

Paradigmaváltás előtt áll a közlekedés – A zöldhidrogén felhasználása a közlekedésben¹

Az értekezés célja, hogy bemutassa a KTI/SZ/278-3/2023. sz. „Zöldhidrogén előállítás, tárolása és felhasználása, nemzetközi esettanulmányok és mintaprojektek összegyűjtése a közlekedés, a szállítás és az energetika területéről” kutatási program alapvetését, és feltárja a zöldhidrogénre alapozott komplex fejlesztési program szükségességét a magyarországi energiastratégia egyes kérdéseinek újragondolásához.

Kulcsszavak: zöldhidrogén előállítás; zöldhidrogén betárolás; off-grid megoldás; energia stratégia; energia függetlenség, dual fuel, eFuel

DOI: <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2024.4.5>

Dr. Bódi Antal PhD

KTI Magyar Közlekedéstudományi és Logisztikai Intézet
e-mail: bodi.antal@kti.hu

1. BEVEZETÉS

A KTI-ben (KTI Magyar Közlekedéstudományi és Logisztikai Intézet) több tanulmány és döntéselőkészítő anyag készült, és számos projektötlet fogalmazódott meg az elmúlt időszakban a különböző stakeholderekkel történő egyeztetések során a zöldhidrogén előállítás, tárolása és felhasználása tárgyában. Folyamatosan végezzük a hazai és nemzetközi esettanulmányok és mintaprojektek összegyűjtését, elsősorban a közlekedés és a szállítás terüle-

téről. Az Intézetben meghatározó kutatások folynak az intelligens mobilitás kialakítása érdekében, amelyek jól kapcsolódnak a megújuló energia és az elektromobilitás elterjedést megalapozó IT fejlesztések vizsgálatához. A KTI szerepköréből adódóan kutatásaival a közlekedésbiztonság fokozását, az intelligens közlekedés kialakítását segíti elő. A korábbi jövőképünkben azzal számolhattunk, hogy a kiterjedt digitalizáció lehetősége és igénye a közlekedést is elérte. Olyan intelligens közlekedési rendszerek (Intelligent Transport

¹ Bódi Antal A zöldhidrogén felhasználása a közlekedésben / The green hydrogen usage in transportation In: Horváth, Balázs; Horváth, Gábor (szerk.) XIII. International Conference on Transport Sciences / XIII. Nemzetközi Közlekedéstudományi Konferencia, Győr : Multimodality and sustainability / Multimodalitás és fenntarthatóság Győr, Magyarország : Közlekedéstudományi Egyesület (2023) pp. 356-361. , 5 p. cikk kibővített változata az MTA Közlekedés- és Járműtudományi Bizottságának 2023. november 22-i ülésén elhangzott előadás anyagával.

Systems, ITS) jönnek létre, amelyek az általuk előállított és kezelt adatokra épülve lehetővé teszik az egységes közlekedési adattér kialakulását. A lehetőségek kiaknázása azonban jelentős kockázatot is hordoz magában, mivel az ITS kialakítása során fokozott biztonsági kitérítést és kibernetikai kockázatot jelentő IT rendszereket vagyunk kénytelenek használni. Azzal, hogy adatvezérelt hálózati rendszerek közvetlen emberi kontroll nélkül képesek a közlekedésben meghatározó szerepet játszani, a felelősség meghatározásában és a jogkövető magatartás kikényszerítésében, a jogalkotás és a jogértelmezés számára nagyon komoly kihívást jelentenek. A várakozásunk, hogy az eddig megtapasztalt technológiai fejlődés olyan új lehetőségeket ad a kezünkbe, amelyek segítségével képesek leszünk a kialakuló kihívásokat kezelni és a kockázatok megszüntetni, vagy legalábbis jelentősen mérsékelni. Ezzel szemben az elmúlt évben kirobbant energiaválság jelentős mértékben kimutatta a közlekedés fosszilis alapú energiakitettségét az egész világon, és teljesen új problémákat hozott felszínre, érzékeltetve a közlekedés alapvető energia kitérítését. Ennek hatására számos fejlesztés és kísérleti modell megvalósítása indult be, előremutató szakmapolitikai kezdeményezések kaptak teret világszerte, így az EU-ban és Magyarországon is. A KTI-ben levő közlekedéstudományi kompetencia energetikai szempont szerinti felhasználása jelentős szinergiát jelent, hogy olyan átfogó megalapozó kutatás jöjjön létre, amely a jelenkor kihívásaira megfelelő horizontális és perspektivikus választ tud adni egyszerre a digitális kihívásokra és az energiakitettség kezelésére.

