

BioCon 2026 - A Biogáz Konferencia

Biogáztelepek hidrogéntermelési lehetőségei és a geotermikus energia szerepe

Dr. Kustán Réka

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem



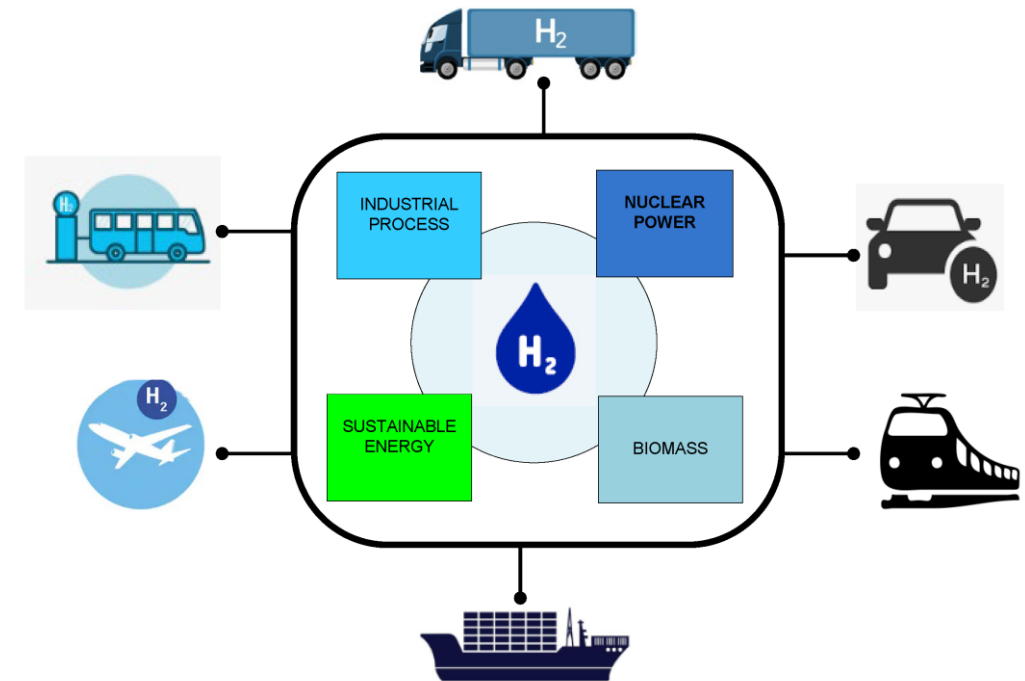
Biológiai alapú energiatermelés szerepe a hidrogénalapú közlekedési rendszerekben

- A biogáz és a biometán hagyományos hasznosítása elsősorban villamosenergia- és hőtermelés
- Növekvő igény a magasabb hozzáadott értékű energetikai alkalmazások iránt
- A hidrogénalapú közlekedés kiszámítható, folyamatos üzemanyag-igényt jelent
- Különösen releváns alkalmazás nehézgépjárművek (HDV) esetében
- A koncepció nem a klasszikus biogázhasznosítás kiváltását célozza
- Cél: a biogáztelepek szerepének újraértelmezése decentralizált hidrogénellátási csomópontként:
 - Biogáz mint decentralizált, folyamatosan rendelkezésre álló energiaforrás
 - Biometán mint alacsony szénintenzitású hidrogén-alapanyag
- A biológiai eredetű energiaforrás integrált része egy komplex energia- és közlekedési rendszernek
 - Kapcsolódás a közlekedési és energetikai infrastruktúrához
 - Rendszerszintű megközelítés a biogáz–hidrogén–villamos energia tengelyen

