

Üzemelő gázkészülékek vizsgálata hidrogén tartalmú földgázzal

Szalontai Péter
Dr. Bereczky Ákos

MVM Főgáz Földgázhálózati Kft.
BME, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék



Dekarbonizációs átmenetben rejlő lehetőségek

1 Alternatívaként tekintünk a hidrogénre, ezért vizsgáljuk a hidrogén földgázhálózatba történő táplálását.

2 A hidrogén, mint alternatív gázforrások, felhasználásának ösztönzése a földgázfogyasztás mérséklésére.

3 Lehetőség a power-to-gas (biometán, hidrogén, SNG).

4 A hidrogén földgázhoz keverése Európában kísérleti szakaszban lévő, nagy potenciállal rendelkező, ám magas támogatási igényű opció.

5 A hidrogén (és más alternatív gázok) előállítása, valamint elosztói rendszerbe táplálása csökkenti az importfüggőséget.

6 Új, innovatív lehetőséget jelent a földgázhálózat energiatárolóként való használata.

7 A hidrogén földgázzal keverve hozzájárulhat ipari felhasználók saját, illetve a gázhálózatba keverve akár a háztartások energiaigényének kielégítéséhez is.

8 A hidrogén gázhálózatba táplálásának műszaki lehetőségeit illetően még sok a nyitott kérdés, melyeket további kutatási projektek keretében vizsgálni kell.

Miért 23 V/V%, és miért nem 100 V/V%?

Az EU tervei szerint termelt zöld hidrogén mennyisége a földgázhoz keverve várhatóan 20 évig nem fogja meghaladni a jelenleg üzemelő gázfogyasztó készülék park számára kritikus 20 V/V% mértéket.

- A gázfogyasztó készülékek biztonságos használatát több évtizede műszaki-biztonsági előírásokkal szavatolják a hatósági előírások. Ezekben az előírásokban a gázfogyasztó készülék megfelelőségét igazoló vizsgálatok során a gázfogyasztó készüléket az EN 437 szabványban leírtak szerint az adott gázcsoport vonatkoztatási gázával kell beszabályozni.
- A 2016/426/EU rendelet hatálya alá tartozó irányelvek (2009/142/CE és a 90/396/EEC) és magyar szabványok alapján gyártási és/vagy behozatali engedély csak olyan készülékre adható ki amelyek működését a szabványok szerinti vizsgálógázokkal ellenőrizték.
- A vizsgálógázok összetételét jelenleg meghatározó EN 437 szabvány rögzíti többek között azt, hogy a 2H gázcsoporttal megjelölt gázfogyasztó készülékek vizsgálatát a G222 jelű 23 V/V% hidrogént tartalmazó határgázzal is el kell végezni.

Akkor most nyugodtan hátra dőlhetünk...?

Ha az adott tüzelőberendezés besabályozása az EN 437 szabvány szerinti 2H gázcsoport gázminőségi követelményeinek megfelelő vonatkoztatási gázzal történt, akkor elméletileg alkalmas 23 V/V% hidrogén tartalmú földgáz tüzelésére.

- **Vajon ez a megállapítás igaz az esetenként több évtizede üzemeltetett tüzelőberendezésekre is?**
- **Milyen üzemviteli változásokkal kell számolni hidrogénes földgáz ellátás esetén, és ezek az üzemviteli változások hogyan hatnak vissza az elosztóhálózatra?**

Vizsgálatok célja:

- Meggyőződni a 10-30 éves jelenleg is üzemelő háztartási tüzelőberendezések biztonságos használhatóságáról
- Információt szerezni az üzemviteli változások jellegéről és mértékéről 23 V/V% H₂ tartalmú hidrogénes földgáz tüzelőanyag használat esetén.

Vizsgált készülékek:

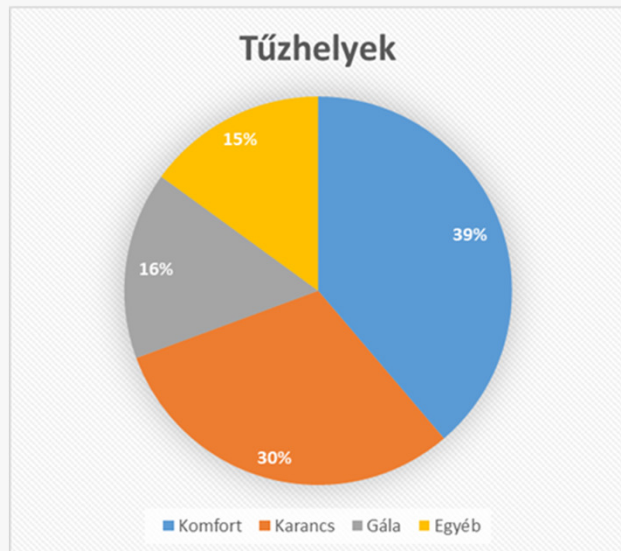
Tűzhelyek Vízmelegítők Konvektorok Gázkazánok

Vizsgált jellemzők:

