

Hidrogén – A jövő energiahordozója (?)

Bereczky Ákos, Lukács Kristóf és Lévai Emese

2024 március 14. 18:00,

BME Q épület BF13-as terem

HIDROGÉN

- régies, magyarosított elnevezése *kőneny* vagy *gyulany*
- A hidrogén – atomos formájában – a világegyetem leggyakoribb kémiai eleme, a normál anyag tömegének 75%-át, az atomok számának 90%-át alkotja, többnyire atomos és plazmaállapotban található meg;
- A harmadik leggyakoribb elem a Föld felszínén, de többnyire vegyületeiben fordul elő, mint például a szénhidrogének és a víz;
- Fontos szerepe van a Nap energiatermelésében (hidrogén fúzió):
 - két hidrogén-atommag egyesülésével kezdődik majd deutérium (D vagy ^2H) képződik. Melléktermékként egy pozitron és egy neutrínó keletkezik.
 - A pozitron azonnal összeütközik egy elektronnal, és energiává (fotonná) alakul.
 - a deutérium egy újabb protonnal egyesül és hélium-3 (^3He) jöjjön létre.
 - két hélium-3 egyesül, létrehozva a folyamat végtermékét, a héliumatomot (^4He), valamint felszabadítva két hidrogénatomot (protont).
- A hidrogén energiatárolóként, ill. energiahordozóként funkcionál; akárcsak egy akkumulátor vagy a folyékony szénhidrogének.

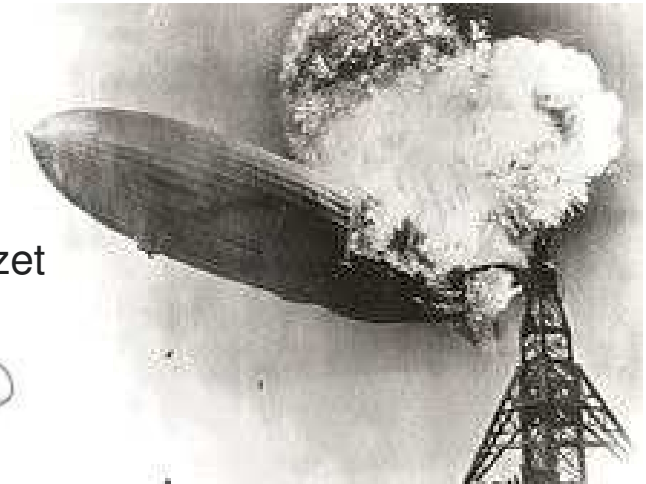
HIDROGÉN A POPKULTÚRÁBAN

LZ 129 Hindenburg

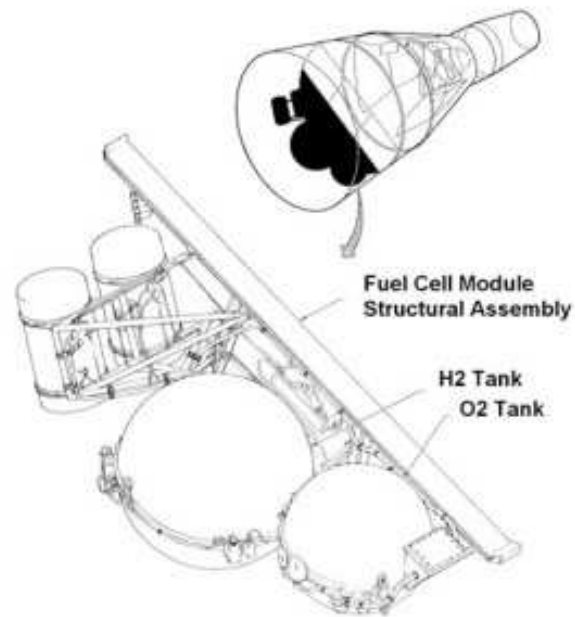
1936: 10 járat (Németország – USA)

1937.V.6:

- 36 utas (70 max) és 61 fő személyzet
- áldozatok száma: 13 utas, 22 fő személyzet



Omega Speedmaster



Houston baj van....

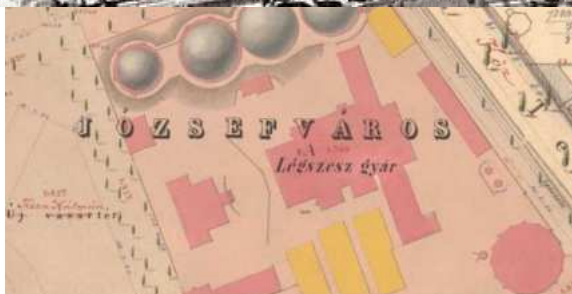
VÁROSI GÁZ TÖRTÉNETE



- A kezdetben világító gáznak vagy légszesznek nevezeték, ez a felhasználás bővülésével lett városigáz.
- A kőszénnek magashőmérsékletű száraz lepárlásával (ún. retortákban) történik és karbondús anyag marad vissza, amely a koks. A lepárlási terméket hűtötték és tisztították, ekkor vált ki a gázból a kátrány és a felesleges víz, amely ammóniát tartalmazott (szalmiákszesz).
- Az első légszeszgyárat 1856-ban építették az új vásártéren (légszesz utca), majd 1913-ban felépült az Óbudai Gázgyár.
- Városigáz átlagos összetétele: **28-(30)-50 V/V% H₂**, 9-10 V/V% CO, 25-40 V/V% CH₄ + C_xH_{2x+y}, 18-20 V/V% N₂, 3-4 V/V% CO₂

Kenderkóc: vizet-vizet!

VÁROSI GÁZ TÖRTÉNETE



<https://fortepan.hu/>

Bereczky Ákos | © 2023
Hidrogén energetika | 5

HIDROGÉN A POPKULTÚRÁBAN

Kenderkóc: vizet-vizet!

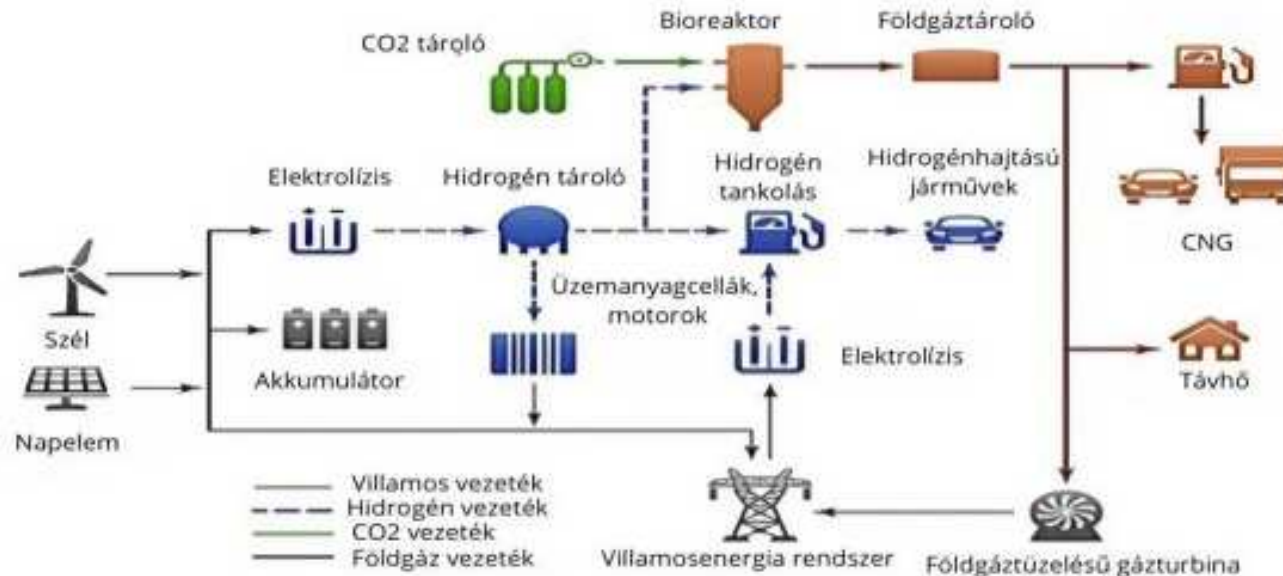
Föld alatti csővezeték szakaszokon csak nem oldható kötés alkalmazható. Oldható kötések és szerelvényeket föld alatti csővezetékelnél kezelőaknába kell telepíteni. A szerelvények nyitott, vagy zárt állása rátekintéssel történő ellenőrizhetőségét biztosítani kell. (3/2020. (I. 13.) ITM rendelet)



Virág csütörtöki pálma ág koszorú

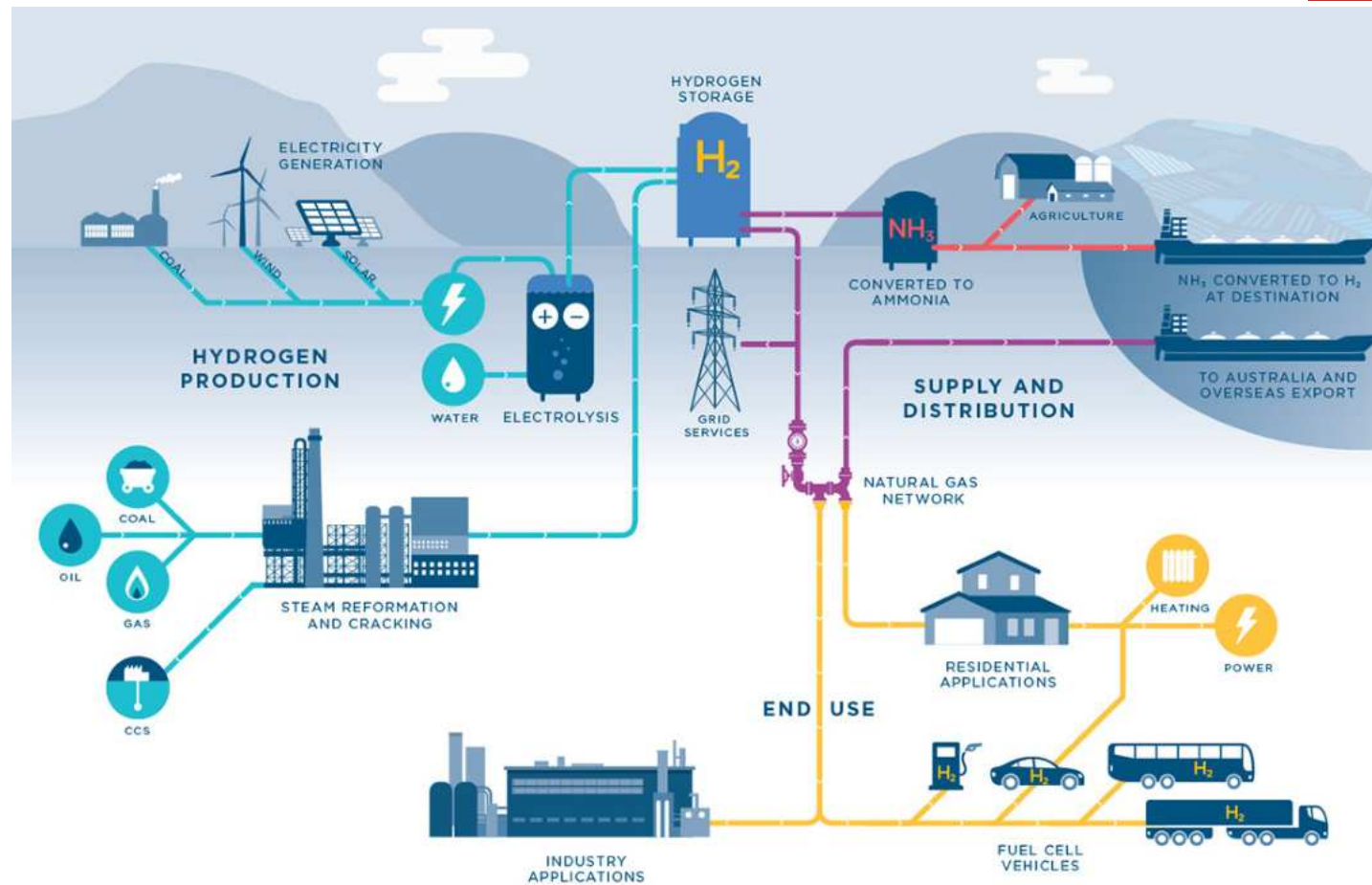
MIÉRT IS HIDROGÉN?

- A hidrogén nem energiaforrás (biológiai, vagy elektromos forrásból származó hidrogén előállítása több energiát igényel, mint amennyi az elégetésével nyerhető, így a hidrogén energiátárolóként, ill. energiahordozóként használható)



N. Szali, „Emerging technologies by hydrogen: A review,” International Journey of Hydrogen Energy, 2020. alapján

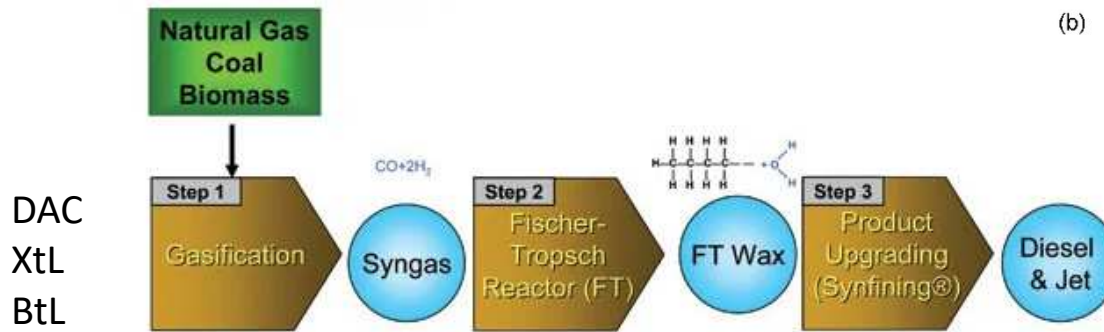
ENERGIA TÁROLÁS



<https://www.herbertsmithfreehills.com/insights/2019-09/a-national-hydrogen-strategy-shaping-possibilities-for-australias-hydrogen-economy>

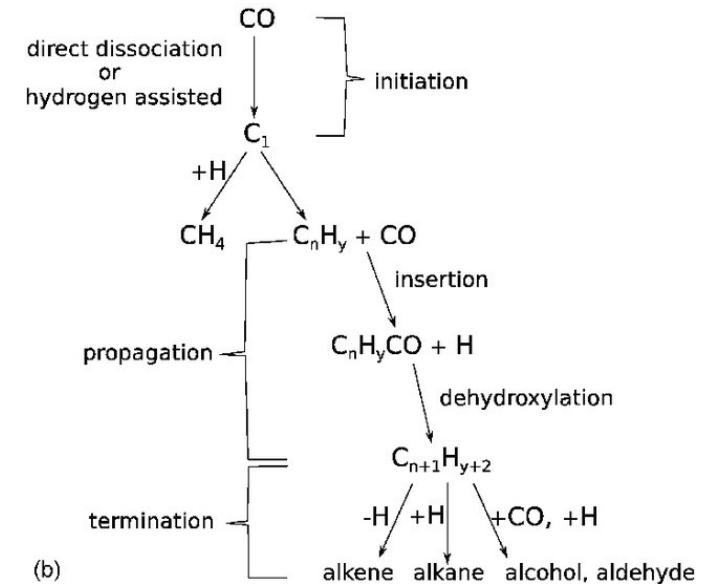
P2G MÓDSZEREK

- 1) $H_2O + E \rightarrow H_2 + O_2$
- 2) $4H_2 + CO_2 \rightarrow$ metanizáció $\rightarrow CH_4 + 2 H_2O$
 – Biometanizáció vagy Sabatier reakció (T)
- 3) szintetikus tüzelőanyagok
 – Fischer-Tropsch eljárás (T)
 – pl.: $(2n + 1) H_2 + n CO \rightarrow C_n H_{2n+2} + n H_2O$



<https://www.azocleantech.com/article.aspx?ArticleID=385>

van Santen, R. A. and Markvoort, A. J. and Filot, I. A. W. and Ghouri, M. M. and Hensen, E. J. M.: Mechanism and microkinetics of the Fischer-Tropsch reaction, Phys. Chem. Chem. Phys., 2013, 15(40), pp 17038-17063, doi=10.1039/C3CP52506F,



HIDROGÉN ELŐÁLLÍTÁSA

- **Hidrogén vízbontásból:** $2\text{H}_2\text{O}$ folyadék+energia \rightarrow 2H₂ gáz+O₂ gáz
- **Lúgos elektrolízis:** elektrolit rendszerint (20-40 m/m%) kálium-hidroxiddal vagy nátrium-hidroxiddal lúgosított víz. A lúgosítás eredményeként megnő az OH⁻ ionok mennyisége a vízben.
- **Membrán elektrolízis:** protoncserélő-membrános tüzelőanyag cellákból [PEMFC] fejlesztették ki, a változó üzemviszonyokhoz jobban igazodik.
- **Nagyhőmérsékletű elektrolízis:** Különbféle ipari folyamatokban rendelkezésre álló hulladékhő felhasználásával előállított vízgőz bontására alkalmazható. Működési elve az szilárd oxidos- üzemanyagcellák [SOFC] megfordítottja.
- **Biomassza alapú hidrogén előállítás:** Hidrogén biomasszából történő előállítására az égési folyamat közbelső termékeként képződött kokszt izzítást, illetve az illó kigázosodása során vagy anaerób erjesztés eredményeként előállt metán gőzreformálását alkalmazzák.