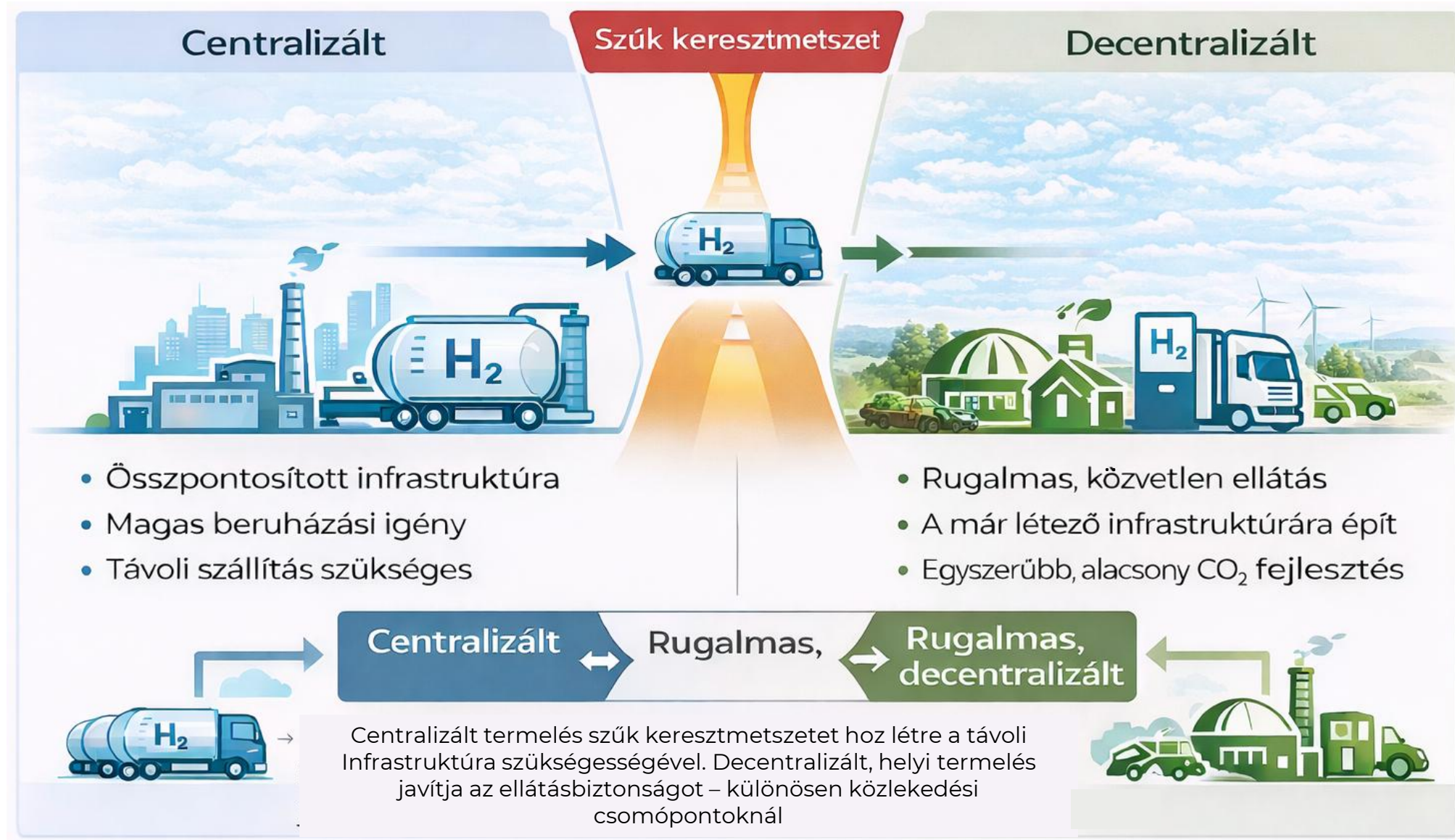


Hidrogén alapú közlekedés - ellátásbiztonság

- A hidrogén alapú közlekedés technológiai elemei ma már elérhetőek (járművek, üzemanyagcellák, töltéstechnológiák)
- A fő korlát nem technológiai, hanem piaci és infrastrukturális jellegű
 - Alacsony járműpenetráció → lassan kiépülő infrastruktúra
- Centralizált hidrogéntermelés: magas beruházási és logisztikai igény
- Hidrogéntermelés villamosenergia-igénye gyakran időjárásfüggő megújulókra támaszkodik
 - Időjárásfüggő villamosenergia-források → nagy pufferkapacitás szükséges
- Nehézgépjárművek (buszok, teherautók) kiszámítható, napi fogyasztási profilja
- Lehetőség decentralizált, helyi hidrogénellátási megoldások kialakítására