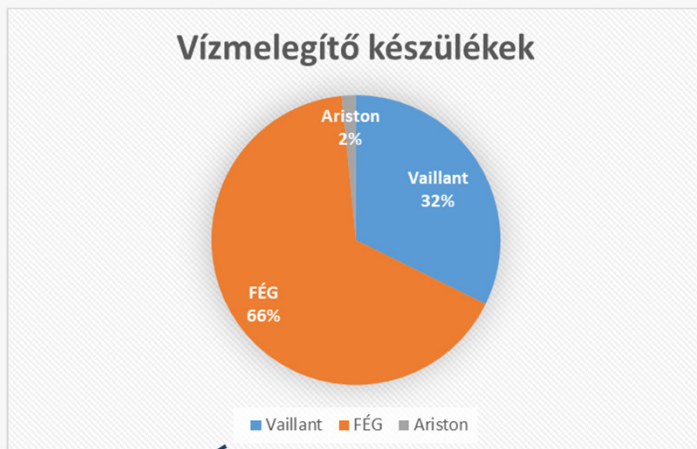
Gáztömörség, gyújtási kísérletek, lángkép-, lánghőszolgáltatás-, lángkialvás-, lángleszakadás-, felületi melegedés vizsgálatára, továbbá hatásfok-, teljesítmény-, tüzelőanyag térfogatáram- valamint károsanyag kibocsájtás változás megfigyelésére.

Vizsgálati módszerek kidolgozása a jelenlegi és korábban hatályos szabványok alapján.

MAGYAR MINTA TELEPÜLÉS KÉSZÜLÉKPARK FELMÉRÉSE

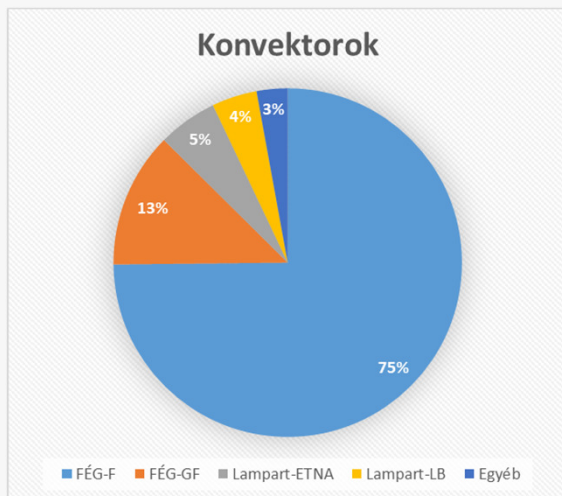


Tűzhelyek		
Komfort	Átlag	Db
SZUM átlag	1981.04.07	65
Karancs	Átlag	Db
SZUM átlag	1989.12.22	56
Gála	Átlag	Db
SZUM átlag	1982.09.28	26
Egyéb	Átlag	Db
SZUM átlag	1997.03.04	27



Vízmelegítők		
Vaillant	Átlag	Db
Átlag	1990	41
FÉG	Átlag	Db
Átlag (FKV6)	1982	64
Átlag (egyéb)	1988	20
Ariston	Átlag	Db
Átlag	2004	2

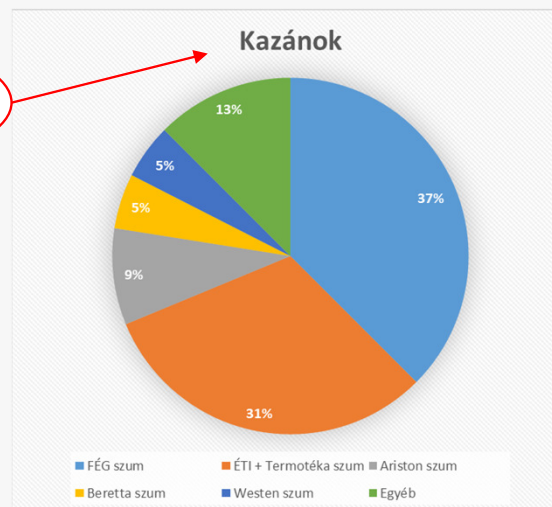
MAGYAR MINTA TELEPÜLÉS KÉSZÜLÉKPARK FELMÉRÉSE



Konvektorok		
FÉG	Átlag	Db
GF széria		77
F széria		347
Átlag	1985	424
Lampart	Átlag	Db
ETNA széria		30
LB széria		21
Átlag	1996	51
Egyéb	Átlag	Db
Átlag	1984	13

