

# FÖLDGÁZ-HIDROGÉN KEVERÉKKEL ÜZEMELŐ GÁZMOTOROK

Dr. Meggyes Attila, Dr. Bereczky Ákos, Lukács Kristóf



# BEVEZETÉS

---

Hazánkban a megújuló energia részaránya a villamos energia-termelésben 2030-ra 8-12% és 2050-re 17-30% körül várható. Az **időjárás függő megújuló** villamosenergia-termelő kapacitások rendszerbe állítása érdekében szükség van nagy mennyiségű **villamosenergia-tárolásra**.

A villamosenergia-tárolás egyik lehetséges megoldása a **Power-to-Gas** technológia, minek segítségével az esetenként felesleges elektromos áramot hidrogénné alakítjuk át. Az így nyert **zöld hidrogén** felhasználható a későbbiekben tüzelőanyagként pl. gázmotorban.

A magyar gázmotorok földgázüzemre lettek tervezve és optimalizálva, és nem alkalmasak minden további nélkül hidrogén bekeveréses üzemmódra. Éppen ezért a jelentősebb hidrogén bekeverés alapos motorvizsgálatokat igényel.

# HIDROGÉNBEVEZETÉS A MOTORBA

A hidrogén motorba történő bevezetésének egyik lehetséges megoldás, hogy hidrogént a gázhálózaton keresztül juttatjuk el a gázmotorokhoz, a másik megoldás, hogy a hidrogént a motor előtt vezetjük be a rendszerbe.

Jelenleg a Németországban a gázhálózatban legfeljebb 10% hidrogén bekeverés megengedett.

Legfeljebb 10 V/V % hidrogén bekeveréshez nincs szükség lényeges módosításokra. A 10 V/V % feletti hidrogén bekeverés esetén az egységek működését felül kell vizsgálni (például szükséges-e lángzár, turbófeltöltő, kompresszióviszony stb.).

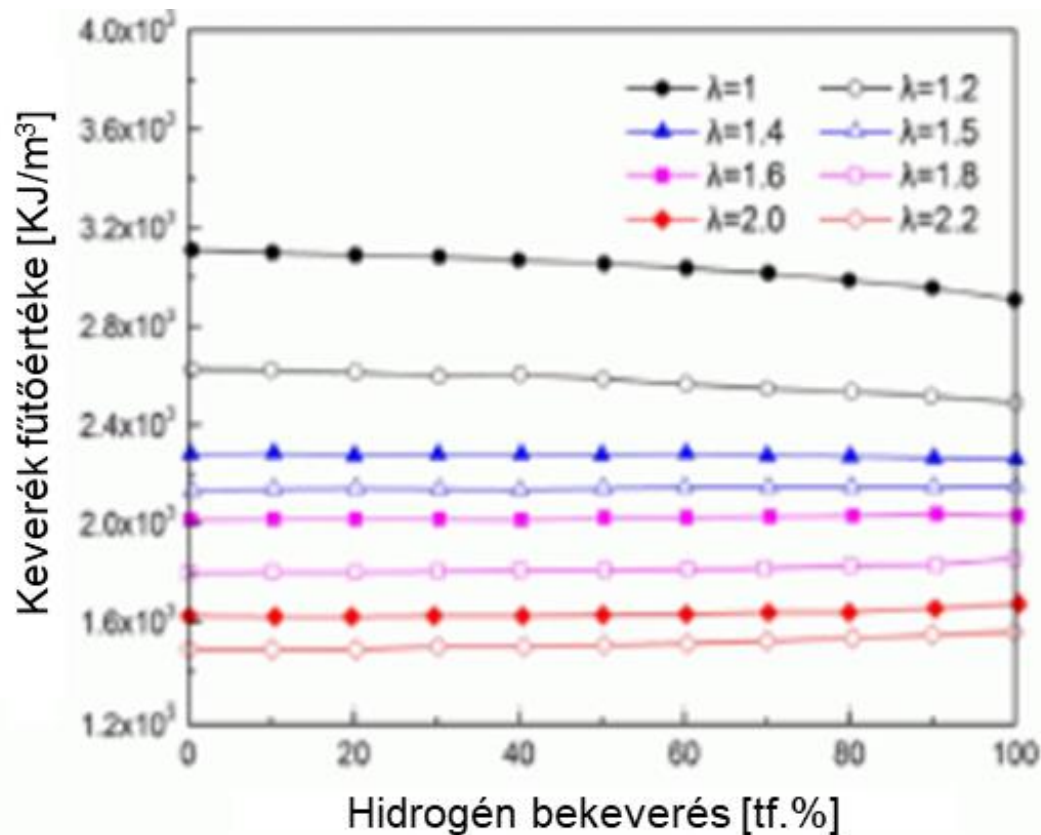
Hidrogén bekeverés esetében megnő a szívócsőbe történő láng-visszagulladás veszélye. A módosítások ellenére a földgázra tervezett motorral szemben a teljesítmény csökkenése várható a hidrogén bekeveréssel arányosan. Ha tisztán hidrogént használnak, akkor a motor már csak kb. 70% teljesítményt nyújt. A belsőégésű motor jellemzőit (teljesítmény, hatásfok, emisszió) messzemenően befolyásolja a motor égésterében lejátszódó égésfolyamat. Az égésfolyamat pedig alapvetően függ a tüzelőanyag (hidrogén-földgáz keverék) tulajdonságaitól.

# TÜZELŐANYAGOK JELLEMZŐI

Jellemző	metán	hidrogén	benzin	dízelolaj
Fűtőérték (MJ/kg)	46,72	119,7	44,79	42,5
Fűtőérték térfogatra vonatkoztatva (MJ/m <sup>3</sup> )	32,97	10,22	216,38	-
Sztöchiometrikus keverék fűtőértéke (MJ/m <sup>3</sup> )	3,13	3,02	3,83	-
Sűrűség normál állapotban (kg/m <sup>3</sup> )	0,67	0,08	720-775	833-881
Moláris tömeg (kg/mol)	16,04	2,02	100-105	204
Diffúziós tényező (cm <sup>2</sup> /s)	0,189	0,61	-	-
Felső és alsó gyulladási határ (tf. %)	5,3-15,0	4,0-75,0	1,2-6,0	0,7-5
Lamináris lángsebesség normál állapotban (m/s)	0,38	2,65-3,25	0,37-0,43	-
Öngyulladási hőmérséklet levegőn (K)	813	858	~500-750	~553
Adiabatikus láng hőmérséklet normál állapotban (K)	2224	2379	~2470	2327
Minimális gyújtási energia (mJ)	0,28	0,02	0,25	-
Lángkialvási távolság normál állapotú levegőn (mm)	2,03	0,64	~2,0	-