Hidrogénellátás – Centralizált vs. decentralizált



Biogáztelepek mint decentralizált hidrogéntermelési csomópontok

Decentralizált hidrogéntermeléshez hosszú távon működő, stabil helyszínek szükségesek

- A biogáztelepek földrajzilag kötöttek, nem ideiglenes létesítmények

A biogázüzemek gyakran nagyforgalmú közlekedési útvonalak közelében helyezkednek el

- Ez kedvez a hidrogén töltőállomások logikus, helyi telepítésének



Folyamatos alapanyag ellátás:

- Különösen a trágyaalapú rendszerek esetén

A biogáz biometánná történő feldolgozása hidrogén-alapanyagként való felhasználást tesz lehetővé

A koncepció nem általánosítható: földrajzi és infrastrukturális feltételekhez kötött megoldás

Hidrogéntermelési technológia

Biometán alapú hidrogéntermelés decentralizált alkalmazásokra

- Decentralizált, helyszíni hidrogéntermelés biogáztelephez kapcsolva
- Biometán-alapú metánhasítás (methane splitting / pyrolysis) mint kulcstechnológia
- Nem-termikus plazma reaktor alkalmazása
- A folyamat során CO_2 nem keletkezik, melléktermék szilárd szén (carbon black)
- Az energiaellátás támogatása geotermikus forrásból, ORC rendszeren keresztül biztosított
- A technológia jól illeszthető hidrogén-töltőállomásokhoz és nehézgépjárműves mobilitáshoz

A kritikus energetikai kérdés

A villamosenergia-ellátás szerepe decentralizált hidrogénrendszerekben

Villamosenergia-igény nagysága és forrása

- A hidrogén előállítás gazdaságosságát és GHG-lábnyomát döntően az határozza meg, hogy mekkora és milyen szén-intenzitású villamos energia szükséges a folyamathoz.
- Az elektrolízis nagy fajlagos fogyasztása ($\approx 60 \text{ kWh/kg H}_2$) jelentős hátrányt jelent a metánhasítással szemben.

Ellátásbiztonság és folyamatos üzem

- Hidrogén-töltőállomások esetén a folyamatos, 0–24 üzem kritikus.
- Időjárásfüggő megújulók esetén ez csak nagy és költséges tárolással lenne biztosítható.
- Ez indokolja az időjárástól független, stabil energiaforrás (pl. geotermia) alkalmazását.

Hőintegráció és hulladékhő-hasznosítás

- A metánhasítás magas hőmérsékletű ($\approx 1000 \text{ °C}$) folyamata jelentős jó minőségű hulladékhőt termel.
- Ennek kihasználása kulcsfontosságú az összesített energiaigény csökkentéséhez.

Fajlagos energiafelhasználás csökkentése

- A választott nem-termikus plazma alapú metánhasítás lényegesen alacsonyabb villamosenergia-igényű ($\approx 14 \text{ kWh/kg H}_2$ összesen)
- Energetikai és gazdasági előnyt jelent decentralizált rendszerekben.