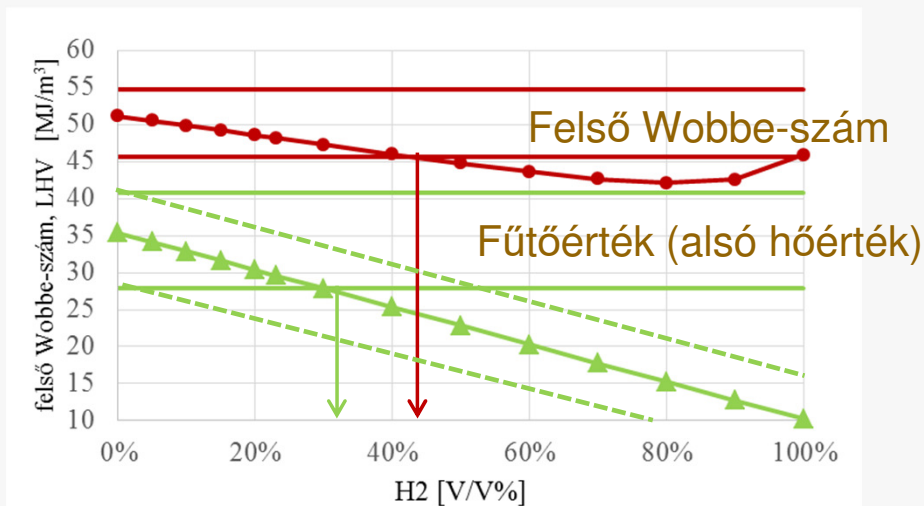
Ebből 460 konvektor a tervtári dokumentumok alapján 1990 előtt lett üzembe helyezve

A 80 kazánból 45 db üzembe helyezési éve 1982 és 1992 közé esik



Kazánok					
ÉTI	Átlag	Db	Vaillant	Átlag	Db
25	1984	15	Thermotop 260	1999	1
35	1980	3	MAG275/12XZ	2003	1
45	1979	1	Átlag	2001	2
100	1979	1	Vezuv		
Átlag	1983	20	20-24	1996	2
Ariston			Átlag	1996	2
Clas One	2019	1	Junkers		
Egis	2008	1	ZR18		
Clas Prémium EVO 24	2016	1	Átlag	?	1
EGIS-24 FF kombi kazán	2008	1	Saunier Duval		
BS 24FF C32	2012	1	ISOTWIN F24	2008	1
CX6TSP4	2008	1	Átlag	2008	1
AT 23MFF Turbó	2005	1	Minitherm		
Átlag	2011	7	25	1995	2
Baxi			Átlag	1995	2
Luna Duo-Tec Compact 24+	2018	1	Termotéka		
Luna Duo-Tec MP 1.5	2017	1	20	1995	1
Átlag	2018	2	25	1998	2
FÉG			Átlag	1997	3
C-21	1990	18	Immergas		
C-24	1996	4	Eolo Star 24/Turb	2012	1
C-30	1992	3	Átlag	2012	1
C-18	2003	1	Westen		
Átlag	1992	26	Digit 280	2008	1
Beretta			Quasar	2007	1
Smart 24 CSI	2008	1	Star Condens+ 24	2019	1
Junior	2012	1	Átlag	2011	3
-	1999	1			
Sup. Ex kombi	2000	1			
Átlag	2005	4			

A HIDROGÉN BEKEVERÉS HATÁSAI - ELMÉLET



Hidrogén földgázba keverése esetén a keverék fűtőértéke (LHV) és Wobbe-száma csökken kikerül az előírt tartományokból, Viszont hogy mekkora bekeverés esetén az függ, hogy milyen gázba keverjük a hidrogént (LNG, interkonnektor hálózat, stb.)

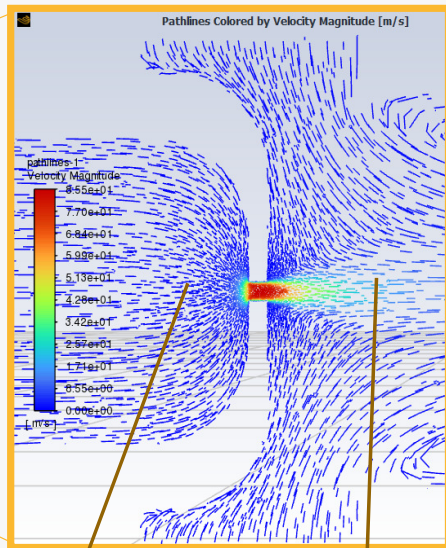
Jellemző	dimenzió	Hidrogén	Metán	Példa földgáz
kompessziós tényező (@15 °C, Pn)	Z [-]	1,001	0,998	0,998
Sűrűség (@15 °C, Pn)	kg/m ³	0,085	0,678	0,730
Relatív sűrűség (@15 °C, Pn)	-	0,070	0,554	0,596
Elméleti égési levegő igény [V/V %]	-	2,390	9,700	9,820
Fűtőérték 15/15 °C	MJ/m ³	10,22	34,02	35,39
Wobbe-szám	MJ/m ³	38,75	45,70	45,84

INJEKTOROS ÉGŐK (HÁZTARTÁSI TŰZELŐBERENDEZÉSEK)

Elméleti megfontolások alapján:

$$\dot{V}_{\text{tűzelőanyag}} = \alpha \frac{D^2 \pi}{4} \sqrt{\frac{2(p_0 - p_1)}{\rho_{\text{tűzelőa.}}}}$$

$$\dot{Q}_{be} = \alpha \frac{D^2 \pi}{4} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_{\text{levegő}}}} \frac{LHV}{\sqrt{\rho_{\text{tűzelőa.}}}} = \alpha \frac{D^2 \pi}{4} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_{\text{levegő}}}} W_{\text{obbe}_{i,\text{tűzelőa.}}}$$