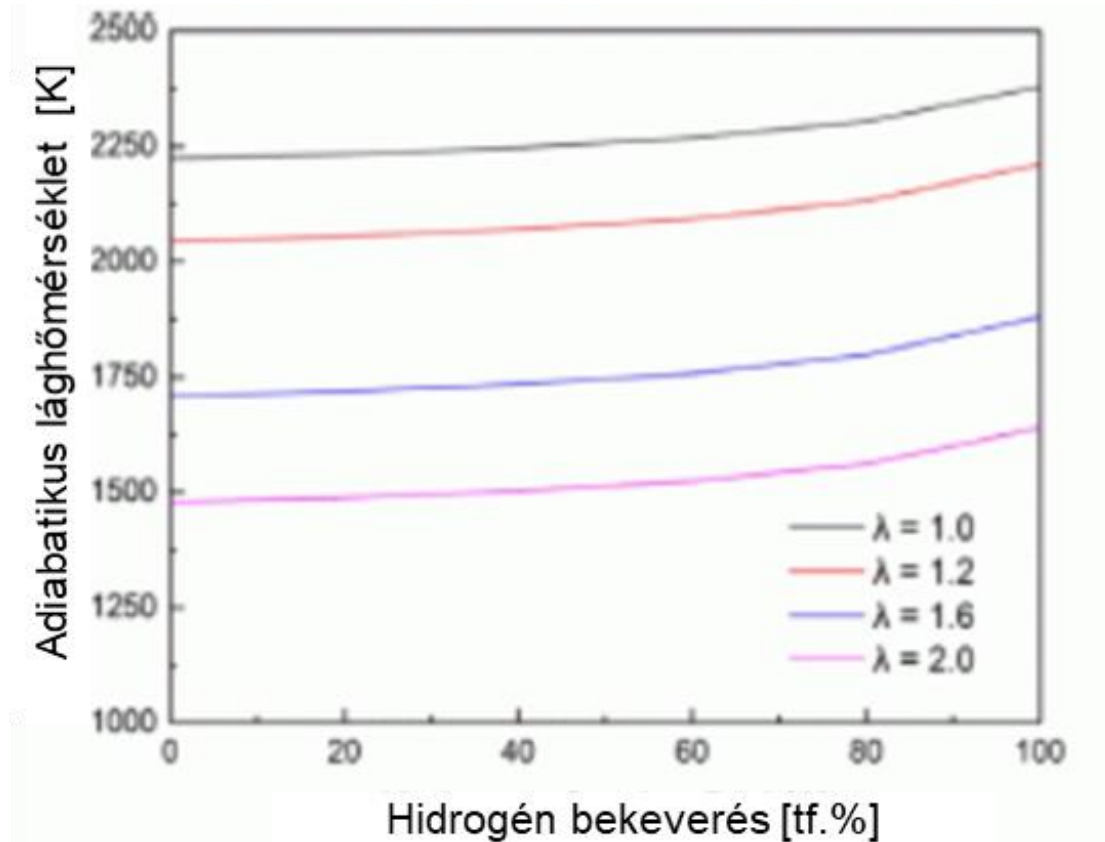


# TÉRFOGATI FŰTŐÉRTÉK



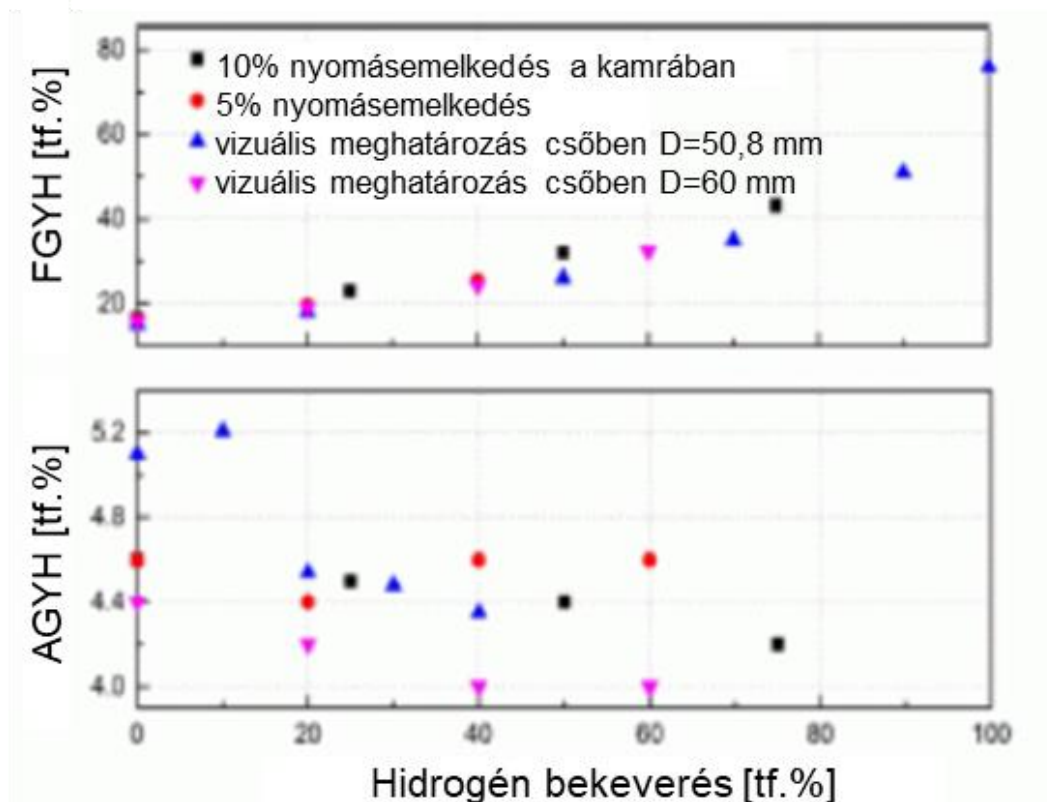
*Keverék térfogati fűtőértékének változása különböző hidrogén bekeverésnél, és légfeslesleg tényezőnél [1]*