2. A KUTATÁS CÉLJA

A kutatás célja, hogy létrehozzunk egy olyan döntéselőkészítő tanulmányt, amely a zöldhidrogénre alapozott komplex fejlesztési program szakmai megalapozását segíti elő, és ezzel hozzájárul a magyarországi energiastratégia egyes kérdéseinek újragondolásához a nemzetközi összehasonlítás során vizsgált esettanulmányokon keresztül. A legfontosabb vizsgálandó szempontok és kérdések:

- A zöldhidrogén-előállítással hogyan lehet tartósan betárolni és később felhasználni a hektikus napenergiatermelést, és hogyan lehet eltolni az energetikai szempontból kedvezőtlen túltermelési csúcspontokat?
- A decentralizált szempontok figyelembevételével hogyan lehet a zöldhidrogént helyben előállítani, tárolni és felhasználni?
- Az előállított zöldhidrogén esetén milyen off-grid megoldási lehetőségekkel lehet számolni az alternatív meghajtásra a vasúti, a közúti szállítás és a közössi közlekedés területén?
- Kapcsolódó energiamedzsment-rendszerek kialakítása és működtetése során kvantum- és kibernetika biztositására hogyan kell felkészülni?

3. A KUTATÁSI KERETEK MEGHATÁROZÁSA

Olyan hazai és nemzetközi modelleket és esettanulmányokat kutatunk fel, amelyek tevékenysége illeszkedik valamelyik felvázolt fejlesztési szcenárióra vagy annak egy-egy résztvékenységére. Várakozásaink szerint az elérhető lista nem lesz teljes körű, de néhány következtetés így is levonható, és további kutatási irányokat lehet vele meghatározni.

3.1. Konkrét szempontrendszer

- különösen fontosak az elmúlt 5-10 évben a már komoly szakértői háttérrel rendelkező cégek projektjei, amelyek korábban elkezdtek az zöldhidrogénnel foglalkozni, illetve sok új cég is alakult ezen a területen az utóbbi időben;
- a piacon nagyon sok az innováció, eltérő megközelítések léteznek a zöldhidrogén felhasználására, előállítására és tárolására;
- sok a közlekedésben érintett és meghatározó gyártó már most is partneri együttműködésekkel alakított ki ezekkel az új zöldhidrogénhez kapcsolódó cégekkel;
- a kutatás eredményeit összefoglaltuk egy előzetes megvalósíthatósági tanulmány-

ban, ahol azonosítjuk és összegyűjtjük a potenciális együttműködő partnereket. Javaslatot teszünk nemzetgazdasági szinten megvalósítandó üzleti tervre, amelyhez balanced scorecard-ot dolgozunk ki, releváns inerciarendszerben elhelyezzük a piac szereplőit.

3.2. Elvárt eredmények és módszertan

A zöldhidrogén előállítását, tárolását és felhasználását hazai és nemzetközi esettanulmányok alapján mutatjuk be. Meghatározó mintaprojektek összegyűjtése révén a közlekedés, a szállítás és az energetika területéről összekapcsolva az intelligens mobilitással.

A kutatási módszertan során elsősorban tudományos folyóiratok, szabványok, jogszabályok, könyvek, egyetemi és kutatóintézeti publikációk, szakmai kiadványok és szakmai tanulmányutakon ismertetett modellek kerülnek felhasználásra. A kutatási munkafolyamatok során rendszeres státuszértekezleteken egyeztetünk a kitűzött célok előrehaladásával kapcsolatban, amely segítségével könnyebben azonosíthatók lesznek a problémák, az előrehaladás és a szakmai minőség elvárásainak a teljesülése.