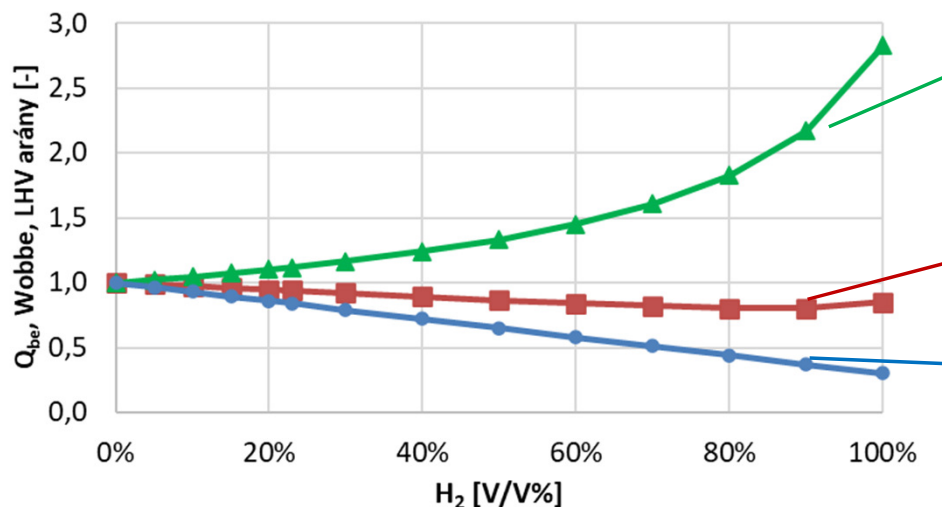
p_0

p_1

Elméleti megfontolások alapján állandó hőmérséklet és nyomás különbség esetén a sűrűség csökkenés növelni fogja az áramlási vizont kérdéses:

- Az elméleti térfogatáram növekedést a veszteségek (áramlási és melegedés) mennyire akadályozzák;
- Injektorban hogyan változik az elsődleges keveredés levegővel;

A HIDROGÉN BEKEVERÉS HATÁSAI INJEKTOROS ÉGŐKNÉL - ELMÉLET



$$\frac{\dot{V}_{CH_4+H_2}}{\dot{V}_{CH_4}} = \frac{\alpha \frac{D^2 \pi}{4} \sqrt{\frac{2(p_0 - p_1)}{\rho_{CH_4+H_2}}}}{\alpha \frac{D^2 \pi}{4} \sqrt{\frac{2(p_0 - p_1)}{\rho_{CH_4}}}}$$

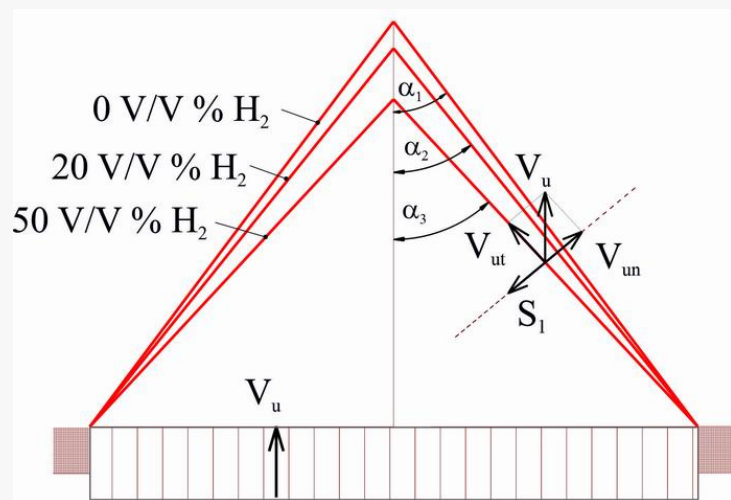
$$\frac{\dot{Q}_{beCH_4+H_2}}{\dot{Q}_{beCH_4}} = \frac{Wobbe_{CH_4+H_2}}{Wobbe_{CH_4}}$$