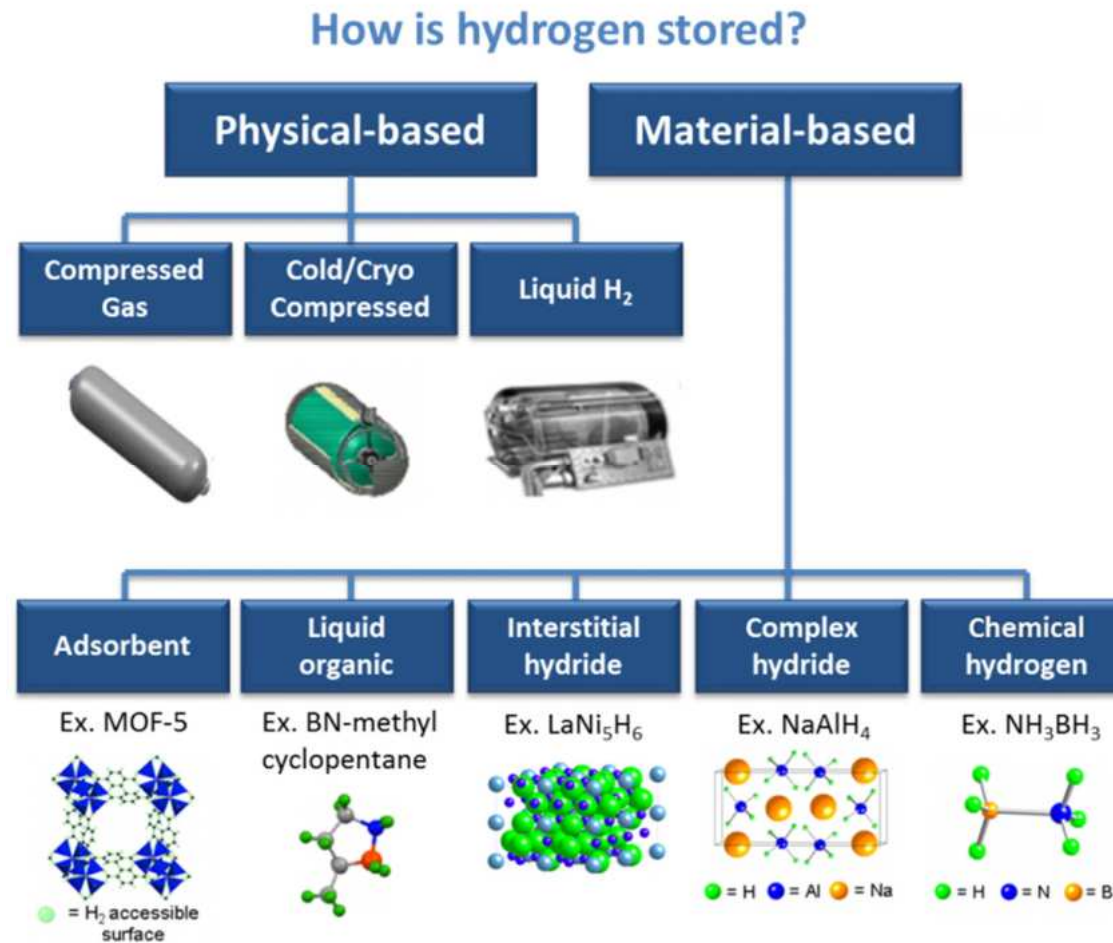
HIDROGÉN ELŐÁLLÍTÁSA

	Lúgos elektrolízis	Membrán elektrolízis	Nagyhőmérsékletű elektrolízis
Üzemi nyomás (bar)	1-30	30-50	~30
Üzemi hőmérséklet (°C)	40-90	20-100	700-1000
Hatásfok (%)	62-70-82	67-82-(90)	65-82-(85)
Energiafelhasználás (kWh/m ³ H ₂)	4,5-7,0	4,5-7,5	3,2

HIDROGÉN ELŐÁLLÍTÁSA

- **Sötét-hidrogén:** ebben esetben a folyamat egy fosszilis energiahordozóból, metán (földgáz, **szürke**) vagy feketekőszén (**fekete hidrogén**) barnakőszén (**barna hidrogén**) reakciójából indul. A legismertebb eljárás az úgynevezett gőzreformálás, melynek során a metán első lépésben hidrogénné és szén-monoxiddá bomlik hő és nikkal katalizátor segítségével, majd a második lépés során a szén-monoxid és vízmolekula bomlásával széndioxid és további hidrogén keletkezik, ma ez a legjelentősebb forrás;
- **Türkiz-hidrogén:** a metán termikus (magas hőmérsékletű) krakkolásával (metán pirolízis) állítják elő. Ez a folyamat szilárd szenet eredményez.
- **Kék-hidrogén:** az előállítás megegyezik a szürke hidrogén előállításával, de az előállítás során keletkezett széndioxidot nem bocsájtják ki, hanem valamilyen technológiával (CCT) megkötik azt, pl. visszajuttatják a föld vagy víz felszíné alá;
- **Rózsaszín-hidrogén:** elektrolízisből nyert hidrogén, csak itt az ehhez szükséges áramot atomerőművek segítségével állítják elő.
- **Sárga-hidrogén:** a vegyipar melléktermék, amely általában korábban nem került –direkt- felhasználásra. (más források szerint ez a VER hidrogén)
- **Zöld-hidrogén:** amely során megújuló energia felhasználásával állítják elő leggyakrabban vízbontással, így közvetlenül nem kerül széndioxid kibocsátásra.

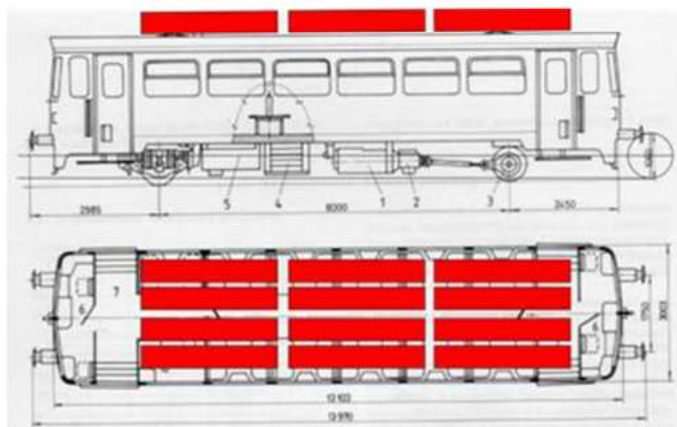
HIDROGÉN TÁROLÁSA



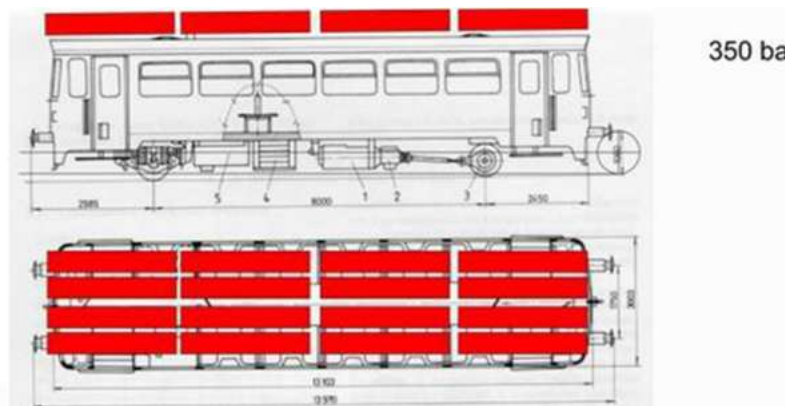
H2 TÁROLÁS LEHETŐSÉGEI

Bzmot motorkocsik (043 és 086 pályaszám)
Átalakítása H₂ üzemre:

Tüzelőanyag: 290 kg = 12470 MJ



500 bar



350 bar

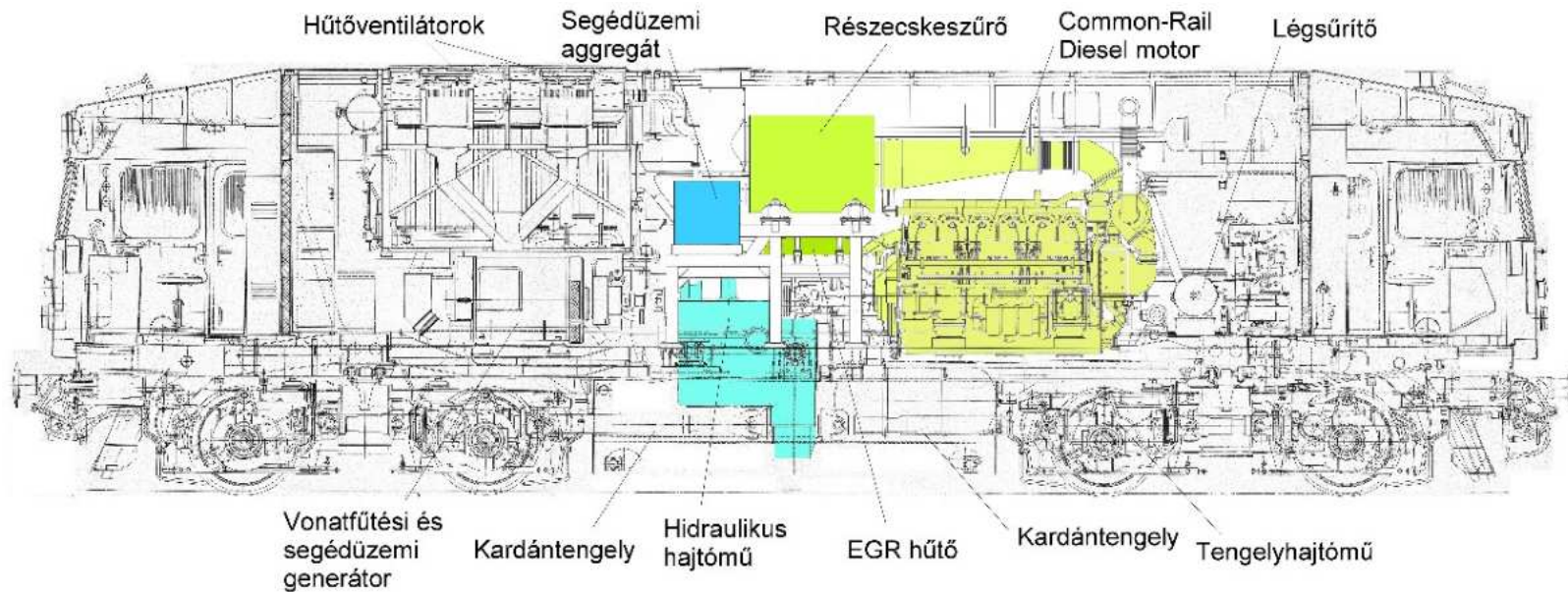
70	350	500	700	bar
18,78	4,38	3,32	2,68	m ³



H₂ TÁROLÁS LEHETŐSÉGEI

418-as sorozat (csörgő) átalakítása H₂ üzemre:

Tüzelőanyag: 2000 liter gázolaj = 72670 MJ



70	350	500	700	bar
109,4	25,56	19,39	15,64	m ³

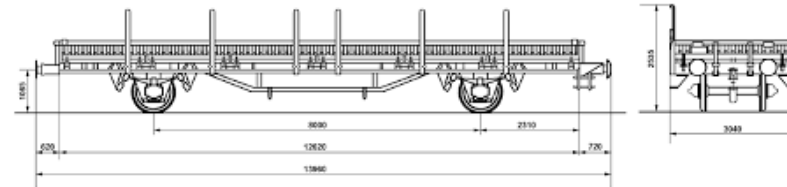
H2 TÁROLÁS LEHETŐSÉGEI

418-as sorozat átalakítása H₂ üzemre:

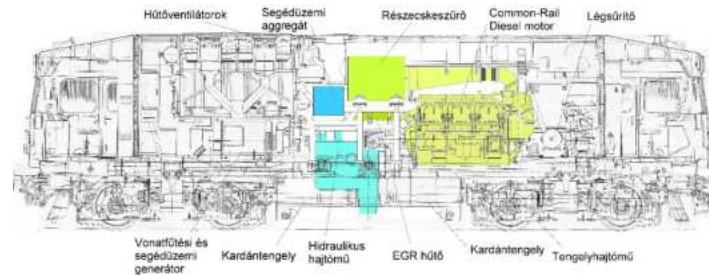
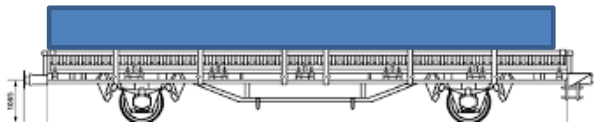
Lgs kocsi

rakodási hossz (m) 12,62

rakodási szélesség (m) 2,7



70	350	500	700	bar
18,78	4,38	3,32	2,68	m ³
3,16	0,74	0,56	0,45	m



KITEKINTÉS: PESA SM42-6DN



Fuel cell power output: **2x 85 kW**

Refuelling speed // time up to 120 g/s // max. 30 min.

Hydrogen tanks // Pressure // capacity: Type III // 350 Mpa(?) // 175 kg H₂

4x180kW traction motors

KITEKINTÉS: ALSTOM ILINTS



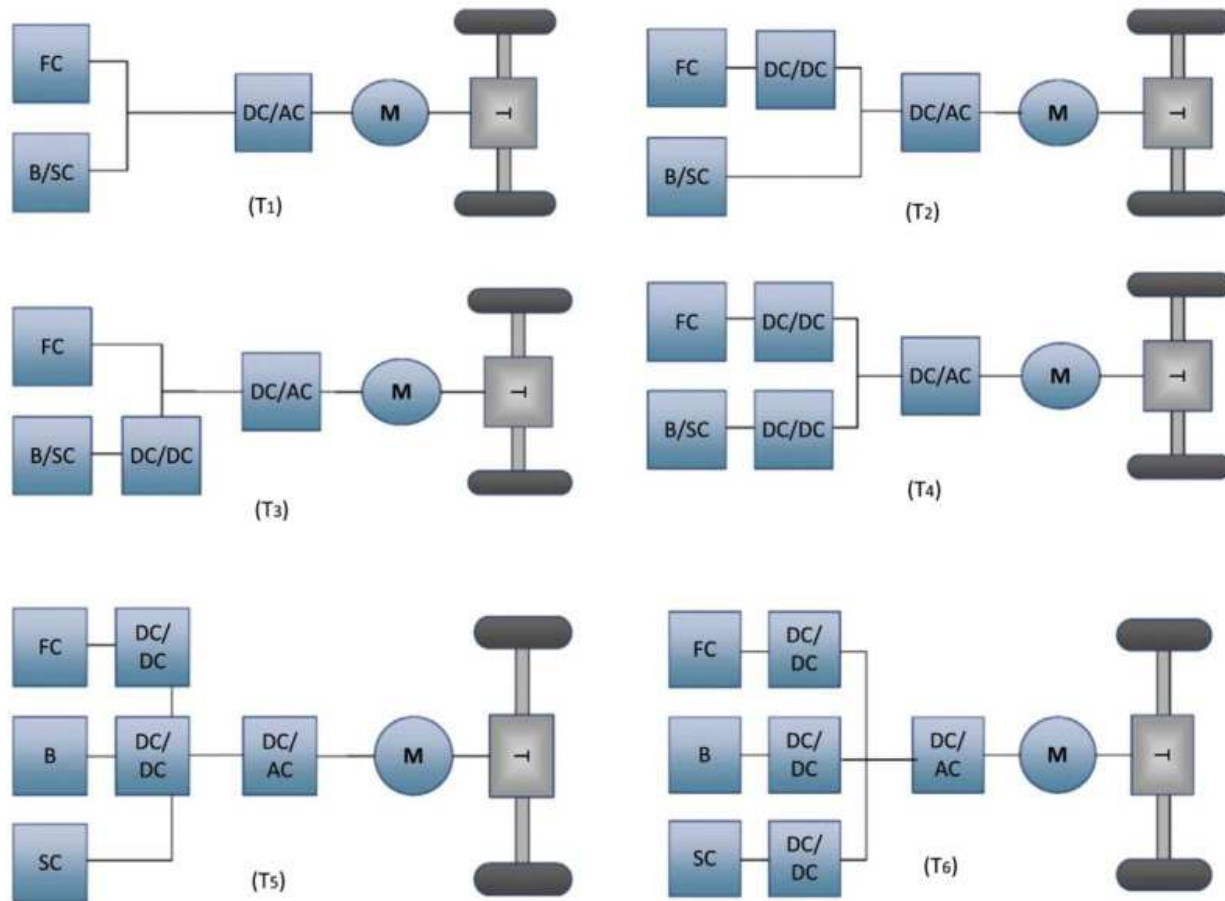
Fuelling point

- 390 kW-os, váz alá szerelt vontatómotor
- Maximális sebessége 140 km/óra, súlya 107 tonna.
- Hibrid egység, minden kocsi-ban egy 200 kW-os üzemanyagcella van, amely egy 225 kW-os akkumulátort tölt fel, így kocsinként 425 kW-os csúcsteljesítményt biztosít.
- Gyakori megállásokkal járó útvonalakon a regeneratív fékezéssel mintegy 30%-os energiamegtakarítás érhető el.
- A kocsik tetőre szerelt tartályai 89 kg hidrogént tartalmaznak 350 bar nyomáson, ami 600 és 800 km közötti hatótávolságot biztosít.
- 15 perc alatt újratölthető.

ÜZEMANYAGCELLA+ AKKU

- **Indítási segítség:** Az üzemanyagcella (fuel cell) fűtési ideje alatt az akkumulátor lehetővé teszi a jármű indítását és mozgását. Ez segíti az üzemanyagcella hatékony működését, amíg fel nem melegszik és teljes kapacitással működik.
- **Energia tárolás:** Az akkumulátor tárolja az elektromos energiát, amelyet a jármű később felhasználhat. Például a regeneratív fékezés során visszatöltött energia tárolása az akkumulátorban történik, majd később az energia újrahasznosítására vagy hajtásra használható.
- **Teljesítménykiegyenlítés:** Az akkumulátor segíthet a rendszer teljesítményének kiegyenlítésében és optimalizálásában. Például az akkumulátor képes gyorsan reagálni a gyors gyorsulás vagy fékezés során fellépő energiaigényre, míg az üzemanyagcella lassabban reagál.
- **Rendszer rugalmassága:** Az akkumulátor hozzájárul a rendszer rugalmasságához és megbízhatóságához. Például az akkumulátorral kombinálva az üzemanyagcella kisebb méretű lehet, mivel nem kell azonnal nagy teljesítményt biztosítani minden pillanatban.