A vizsgálat kiterjedt arra, hogy a megújuló energiából történő zöldhidrogén előállításal hogyan lehet tartósan betárolni és később felhasználni a hektikus napenergiatermelést vagy a szél erőművek által megtermelt energiát, és hogy lehet eltolni időben az energetikai szempontból kedvezőtlen túltermelési csúcsokat. A legfontosabb fókusz, hogy a decentralizálási szempontok figyelembevételével hogyan lehet a zöldhidrogént helyben előállítani, tárolni és felhasználni. Ezzel két területen tud-

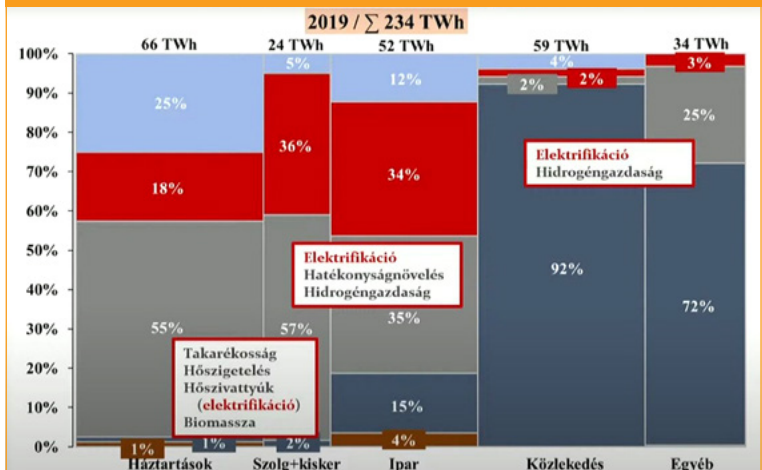
juk jelentősen megnövelni a biztonságot. Az előállított zöldhidrogént off-grid megoldási lehetőséget adnak alternatív meghajtásra mind a vasúti, mind a közúti szállítás és a közösségi közlekedés területén. Ez elősegítheti a közlekedési energiaigények kiszámítható kiszolgáltatását közvetlen hidrogén felhasználással, illetve a hidrogénre alapozott elektromos töltőpontok kialakításával. A zöldhidrogén előállításához kapcsolódó energiamedndsment rendszerek biztosítása elősegíti az energiahálózat rezilienciájának biztosítását.

3.3. A kutatás szükségessége

A kutatás során elkészült egy döntéselőkészítő tanulmány, amelynek a célja, hogy zöldhidrogénre alapozott komplex fejlesztési program szakmai megalapozásával járuljon hozzá a magyarországi energiastratégia egyes kérdéseinek újragondolásához a nemzetközi összehasonlítás során vizsgált esettanulmányokon keresztül. A 2022 novemberében tapasztalt üzemanyagellátási válság rámutatott a közlekedés szénhidrogén alapú kitettségére, amely eléri a 92%-ot (1. ábra). A szektorok között ez tekinthető kitettség szempontjából az egyik legnagyobb energiabiztonsági kockázatnak Magyarországon. 2022. november második felében olyat tapasztaltak a közlekedés, amit évtizedek óta soha: alig volt üzemanyag.

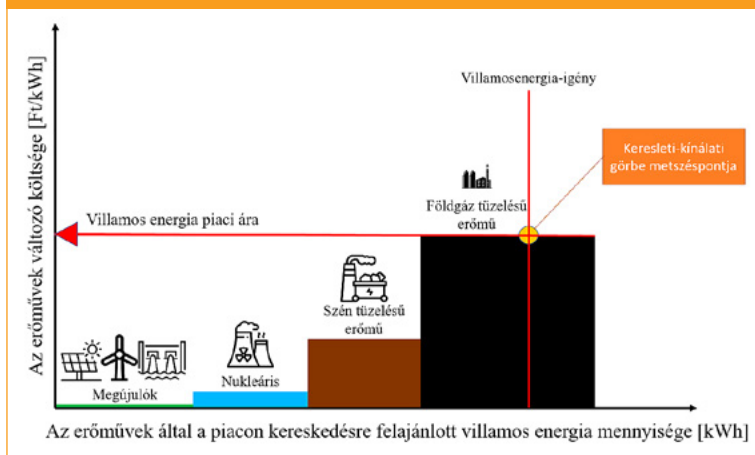
1. ábra: Energetikai kitettség

(Forrás: MTA Magyar Tudomány Ünnepe 2022. Prof. Dr. Aszódi Attila egyetemi tanár, energetikai mérnök előadása 2022. november 9.)