$$\frac{LHV_{CH_4+H_2}}{LHV_{CH_4}}$$

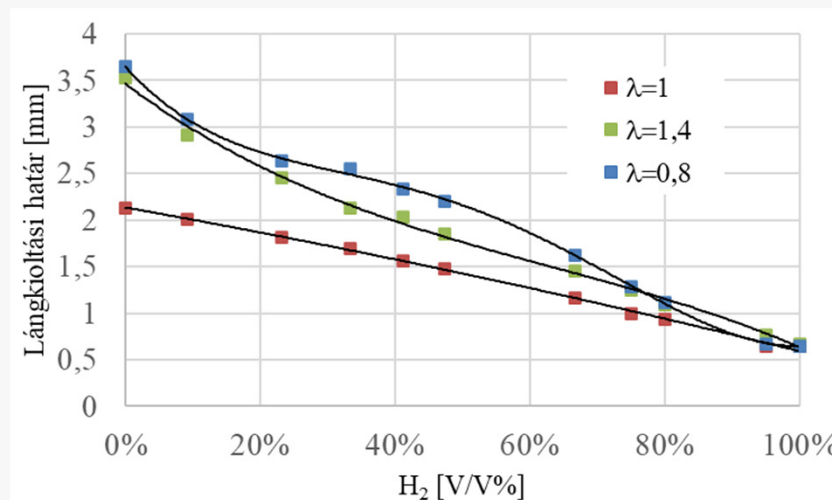
Számos paraméter változását mérni és/vagy modellezni kell, pl.:

- Az elméleti térfogatáram növekedést a veszteségek (áramlási és melegedés) mennyire akadályozzák;
- Injektorban hogyan változik az elsődleges keveredés levegővel;
- Ez milyen hatással van a lángképre (visszagyulladás);
- Hogyan változik a berendezés hatásfoka és a károsanyag kibocsátása;

A HIDROGÉN BEKEVERÉS HATÁSAI - ELMÉLET



Analitikai modell eredmény a láng-kúpszög változásáról

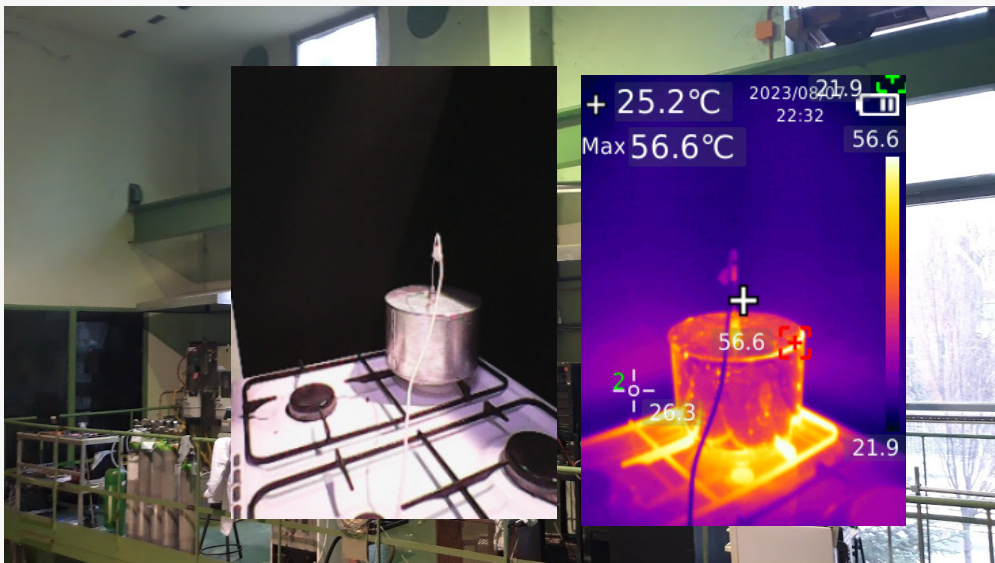
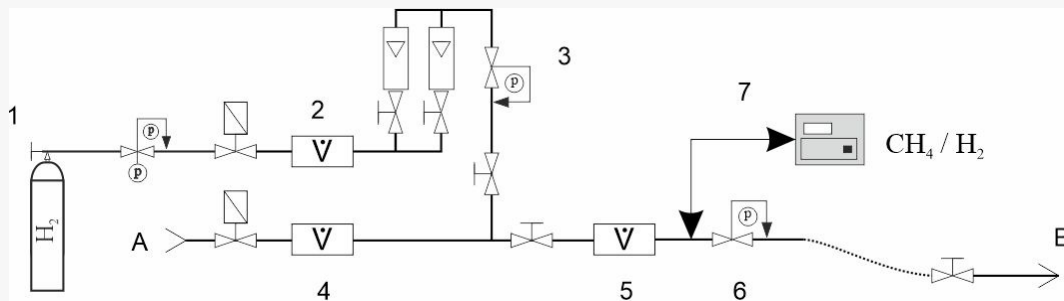