ÜZEMANYAGCELLA+ AKKU



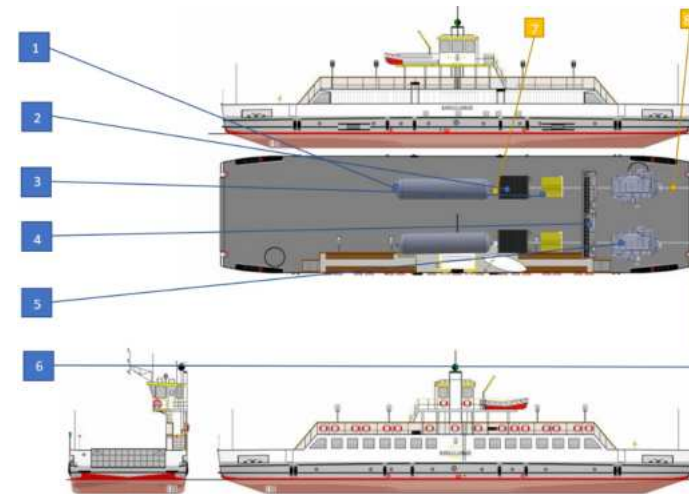
HIDROGÉN ALKALMAZÁSA BELVÍZI HAJÓZÁSBAN

ÁTALAKÍTÁS

■ Belsőégésű (diesel) → Üzemanyagcellás



1. Tartály: térfogat, nyomás, hidrogén halmazállapot, kialakítási technológia
2. Motor: teljesítmény, fordulatszám (paraméterek)
3. Teljesítményelektronika
4. Akkumulátor csomagok („pufferzóna”) különböző üzemekre való méretezés
5. Üzemanyagcella: megfelelő kémiai folyamat kiválasztása, hatásfok méretezés, darabszám



Tételjegyzék			
No.	Név	Darabszám	Típus
1	Hidrogén tartály	2	Kompozit (egyedi)
2	Tüzelőanyag cella	2	EODev PEMFC
3	Akkumulátor	20	Winstone LiFePo
4	Vezérlőegység	2	EveSystem
5	Motor	2	Caterpillar 4036 DITA
6	Hajócsavar	2	Wartsila
7	Hidrogén vezeték	2	-
8	Kihajtó tengely	2	-



HIDROGÉN ALKALMAZÁSA BELVÍZI HAJÓZÁSBAN

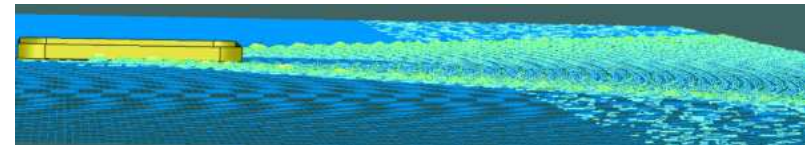
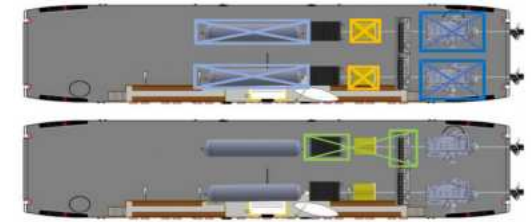
Logisztikai esetek



HIDROGÉN ALKALMAZÁSA BELVÍZI HAJÓZÁSBAN

Hidrogén technológiával megoldott hajtás miatti várható változások

- 20%-os merülésváltozás (becslések halmozódnak)
- Ezt a tartály biztonsági tényezője miatt fedezi
- A súlypont hosszirányban és vertikálisan is kis mértékben változik
- Az ellenállásnövekményt a hajtáslánc le tudja küzdeni
- Nem várható sebességcsökkenés
- Nincs jelentős hullámkép-változás



	Item Name	Quan	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	Lightside	1	456.200	456.200			20.200	0.200	2.020	0.200	User Spc
2	Main	1	6.868	6.868			20.200	0.200	2.020	6.868	How Epp
3	Hidrogéntartály	1	87.700	87.700			20.200	0.200	2.020	0.200	User Spc
4	MainP	1	6.868	6.868			20.200	0.200	2.020	6.868	How Epp
5	vezérlőszoba és cellák	2,8	0.170	0.477			17.150	2.250	0.700	16.870	User Spc
6	alkalmatlan	70,8	0.047	3.350			-15.150	-0.287	0.220	3.278	How Epp
7	alkalmatlan	70,0	0.044	3.078			19.200	2.200	0.200	0.200	User Spc
8	alkalmatlan	2,8	0.170	0.477			-17.150	-0.250	0.700	15.910	How Epp
9	Hidrogén tartály	0	6.419	0.200			20.200	2.200	0.700	0.200	User Spc
10	Hidrogén tartály	0	6.419	0.200			-20.200	-0.287	0.700	0.200	How Epp
11	Total Loadcase			560.218	0,000	0,000	-20.319	-0,001	1,995	47,531	
12	FS continuation								0,884		



Lévai Emese: Hidrogén hajtás alkalmazása belvízi hajózásban, TDK

KITEKINTÉS: TRANSNAMIB



German Federal Ministry of Education and Research. A consortium of Hyphen Technical, CMB.TECH, Namibian National Railways TransNamib, the University of Namibia and Traxtion will develop Africa's first dual-fuel hydrogen-diesel locomotive, with a unique hydrogen storage method.

KITEKINTÉS: BME

BME SHARK TEAM

- Tevékenység: Utcai versenyautó fejlesztése a Shell Eco Marathon fenntarthatósági versenyre
- Cél: 1 m³ hidrogénnel a lehető legtöbb táv teljesítése
- Specifikációk:
 - Tüzelőanyag cella teljesítménye: 200-250 W
 - Villanymotor specifikációi: 2x125 W DC motor
 - Max sebesség: 40 km/h
- Világrekord: 2488 km (950g hidrogénből)

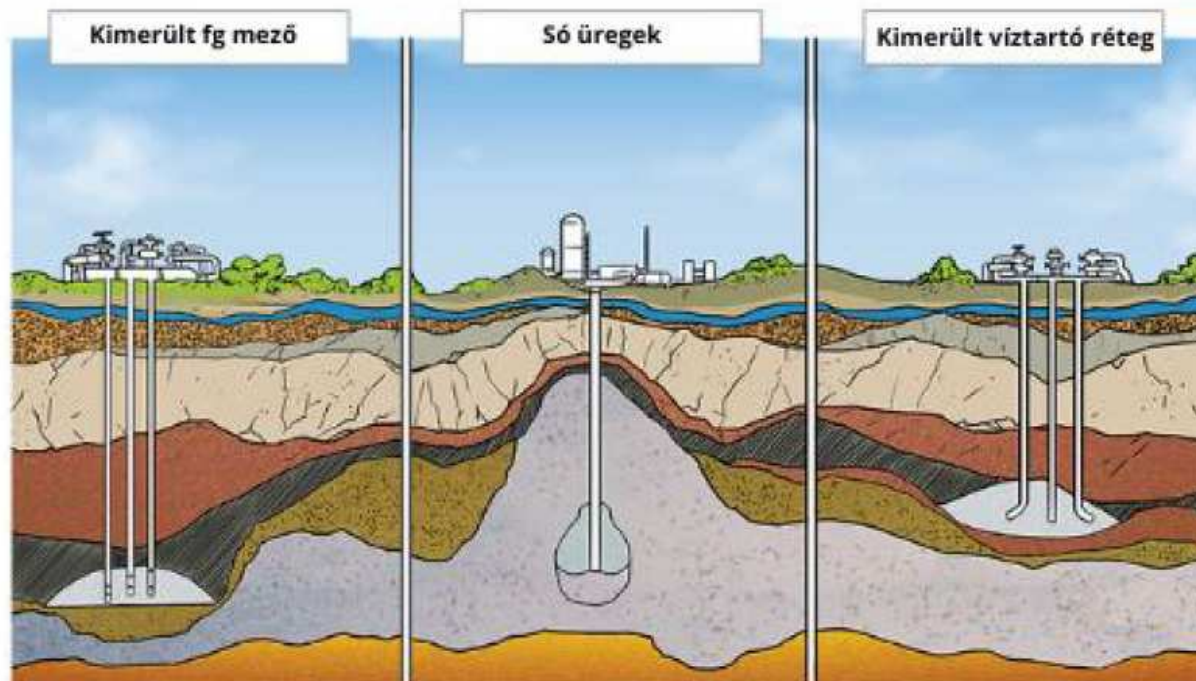


Látványterv

MIÉRT IS HIDROGÉN?

1. Közvetlen ipari felhasználás (NH_3)
2. hidrogén közvetlen előállítása, tárolása és annak igény szerinti felhasználása (P2H, PtH, PtG),
3. szintetikus metán előállítása tárolása és igény szerinti felhasználása (P2M, PtG),
4. szintetikus tüzelőanyagok (P2F).

FÖLDALATTI TÁROLÁS LEHETŐSÉGEI



<https://www.energyinfrastructure.org/energy-101/natural-gas-storage>

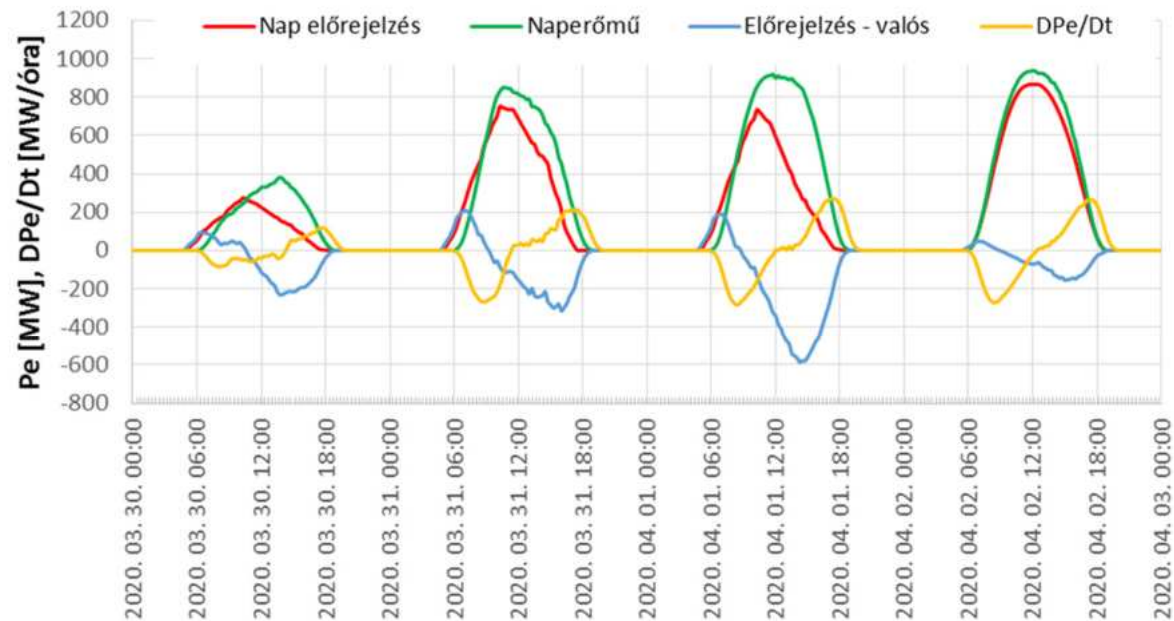
ENERGIA TÁROLÁS

Project	Type of Reservoir	H ₂ Percentage	Depth (m)	Capacity (10 ³ × sm ³)	Electric Energy (GWh)	Status
Kiel (Germany)	Salt Cavern	62 % H ₂	1,335	32	NA	Operating with NG
Teesside (UK)	Salt Cavern	95 % H ₂ 3–5% CO ₂	370–400	3 × 70	30	Operating
Spindletop (USA)	Salt Cavern	95 % H ₂	850–1400	600	NA	Operating
Clemens Dome (USA)	Salt Cavern	95 % H ₂	850	580	92	Operating
Moss Bluff (USA)	Salt Cavern	–	850–1,400	566	80	Operating
Beynes (France)	Aquifer	50–60 % H ₂	430	1,185,000	NA	Operating with NG
Ketzin (Germany)	Aquifer	62 % H ₂	200–250	–	NA	Closed
Lobodice (Czech Republic)	Aquifer	40–50 % H ₂ 25 % CH ₄	400–500	400,000	NA	Operating
Underground Sun Storage, (Austria)	Depleted Gas Reservoir	10 % H ₂	1,000	NA	NA	Operating
Hychico (Argentina)	Depleted Gas Reservoir	10 % H ₂	600–800	NA	24.6	NA

Amir Jahanbakhsh, Alexander Louis Potapov-Crighton, Abdolali Mosallanezhad, Nina Tohidi Kaloorazi, M. Mercedes Maroto-Valer: Underground hydrogen storage: A UK perspective, Renewable and Sustainable Energy Reviews 189 (2024) 114001

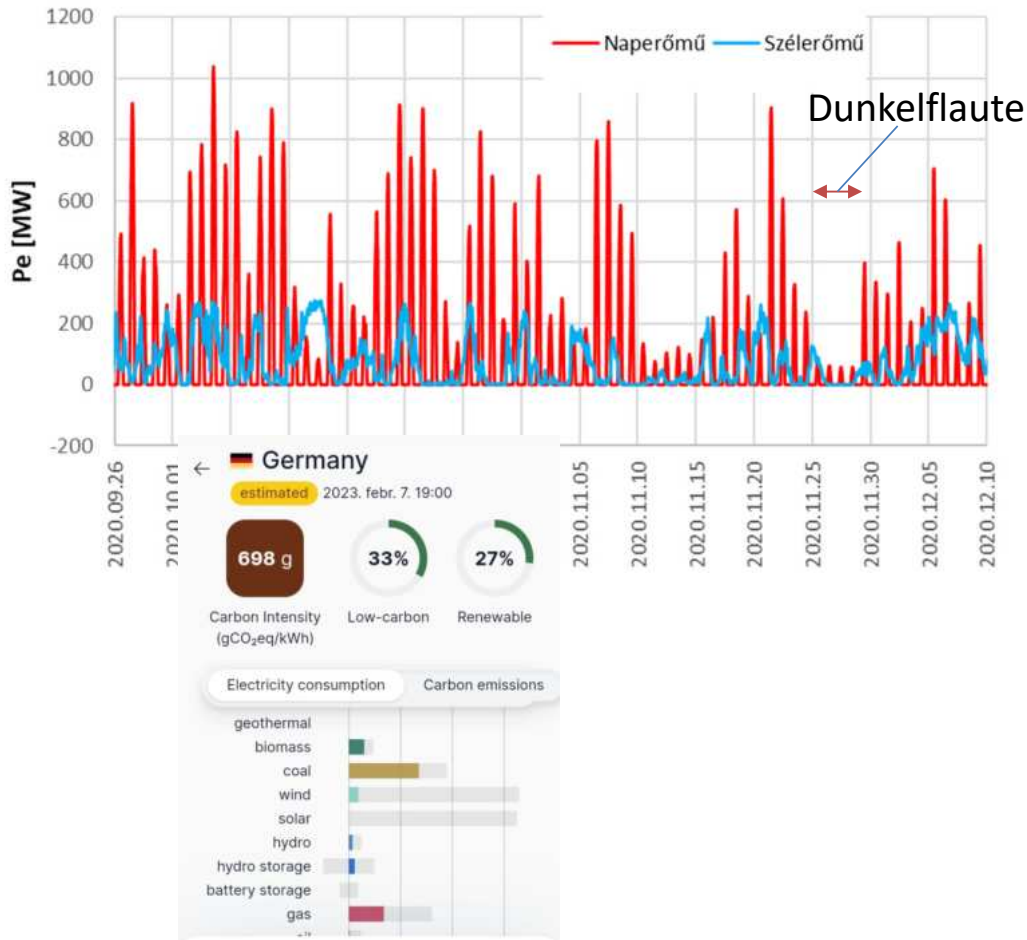
ELŐRE JELZÉS A 2030-AS ÉVRE

ENTSO-E Transparency Platform [2] adatait felhasználva, ami a Magyar villamos energiatermelés esetén a MAVIR nettó elszámolási [3] adatai



A naperőművek által termelt villamos teljesítmény 4 napos alakulása (forrás: [2])

DUNKELFLAUTE



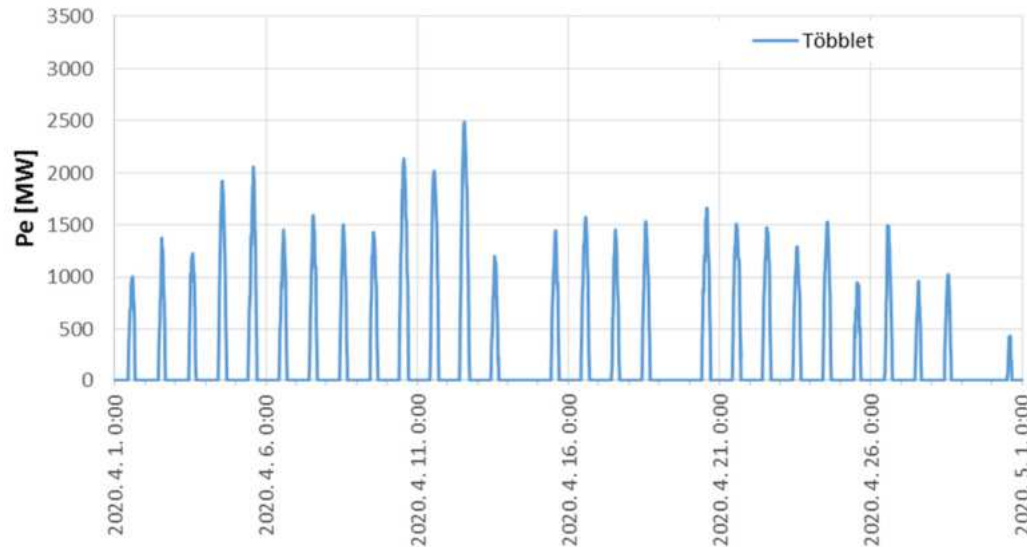
- Li et al. meghatározása szerint a szél- és napenergia egyaránt a kapacitás 20%-a alatt van egy adott 60 perces időszak alatt
- Észak-Európában a dunkelflaute egy statikus magasnyomású rendszerből ered, amely rendkívül gyenge szelet okoz, amelyhez borult időjárás társul réteg- vagy sztratocumulus-felhőkkel.
- 2-10 dunkelflaute esemény van évente. A legtöbb ilyen esemény október és február között fordul elő; évente jellemzően 50-150 órát, egy-egy esemény általában 24 órán át tart.

Martin János Mayer, Bence Biró, **Botond Szücs**, Attila Aszódi: Probabilistic modeling of future electricity systems with high renewable energy penetration using machine learning, Applied Energy, Volume 336, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.120801>.

ELŐRE JELZÉS A 2030-AS ÉVRE

- A teljesítmény igény növekményt 500 MW-nak becsültük;
- Import mennyiség nem változik (?);
- A szélerőművek és a nukleáris-erőmű teljesítményét és kihasználtságát a 2020-as évvel megegyezőnek tekintjük (?);
- Naperőművek esetén figyelembe vesszük azt a tervet, hogy 2030-ra a beépített teljesítmény megnő 6000 MW-ra (**már ezt elértük**) és a 2020-as kihasználtsági adatokat vettük alapul;
- A fosszilis gáz- és barnaszén/lignit-erőművek teljesítményét kapcsolatban két scenáriót vizsgáltunk:
 - A) a fosszilis gáz- és barnaszén/lignit-erőművek továbbra is 2020-hoz hasonlóan üzemelnek;
 - B) a fosszilis gáz- és barnaszén/lignit-erőművek rugalmassága nő, így amikor azokra nincsen szükség, - naperőművek üzemelnek – azok leállnak.