2. ábra: A jelenlegi árampiaci modell (merit order modell) egyszerűsített sémája

(Forrás: Aszódi A., Biró B., 2022, CC BY-SA 4.0)



Az erőművek által előállított áram árát elsősorban a legdrágábban termelő erőmű határozza meg (2. ábra), és ez az esetek többségében jelenleg a földgáztüzelésű erőműveket jelenti, amelyeknél a meghatározó költség a földgáz ára, aminek világpiaci áralakulását a holland gáztözsden lehet látni (3. ábra).

Egyszerre kell megküzdenünk azzal, hogy a megújuló energia termelése hektikus, előre nem kiszámítható, illetve rendszeresen tapasztalható, hogy olyankor jelentkezik a

túlermelés, amikor a fogyasztási igény alacsony. Szerencsére, az így megtermelt elektromos árammal elektrolizáló berendezések segítségével a vizet hidrogénné és oxigénné bonthatjuk. Az így megtermelt zöldhidrogént betárolhatjuk, majd igény szerint bármikor, amikor kevés megújuló energia áll rendelkezésre, a hidrogénnél az elektrolizálás folyamattal ellentétes irányba működő üzemanyagcellában áramot állíthatunk elő (4. ábra), vagy lehetőségünk van közvetlenül akár 100% hidrogén elégetésével energiát visszanyerni a gázerőművekben. A hidrogénnél és az oxigénnél újra víz lesz, így a folyamatban a hidrogén csak, mint energia puffertároló vesz részt és nincs vagy elkerülhető a károsanyag-kibocsátás. A megújuló energiák jellemzője, hogy változó költségük, egyben határköltségük közel nulla (2. ábra), így minél nagyobb arányban vesznek részt az energiamixben, azzal egyre inkább tudjuk csökkenteni az energiaköltségeket.

3. ábra: A gáz világpiaci árának alakulása a holland gáztözsden

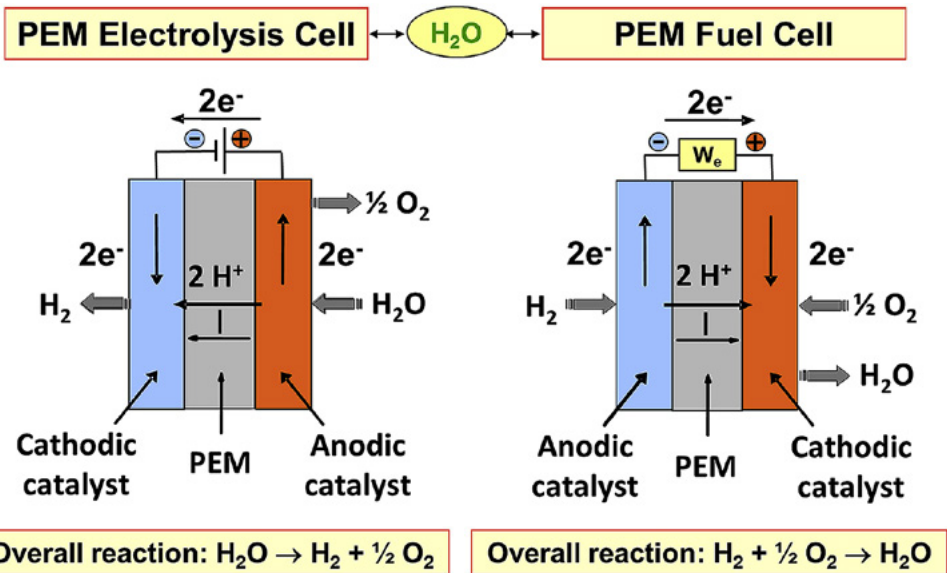
(Forrás: ICE Exend (2023))



A zöldhidrogén előállításával lehet tartósan betárolni és később felhasználni a hektikus napenergia-termelést, és így lehet eltolni az energetikai szempontból kedvezőtlen túlermelési csúcspontokat. A túlermelési csúcspontok nagyon károsak az elektromos hálózatra nézve, és a megtermelt energia jelentős része elveszhet, így ezen problémák kezelésére szokták a zsinór erőművek kiegészítésére a