# ADIABATIKUS LÁNGHŐMÉRSÉKLET



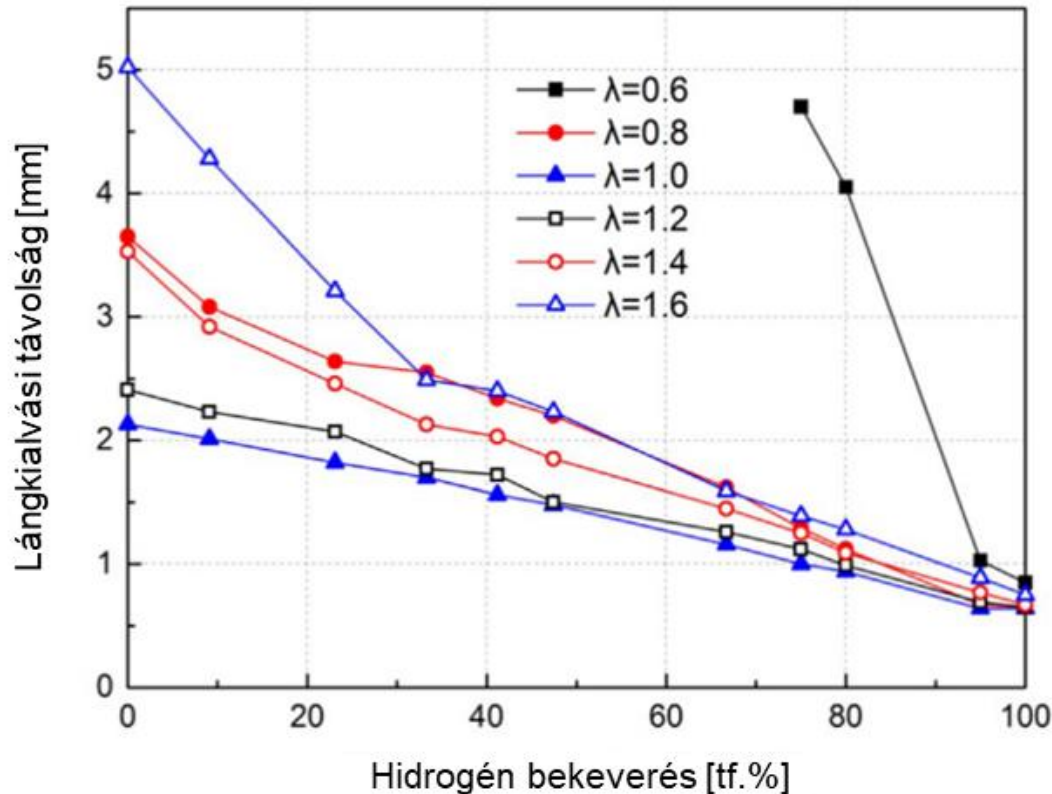
*Az adiabatus láng hőmérséklet változása a hidrogén bekeverés függvényében ( $T_0 = 298 \text{ K}$  és  $P_0 = 1 \text{ atm}$ ) [2]*

# GYULLADÁSI HATÁROK



*Gyulladási határok metán-hidrogén keverékek esetén, különböző mérési módszerekkel meghatározva [3]*

# LÁNGKIALVÁSI TÁVOLSÁG



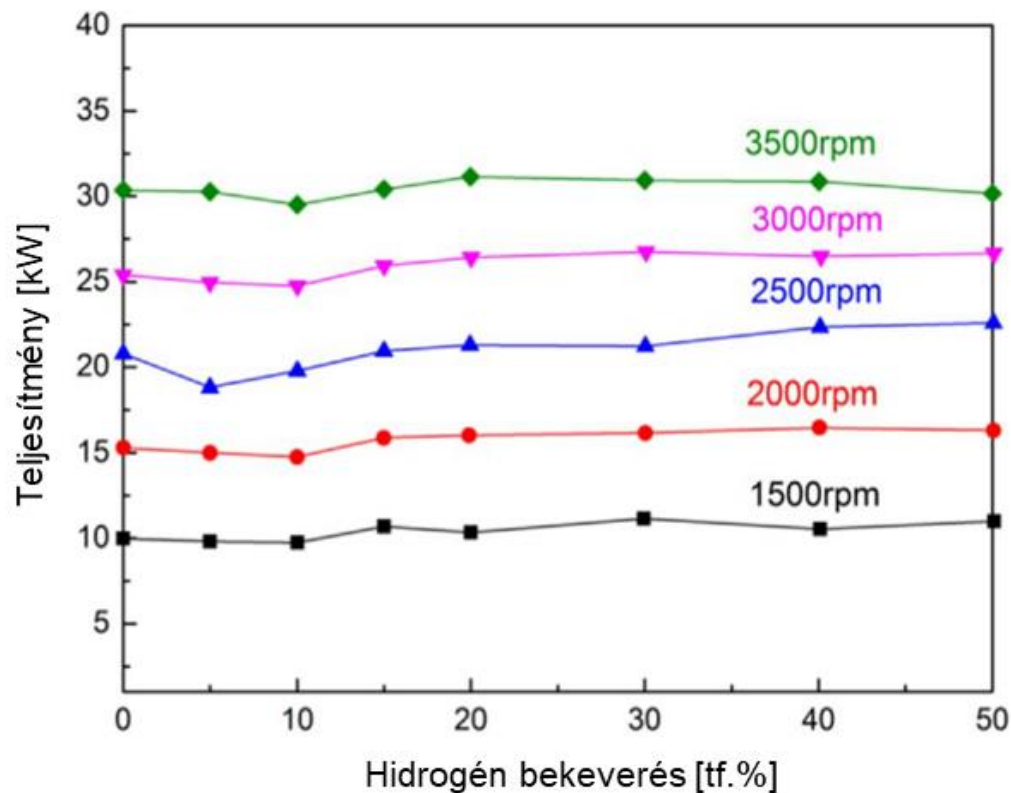
A metán–hidrogén keverékek lángkialvási távolsága a hidrogén bekeverés függvényében, különböző légeleslegek esetén, kísérleti berendezésen mérve, ( $T_0 = 312\text{ K}$  és  $P_0 = 1\text{ atm}$ ) [4]