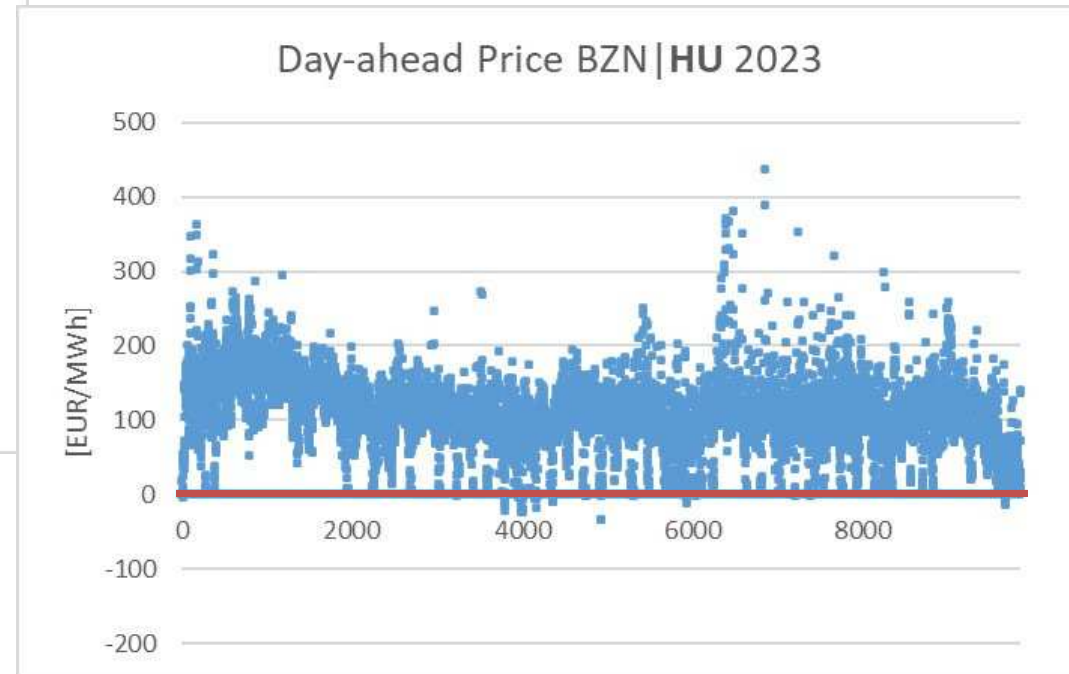
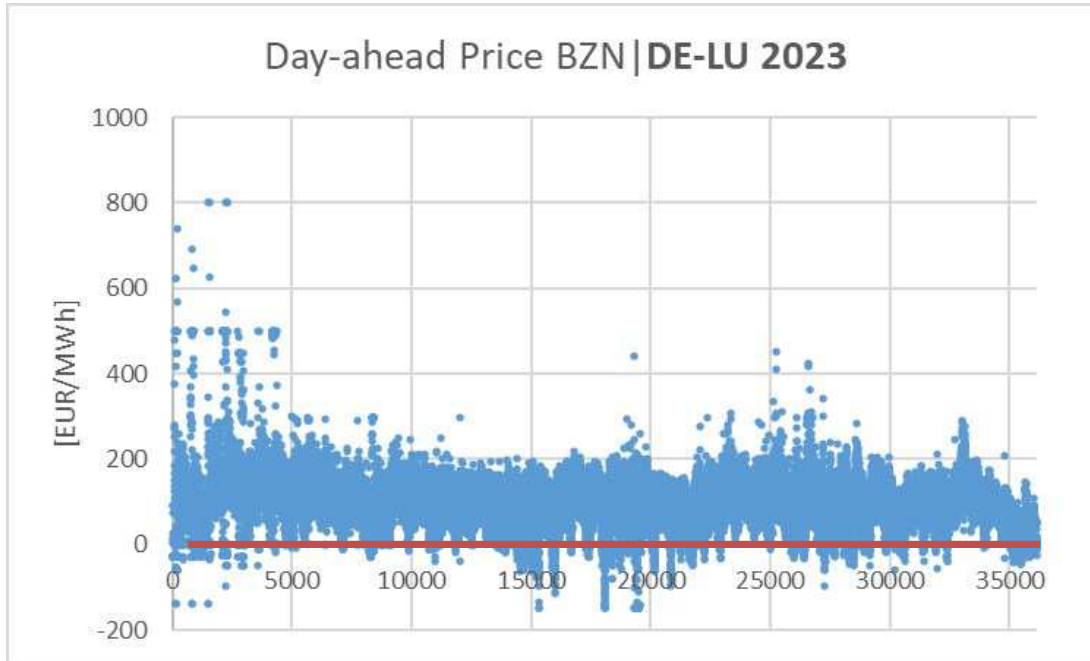
ELŐRE JELZÉS A 2030-AS ÉVRE



A feltételezett villamos teljesítmény többlet a 2030 évben és április hónapban, a B scenárió alapján (forrás: saját + [2])

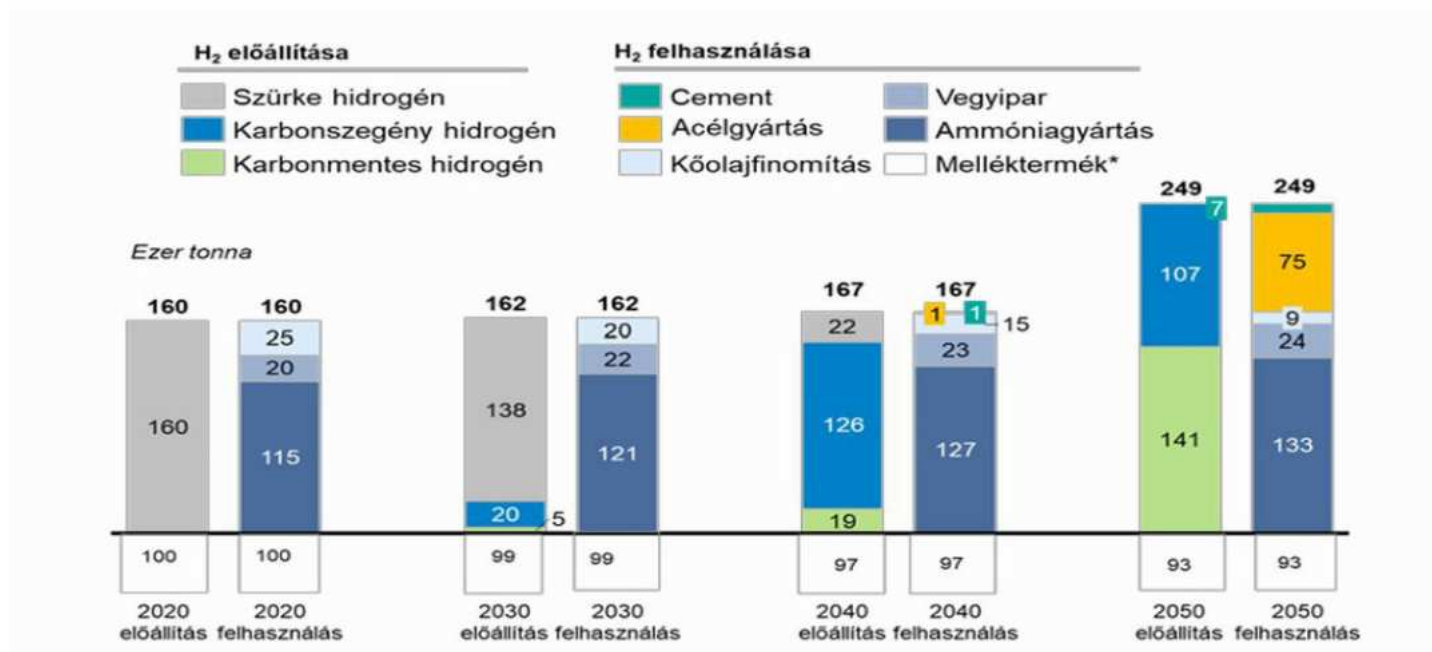
- Az „A” scenárió szerint 0-3280 MW teljesítmény többlet jelentkezik (éves átlag 196 MW) ez 1487 GWh.
- A „B” scenárió (ábra) szerint 0-2500 MW teljesítmény többlet jelentkezik (éves átlag 54 MW) ez 415 GWh.

ENERGIA ÁRAK 2023



- Day-ahead energiaárak 2023-ban DE-LU és HU országokban [2]

HIDROGÉNVÖLGY



A kiemelt célok közé tartozik a nagy mennyiségű karbonszegény és decentralizált karbonsemleges hidrogén előállítása, ipari felhasználás dekarbonizációja, zöldebb közlekedés és a megfelelő villamos- és gáz-infrastruktúra kiépítése és fejlesztése.

HIDROGÉNVÖLGY

A hidrogénvölgy mint koncepció, a helyi hidrogéngazdaság megteremtését hangsúlyozza, ahol a hidrogént ugyanazon a földrajzi területen belül állítják elő, tárolják és használják, elősegítve az innovációt, a gazdasági növekedést és a fenntarthatóságot.

Ezek a kezdeményezések a hidrogéntechnológiák életképességének és skálázhatóságának vizsgálatára szolgáló kísérleti terepként szolgálnak, miközben bemutatják a gazdaság különböző ágazatainak szén-dioxid-mentesítésében rejlő lehetőségeket.

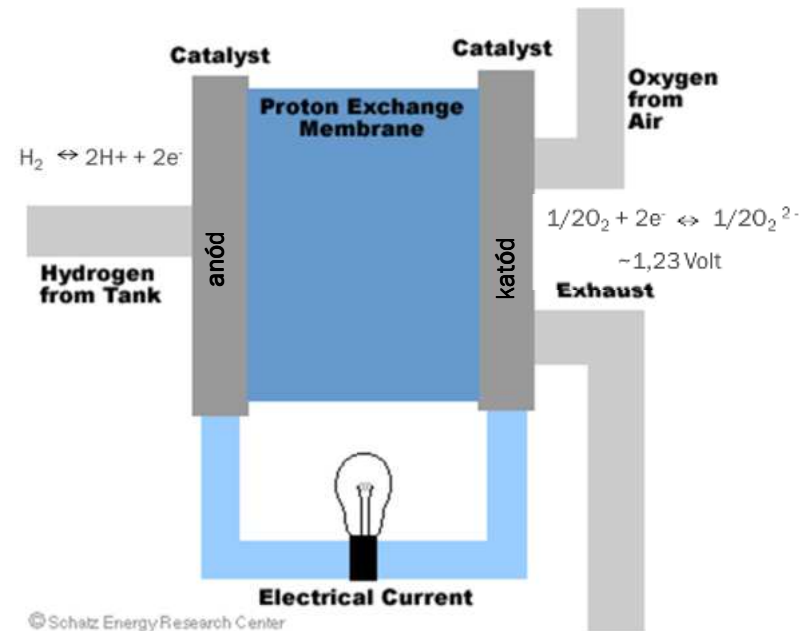
Magyarország két hidrogénvölgy kialakításával tervez a 2030-as évig:

- 1) **Dunántúli Hidrogénvölgy:** Regionálisan is kiemelkedő kapacitású ammónia és finomítói ipar (Pétfürdő, Százhalombatta), valamint a meglévő nagy hidrogén felhasználók mellett több potenciális új felhasználó iparág is jelen van: vasmű (Dunaújváros), cementgyártás (Beremend, Királyegyháza). A paksi atomerőmű jelentős mennyiségű karbonmentes villamos energiát szolgáltat a hidrogén értéklánc kiépítéséhez.
- 2) **Észak-keleti Hidrogénvölgy:** Fejlett iparral rendelkező régió (Miskolc, Tiszaújváros, Kazincbarcika, erős vegyipar és petrokémia, jelentős meglévő hidrogén felhasználással), ami nagy hidrogénigényt támaszt egy koncentrált területen.

- Közvetlen felhasználás

DIREKT FELHASZNÁLÁS

- Hidrogén villamos energiává történő (vissza)alakítása
- Üzemanyagcella egy anódból, elektrolitból és egy katódból épül fel
- Az elektróda rétegeket gáz – az anódos oldalon redukáló gáz (hidrogén vagy más gázhalmazállapotú tüzelőanyag), a katódos oldalon oxidáló gáz (oxigén, vagy levegő) – áramolja át



PEM= Polimer Elektrolit Membrán

<https://www.youtube.com/watch?v=pOtF-WvRpOM>

Fuel Cells part 2 _ University Of
Surrey.mp4<https://www.youtube.com/watch?v=qng8NZ7iwN8>

ALKALMAZÁS, TELJESÍTMÉNY, HATÁSFOK

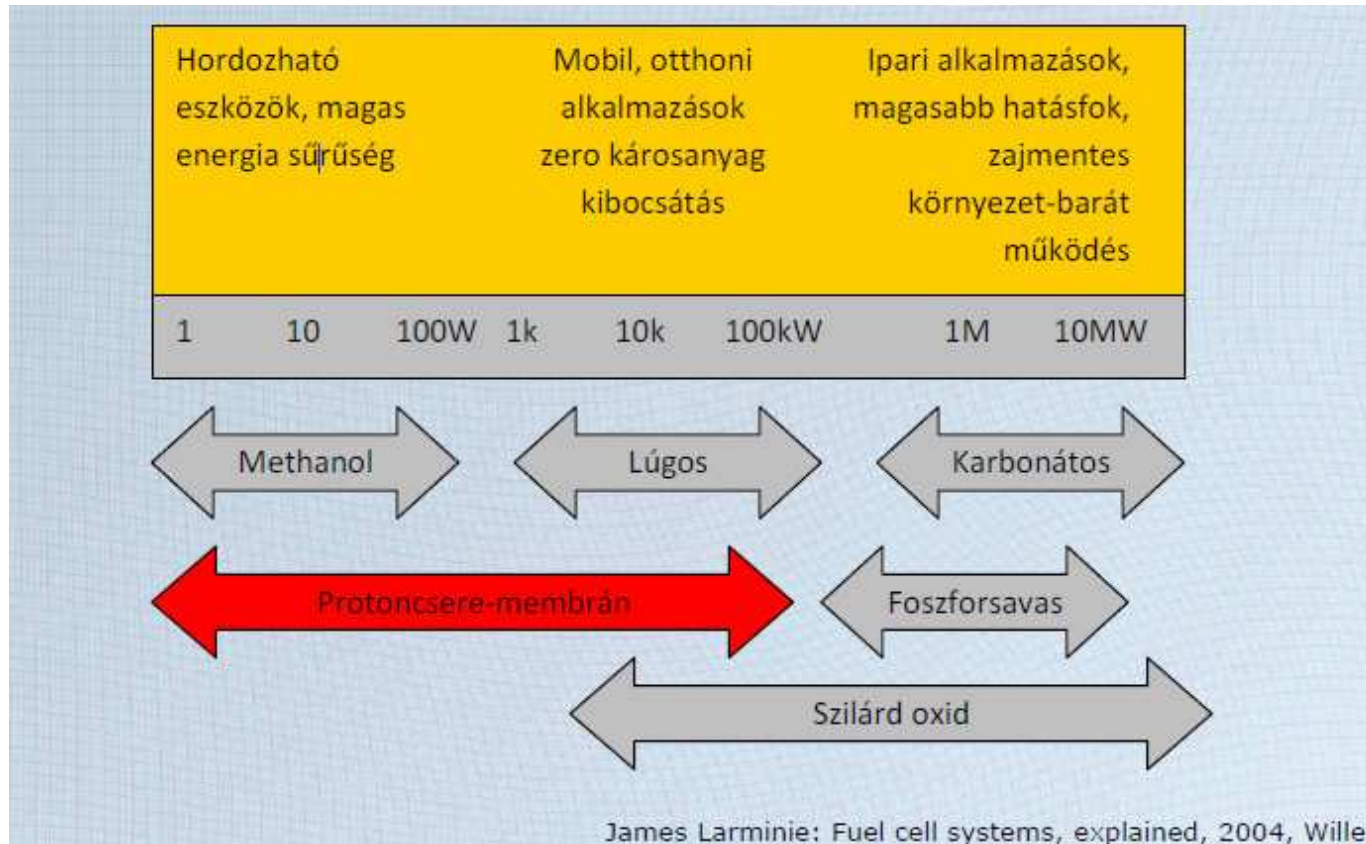
Cella típus	Alkalmazási terület	Teljesítmény	Hatásfok valós (elméleti)
AFC (alkáli)	Közlekedés Űrhajózás Hadászat Energiatárolás	Kis teljesítmény 5..150 kW	62% (70%)
PEMFC (polimer elektrolit)		Kis teljesítmény 5..250 kW	50% (68%)
DMFC (direkt metanol)		Kis teljesítmény 5 kW	26% (30%)
PAFC (forforsavas)	Kogeneráció, kombinált ciklusú erőmű	Kis-közepes teljesítmény 50 kW..11 MW	60% (65%)
MCFC (olvadt karbonátos)	Kombinált ciklusú erőmű és közlekedés (vasút, hajó, ...)	Kis teljesítmény 100 kW..2 MW	62% (65%)
SOFC (szilárd oxidos)		Kis teljesítmény 100..250 kW	62% (65%)

GC: $\eta_e \Rightarrow$ kW – 40% , >MW 45-46%

IC: $\eta_e \Rightarrow$ 50%

CCGT: $\eta_e \Rightarrow$ 40% ST + 20% GT

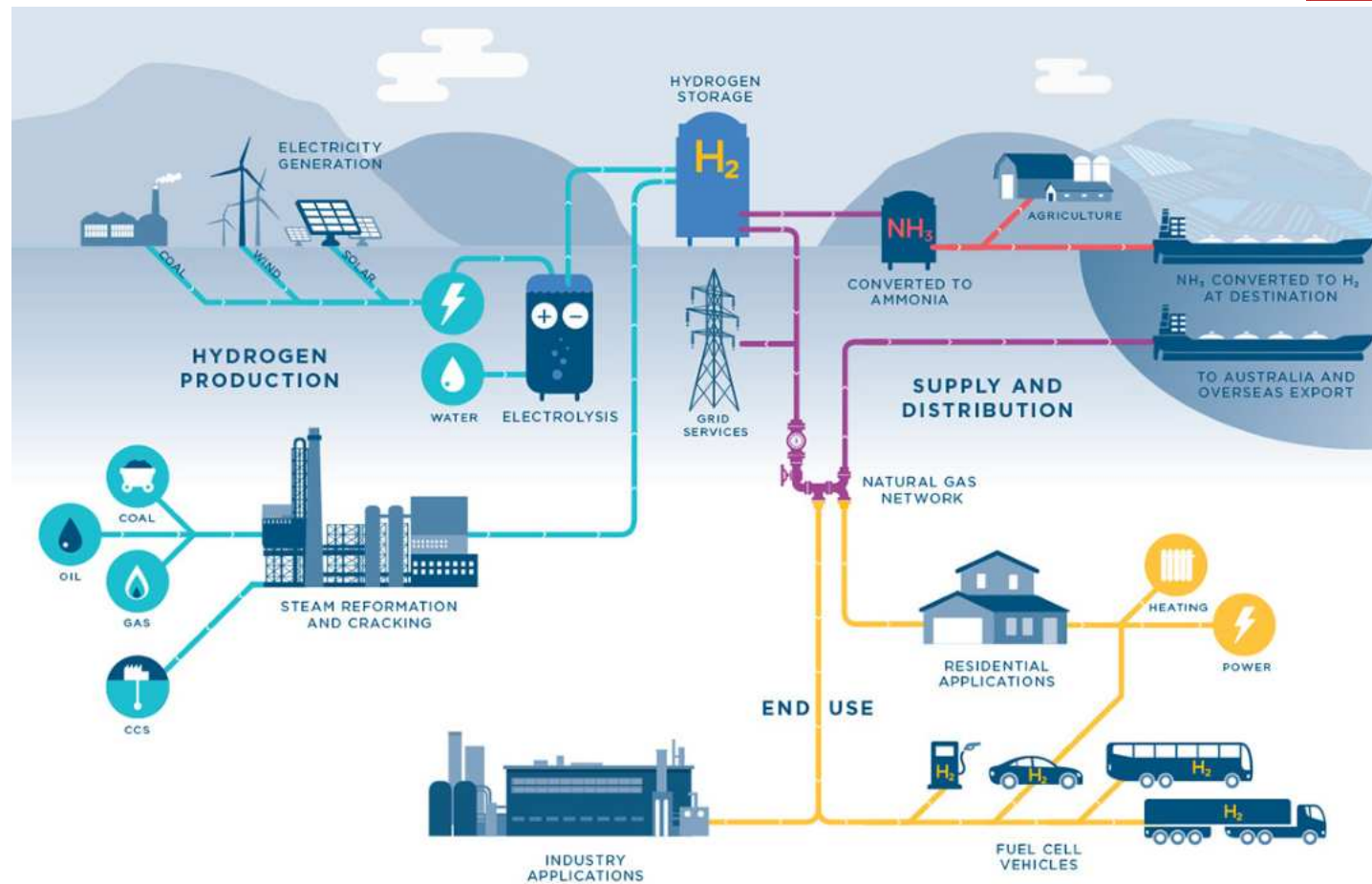
ALKALMAZÁS ÉS TELJESÍTMÉNY TARTOMÁNY



HIDROGÉN FÖLDGÁZBA KEVERÉSE

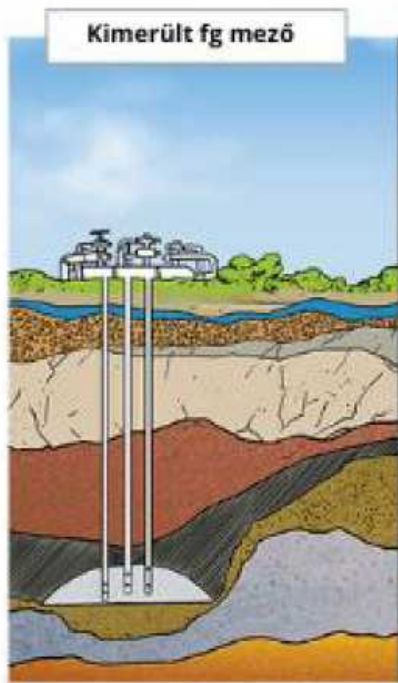
- Energia tárolás és szállítás:** A hidrogén földgázba történő bekeverése lehetővé teszi a hidrogén hatékonyabb tárolását és szállítását. Mivel a hidrogén rendelkezik magas energiatárolási sűrűséggel, ezáltal kisebb mennyiségű földgázban történő eloszlása még mindig jelentős mennyiségű energiát hordozhat.
- Hálózati integráció:** A hidrogén földgázba történő bekeverése segíthet a hidrogénenergia integrálásában a már meglévő földgáz infrastruktúrába. Ez lehetővé teszi a hidrogén használatát a már kialakított földgázzállítási hálózatokon keresztül, minimalizálva a különálló hidrogéninfrastruktúra kiépítésével járó költségeket és logisztikai kihívásokat.
- Rugalmasság és stabilitás:** A hidrogén földgázba történő keverése növelheti a gázok keverékének rugalmasságát és stabilitását. Ez lehetővé teszi a gázok egyidejű használatát különböző energiatermelési vagy felhasználási rendszerekben, ami javíthatja az energiabiztonságot és a rendszer rugalmasságát.
- Környezetvédelem:** A hidrogén földgázba történő bekeverése csökkentheti a szén-dioxid kibocsátást a földgáz égetése során, amennyiben a hidrogén tiszta forrásként kerül előállításra. Ez hozzájárulhat a szén-dioxid kibocsátás csökkentéséhez és a fenntarthatóbb energiaellátáshoz.