4. ábra: Az elektrolizáló cella és az üzemanyagcella elvi működése

(Forrás: GANZAIR MODULÁRIS, HIDROGÉN KÖZEGŰ ENERGIATÁROLÓ ÉS TERMELŐ RENDSZEREK)



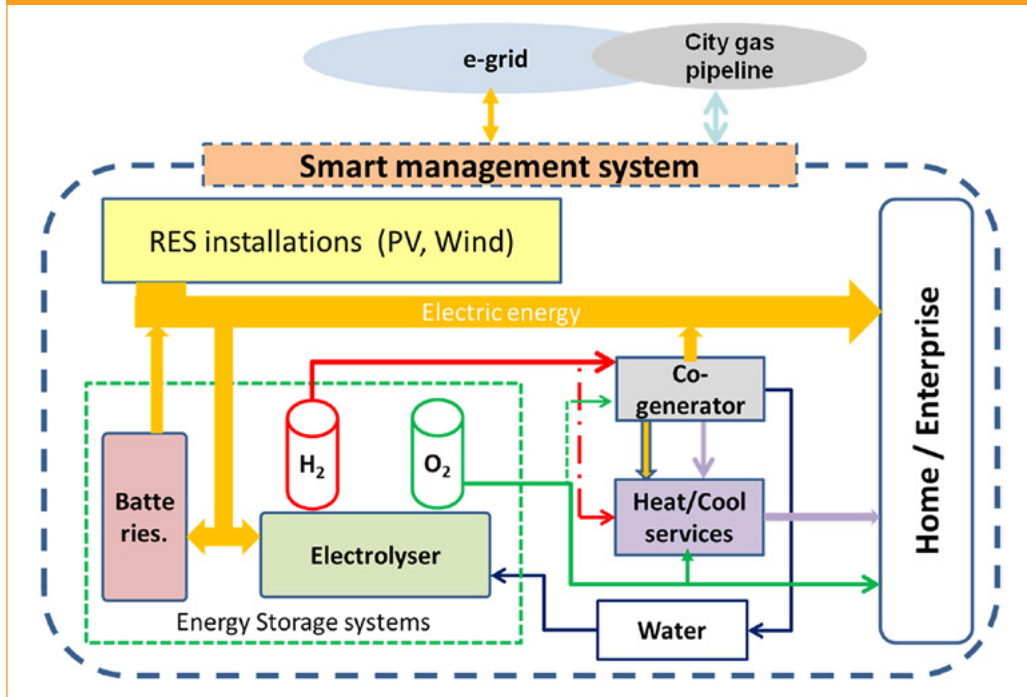
gyorsan szabályozható erőműveket felhasználni, mint a gázerőművek. A hidrogénnel táplált gázerőművekkel elérhető lenne, hogy a megújuló energia által keltett hálózati kitérítést magával a megújuló energiával leszünk képesek kezelni. A megújuló energiatermelés zavarai, hektikussága azonban nem globálisan jelentkezik, hanem a földrajzi elhelyezkedés is erősen befolyásolja. Egy-egy naperőműpark termelése nagyon rövid idő alatt képes jelentősen megváltozni, amennyiben helyi szinten például felhősödés lép fel. A szélerőműparkoknál is találkozhatunk váratlan hosszabb-rövidebb teljesítményesséssel. Ezzel szemben csak akkor tudunk hatékonyan fellépni, amennyiben a zöldhidrogénbe történő energiátárolással érvényesítjük a decentralizálási szempontokat. A zöldhidrogént helyben, decentralizáltan kell előállítani, tárolni és felhasználni. Ezzel jelentős mértékben tudjuk a költségeket csökkenteni, mivel a zöldhidrogén szállítása akár közúton, akár csővezetéken jelentősen megdrágítja az előállítást, és nagymérték-

ben növeli az ellátásbiztonság kockázatát. Amennyiben vonalas szállítási infrastruktúrát veszünk igénybe a zöldhidrogén szállítására, annak a potenciális terror kitérítéssel újabb, nehezen kezelhető kockázatokat fogunk kialakítani.

