



Biogáz és geotermális energia alapú közúti hidrogén üzemanyag-töltő állomások – használjuk, amink van!

Prof. Dr. Imre Attila Rikárd - Tanszékvezető egyetemi tanár

Dr. Kustán Réka - Egyetemi adjunktus

Kummer Kristóf* - PhD hallgató

BME GPK Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék

* MOL Csoport, DS Green Hydrogen Value Chain Management

IMSYS – VISEGRÁD—2026—04—15-17



BME

„Geo-B H₂ Station”

A FELADAT



A hidrogén mobilitás elterjedéséhez megbízható 7/24-es ellátás kell!



A legtöbb megújuló villamosenergia alapú zöld hidrogén időjárás/napszak/évszakfüggő.



A hazai geotermális és biogáz potenciál egy része kihasználatlan

Geo-B H₂ Station



GEOTERMÁLIS + BIOGÁZ



Geotermális hő plusz biogáz → folytonos hidrogén-ellátás!

A MEGOLDÁS



Geoterm ORC kiserőmű
→ „majdnem zsinóráram”



Biogázból tiszta biometán



Metán plazmalízis (speciális pirolízis); CO₂-mentes H₂

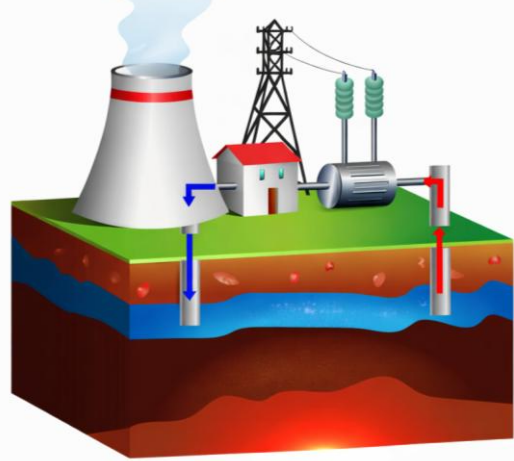


Folyamatos helyi termelésű hidrogén ellátás

Egy lehetséges megoldás – geoterm áram alapú mikroállomás

Geoterm ORC kiserőmű
„majdnem zsinóráram” 70–130 °C geoterm hóből

Teljesen moduláris, duplikálható különböző biogáz+geoterm kút pároknál



Geotermális kút
1 MW ORC
≈ 50 kg H₂/óra
≈ 1.2 t H₂/nap

Helyi termelésű hidrogén üzemanyag-töltő állomás

24/7 hidrogén előállítás, nincs nagy tárolási szükséglet, minimális hálózat-függőség



Biometán biogázból



Biogáz → Metán plazmabontás
Folyamatos biometán ellátás; CO₂ mentes H₂ + szilárd szén (\$\$\$!!), nem zöld, hanem türkiz, nem karbonsemleges, hanem karbonnegatív! Csak 10 kWh/kg (vízbontás ötöde)!



H₂ üzemanyag-töltő állomás

Helyi hő + helyi biogáz → helyi, szállításmentes hidrogén

Értékek és regionális impakt



Műszaki előnyök

- ✓ Folytonos, állandó tömegáramú H₂ termelés
- ✓ CO₂-mentes hidrogén-előállítás (villamosenergia is alacsonykarbon lábnyomú) + szilárd szén „melléktermék (akkumulátoripar!\$\$\$\$!)
- ✓ Nincsenek holtidők → nincs szükség nagy akkumulátorra vagy hidrogéntartályra
- ✓ Létező geotermális és biogáz erőforrásokat hasznosít

Hungarikum – Pannonikum - Visegrádikum



- ✓ Határokon átnyúló hidrogén értéklánc
- ✓ Közlekedés, áruszállítás dekarbonizációja
- ✓ Nagyjából „másolható” Közép Európában
- ✓ Megvalósíthatóság-közei állapot

Zsinóráramú geotermális villamosenergia → megbízható, megújuló alapú, alacsony karbonlábnyomú, helyben előállított hidrogén



Pilot és felskálázás

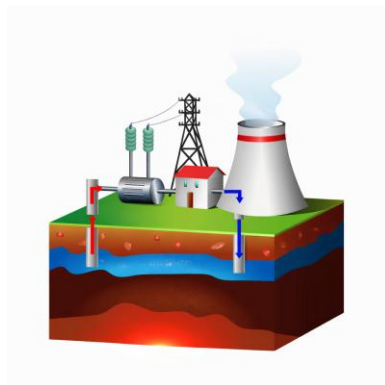
Pilot kb. 2 év

1. Fázis

6-9 hónap

Megvalósíthatóság

- ✓ Telephely beazonosítás: geotermális kutak + közeli biogáz telep + TEN-T út
- ✓ ORC + plazmabontó integráció modellezése
- ✓ Helyi H₂ igények felmérése (pl. kisvárosi busz-flotta), logisztika