---

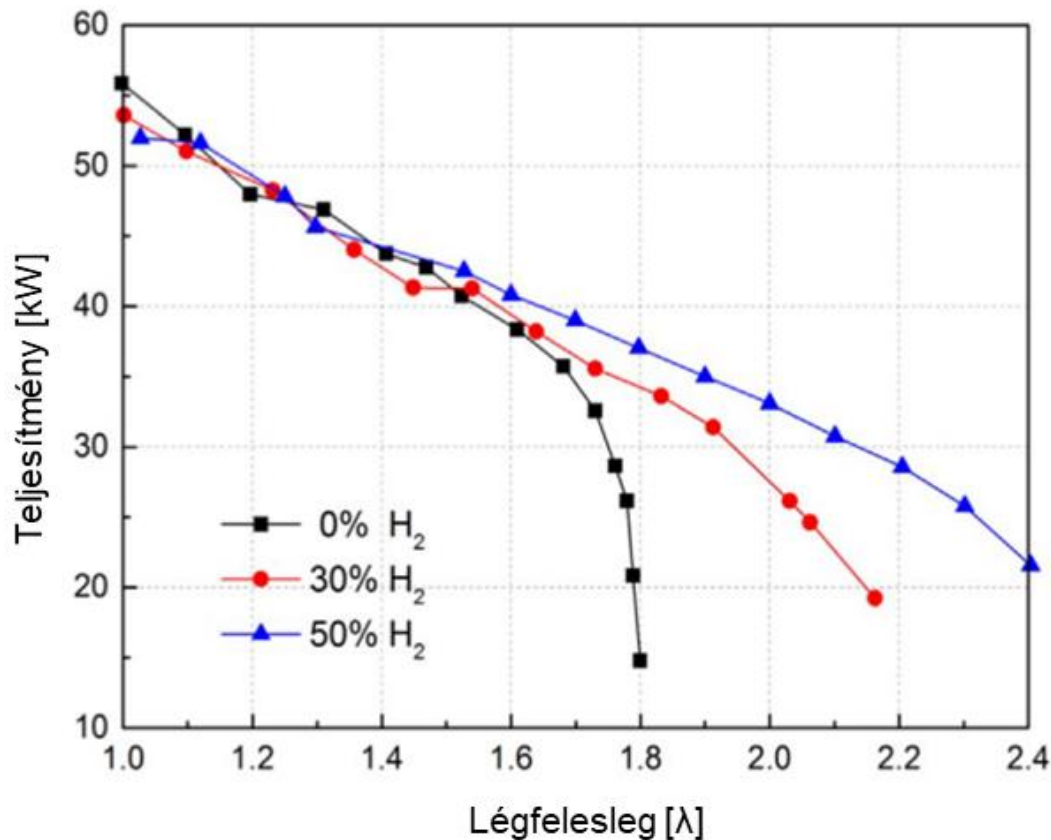
# MOTORMÉRÉSEK – IRODALMI ADATOK

# EFFEKTÍV TELJESÍTMÉNY



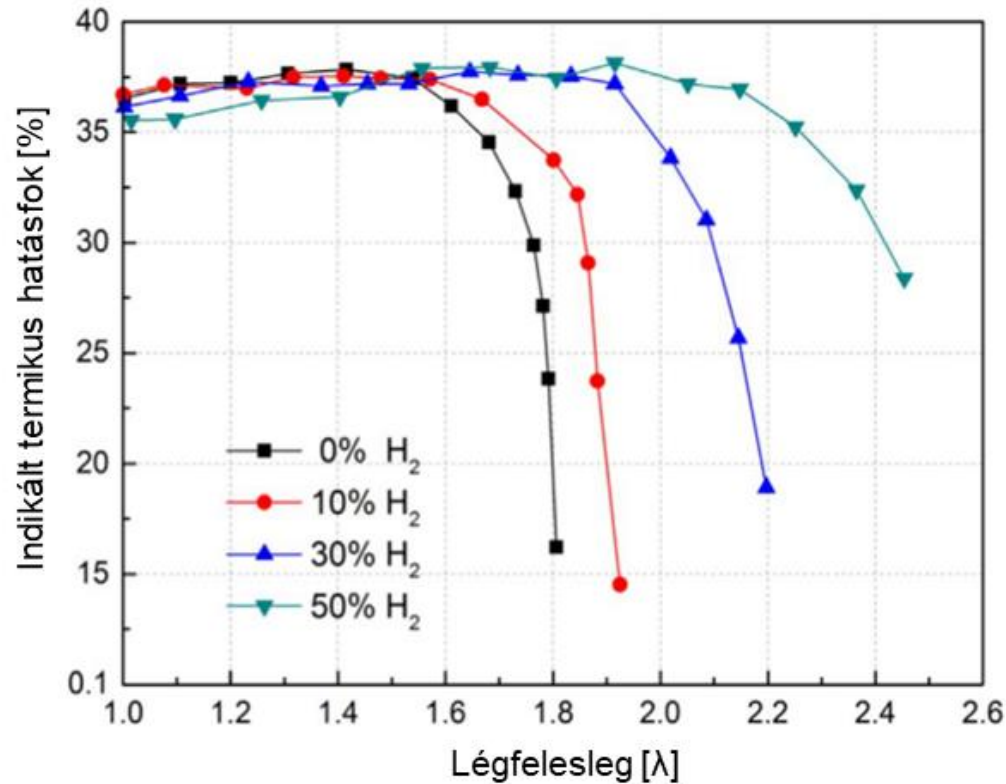
*Az effektív teljesítmény, teljes terhelés mellett, különböző hidrogén bekeverések esetén [5]*

# EFFEKTÍV TELJESÍTMÉNY



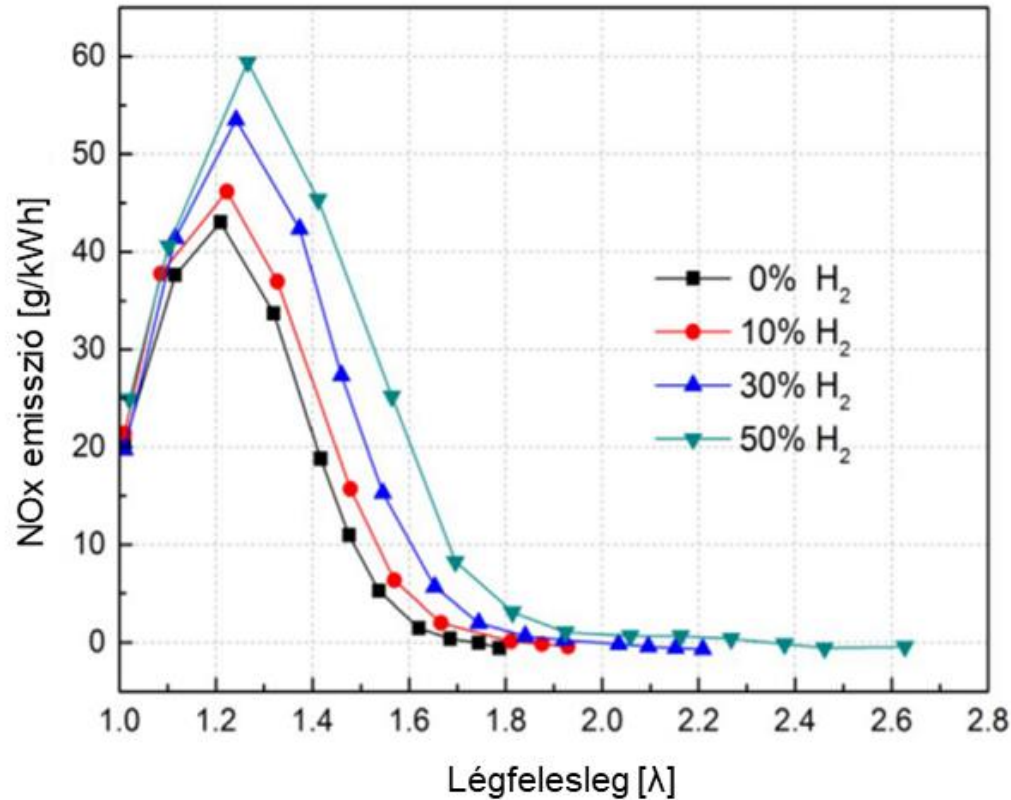
*Hidrogén bekeverés hatása a gázmotor teljesítményére a légfelesleg és a hidrogén bekeverés függvényében. (fordulatszám=1200 1/perc, szívótér nyomás=105 kPa, a gyújtás a maximális nyomatékra optimalizált) [6]*