A decentralizáltan előállított zöldhidrogén off-grid megoldási lehetőségeket nyújt alternatív meghajtásra mind a vasúti, mind a közúti szállítás területén. Ez történhet üzemanyagcellával történő meghajtással vagy akár belső égésű motorokban történő felhasználással is. Már több országban megindultak az első pilot felhasználói alkalmazások, amelyek nagyon komoly kihívással küzdenek, mivel a zöldhidrogén-előállító infrastruktúra sem alakult még ki. Ellenben jelentős előnynek tekinthetjük a több mint ezer kilométeres hatótávot egy egyszeri gyors zöldhidrogén töltéssel. A zöldhidrogénnel történő tankolás időszükséglete nem nagyobb, mint a hagyományos szénhidrogén alapú üzemanyagoké.

5. ábra: A fő komponensek ismertetése

<https://nilssonenergy.com/products/> kép felhasználásával készült 2023.04.07.



Amennyiben a multimodális és multiszektorális alkalmazások is előtérbe kerülnek, azok jelentősen felgyorsíthatják a folyamatos és decentralizált zöldhidrogén ellátás kialakulását. A legnagyobb potenciál a kapcsolódó energiamenedzsment rendszerek kialakulásában van, mert a korábbi, 2. ábra szerinti árampiaci modellbe részben be tudjuk helyettesíteni a 100%-ban vagy jelentős bekeverési arányban üzemelő gázerőműveket, és ezzel az energiabiztonság legfontosabb szempontját a kiszámíthatóbb árakat tudjuk megcélözni.

3.4 Zöldhidrogén előállítása megújuló energia felhasználásával, a fő komponensek ismertetése (5. ábra)

A tanulmányban több releváns publikáció alapján ismertetjük a kérdés alapjait és beágyazottságát [2].

- Megújuló hidrogéntermelés
- Hidrogéntárolás és -elosztás

- Hidrogén végfelhasználás - közlekedés
- Hidrogén végfelhasználás - tiszta hő és energia biztosítása
- Ágazatközi tevékenységek - multiszektorális és multimodális megközelítés kifejlesztése
- Hidrogénelátási láncok, hidrogénvölgyek, hidrogénfolyosók, a hidrogénipar geopolitikai és üzletpolitikai kihívásainak ismertetése
- Stratégiai kutatási kihívások elemzése

3.5. Esettanulmányok ismertetése, technológiai kitekintés

Hidrogénüzemek tervezése, építési és üzemeltetési kihívásai különös tekintettel a hidrogén gáz jelentette biztonsági kockázatokra: tesztelés, adatbiztonság és a preventív biztonsági feltételek megteremtése. Szabványosítási feltételek az előállítás, tárolás és szállítás területén [1].

3.6. A zöldhidrogén felhasználása a közlekedésben

A különböző felhasználási területek a közlekedésben: eFuels előállítás, közvetlen hidrogén felhasználás, hidrogénből nyert elektromos töltés és áram felhasználása. A felhasználás hosszú távú távlat a gépjárművekben történő zöldhidrogén felhasználásra már láthatunk példát (6. ábra).

Ismert olyan hazai fejlesztési elképzelés, amely a fenntartható közlekedéshez egy rövid és középtávú megközelítést vizionál. Felismerve, hogy a kívánt emissziócsökkentés 80%-át a befektetés 20%-ából érhetjük el. Kialakítás alatt van olyan dual-fuel technológia, amely a zöldhidrogént és a dízelt egyaránt hasznosítja, így nem csak jelentős kibocsátáscsökkenést

6. ábra: Hidrogén meghajtás

https://www.vezess.hu/ujauto-teszt/2021/06/02/nincs-mi-elromoljon-benne-es-csak-vizet-pufog-ki-a-jovo-autoja-budapesten-probaltuk-a-mirait/?gallery=1/1/dsc0356_10 2023.04.12



garantál, hanem rugalmasságot is biztosít, mivel a hagyományos dízel üzem továbbra is lehetőség marad. Amennyiben a szakmapolitikai változások lehetővé teszik a biodízel kiterjedt felhasználását, illetve az eFuel előállítását. Ez növeli a biztonságot, lehetővé téve a közlekedés zavartalan működését akkor is,