2. Fázis

+12-18 hónap

Demonstráció (pilot)

- ✓ 50–200 kW ORC + 20–80 kg/nap H₂ pilot építése
- ✓ Kompakt hidrogénes üzemanyagtöltő építése (léteznek ilyenek)
- ✓ Folytonos, off-grid H₂ előállítás validálása



3. Fázis

+ 2 év

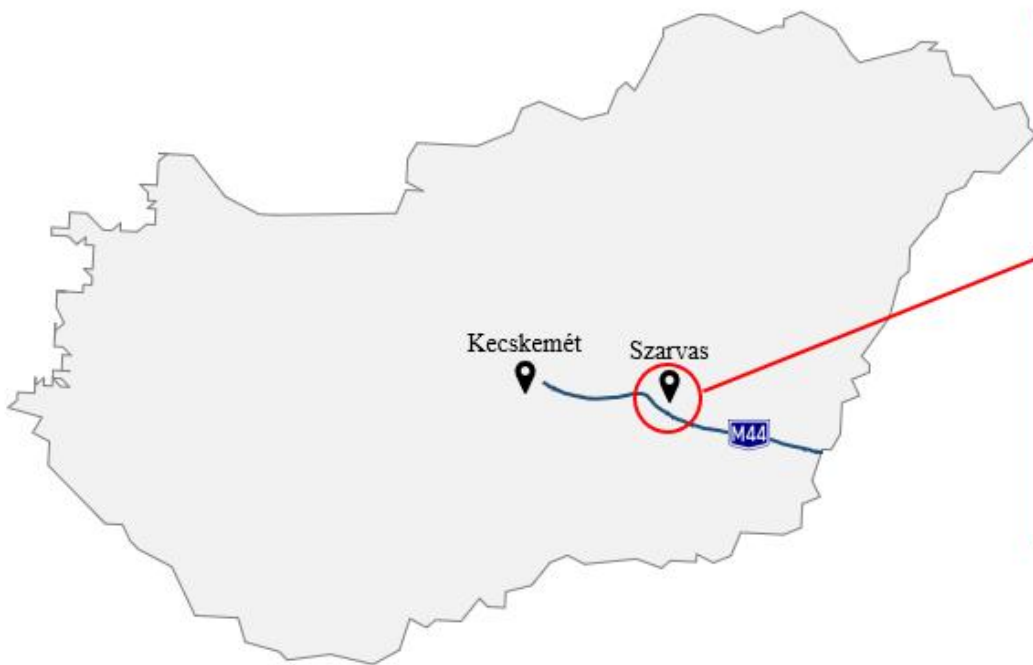
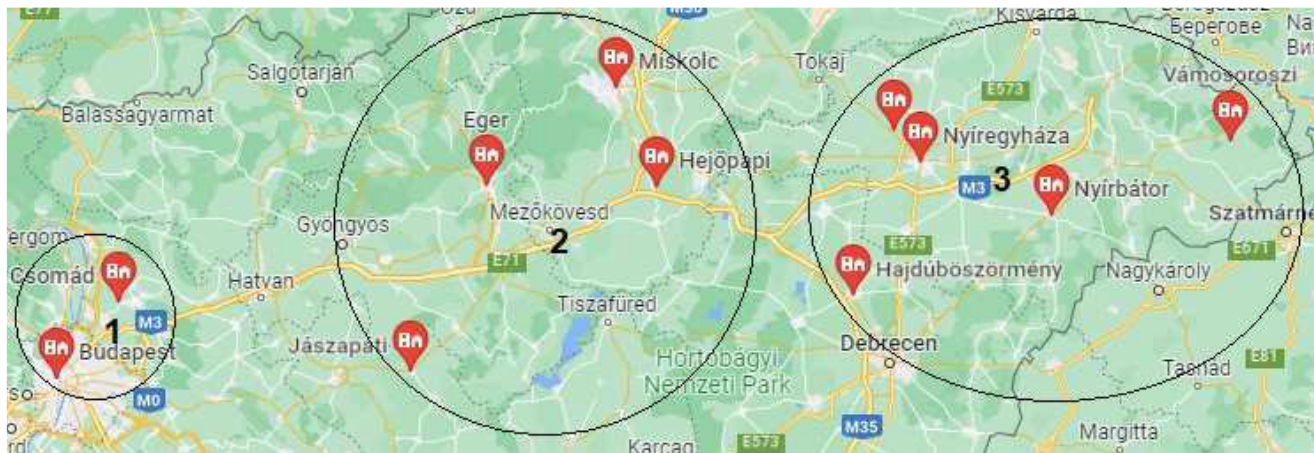
Regionális kiterjesztés (Pannon medence)