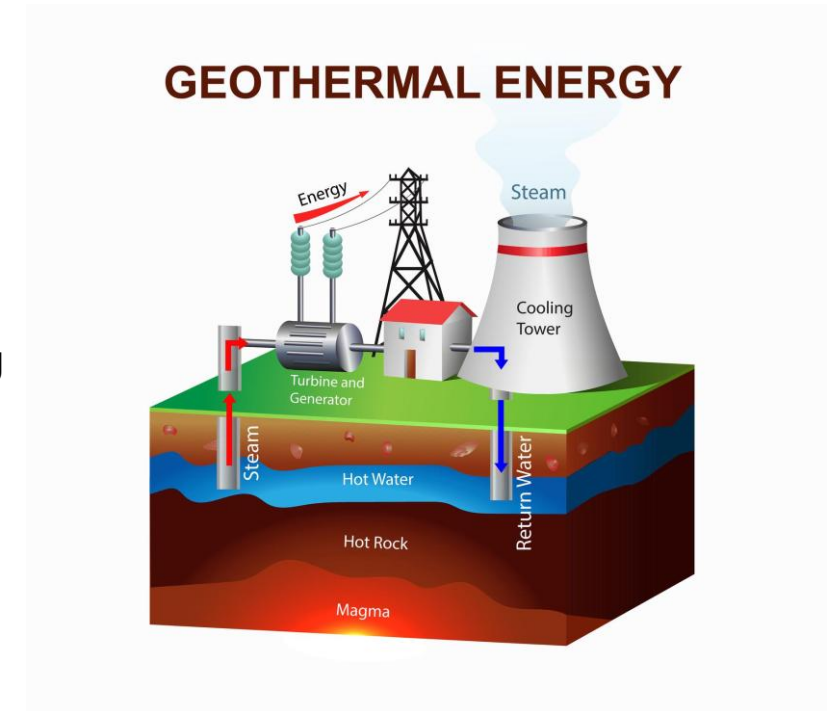
Energiaforrás-technológia illeszkedés

- Az előállítás akkor tekinthető fenntarthatónak, ha az energiaforrás (geotermia) és a hidrogénteknológia (MS) mennyiségben, minőségben és időbeliségben is illeszkedik egymáshoz.

Stabil villamosenergia-forrás kiválasztása

Geotermikus energia alkalmazása decentralizált hidrogénrendszerek villamosenergia-ellátására:

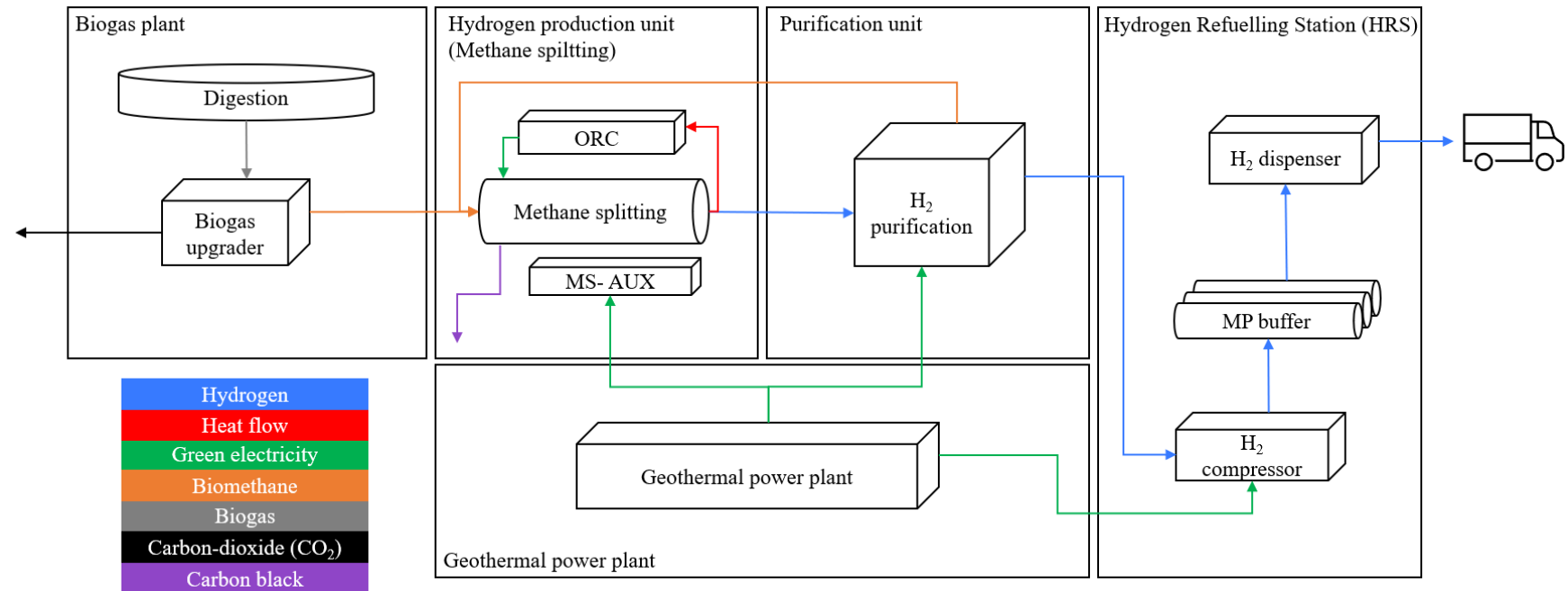
- Időjárásfüggetlen, folyamatosan rendelkezésre álló energiaforrás
- Magas éves kihasználtság és rendelkezésre állás
- Kifejezetten alkalmas bázisterhelésre
 - Decentralizált hidrogénrendszerekben nem csúcsteljesítményre, hanem kiszámítható, állandó villamos teljesítményre van szükség
- Hő-villamos energia szinergiák kihasználhatók
- Terület- és adottságfüggő, de stratégiai jelentőségű
 - Földrajzilag korlátozott, de különösen kedvező adottságok a Pannon-medencében
 - Meglévő kutak energetikai újrahasznosításának lehetősége