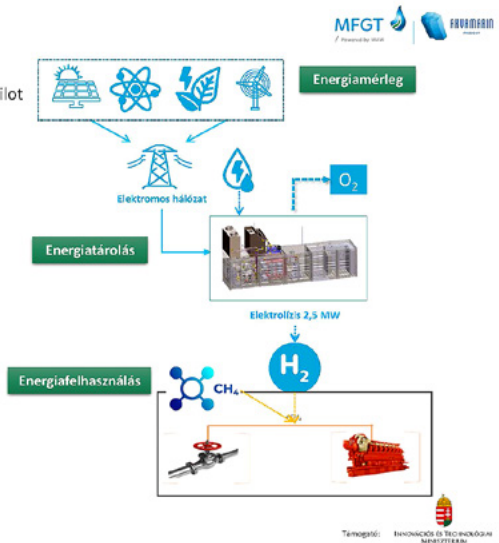
7. ábra: Akvamarin projekt áttekintés forrás: II. Workshop Akvamarin Energiatárolási innováció a Magyar Földgáztároló Zrt-nél, 2021.10.01

Akvamarin - áttekintés

- Cél: hidrogén tolerancia vizsgálata a tárolói infrastruktúrán, pilot projekt keretében
- 2,5 MW teljesítményű elektrolízis és kompresszor egység
- Projekt forrásigény: 2 896 Mft
- Projekt időtartama: 2021. február 01. - 2023. január 31.
- Elsősorban helyi infrastruktúra fejlesztés és kapcsolódó K+F programok



Kardoskúti FGT



8. ábra: Hidrogén folyosók tervezett kialakítása forrás: FGSZ TÍZ ÉVES FEJLESZTÉSI JAVASLAT 2022. május prezentáció

A 4.-10. évben megvalósításra feltételelesen javasolt projektek IV.

21

PROJEKT LEÍRÁS

Hidrogén folyosók

A hidrogén stratégia értelmében először a földgáz+hidrogén keverékek megjelenése prognosztizálható a meglévő földgázszállító rendszeren, majd a tiszta hidrogént szállító vezetékek megjelenése is várható a meglévő vezetékek átalakításával, illetve új vezetékek létesítésével a hazai és átszállítási (import/export) hidrogén fogyasztási igények, a hidrogéntermelők betáplálási igényeinek alakulása szerint.

Projekt: az alábbi vezetékek és kompresszorállomások átalakításának vizsgálata:

- HU/UA hidrogén folyosó
- HU/HR hidrogén folyosó
- HU/SK hidrogén folyosó
- HU/RO hidrogén folyosó
- HU/AT hidrogén folyosó
- HU/SI hidrogén folyosó

PROJEKT



ha infrastrukturális kihívások vagy a globális ellátásiláncban problémák lépnek fel. Különös jelentőséget ad arra, hogy a meglévő járművek retrofit átalakításával megnöveljük a meglévő élettartamot, csökkentjük az elsüllyedt költségeket, és ne kelljen kifizetni azt a kezdeti magas innovációs felárat, amelyet a legújabb tisztán hidrogénes megoldásoknál a gyártók diktálnak.

A kapcsolódó hidrogén infrastruktúra kérdései. A helyben történő termelés, a tárolás és a felhasználás, illetve a hidrogén szállítás lehetőségei és kockázatai komoly kihívást jelentenek, de ezek megoldásával ki lehet alakítani energetikai szempontból rugalmasan ellenálló megoldást a közlekedésben [3].

4. HAZAI ISMERT PROJEKTEK ÁTTEKINTÉSE

Az egyik legismertebb hazai projekt a Magyar Földgáz Tároló Zrt.-nél folyó Akvamarin Energiatárolási innováció (7. ábra). A kutatás során értékelni fogjuk a projekt előrehaladását és a várható továbbvitelét hidrogénfolyosók kialakításának irányába (8. ábra).