ENERGIA TÁROLÁS



<https://www.herbertsmithfreehills.com/insights/2019-09/a-national-hydrogen-strategy-shaping-possibilities-for-australias-hydrogen-economy>

FÖLDALATTI TÁROLÁS LEHETŐSÉGEI



1.Geológiai kompatibilitás: Nem minden kimerült szénhidrogén mező alkalmas a hidrogén tárolására. A geológiai sajátosságok, például a kőzet permeabilitása és a rétegek stabilitása nagy jelentőséggel bírnak a megfelelő tároló kiválasztásában.

2.Tárolókapacitás és stabilitás: A tárolóknak elegendő kapacitással kell rendelkezniük ahhoz, hogy jelentős mennyiségű hidrogént tárolhassanak, miközben biztosítani kell a tároló stabilitását és integritását a szivárgás vagy károk elkerülése érdekében.

3.Szivárgás és biztonság: A szénhidrogén mezőkben történő hidrogén tárolása során fennáll a szivárgás kockázata, ami veszélyeztetheti a környezetet és a lakosságot. Ezért kiemelt fontosságú a szivárgás megelőzése és a biztonságos tárolás biztosítása.

4.Infrastruktúra fejlesztése: Az infrastruktúra kiépítése és a megfelelő technológia fejlesztése elengedhetetlen a hidrogén tárolásának és felhasználásának támogatásához. Ez magában foglalja a szükséges csöveket, szivattyúkat és mérőrendszereket, valamint a biztonsági intézkedéseket.

5.Kémiai stabilitás: A hidrogén kémiai stabilitása befolyásolja a tárolás biztonságát és hatékonyságát. Például a hidrogén reakcióba léphet más anyagokkal a tárolóban, ami veszélyeztetheti a tárolt hidrogén minőségét és az egész tároló rendszerét.

<https://www.energyinfrastructure.org/energy-101/natural-gas-storage>

ENERGIA TÁROLÁS

Table 1

List of existing underground hydrogen storage including salt caverns (selected projects), aquifers and depleted gas reservoirs [39–41].

Project	Type of Reservoir	H ₂ Percentage	Depth (m)	Capacity (10 ³ × sm ³)	Electric Energy (GWh)	Status
Kiel (Germany)	Salt Cavern	62 % H ₂	1,335	32	NA	Operating with NG
Teesside (UK)	Salt Cavern	95 % H ₂ 3–5% CO ₂	370–400	3 × 70	30	Operating
Spindletop (USA)	Salt Cavern	95 % H ₂	850–1400	600	NA	Operating
Clemens Dome (USA)	Salt Cavern	95 % H ₂	850	580	92	Operating
Moss Bluff (USA)	Salt Cavern	–	850–1,400	566	80	Operating
Beynes (France)	Aquifer	50–60 % H ₂	430	1,185,000	NA	Operating with NG
Ketzin (Germany)	Aquifer	62 % H ₂	200–250	–	NA	Closed
Lobodice (Czech Republic)	Aquifer	40–50 % H ₂ 25 % CH ₄	400–500	400,000	NA	Operating
Underground Sun Storage, (Austria)	Depleted Gas Reservoir	10 % H ₂	1,000	NA	NA	Operating
Hychico (Argentina)	Depleted Gas Reservoir	10 % H ₂	600–800	NA	24.6	NA

Amir Jahanbakhsh, Alexander Louis Potapov-Crighton, Abdolali Mosallanezhad, Nina Tohidi Kaloorazi, M. Mercedes Maroto-Valer: Underground hydrogen storage: A UK perspective, Renewable and Sustainable Energy Reviews 189 (2024) 114001

Bereczky Ákos | © 2023
Hidrogén energetika | 43

UNDERGROUND SUN STORAGE

1. Technológiai nehézségek: A hidrogén előállítása és tárolása a föld alatt összetett folyamat, amely magában hordozza technikai kihívásokat. A projekt során felmerültek olyan technológiai problémák, mint például a hidrogén tárolásának hatékonysága és a tárolók stabilitása.

2. Gazdasági kihívások: Az ilyen típusú projekt magas költségekkel járhat, és nem minden esetben garantált a beruházás megtérülése. A projekt gazdasági fenntarthatóságát és jövedelmezőségét befolyásolhatták a magas fejlesztési és működési költségek.

3. Engedélyezési és szabályozási akadályok: A projekt elindítása és működtetése során felmerült lehetőségek a szigorú engedélyezési és szabályozási követelményekkel szembeülni. Ezek az akadályok jelentős késleltetéseket okozhattak a projekt végrehajtásában.

4. Környezeti aggályok: A hidrogéntárolás és -felhasználás környezeti hatásaihoz kapcsolódó aggályok vagy problémák is megnehezíthették a projekt előrehaladását. A projekt környezeti fenntarthatóságát és a környezeti hatások minimalizálását prioritásnak kell tekinteni.

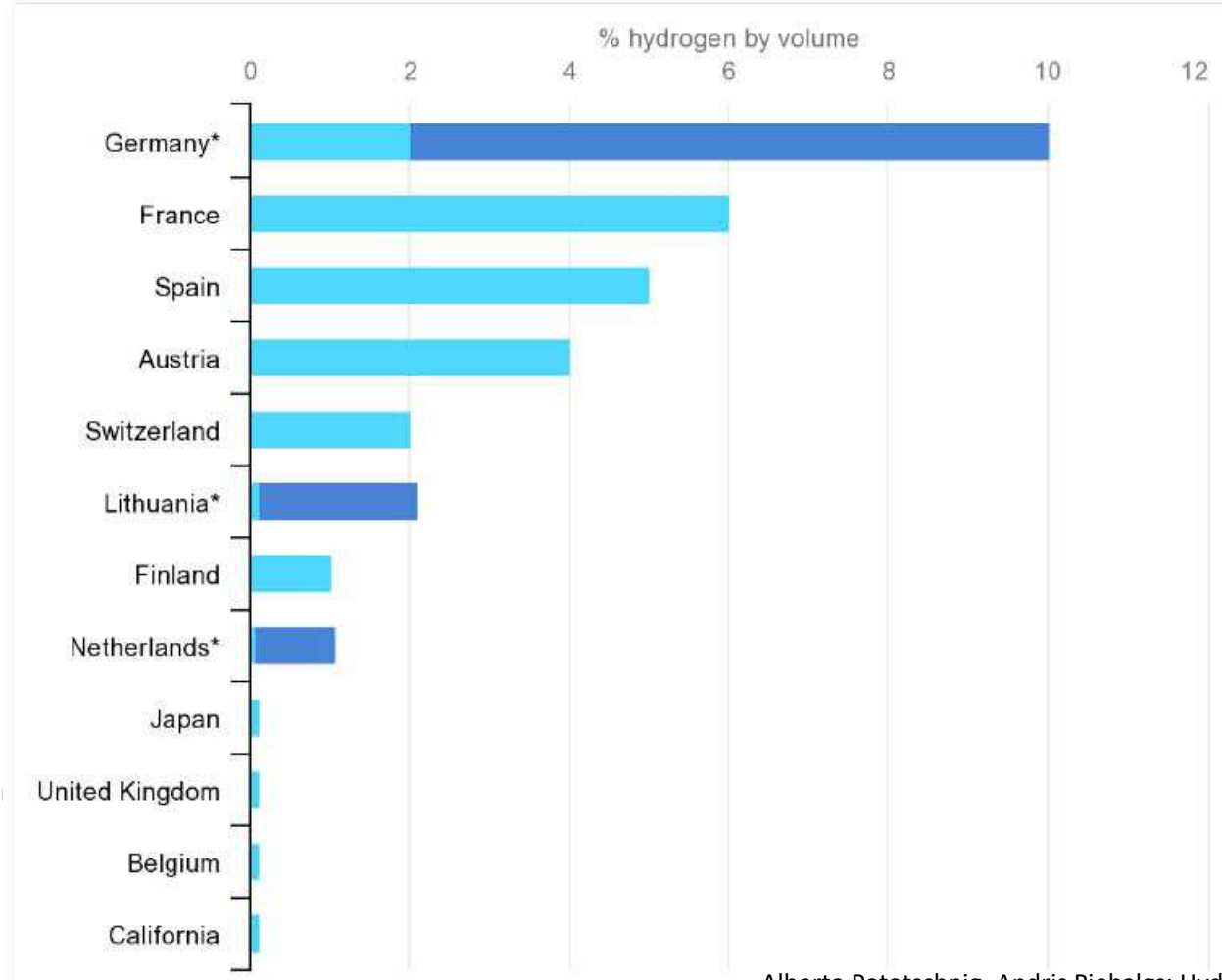
5. Társadalmi ellenállás vagy hiányzó támogatás: A helyi közösség támogatása és elfogadása kulcsfontosságú egy ilyen projekt sikeréhez. Ha a helyi lakosok vagy érintett felek ellenállnak vagy nem támogatják a projektet, az komoly akadályokat jelenthet a megvalósításban.

HIDROGÉN HÁLÓZATBA KEVERÉSE

- A hidrogén hálózatba keverését számos országban engedélyezik [5], Németországban bizonyos feltételek mellett 10%, Franciaországban 6%, Ausztriában 4% míg Finnországban 1%.
- Egy szakirodalom szerint **a hidrogén a közeljövőben 5-10%-os** mennyiségig betáplálható a gázhálózatba, anélkül, hogy az átviteli infrastruktúrát és a végfelhasználói berendezéseket jelentősen módosítani kellene.
- Az **évtized vége felé 15-20%-os** mennyiségre növekedhet, miután az infrastruktúrán és az érintett fogyasztói berendezéseken elvégezték a szükséges változtatásokat [6]

45

HIDROGÉN HÁLÓZATBA KEVERÉSE



A hidrogének a földgázhálózatokba történő bekeverésére vonatkozó korlátozások, 2018

Alberto Pototschnig, Andris Piebalgs: Hydrogen blending standards: is harmonisation needed?, 24 February 2021, <https://www.europeanfiles.eu/energy/hydrogen-blending-standards-is-harmonisation-needed>

KUTATÁSI HÁTTÉR

Jelen előadás a BME Gépészmérnöki Kar, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék folyó:

- Megújuló Energiák Nemzeti Laboratórium RRF-2.3.1-21-2022-00009 pályázata,
- NKM Észak-Dél Földgázhálózati Zrt. az MVM Észak-Dél Földgázhálózati Zrt. jogelődje „Kétkomponensű üzemanyaggal üzemeltetett gázmotorok felhasználásának lehetőségei” megbízása,
- MVM Égáz-Dégáz Földgázhálózati Zrt. és a MVM Főgáz Földgázhálózati Kft. „Hidrogénes földgázzal üzemeltetett háztartási tüzelőberendezések vizsgálata” megbízása

alapján eddig elért –már nyilvános– eredmények alapján készült.

MOL-PE Circular Economy Science Park Nonprofit Zrt. CESP

Köszönjük a lehetőséget!

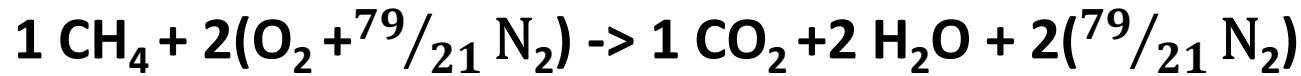
A HIDROGÉN ÉS A METÁN TÜZELÉSI PARAMÉTEREINEK ÖSSZEHASONI ÍTÁSA

Jellemző	Mértékegység	Hidrogén	Metán	Változás (H ₂ /CH ₄)
Molekulatömeg	kg/kmol	2,0159	16,043	12,57%
Specifikus gázállandó	J/(kgK)	4124,47	518,26	795,83%
Reálgáz tényező, normál állapotban	-	1,0006	0,9976	100,30%
Sűrűség, normál állapotban	kg/m ³	0,08989	0,7175	12,53%
Relatív sűrűség, normál állapotban	-	0,0695	0,555	12,52%
Elméleti égési levegő igény [V/V (m/m)]	-	2,39 (34,3)	9,7 (17,2)	24,64%
Égéshő	MJ/m ³	12,745	39,831	32,00%
Fűtőérték	MJ/m ³	10,782	35,894	30,04%
	MJ/kg	119,947	50,026	239,77%
Alsó Wobbe szám	MJ/m ³	40,892	48,184	84,87%
	kWh/m ³	11,359	13,384	84,87%
Gyulladásási hőmérséklet	°C	530	645	82,17%
Gyulladásási határok 20 °C-os levegőben (λ)	-	9,83-0,14	1,99-0,59	
Gyulladásási határok 20 °C-os levegőben	V/V%	4,0-77,0	4,4-16,5	
Maximális lamináris lángterjedési sebesség levegőben	cm/s	346	43	804,65%
Fajhő állandó nyomáson	kJ/(kgK)	14,200	2,156	658,63%
Fajhő állandó térfogaton	kJ/(kgK)	10,076	1,638	615,14%
Adiabatikus kitevő	-	1,409	1,316	107,07%
Kinematikus viszkozitás	m ² /s	106·10 ⁻⁶	16,7·10 ⁻⁶	
Metán szám	-	0	100	0,00%

48



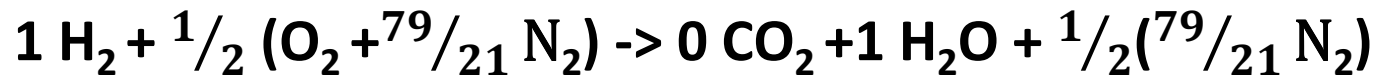
ELMÉLETI ÉGÉSI FOLYAMAT



- Elméleti füstgáz összetétel:

Nedves alapon: 9,5% CO₂ + 19,0% H₂O + 71,5 %N₂

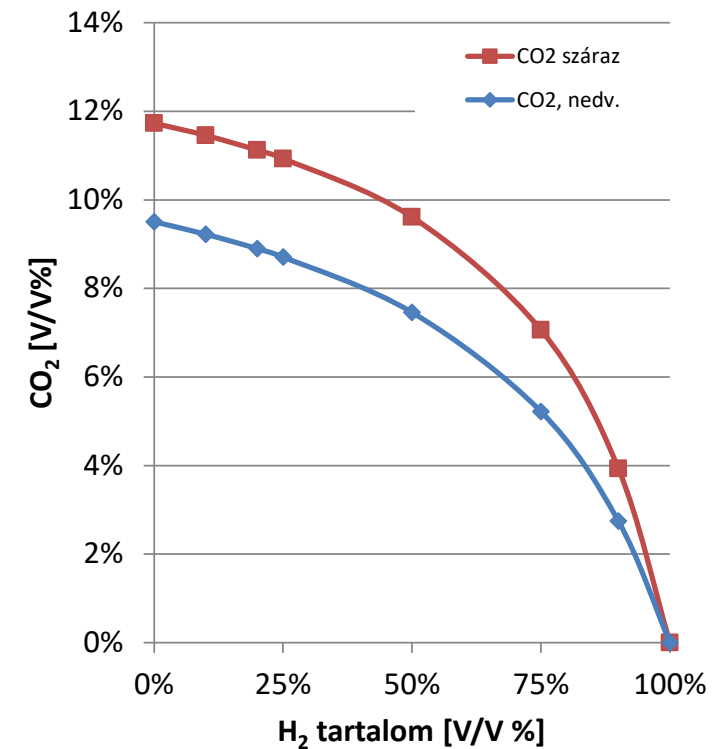
Száraz alapon: 11,7% CO₂ + 0 % H₂O + 88,3 %N₂



- Elméleti füstgáz összetétel:

Nedves alapon: 0% CO₂ + 34,71% H₂O + 65,3 %N₂

Száraz alapon: 0% CO₂ + 0 % H₂O + 100 %N₂

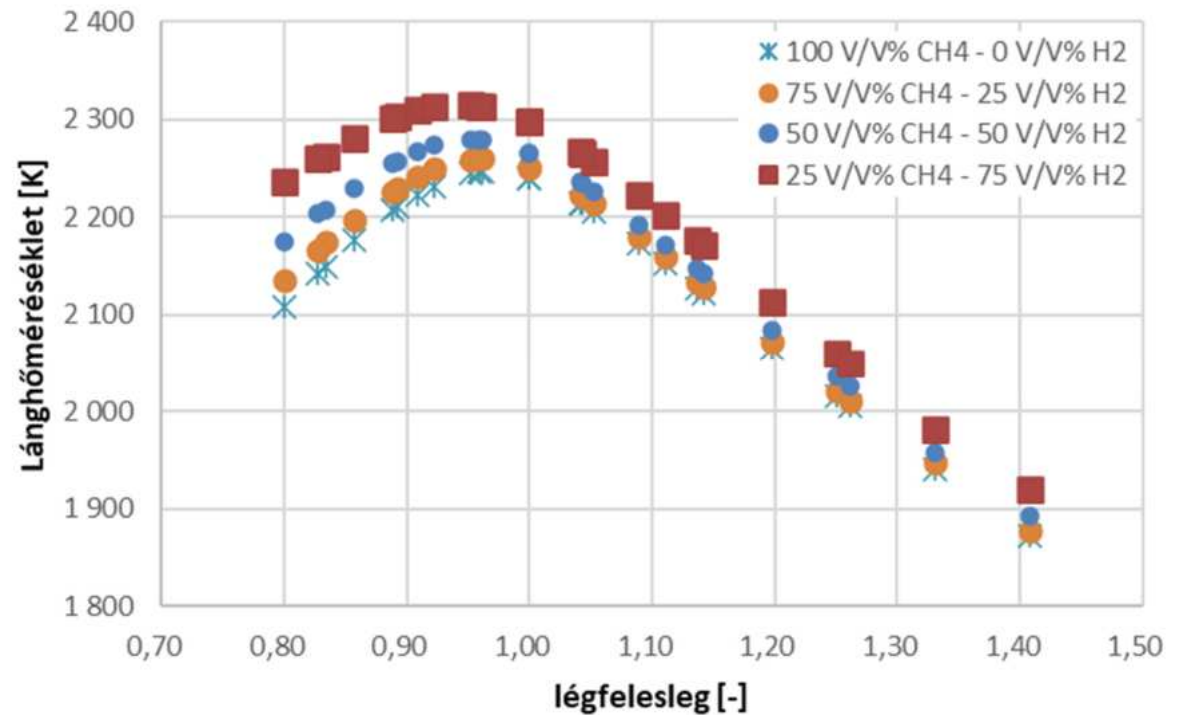


49



ADIABATIKUS LÁNGHŐMÉRSÉKLET

Az adiabatikus láng hőmérséklet az égéslefordására a kémiai reakciók lejátszódására bír nagy jelentőséggel, az emissziók (pl. NO_x) kialakulása szempontjából is döntő fontosságú.