- ✓ További potenciális telephelyek beazonosítása
- ✓ Ezekre alapozva egy regionális hidrogén-völgy (folyosó) kialakítása
- ✓ Kiterjesztés (más hőforrások bevonása, nagyobb ORC egységek, bi- és trigeneráció – hő, villamosenergia, hidrogén)



Lokáció

Potenciális biogáz alapú hidrogén-üzemanyag-töltők az M3-ason

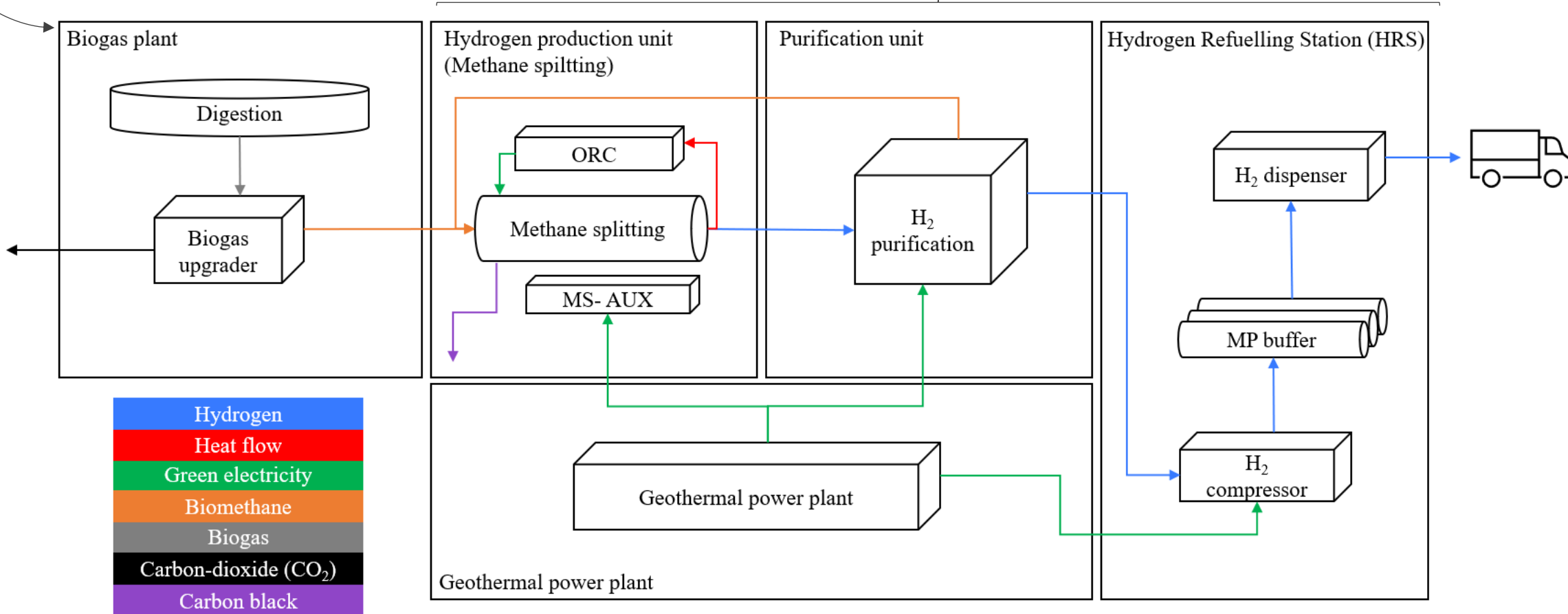


Szarvas-M44 (nem TEN-T, de Amszterdam-Isztambul kamionoknak jó lenne)