# INDIKÁLT HATÁSFOK



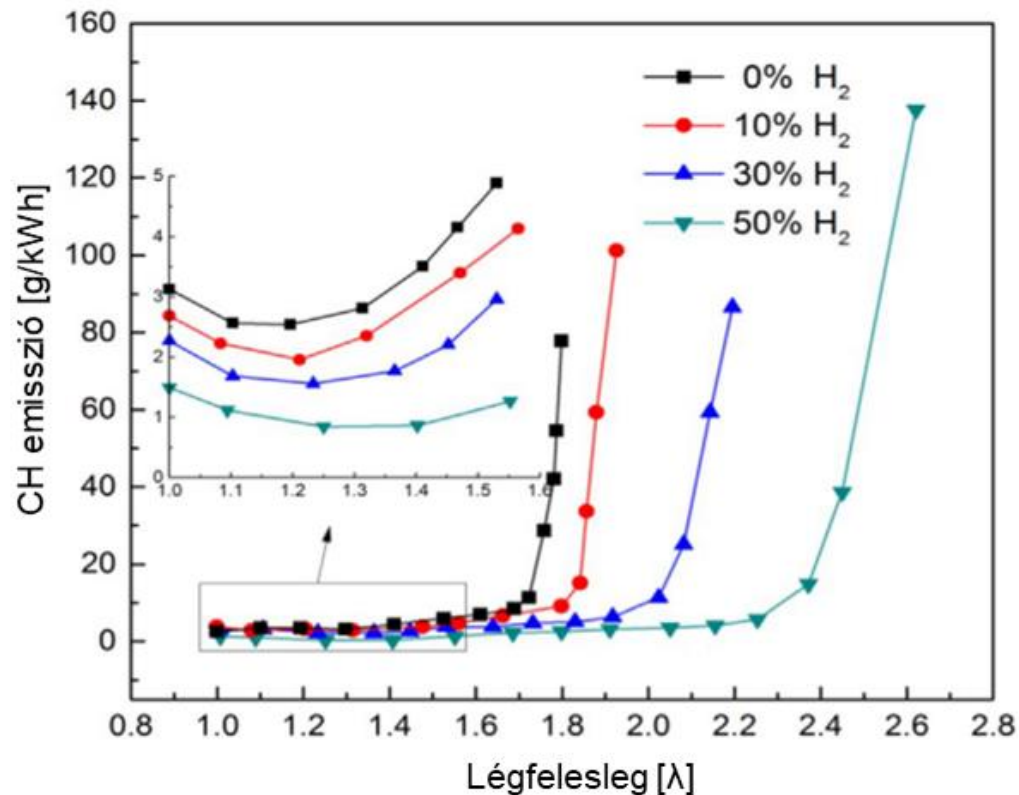
*Indikált hatásfok a légfelesleg tényező függvényében különböző hidrogén bekeverések esetén, ( $n=1200$  1/perc, szívócsőnyomás=105kPa, névleges terhelés, előgyújtás=30°) [7]*

# NO<sub>x</sub> EMISSZIÓ



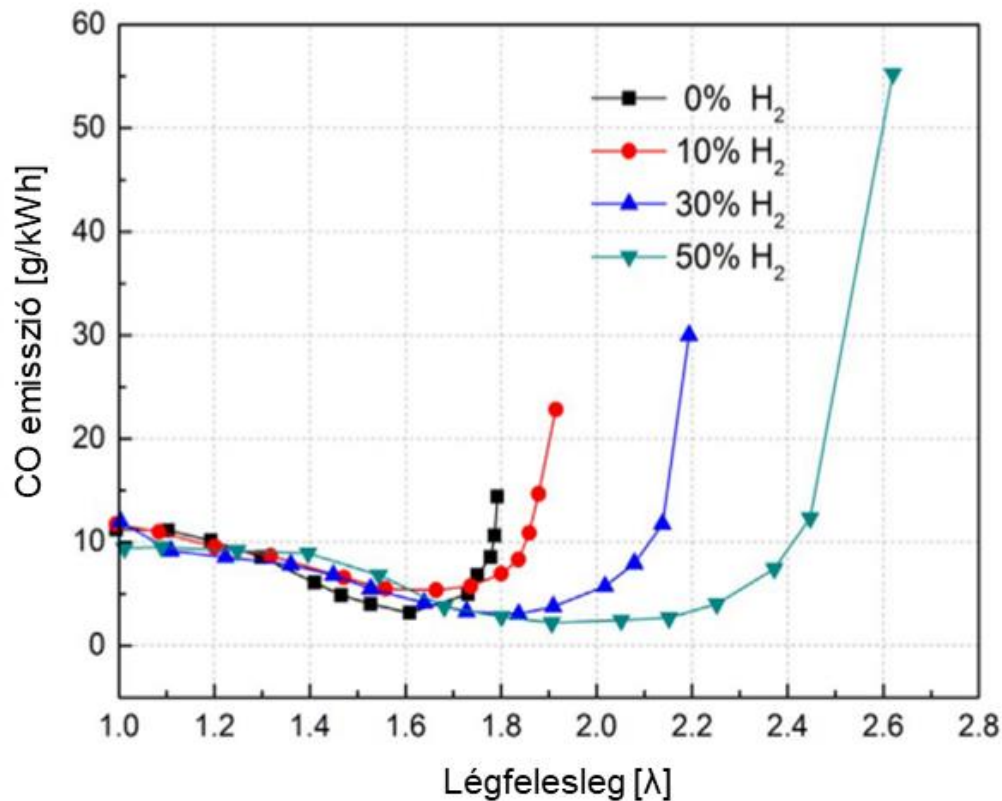
*NO<sub>x</sub> emisszió a légfelesleg függvényében különböző hidrogén bekeverések esetén, (n=1200 1/perc, szívócsőnyomás=105kPa, névleges terhelés, előgyújtás=30°). [7]*