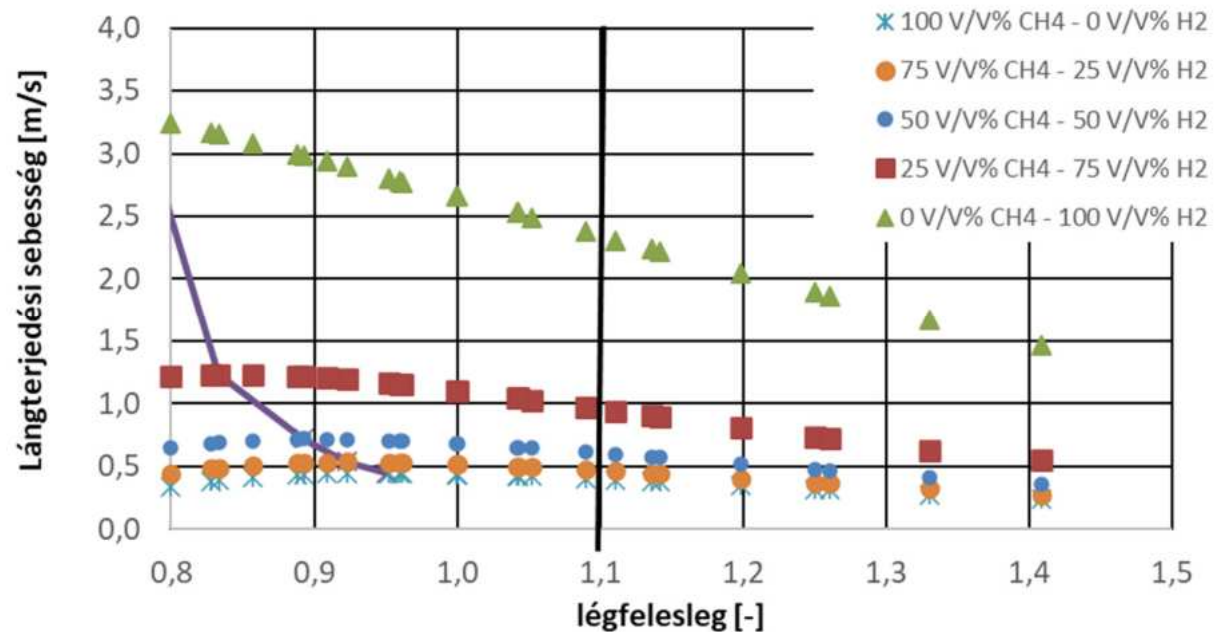


Adiabatikus láng hőmérséklet a légfelesleg függvényében különböző H_2 bekeverés esetén (GRI 3.0 mechanizmus, $T_0 = 323 \text{ K}$, $P_0 = 0,1 \text{ Mpa}$)

LAMINÁRIS LÁNGTERJEDÉSI SEBESSÉG

A lamináris lángsebesség az égés lefolyásának gyorsaságára jellemző paraméter. A lamináris lángsebesség folyamatosan nő a hidrogén bekeveréssel.

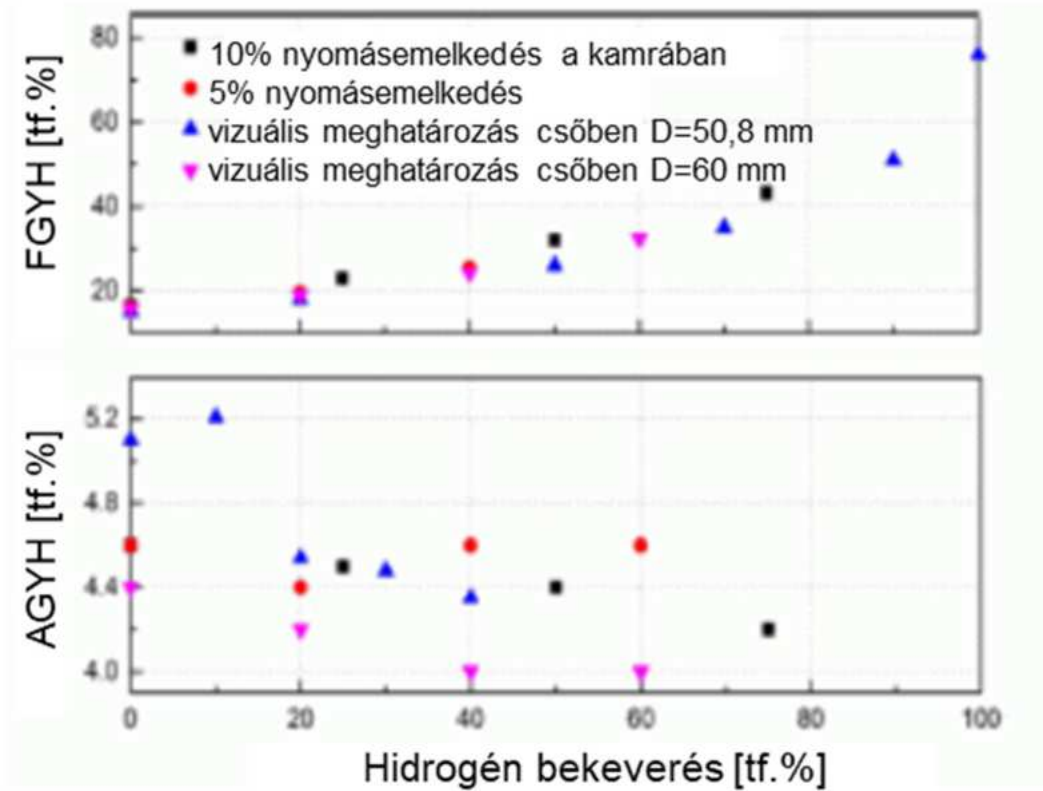
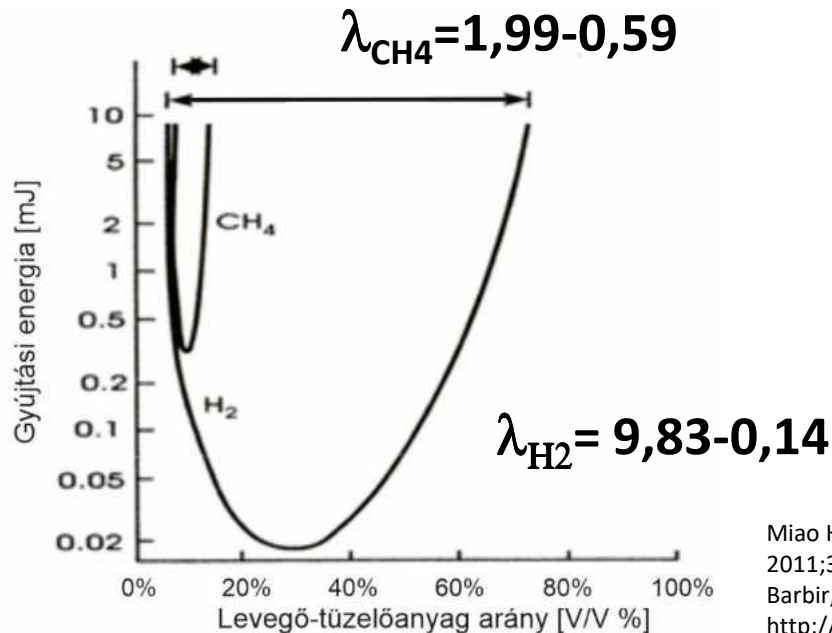
CH₄-re maximum 0,9-1 között van H₂ bekeveréssel a Maximum eltolódik dús tartományba



A lamináris lángterjedési sebesség függvényében különböző H₂ bekeverés esetén (GRI 3.0 mechanizmus, T₀= 323 K, P₀= 0,1 Mpa)

ALSÓ ÉS FELSŐ GYULLADÁSI HATÁR

A tüzelőanyagok az alsó és a felső gyulladási határok között gyújthatók meg, illetve a határokon kívül eső keverékek nem gyújthatók meg.



Gyulladási határok metán-hidrogén keverékek esetén, különböző mérési módszerekkel meghatározva

Miao H, Lu L, Huang Z. Flammability limits of hydrogen-enriched natural gas. *Int.J Hydrog Energy* 2011;36:6937-47.

Barbir, Frano: Safety Issues of Hydrogen Vehicles. Energy partners., ners., 2001; <http://iahe.org/hydrogen>

Az előadásban bemutatásra kerül eredmények:

- Légfelesleg tényező szabályozású rendszerrel készült mérések (gázmotor)
- Injektoros égőkkel készült elméleti eredmények (háztartási tüzelőberendezések)

Jelenleg folynak gázturbinás mérések (ott a gáznyomást szabályozzuk), NH_3 tüzelési és HCNG kettős-tüzelőanyagú dízelmotor vizsgálatok, de ezek nem részei az előadásnak.

VIZSGÁLATOK

Az előadásban bemutatásra kerül eredmények:

- **Légfelesleg tényező szabályozású rendszerrel készült mérések (gázmotor)**
- Injektoros égőkkel készült elméleti eredmények (háztartási tüzelőberendezések)

54. dia

SP3

Ezt valahogy át kéne fogalmazni. Folyamatban lévő kutatásról nem adunk ki eredményeket.

Szalontai Péter; 2023. 11. 13.

FŰTŐÉRTÉK ÉS BEVIHETŐ HŐ

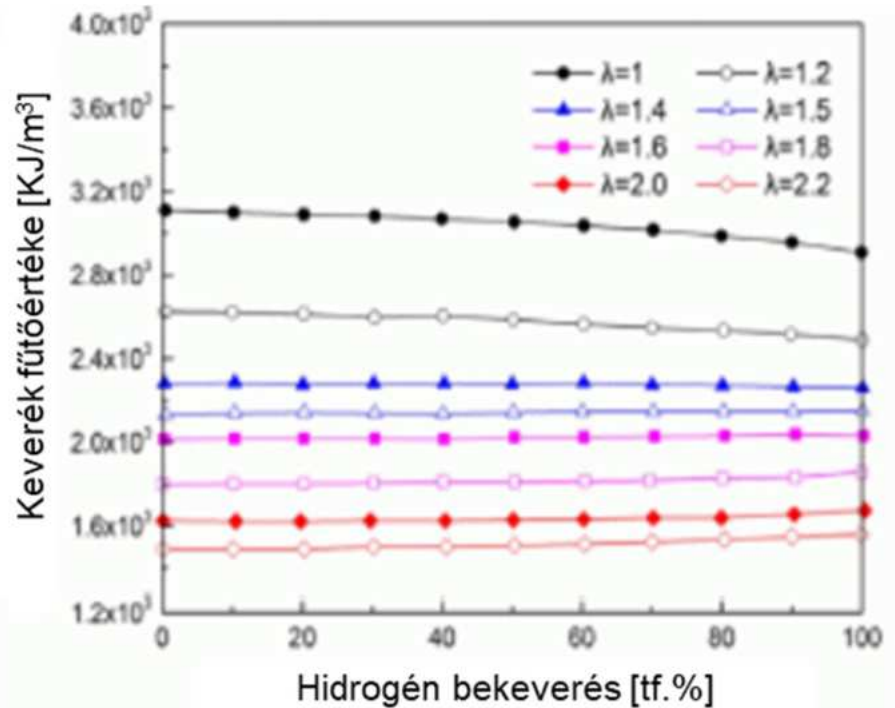
Jellemző	Mértékegység	Hidrogén	Metán
Elméleti égési levegő igény [V/V (m/m)]	-	2,39 (34,3)	9,7 (17,2)
Fűtőérték	MJ/m ³	10,782	35,894
	MJ/kg	119,947	50,026

- földgáz fűtőérték: 34,016 MJ/m³;
- hidrogén fűtőérték: 10,223 MJ/m³;
- földgáz elméleti levegőszükséglete 9,565 m³/m³
- hidrogén elméleti levegőszükséglete 2,383 m³/m³
 - $Q(1\text{m}^3 \text{ kev.}) = 34,016 \cdot (1/10,565) = \mathbf{3,22 \text{ MJ/m}^3}$
 - $Q(1\text{m}^3 \text{ kev.}) = 10,223 \cdot (1/3,383) = \mathbf{3,02 \text{ MJ /m}^3 (-6\%!)}.$

55

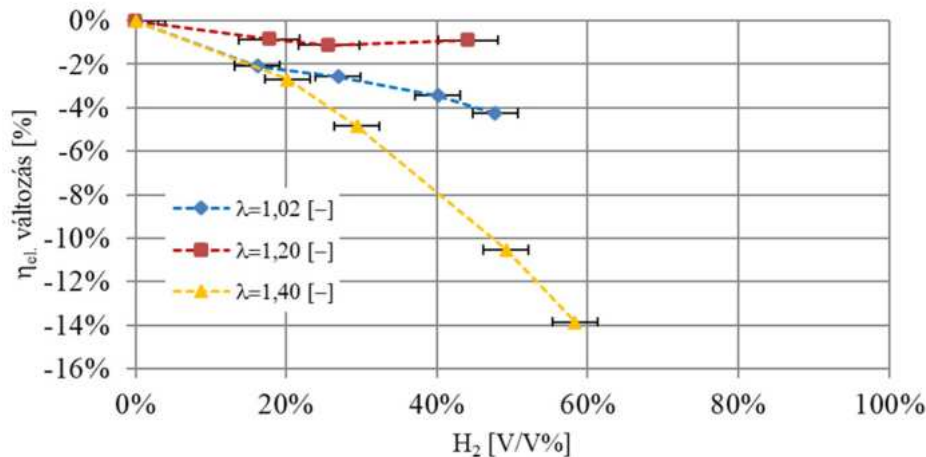
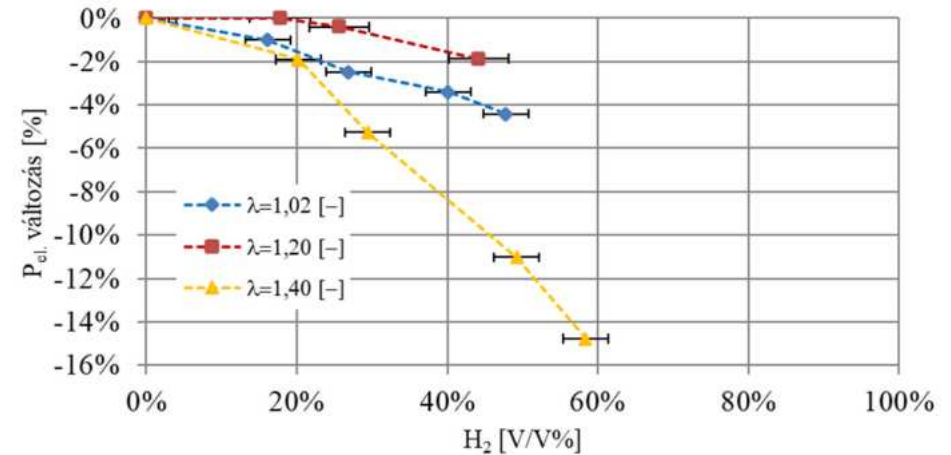
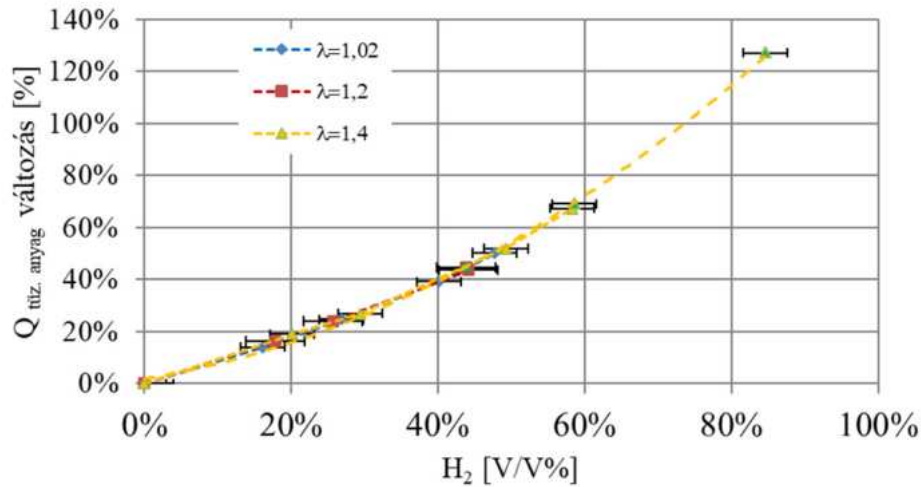
FŰTŐÉRTÉK ÉS BEVIHETŐ HŐ

Jellemző	Mértékegység	Hidrogén	Metán
Elméleti égési levegő igény [V/V (m/m)]	-	2,39 (34,3)	9,7 (17,2)
Fűtőérték	MJ/m ³	10,782	35,894
	MJ/kg	119,947	50,026



Ma F, Wang M, Jiang L, Deng J, Chen R, Naeve N, et al. Performance and emission characteristics of a turbocharged spark-ignition hydrogen-enriched compressed natural gas engine under wide open throttle operating conditions. Int.J. Hydrog Energy 2010;35:1

FÜTŐÉRTÉK ÉS BEVIHETŐ HŐ



Állandó légfeszüléssel a tüzelőanyag térfogatáram megnőtt a H_2 bekeverésével, de a teljesítmény és a hatásfok lecsökkent

Felgyorsult az égés -> égéskezdet (előgyújtás) optimalizálás

Dobi-Szakál, Gyöngy ; Szalontai, Péter ; Lukács, Kristóf ; Meggyes, Attila ; Bereczky, Ákos:

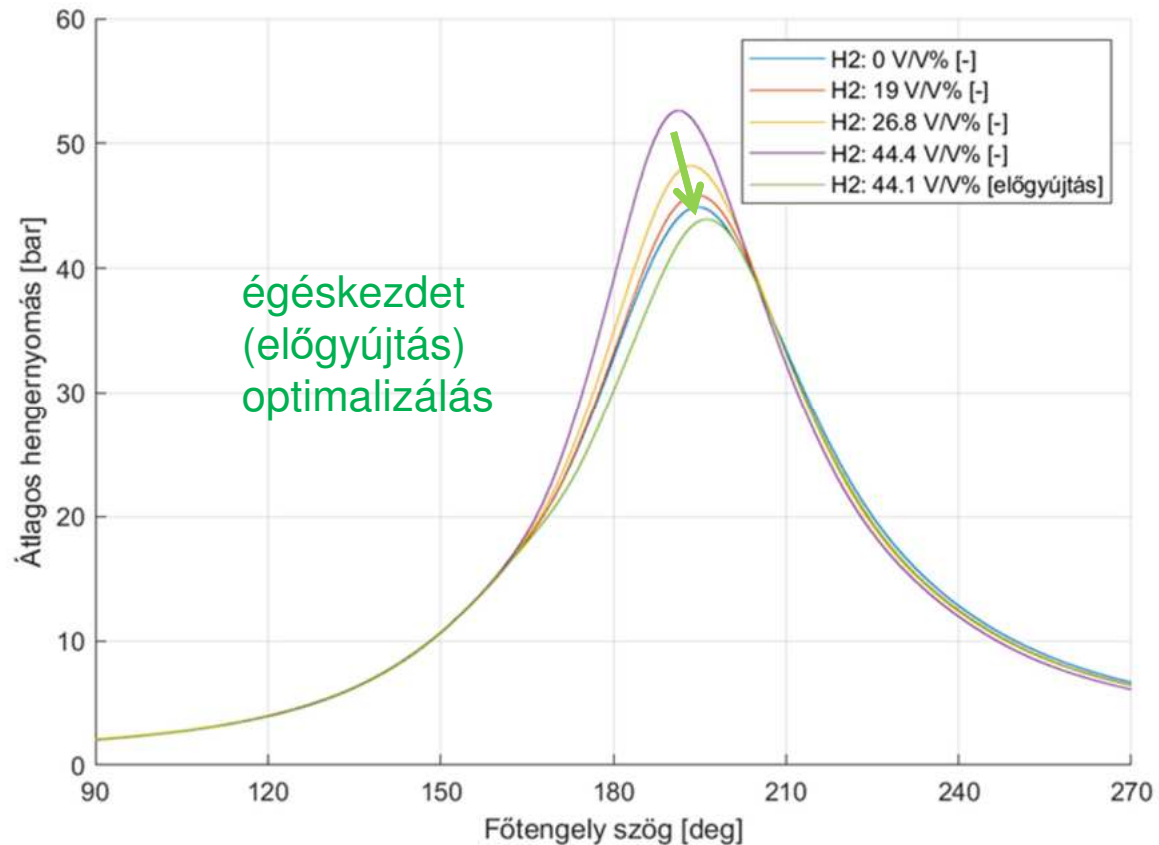
Hidrogénbekeverési kísérletek energiatermelés céljára gázmotorokban, MAGYAR ENERGETIKA 30 : 1 pp. 2-6. , 5 p. (2023)

Bereczky Ákos | © 2023
Hidrogén energetika | 57



ÉGÉSKEZDÉT (ELŐGYÚJTÁS) OPTIMALIZÁLÁS

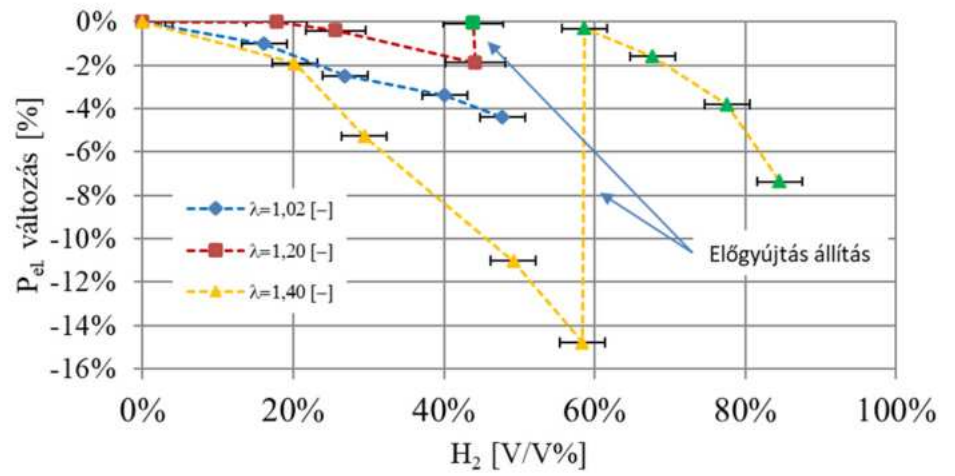
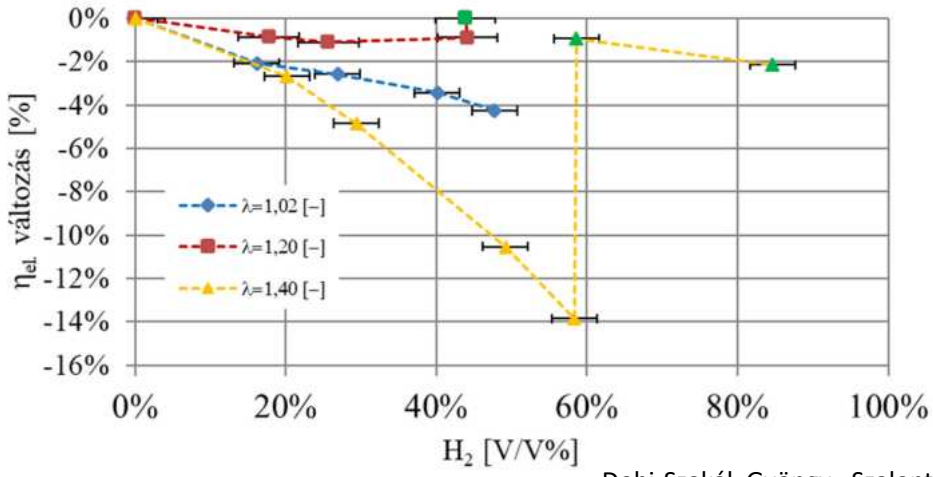
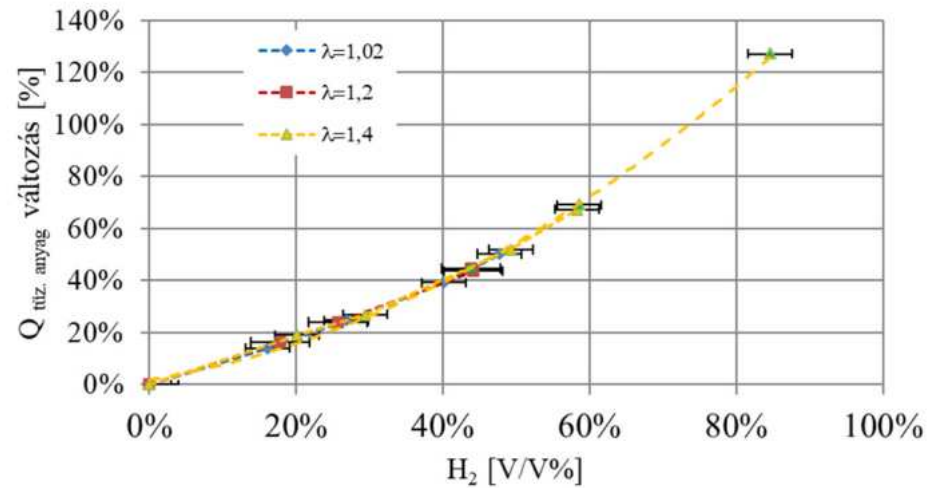
Az átlagolt égéstérnyomás eredmények $\lambda = 1,2[-]$ légfelesleg esetén főtengely szög függvényében különböző hidrogén bekeverések esetén



58



FÜTŐÉRTÉK ÉS BEVIHETŐ HŐ



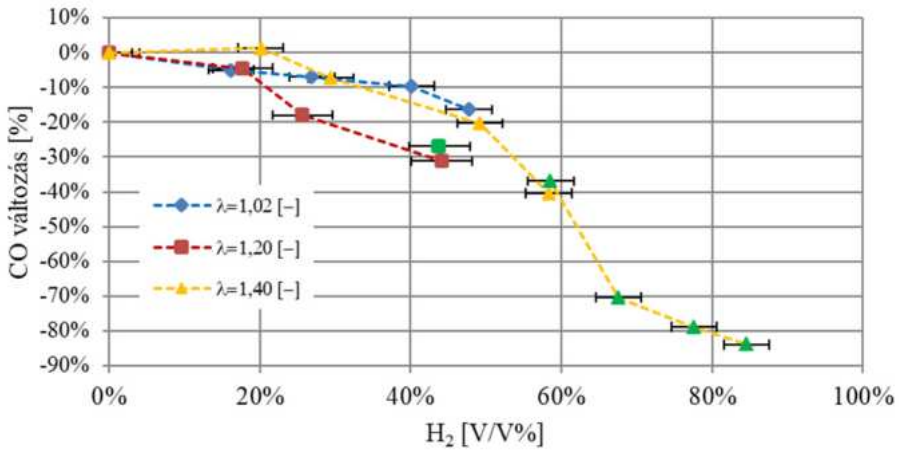
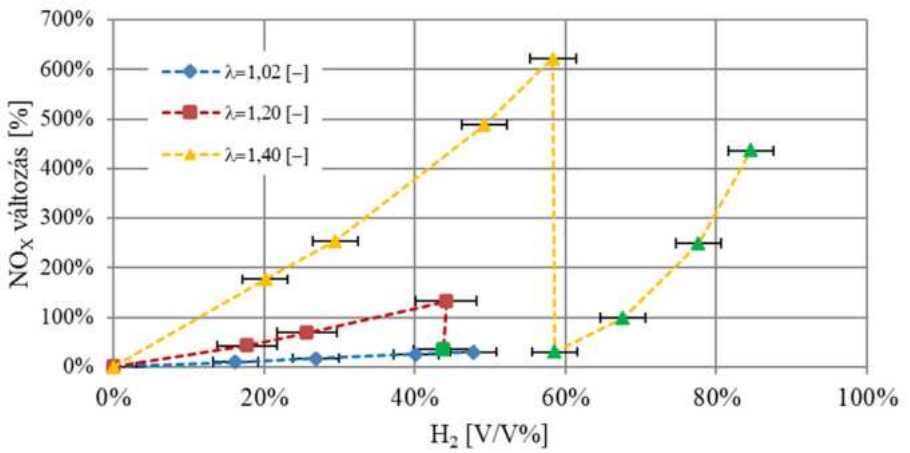
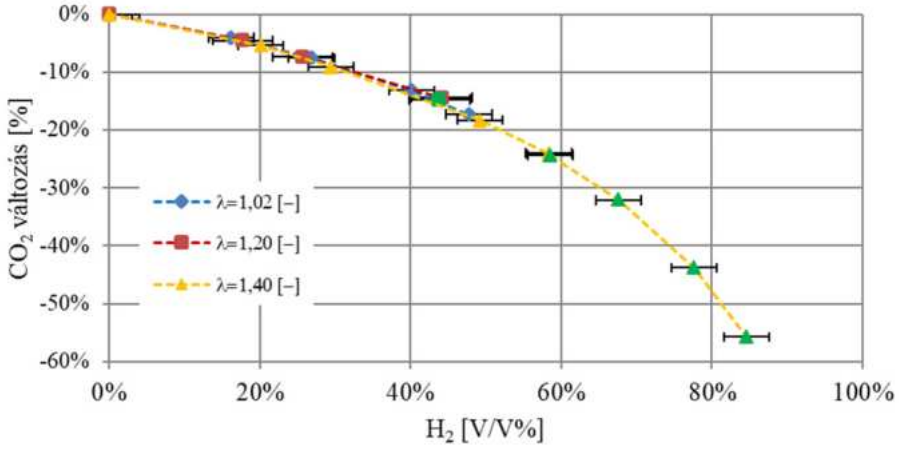
Állandó légszeleslegben a tüzelőanyag térfogatáram megnőtt a H_2 bekeverésével, de a teljesítmény és a hatásfok lecsökkent

Felgyorsult az égés -> égéskezdet (előgyújtás) optimalizálás

59



KÁROSANYAG KIBOCSÁTÁS



Állandó légszeletben a tüzelőanyag térfogatáram megnőtt a H₂ bekeverésével, de a teljesítmény és a hatásfok lecsökkent

Felgyorsult az égés -> égéskezdet (előgyújtás) optimalizálás

Dobi-Szakál, Gyöngy ; Szalontai, Péter ; Lukács, Kristóf ; Meggyes, Attila ; Bereczky, Ákos:
 Hidrogénbekeverési kísérletek energiatermelés céljára gázmotorokban, MAGYAR ENERGETIKA 30 : 1 pp. 2-6.
 , 5 p. (2023)



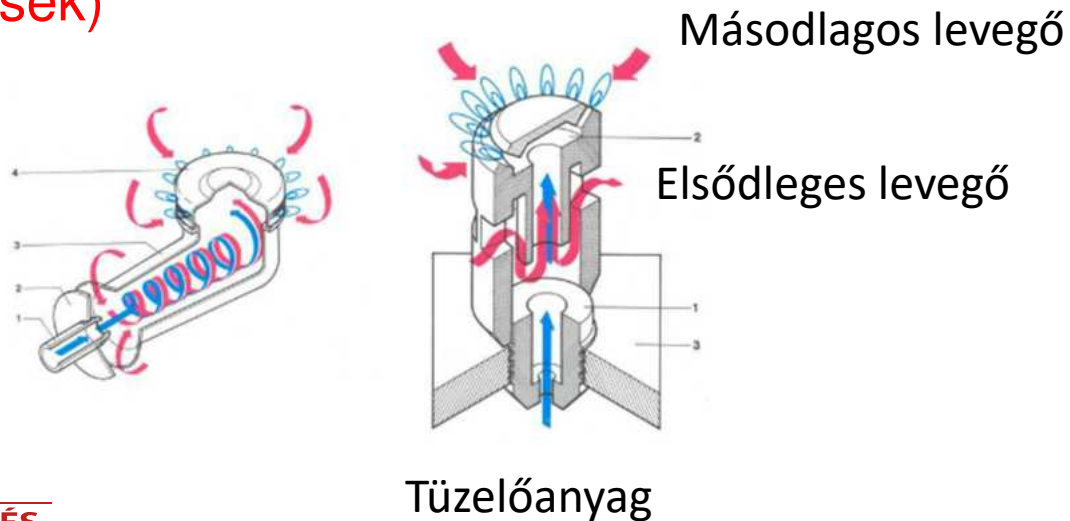
IPARI FELHASZNÁLÁS SZEMPONTJÁBÓL

- Nem minden gázmotor rendelkezik λ szabályozással!
- Fennáll a kopogás és a visszagyulladás veszélye!
- Előgyújtás szabályozni kell!

VIZSGÁLATOK

Az előadásban bemutatásra kerül eredmények:

- Légfelesleg tényező szabályozású rendszerrel készült **SP4** mérések (gázmotor)
- **Injektoros égőkkel készült elméleti eredmények (háztartási tüzelőberendezések)**



62. dia

SP4 Ezt valahogy át kéne fogalmazni. Folyamatban lévő kutatásról nem adunk ki eredményeket.
Szalontai Péter; 2023. 11. 13.

INJEKTOROS ÉGŐK (HÁZTARTÁSI TÜZELŐBERENDEZÉSEK)

A Wobbe-szám a (tüzelőanyag) gázok felcserélhetőségét jellemzi:

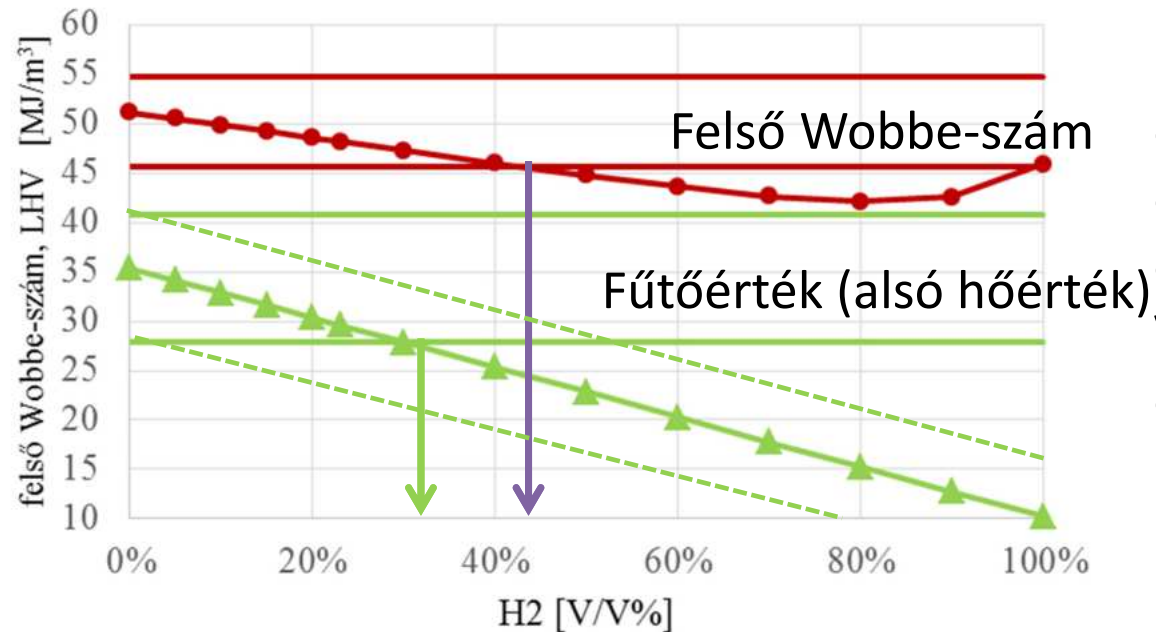
ha adott gázfajtával üzemelő gázfogyasztó készüléken egy másik gázfajtát akarunk használni (pl. H₂ bekeverés), a felszabaduló energiamennyiség csak akkor egyezik meg (felcserélhető), ha a Wobbe-számaik megegyeznek

MSZ 1648:2000 : 45,66-54,78 MJ/m³ (2H gázok) felső Wobbe szám = $W_{o,i} = \frac{H_s(HHV)}{\sqrt{d}}$,

Jellemző	dimenzió	Hidrogén	Metán	Példa földgáz
kompresziós 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
Alsó Wobbe-szám	MJ/m ³	38,75	45,70	45,84

63

INJEKTOROS ÉGŐK (HÁZTARTÁSI TÜZELŐBERENDEZÉSEK)



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

INJEKTOROS ÉGŐK (HÁZTARTÁSI TÜZELŐBERENDEZÉSEK)