Lángkioltási határ a hidrogén bekeverés függvényében

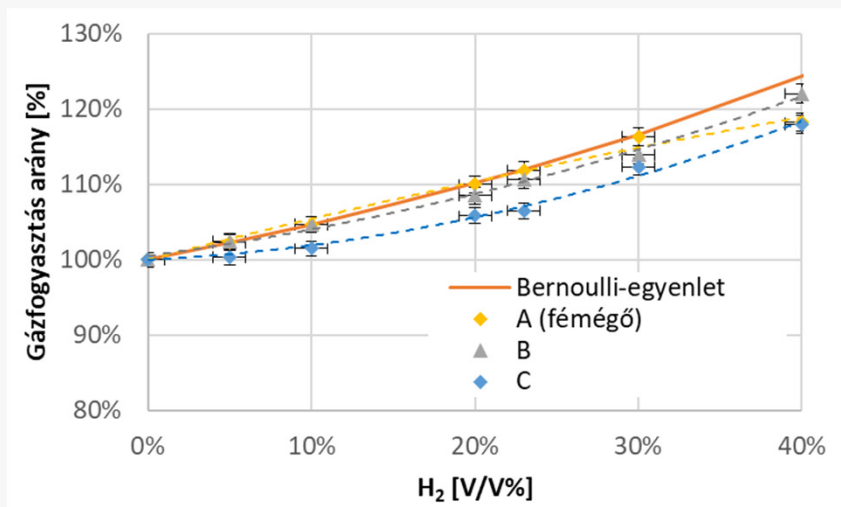


Váltás földgáztól 23 V/V% H₂ – CH₄ keverékre

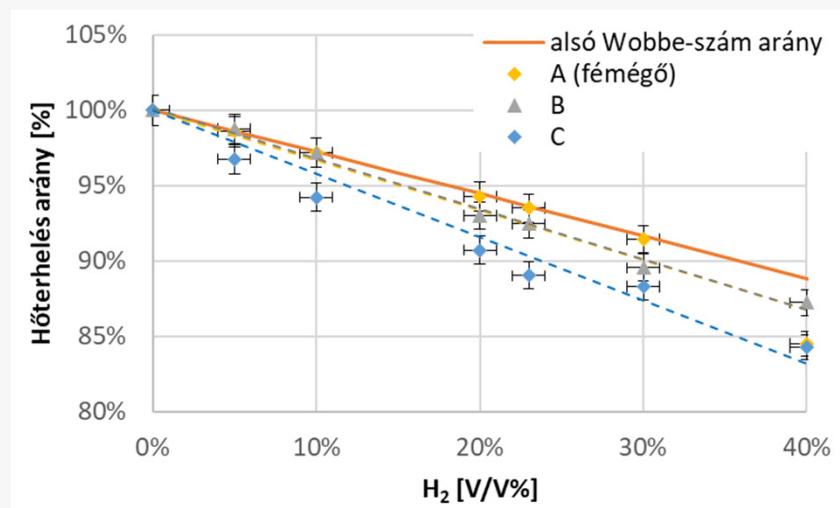
A HIDROGÉN BEKEVERÉS HATÁSAI - VIZSGÁLATOK



A HIDROGÉN BEKEVERÉS HATÁSAI - KONVEKTOROK



$$\frac{\dot{Q}_{be_{FG+H_2}}}{\dot{Q}_{be_{FG}}} = \frac{Wobbe_{FG+H_2}}{Wobbe_{FG}}$$

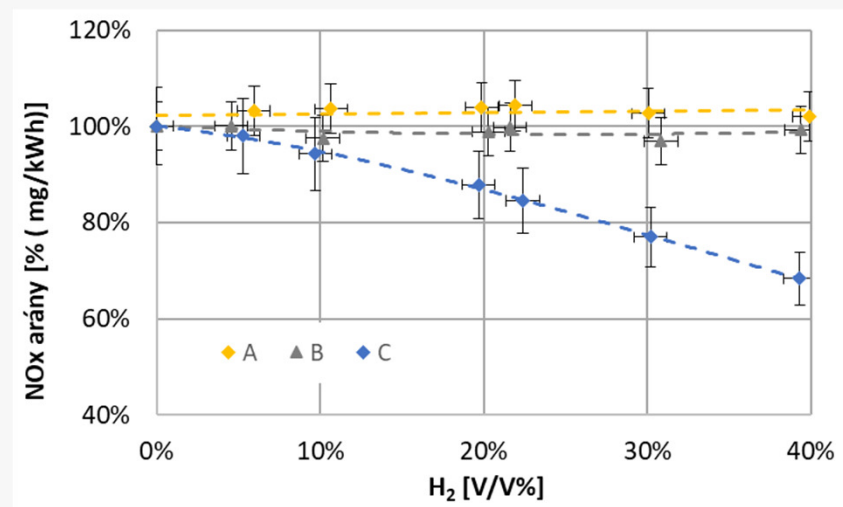
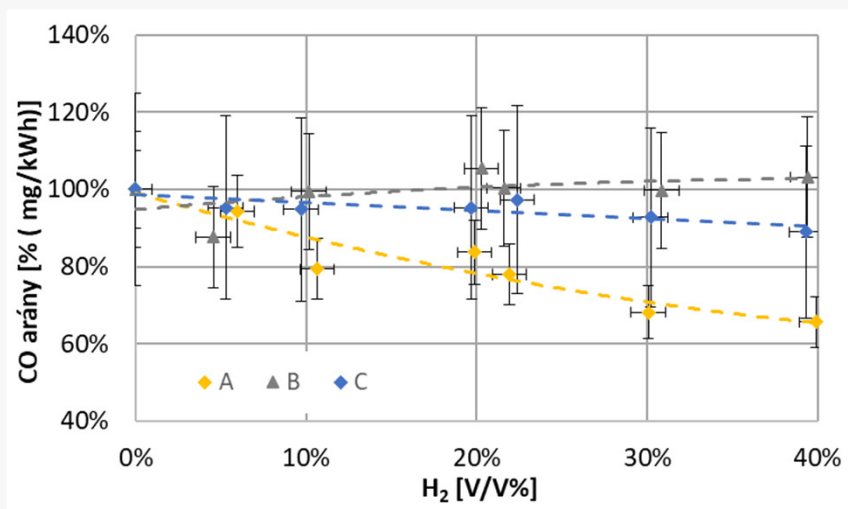