# CH EMISSZIÓ



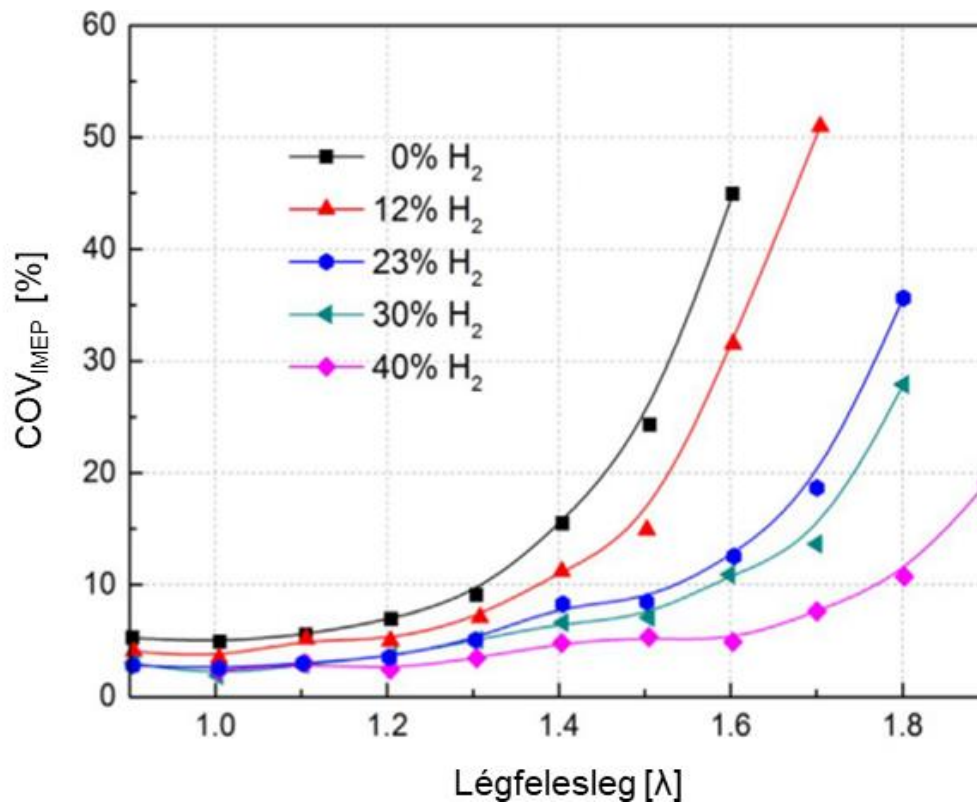
Fajlagos CH emisszió a légfelesleg függvényében különböző hidrogén bekeverések eseté ( $n=1200$  1/perc, szívócsőnyomás=105kPa, névleges terhelés, előgyújtás=30°). [7]

# CO EMISSZIÓ



Fajlagos CO emisszió a légfelesleg függvényében különböző hidrogén bekeverések esetén ( $n=1200$  1/perc, szívócsőnyomás=105kPa, névleges terhelés, előgyújtás=30°) [7]

# CIKLUSSZÓRÁS



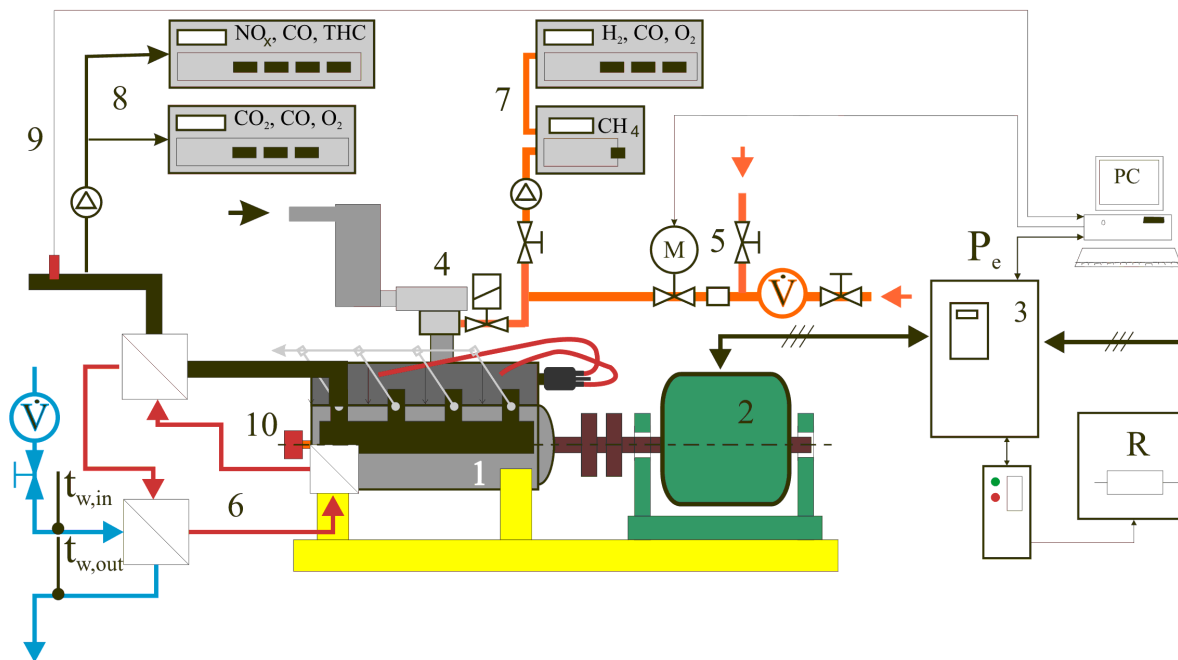
A ciklusonkénti eltérések ( $COV_{IMEP}$ ) változása a hidrogén bekeverés hatására a légfesleg függvényében ( $n = 2000$  1/perc, eff. középnyomás = 0.16 MPa, előgyújtás  $30^\circ$ ) [8]