A vizsgált rendszerkoncepció

Decentralizált, helyszíni hidrogéntermelési koncepció biogáz és geotermikus energia integrálásával:

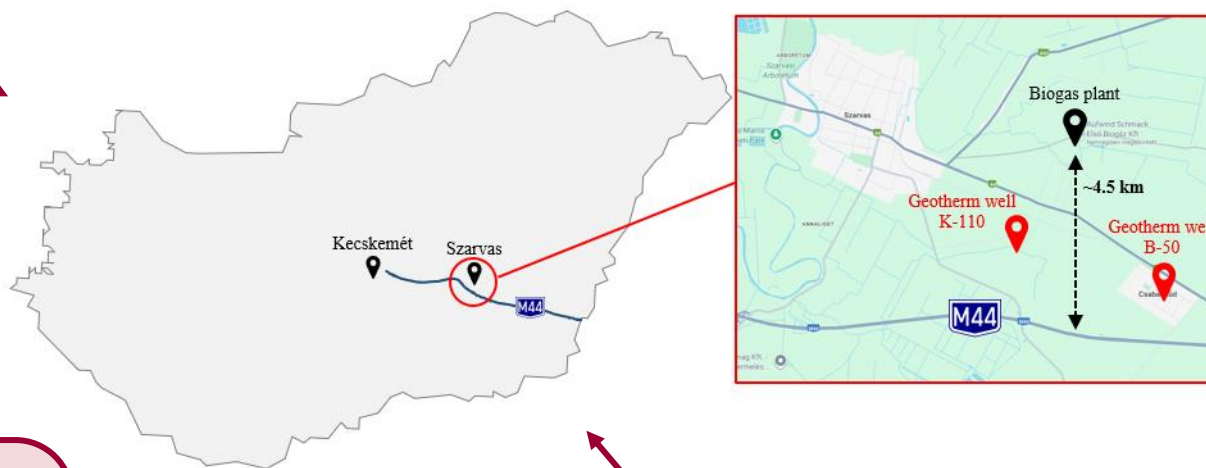
- Decentralizált hidrogéntermelési lánc, meglévő biogáz- és geotermikus infrastruktúrára építve
- Biometán-alapú metánhasítás mint helyszíni hidrogénelőállítási technológia
- Geotermikus villamos energia és hőintegráció a folyamatos üzem biztosítására - ORC
- Közvetlen kapcsolat a hidrogén-töltőállomással, minimalizált szállítási és tárolási igénnyel
- Hulladékhő hasznosítás - ORC



Biogázüzem és biometán-előállítás

Koncepció alapja egy forgalmas főút vagy autópálya közelében elhelyezkedő biogázüzem, amely képes a hidrogéntermeléshez szükséges alapanyag biztosítására.

Az üzem évi 11–12 millió Nm^3 biogáz termelésére képes, főként állati eredetű biomasszából (trágya, hulladék).



A hazai biogázüzemek elhelyezkedéséről léteznek adatbázisok, azonban részletes technológiai és energiaáramlási adatok korlátozottan elérhetők, elsősorban üzleti titokvédelem miatt.