$$\frac{\dot{V}_{FG+H_2}}{\dot{V}_{FG}} = \frac{\alpha \frac{D^2 \pi}{4} \sqrt{\frac{2(p_0 - p_1)}{\rho_{FG+H_2}}}}{\alpha \frac{D^2 \pi}{4} \sqrt{\frac{2(p_0 - p_1)}{\rho_{FG}}}}$$

Veszteségeknek jelentős a hatása, azaz a tüzelőanyag térfogatáram növekedés kisebb!

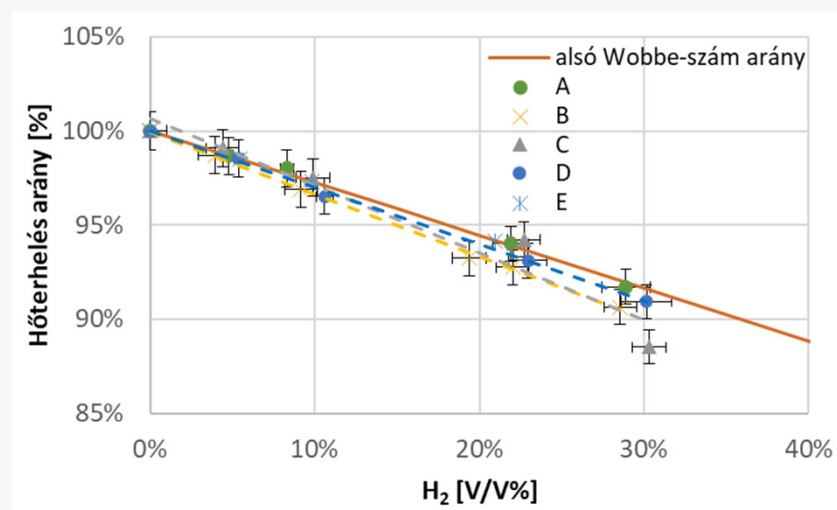
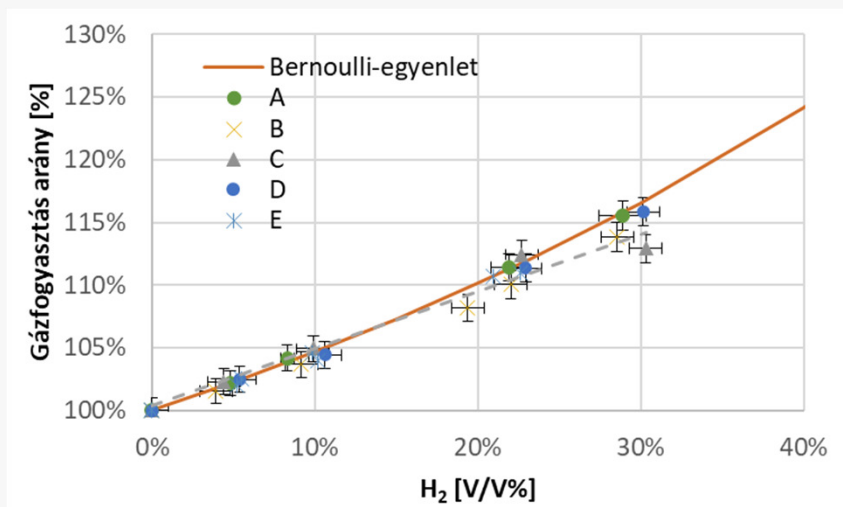
Minden eredményen névleges terhelési adatok és a tapasztalati relatív hibakorlátok vannak feltüntetve