---

# SAJÁT MÉRÉSEK

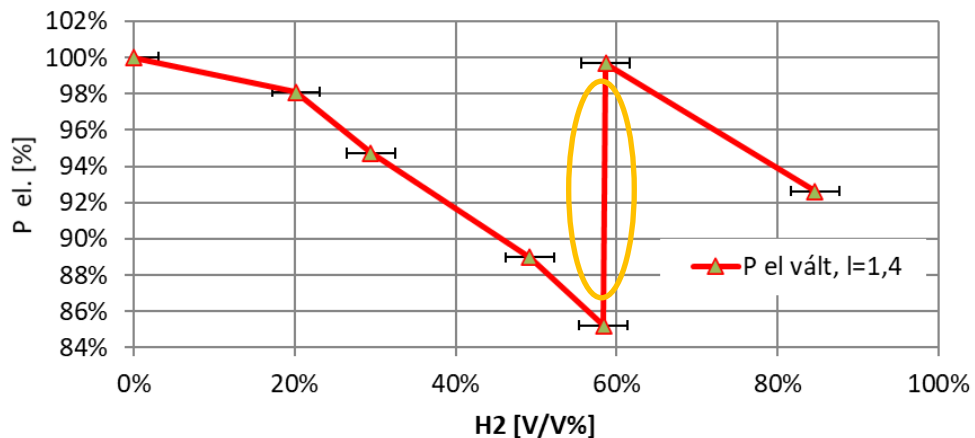
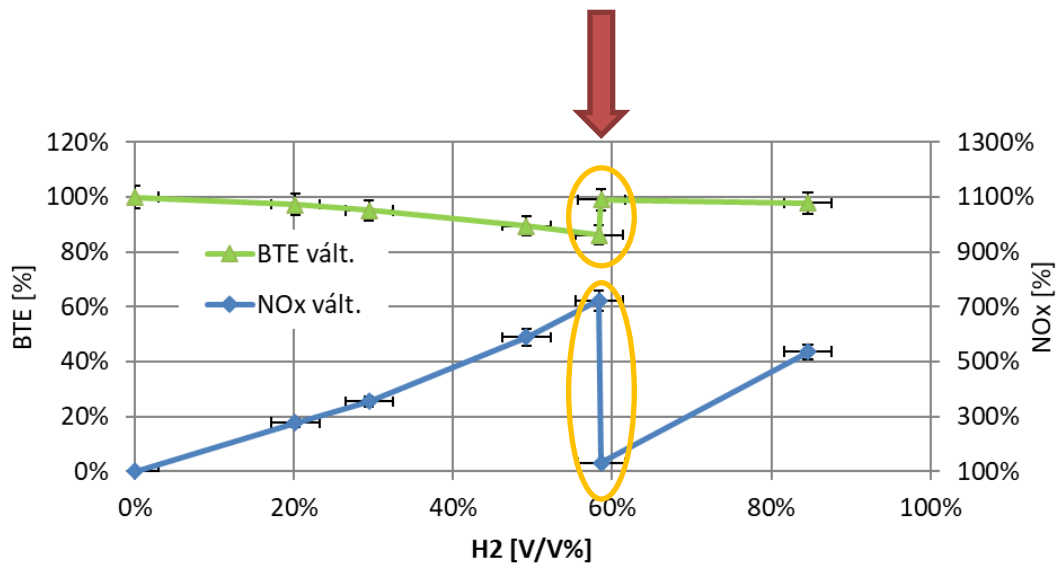
# MÉRŐRENDSZER



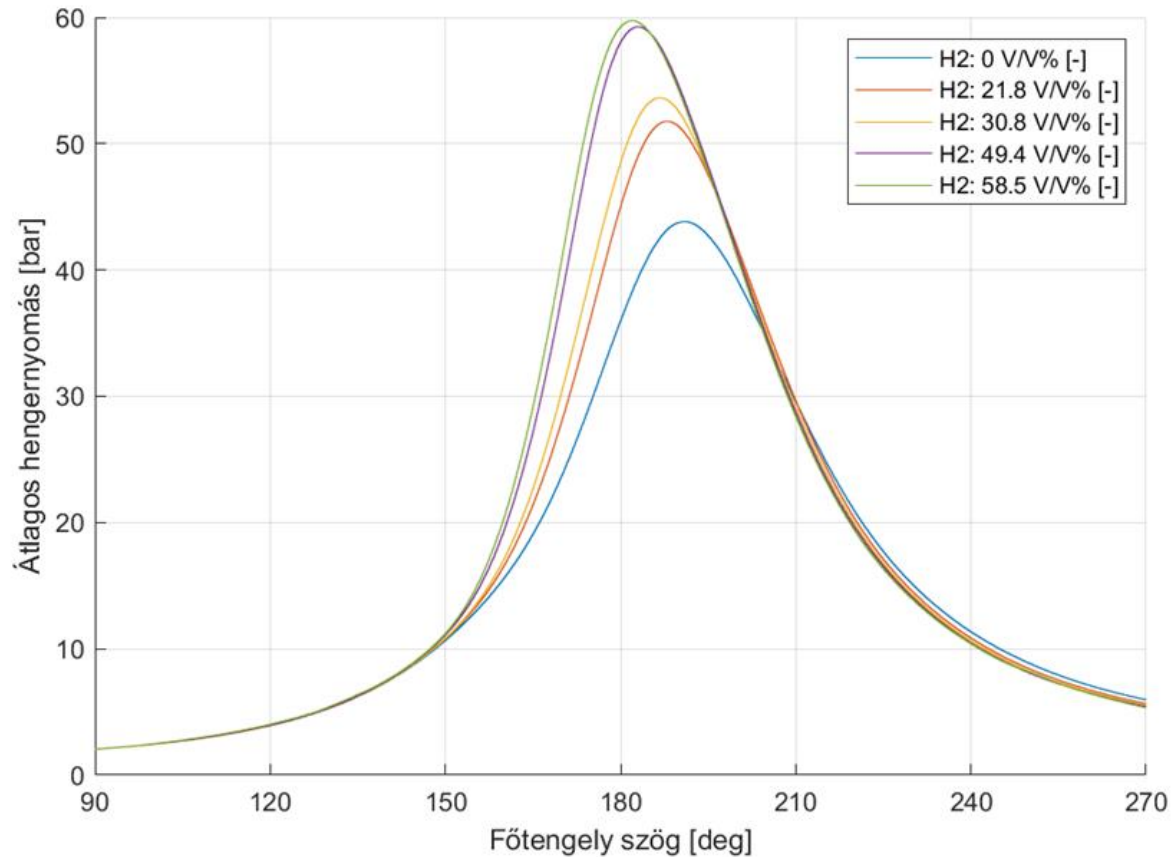
- *Continental TM-27 gázmotor*
- *4 hengeres szívó motor*
- *27 kW villamos teljesítmény*