A gázfúvókás égőknél, amelynél a kis nyomásváltozás esetén a kiáramló gáz sűrűsége elhanyagolható mértékben változik, így használható az összenyomhatatlan közegekre felírt Bernoulli-egyenlet :

$$p_0 + \frac{w_0^2 \rho_0}{2} = p_1 + \frac{w_1^2 \rho_1}{2}$$

Innen gáz kiáramlási sebessége:

$$w_1 = \sqrt{\frac{2(p_0 - p_1)}{\rho_1}}$$

Ha a fúvóka előtti p_0 és utáni p_1 nyomáskülönbsége állandó (25 mbar) a tüzelőanyagok sűrűsége csökken (pl.: $\rho_{\text{H}_2} = 0,090 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{\text{CH}_4} = 0,718 \text{ kg/m}^3$ (15 °C; p_n)) a gáz kiáramlási sebessége nő, természetesen itt **számos veszteséget nem vettünk figyelembe (viszkozitás, áramlási veszteségek stb.)**



INJEKTOROS ÉGŐK (HÁZTARTÁSI TÜZELŐBERENDEZÉSEK)

$$\dot{Q}_V = C \epsilon A \sqrt{\frac{2(p_0 - p_1)}{\rho_1}}$$

Az ideális gáz kompresszibilitási tényezője: $\epsilon (Z) = 1$.
A vizsgált gázok esetén:

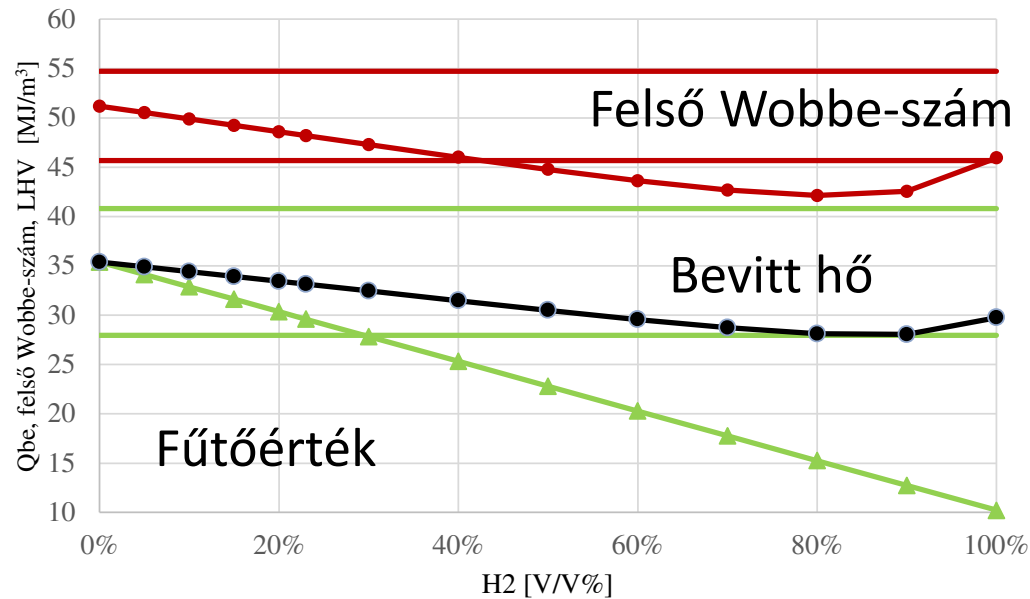
23%h277%CH4

	Standard állapot				Mért állapot					Eltérés [%]
	Hőmérséklet	Nyomás	Kompres.t.	Sűrűség	Hőmérséklet	Nyomás	Kompres.t.	Sűrűség	Valós sűrűség	
Hidrogén	15,0	1,013	1,001	0,085	25,0	1,025	1,001	0,088	0,083	
Metán	15,0	1,013	0,998	0,680	25,0	1,025	0,998	0,665	0,665	
23%h277%	15,0	1,013	0,999	0,543	25,0	1,025	0,999	0,532	0,531	-0,184

Az ideális gázként való közelítés 0,184% eltérést okozhat.

$$\dot{Q}_{\text{tüz}} = \alpha \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta p} \cdot \frac{H_{iv}}{\sqrt{\rho_g}} = \alpha \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta p} \cdot \frac{H_{iv}}{\sqrt{\frac{\rho_g}{\rho_l} \cdot \rho_l}} = \alpha \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho_l}} \cdot \frac{H_{iv}}{\sqrt{d}} \cdot \underbrace{W_o}$$

INJEKTOROS ÉGŐK (HÁZTARTÁSI TÜZELŐBERENDEZÉSEK)

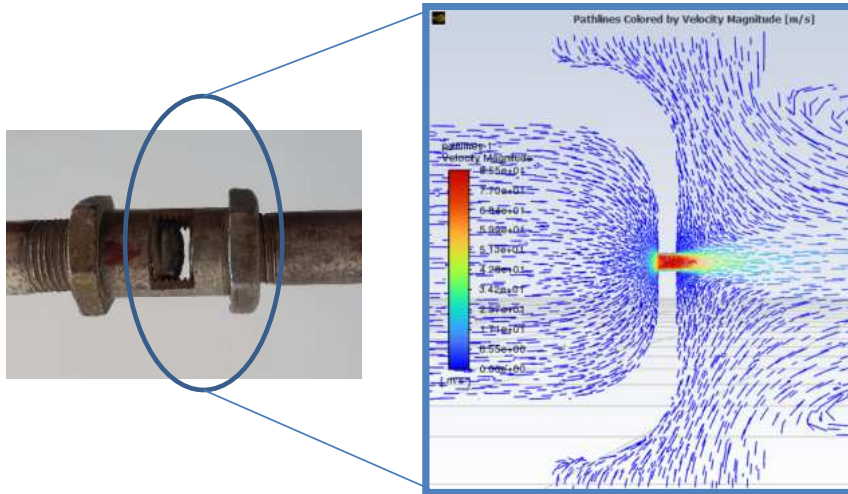


20 V/V% H₂ földgázba keverése esetén a fűtőérték 86%-ra csökken, viszont a sűrűség négyzetgyöke 1,1%-ra nő, ezért növekszik az elméleti áramlási sebesség így az elméletileg bevihető hő csak 95%-ra csökken!

számos veszteséget nem vettünk figyelembe (viszkozitás, áramlási veszteségek stb.)



INJEKTOROS ÉGŐK (HÁZTARTÁSI TÜZELŐBERENDEZÉSEK)



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;

INJEKTOROS ÉGŐK (HÁZTARTÁSI TÜZELŐBERENDEZÉSEK)



Hidrogén bekeverés hatása egy gáztűzhely égő lángképére

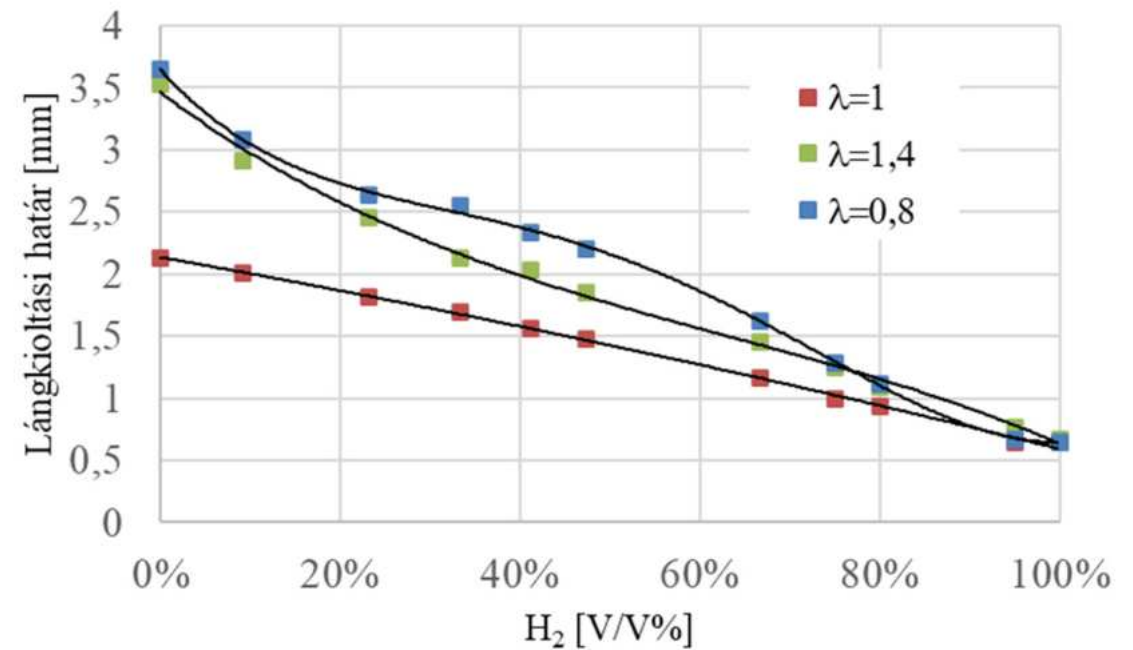
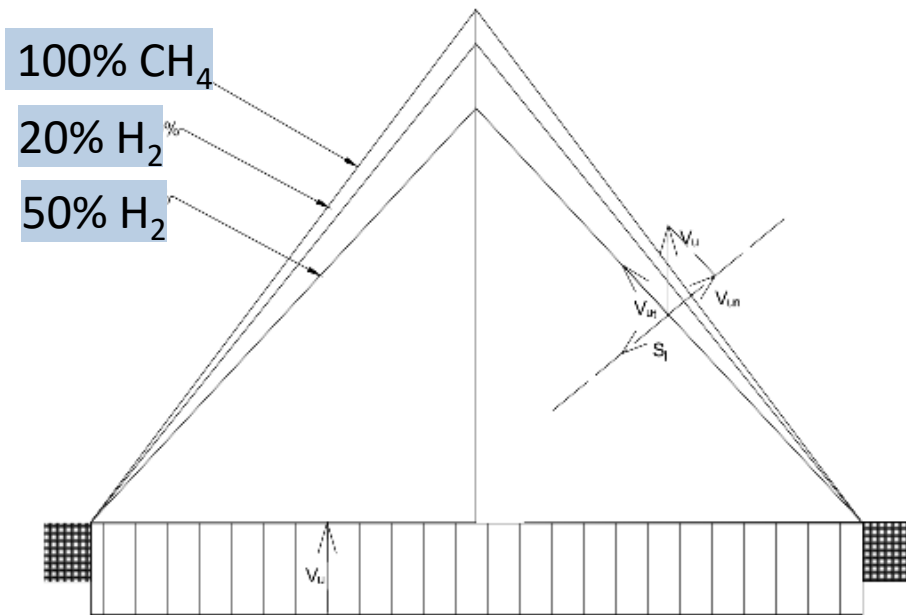
A hidrogén nagy lángterjedési sebességének miatt bekeverés esetén a láng lerövidül, közelebb kerül az égőhöz:

- Az égő kismértékben tovább melegszik
- A lángkioltás és a rosszabb másodlagos keveredés miatt a CO, a prompt NO_x és THC kibocsátás növekedhet



Hidrogén bekeverés hatása egy lemezes konvektor égő lángképére

INJEKTOROS ÉGŐK (HÁZTARTÁSI TÜZELŐBERENDEZÉSEK) VISSZAGYULLADÁS

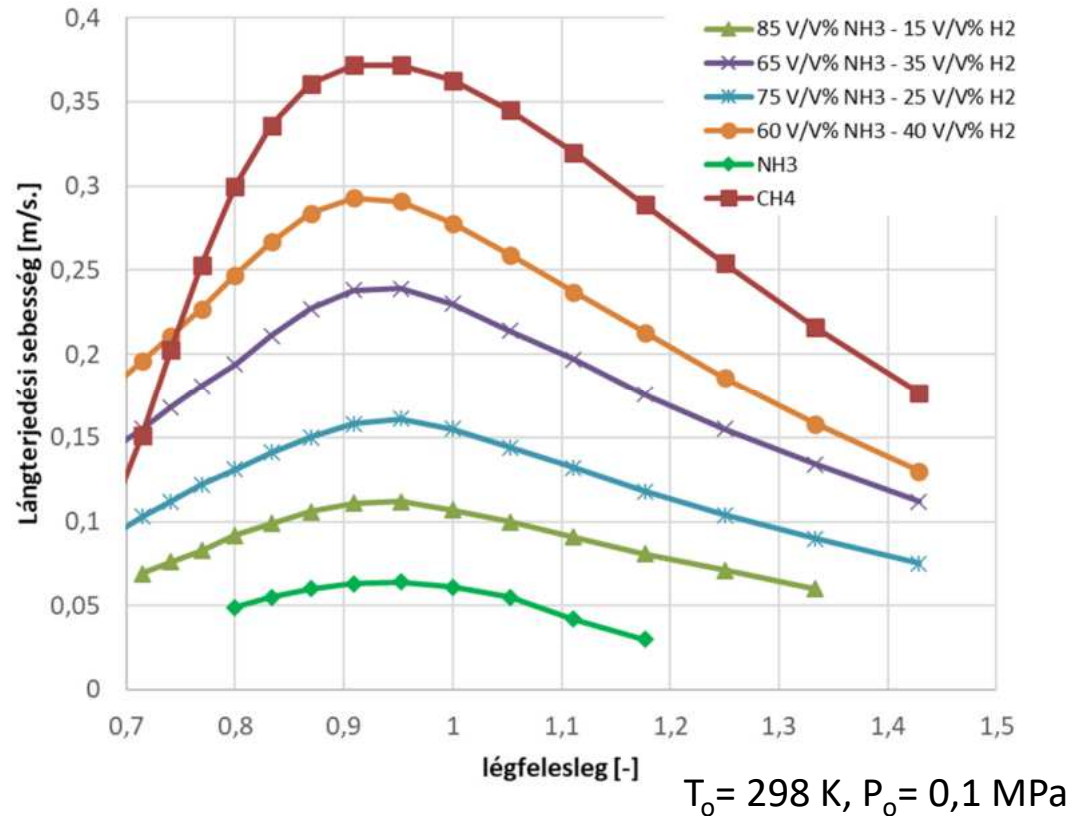


Analitikai modell eredmény a láng-kúpszög változásáról

Lángkioltási határ a hidrogén bekeverés függvényében

NH₃ TULAJDONSÁGOK

Az ammónia tüzelési tulajdonságai rosszak, de lehet javítani (részleges) bomlással, így az H₂+NH₃ tüzelés kontrolálható lángterjedési sebességet eredményez



Xinlu Han, Zhihua Wang, Mário Costa, Zhiwei Sun, Yong He, Kefa Cen: Experimental and kinetic modeling study of laminar burning velocities of NH₃/air, NH₃/H₂/air, NH₃/CO/air and NH₃/CH₄/air premixed flames, Combustion and Flame, Volume 206, 2019, Pages 214-226,

Hidrogénes energiatárolási megoldások vizsgálata

5 kW-os Altergy FPS-548-240 PEM üzemanyagcella vizsgálatok megkezdése.

Tervezett vizsgálatok:

- Dinamikus tulajdonságok,
- Potenciális szennyezők kérdése,
- Hatásfok javítási lehetőségek (pl. előmelegítés és hőhasznosítás), együttműködés az EK Felületkémiai és Katalízis Laboratórium).

Hallgatói és bemutató mérések.

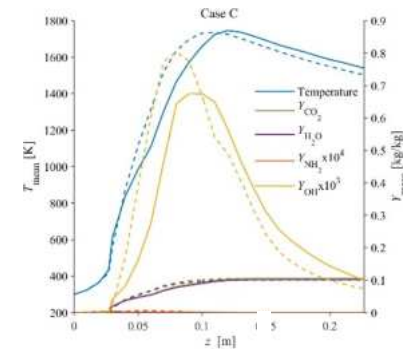
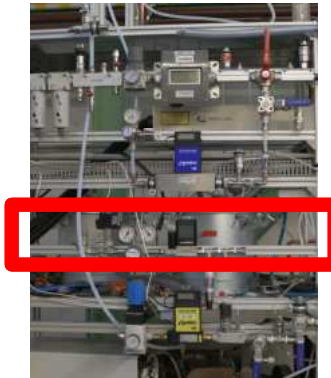
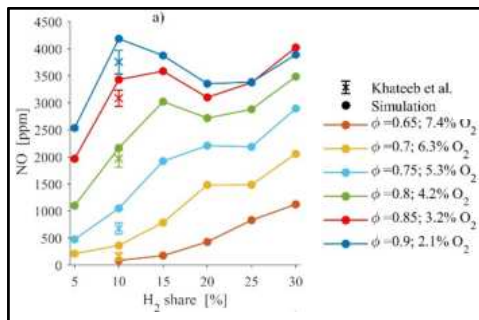
**Hidrogén a közúti közlekedésben – töltőállomások csoportosított termeléssel,
metán plazmabontással (vízbontás+napelempark)**

**Töltőállomások lokális termeléssel, vízbontással
(vízbontás+napelempark)**



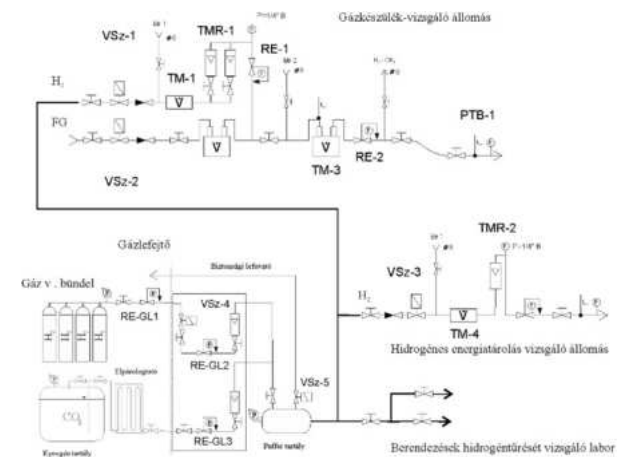
Berendezések hidrogén-tűrésének vizsgálata

- H_2/NH_3 lángok CFD szimulációja, NO emisszió értékelése a légefelesleg és H_2 tartalom változtatásával
- Kettős tüzelőanyagbevezetésű égőnket bővítettük hidrogénnal, tesztmérések hamarosan
- Stacionárius és tranziens CH_4/NH_3 lángok CFD szimulációja
 - Értékeljük az egyezést a két modellezési szemlélet között az összetétel változtatásával. Az eredményeket jelenleg az irodalomból validáltuk.



Gázkészülék-vizsgáló és hidrogénes labor kiépítése

- földgáz ellátását 45 kW hőteljesítményig;
- hidrogén vezérelt bekeverését 40 V/V%-ig a gázlefejtőből,
- a vizsgálandó gázkészülék által termelt hasznos hőmennyiséghez zártrendszerű és szabályozott hőmérsékletű folyadékos hőelvezető rendszer 40 kW teljesítményig,
- lehetőség kialakítása a közvetlen mért gázpalackos gázellátásra;
- hidrogén szivárgás érzékelő és riasztó 10% alsó robbanási határ alatt



KÖSZÖNÖM AZ ÉRDEKLŐDÉST

Megújuló Energiák Nemzeti Laboratórium RRF-
2.3.1-21-2022-00009 pályázat keretében készült a
bemutató