A HIDROGÉN BEKEVERÉS HATÁSAI - KONVEKTOROK



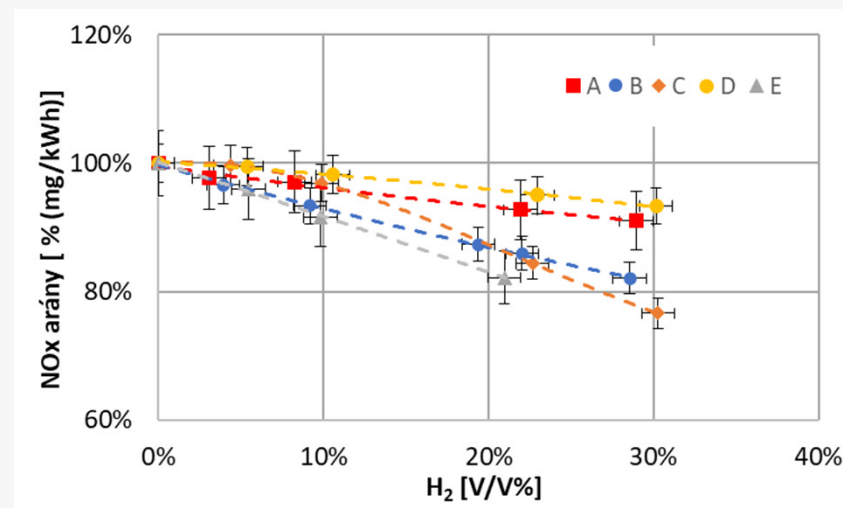
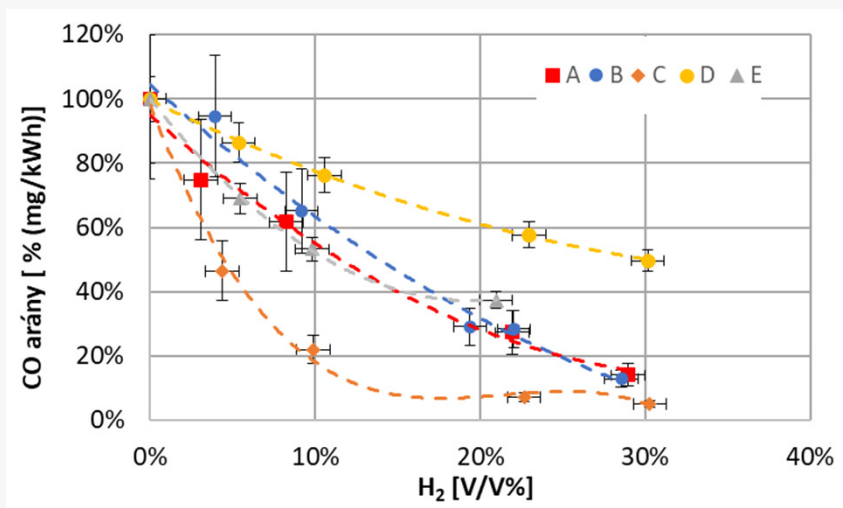
Beállításnak jelentős a hatása (hőterhelés és lángkép)

A HIDROGÉN BEKEVERÉS HATÁSAI - KAZÁNOK ÉS VÍZMELEGÍTŐK



Veszteségeknek kisebb a hatása, azaz a tüzelőanyag térfogatáram növekedés nagyobb!

A HIDROGÉN BEKEVERÉS HATÁSAI - KAZÁNOK ÉS VÍZMELEGÍTŐK



ÖSSZEFOGLALÁS

- Milyen üzemviteli változásokkal kell számolni hidrogénes földgáz ellátás esetén?

Az elméleti megfontolások szerint a gáz térfogatáram nő, de annak mértéke függ a berendezés kialakításától és a kialakuló veszteségektől. Így a hőbevitel kisebb mértékben csökken mint a hidrogén bekeverésével csökkenő fűtőérték (LHV)

- Meggyőződni a tanúsítási körbe nem tartozó 10-30 éves háztartási tüzelőberendezések biztonságos használhatóságáról.
- Gáztömörség: **a tapasztalatok szerint nem jelentősen nőtt a földgázhoz képest.**
- Gyújtási kísérletek, lángkialvás-, lángleszakadás: **a vizsgálatok során konvektorok esetén 40 V/V% H₂ bekeverésig, kazánok és vízmelegítők esetén 30 V/V% H₂ bekeverésig probléma mentesen tudtunk üzemelni. A gyújtási kísérletek 23 V/V% H₂ bekeverés esetén minden berendezésnél sikeresek voltak.**
- Felületi melegedés vizsgálatára: **a hidrogén bekeverésével a konvektorok falhőmérséklete csökkent vagy állandó maradt, vízmelegítő és gáztűzhely esetében jó közelítéssel állandó.**
- Hatásfok-, valamint károsanyag kibocsátás változása: **Hidrogén bekeverésével a hatásfok a legtöbb berendezésnél enyhén csökken (~1%) vagy állandó volt, kivéve a gáztűzhelyeket ahol csökkent (<6%). Az emissziós értékek hidrogén bekeveréssel jellemzően csökkennek a füstgázban, de a tendencia és a változás mértéke erősen konstrukciófüggő, egy konvektoroknál és egy gáztűzhelyeknél a NO_x kibocsátás nőtt.**

ÖSSZEFOGLALÁS

Köszönjük az MVM Égáz-Dégáz Földgázhálózati Zrt. és a MVM Főgáz Földgázhálózati Kft. a támogatást és a szakmai egyeztetéseket!

Köszönjük a Megújuló Energiák Nemzeti Laboratórium (RRF-2.3.1-21-2022-00009) támogatását

Köszönjük Fazakas Miklós úr szakami támogatását!

Nagyon sok tapasztalatot szereztünk, de még számos kérdés nem tisztázott

Köszönjük a figyelmet!

Szalontai Péter

Dr. Bereczky Ákos