# MÉRÉSI EREDMÉNYEK

előgyújtás állítása

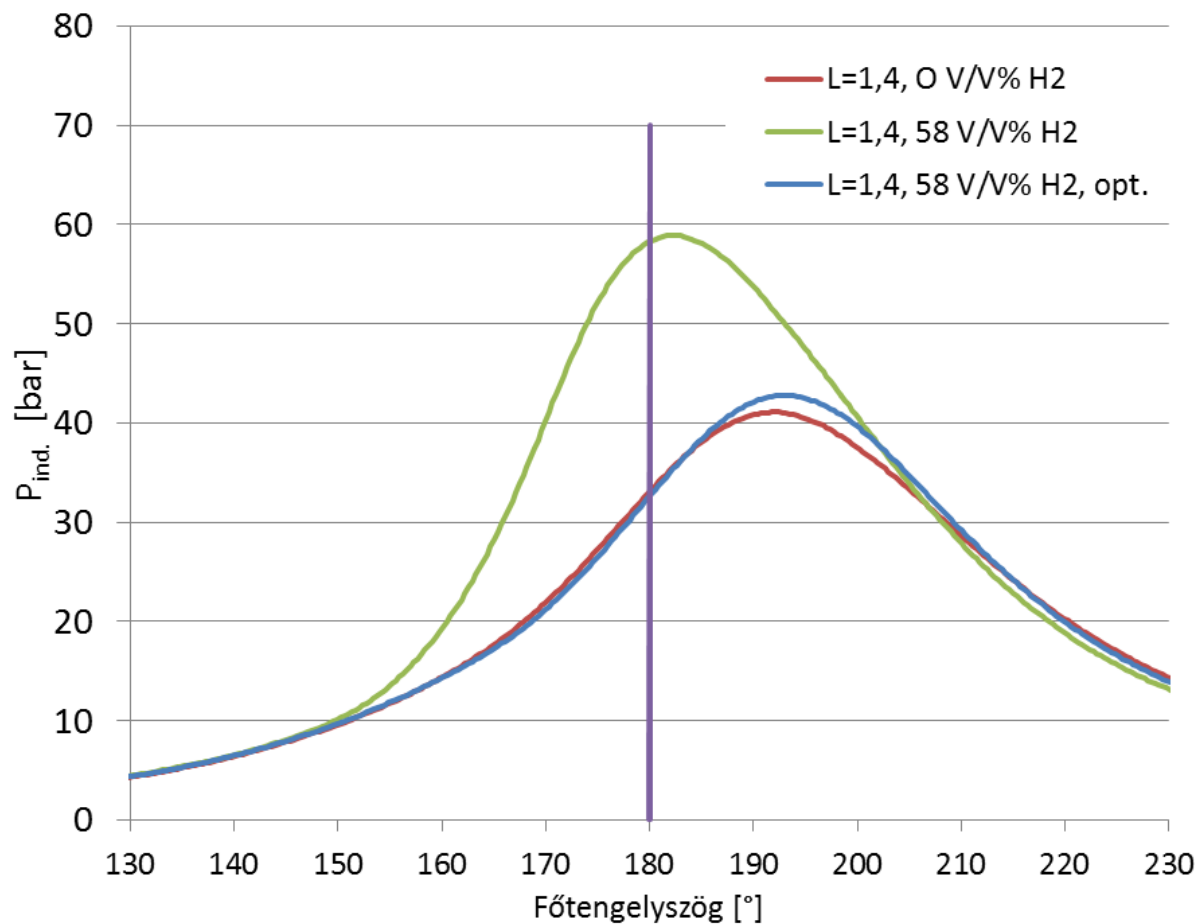


# INDIKÁTOR DIAGRAMOK



Égéstérnyomások 1,4 légfeszleg esetén főtengely szög függvényében, különböző hidrogén bekeverések esetén

# INDIKÁTOR DIAGRAMOK



Égéstérnyomások 1,4 légelesleg esetén főtengely szög függvényében, különböző hidrogén bekeverések esetén

# ÖSSZEFOGLALÁS

---

- Földgáz-hidrogén keverékkel üzemelő gázmotorok terjedése várható
- A hálózatba történő 5% hidrogénbekeverés lehetséges, de 10% felett már problémás lehet
- A motorok szívórendszerébe történő 30 % hidrogénbekeverés reálisnak tűnik. Ehez viszont a motorokat már át kell alakítani.
- Tisztán hidrogén üzemre speciális, erre a célra tervezett, motorokat kell alkalmazni.

---

**KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!**

- [1] „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”.
- [2] „Fuwu Yan, Lei Xu, Yu Wang: Application of hydrogen enriched natural gas in spark ignition IC engines: from fundamental fuel properties to engine performances and emissions, Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 82, Part 1, February 2018, Pages 1”.
- [3] „Miao H, Lu L, Huang Z. Flammability limits of hydrogen-enriched natural gas. Int.J Hydrog Energy 2011;36:6937–47.”.
- [4] „Fukuda M, Korematsu K, Sakamoto M. On quenching distance of mixture of methane and hydrogen with air. Bull JSME 1981;24:1192–7.”.
- [5] „Flekiewicz B, Flekiewicz M, Kubica G. Identification of Optimal CNG -Hydrogen Enrichment Ratio in the Small SI Engines. SAE Technical Paper 2012-32-0015; 2012.”.
- [6] „Ma F, Wang M, Jiang L, Chen R, Deng J, Naeve N, et al. Performance and emission characteristics of a turbocharged CNG engine fueled by hydrogen-enriched compressed natural gas with high hydrogen ratio. Int J Hydrog Energy 2010;35:6438–47.”.
- [7] „Ma F, Wang Y, Liu H, Li Y, Wang J, Zhao S. Experimental study on thermal efficiency and emission characteristics of a lean burn hydrogen enriched natural gas engine. Int J Hydrog Energy 2007;32:5067–75.”.
- [8] „Wang J, Chen H, Liu B, Huang Z. Study of cycle-by-cycle variations of a spark ignition engine fueled with natural gas–hydrogen blends. Int J Hydrog Energy 2008;33:4876–83.”.