Konceptió

Létező rész

Megvalósítandó részek

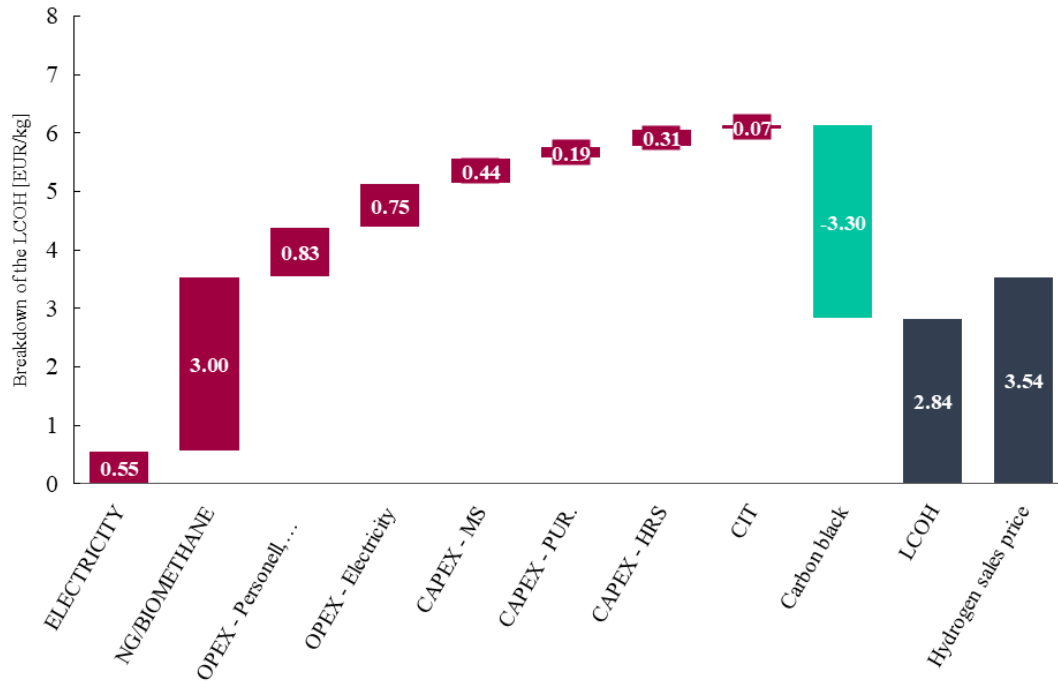


Létező rész

Azok a csúnya pénzügyek...

LCOH – Levelized Cost of Hydrogen részei
„Mérsékelt előrehaladásnál”

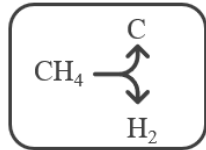
LCOH a különböző scenáriókhoz



		"Rapid expansion"	"Moderate progress"	"Hard-to-implement"
LCOH (2028-2048)	EUR /kg	1.98	2.84	3.92
H₂ sales price to Customer (fix value) (2028-2048)	EUR /kg	2.45	3.54	4.86
H₂ Breakeven cost for Customers	EUR /kg	4.81	4.20	2.60
NPV	mnEUR	7.42	2.06	-
IRR	%	30.0	11.8	-

- A „Gyors terjedés” forgatókönyv felgyorsíthatja a hidrogénmobilitás elterjedését a nehézgépjármű-szektorban, mivel a rendkívül alacsony előállítási költség akár a szürke hidrogénnel is versenyképes.
- A „Mérsékelt előrehaladás” forgatókönyv konzervatívabb megoldást kínál, de a meglévő keresleti oldal mellett ez az eset is gazdaságilag megvalósítható lenne.
- A „Nehézkesen megvalósítható” forgatókönyvben, bármilyen támogatási rendszer nélkül, a hidrogénmobilitás továbbra is „luxuscikknek” számítana.
- A termelési és keresleti oldalon alkalmazott támogatási rendszerek egymással kombinálhatók.

Összefoglalás



A biometán-alapú hidrogénelőállításnak fontos szerepe lehet a következő években – évtizedekben (bár hosszú távon valószínűleg felváltja valamely víz alapú (elektrolízis, hőbontás) technológia).



A helyi hidrogéntermelés növeli az **ellátásbiztonságot**!



A metánbontásnak értékes terméke lehet (tisza szén), valamint karbon-negativitása miatt egyes technológiák „karbonsemlegesítője” is lehet!



Másolható – még geoterm háttér nélkül is olcsóbb és zöldebb lehet, mint az elektrolízises hidrogén-előállítás.



Magas TRL szint, modularitás – ezek fontosak lehetnek a következő pár évben!

Köszönetnyilvánítás

A kutatást az MTA Fenntartható Fejlődés és Technológiák Nemzeti Program (FFT NP FTA) támogatta.

Források

Kristóf Kummer, Attila R. Imre: Supply of the hydrogen refuelling stations in the Hungarian part of the Trans-European Transport Network – comparison of the methane splitting and water electrolysis, International Journal of Hydrogen Energy 186C (2025) 152084, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.152084>

Kristóf Kummer, Attila R. Imre, Réka Kustán: Decentralized Hydrogen Refuelling Station Concept: Achieving Security of Supply through Geothermally-Powered Onsite Biomethane Pyrolysis, Journal of Sustainable Development of Smart Energy Networks, 1 (2026) 1030692 , <https://doi.org/10.13044/j.sdi.d3.0692>

.



Köszönöm a figyelmüket!

imreattila@energia.bme.hu

www.bme.hu



BME