KJ-6	92,9	5,8	0,2	0,04	0,1	0,9	0,0
-1068	Lág- þrýsti- lögn	86,5	12,4	0,3	0,02	0,1	0,6	0,0
-1061	Há- þrýsti- lögn	93,7	5,8	0,2	0,01	0,05	0,2	0,0
-1069	Aftan við gaspeysa	86,7	3,3	0,3	3,0	0,02	6,5	0,2
-1069	- " - andrúms- loft reiknað frá	96,0	3,7	0,3		0,02		

Niðurstöður gasgreininga nokkurra sýna eru settar fram á formi massahluta einstakra gastegunda í töflu 14. Er ljóst, að hlutur brennisteinsvetnis rýrnar á kostnað koldíoxíðs við dælingu um gaspeysa. Líkleg orsök er sú, að brennisteinsvetni, sem er leysnara í vatni en koldíoxíð, skolist út í ríkara mæli með affalli frá millieimsvala (mynd 3). Til fróðleiks er einnig birt samsetning gass í holu KJ-6, sem er aðalveitandi gass í lágþrýstigufu. Má sjá, að í því tilviki eykst afstæður styrkur brennisteinsvetnis á kostnað koldíoxíðs. Sennilega er hér um áhrif þrepasuðu að ræða, en með hverri suðu eykst afstæður styrkur brennisteinsvetnis í gufu.

HEIMILDIR

Halldór Ármannsson 1983: Krafla. Gas í háþrýstilögn og gaslosunarbúnaði. Athugun á andrúmsloftsmengun 1983.04.14. Orkustofnun OS83029/JHD 10 B, 7 s.

Halldór Ármannsson, Guðjón Guðmundsson & Guðni Guðmundsson 1982: Helstu niðurstöður Kröfluferðar 1982.11.23 - 12.02. Orkustofnun OS82110/JHD 28 B, 16 s.

Halldór Ármannsson & Jón Benjamínsson 1982: Um ástand borhola í Kröflu í febrúar 1982. Orkustofnun OS82025/JHD 03 B, 20 s.

Halldór Ármannsson, Jón Benjamínsson & Gestur Gíslason 1983: Vorferð í Kröflu. Orkustofnun OS83057/JHD 14 B, 14 s.

Jón Benjamínsson 1983: Septemberdagar í Kröflu. Sýnataka og mælingar á gasstyrk. Orkustofnun OS83087/JHD 29B

Jón Benjamínsson & Halldór Ármannsson 1983: Af eftirliti með borholum í Kröflu sumarið 1983. Orkustofnun OS83085/JHD 26 B.

Stefán Arnórsson & Einar Gunnlaugsson 1975: Leiðbeiningar um söfnun vatns- og gassýna. Orkustofnun OS JHD 7552, 42 s.

Trausti Hauksson 1981: Leiðbeiningar um notkun á Carle AGC 111 H,S gasgreini. Orkustofnun OSTH-81/03, 18 s.