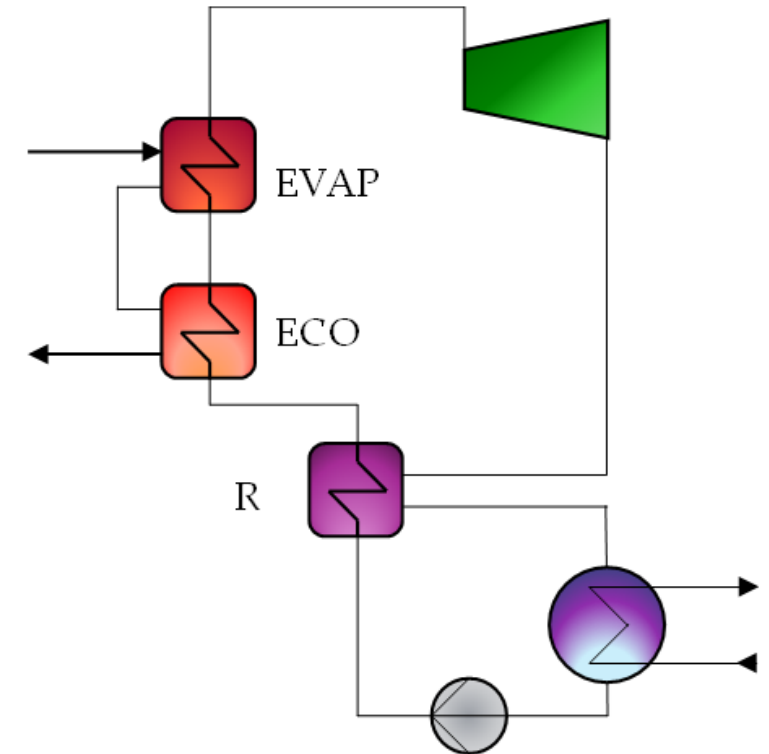
Az esettanulmány helyszíne Szarvas térségében található, az M44 gyorsforgalmi út közelében ($\approx 4,5$ km).

A becsült biometán-potenciál elegendő egy ~ 1 t/nap kapacitású hidrogén-töltőállomás ellátására, hosszú távon is.

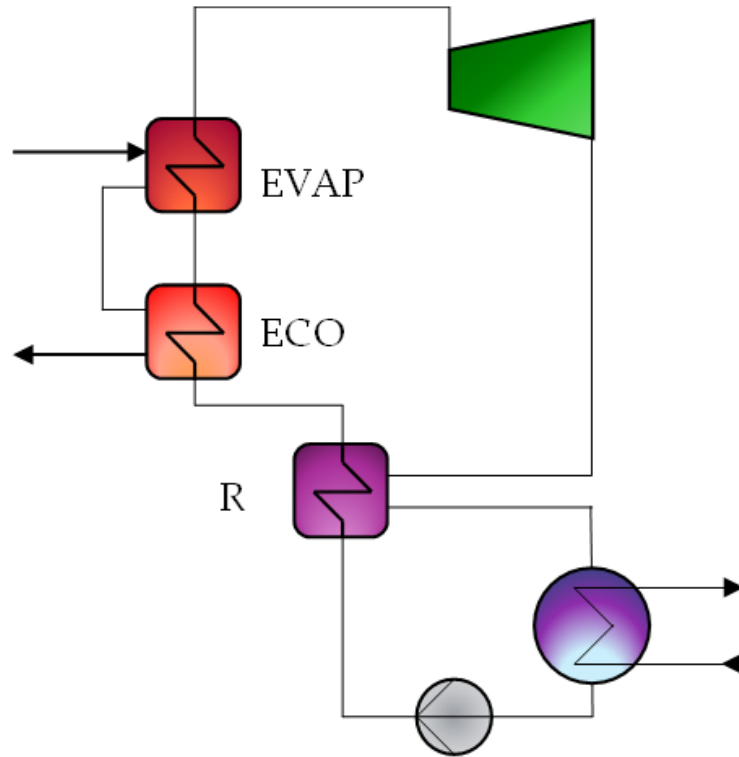
A geotermikus hő villamosenergia-hasznosítása

Organikus Rankine-ciklus (ORC) alkalmazása alacsony hőmérsékletű geotermikus források esetén:

- Alacsony hőmérsékletű ($\approx 90\text{--}120\text{ }^{\circ}\text{C}$) geotermikus hő hasznosítása villamosenergia-termelésre
- Esettanulmány: Szarvas–Csabacsüd térségben lévő K-110 geotermikus kútra épül, amely közel helyezkedik el a biogázüzemhez és az M44 gyorsforgalmi úthoz.
- A kút jelenlegi $\sim 98\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérséklete és nagy térfogatárama elegendő a városi távhőigény kielégítésére, a fennmaradó hő pedig villamosenergia-termelésre hasznosítható.
- A geotermikus hő hasznosítása ORC rendszeren (bután) keresztül történik, amely $\sim 1,18\text{ MWe}$ villamos teljesítményt biztosít a hidrogéntermelési lánc számára.
- A meglévő geotermikus infrastruktúra alkalmazása javítja az ellátásbiztonságot és kedvező beruházási megtérülést eredményez decentralizált hidrogénrendszerek esetén.



Hulladékhő hasznosítása



ORC alkalmazása hulladékhő források esetén:

- A metánhasítás során keletkező magas hőmérsékletű hulladékhő a technológia értékes mellékterméke.
- A vizsgált esetben a reaktorhőmérséklet $\sim 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, ahol a termékek hűtése során $\approx 0,464\text{ MWth}$ hasznosítható hő áll rendelkezésre (50 kg/h H_2 kapacitás mellett).
- Ez a hő ORC rendszeren keresztül villamos energiává alakítható.
- A hulladékhő-hasznosítással $\approx 0,11\text{ MWe}$ villamos teljesítmény termelhető, toluol munkaközeggel.
- Az ORC alkalmazása csökkenti a teljes rendszer nettó villamosenergia-igényét, és javítja a technológia gazdasági életképességét.

Rendszerszintű hatások és előnyök

ORC integráció hatása a teljes hidrogénellátási rendszerre:

- Villamosenergia-önellátás növelése
 - A geotermikus és hulladékhő-alapú ORC-k együttes alkalmazása jelentősen csökkenti a külső villamosenergia-igényt.
- Ellátásbiztonság és üzembiztonság javítása
 - Időjárásfüggetlen, folyamatos energiatermelés biztosítja a hidrogéntermelési lánc stabil 0–24 üzemét.
 - Csökkentett hálózati kitettség és pufferigény
- Energiahatékonyság növelése rendszer szinten
 - A különböző hőszintek integrált hasznosítása javítja az összesített energia- és exergiahatékonyságot.
- Gazdaságosság és LCOH csökkentése
 - A belső villamosenergia-termelés mérsékli az OPEX-et és javítja a hidrogén előállítás fajlagos költségét.
- Skálázható és replikálható koncepció
 - Meglévő geotermikus és ipari hőforrásokra építve a modell más helyszíneken is adaptálható.
- Javuló üvegházhatásúgáz-mérleg a teljes rendszerben

Korlátok és alkalmazhatósági feltételek

A koncepció alkalmazhatóságának fő feltételei és korlátai:

- Nem univerzális megoldás, csak célzott helyszíneken alkalmazható
- Geotermikus adottságok és meglévő kutak elérhetősége
- Biogáz–biometán alapanyag mennyisége és minősége
 - Helyi közlekedési igény (HDV forgalom) megléte
 - Beruházási és szabályozási környezet szerepe

Következtetések

A biogáz–geotermia–hidrogén rendszer szerepe:

- A biogáztelepek nem csak végpontok, hanem energetikai csomópontok lehetnek
- Az ORC integráció kulcs lehet az ellátásbiztonsághoz
- A koncepció helyspecifikus, de reálisan megvalósítható
- Alkalmas a hidrogénalapú közlekedés kezdeti infrastruktúrájának támogatására
- A biogáz, geotermia és hidrogén egymást erősítő elemei egy alacsony szénintenzitású energiarendszernek

A kérdés nem az, hogy minden biogáztelepből hidrogénközpont legyen, hanem az, hogy hol van az a néhány hely, ahol ez valóban értelmesen működik

Köszönöm a figyelmet!