5. KONKLÚZIÓ

Az energiai kitétség felerősödése az EU-ban felfokozta a közös európai mobilitási adattér kialakításának szükségességét és az ITS közlekedési rendszerek kialakításánál a kiberfenyegetettség minimalizálását, illetve lehetőség szerinti kizárását. Ennek érdekében olyan 5G hálózati lefedettséget kell kialakítani a közlekedés számára, amely magas rendelkezésre állással és megfelelő biztonsággal képes az adatátvitelre, mivel a megbízható adatok felhasználása és rendelkezésre állása a közlekedési rendszerek folyamatos és tervezhető energiaellátásához is szükség lesz. Az adatok összegyűjtése és mozgatása során az adattér számára részben az 5G hálózat fogja az itt megszüntetett adatokból létrejövő megbízható adatot garantálni és egyben az EU kiberbiztonsági keretrendszer szerinti tanúsíthatóságot is megteremteni. Az ITS ökoszisztéma esetén a közhitelességi és a GDPR elvárások teljesülését rendszerszinten kell garantálni és az életbe lépő NIS2 rendelet szerint megvalósítani. További feladat, hogy a jövőben kiberbiztonsági szempontból meg kell vizsgálni a már kialakult forgalomirányító, közlekedésbiztonságot

támogató rendszereket, illetve a járműveken belüli, aktív közlekedésbiztonsági rendszerek esetén a mesterséges intelligencia alkalmazhatóságát.

A legfontosabb, hogy az átalakítás során ne okozzunk összeomlást a meglévő gazdasági struktúrákban. A jelenleg is az energiabiztonságot megteremtő vállalatok és szervezetek felelőssége, hogy a gazdaság és a társadalom számára biztosítsák a folyamatos energiaellátást. Az átmenet finanszírozhatósága nem járhat túl nagy elsüllyedt költségekkel, és törekedni kell az innovációs felárak jelentette veszélyek kivédésére. Lehetőleg őrizzük meg azokat a kompetenciákat, amelyekkel rendelkezünk. Ilyen lehet a több mint százéves dízel technológia. Kerüljük el, hogy természetes kartekek és monopóliumok alakuljanak ki és irreális árakat tudjanak a piacokon érvényesíteni. A biztonságos átmenet megvalósításának költséghatékony módja, hogy a zöldhidrogén alapú technológiák elterjedése ne cél, hanem egy reális eszköz legyen a károsanyag-kibocsátás csökkentéséhez. Ennek érdekében folyamatosan vizsgálni kell a költség–haszon elemzéssel minden projektet. Már most látszik, hogy nem szabad vertikális megoldásokban gondolkodni, hanem olyan pilot projekteket kell elindítani, amelyek horizontálisan lesznek képesek beépülni a helyi ökoszisztémába. A közlekedés energiaellátása során olyan megújuló rendszereket és energiamixet kell kialakítani, amelyek alkalmasak a dinamikusán változó felhasználói igények folyamatos kielégítésére, a szinte kezelhetetlen hektikus árfolyváltások kivédésére és a fogyasztói árak kisimitására. A napjainkban tapasztalható időszakos megújuló energiátüstermelés kezelésére a kézenfekvő megoldásként tekintünk a zöldhidrogén előállításában rejlő potenciális felhasználhatóságra. Azonban el kell kerülni, hogy a fosszilis energiától és az atomenergiától kialakult kietettséget most felváltssuk egy új típusú domináns kiettségre, ezért a megfelelő energiamix kialakítását és az átmeneti helyzet egyidejű kezelését szem előtt kell tartani. A nagy gazdasági, technológiai rendszerek rosszul tolerálják a túl gyors és nagymértékű változásokat, és ezek a változások tova gyű-

rűző drasztikus negatív gazdasági hatásokat válthatnak ki, ezért körültekintően és megfelelő modellekre megalapozottan kell eljárunk az átállások megtervezésével.

A KTI/SZ/278-3/2023. sz. „Zöldhidrogén előállítás, tárolása és felhasználása, nemzetközi esettanulmányok és mintaprojektek összegyűjtése a közlekedés, a szállítás és az energetika területéről.” c. tanulmány a cikk fontos háttér információit szolgáltatta.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Attila Lengyel: EU and domestic regulation on the production of renewable hydrogen, constitutional issues related to the domestic regulation – A zöld hidrogén előállításának európai uniós és hazai szabályozása, a hazai szabályozással kapcsolatos alkotmányossági kérdések. *Journal of Agricultural and Environmental Law* ISSN 1788-6171, 2021 Vol. XVI No. 30 pp. 123-154, DOI: <https://doi.org/ms8h>
2. dr. Szilágyi Zsombor: Az energiahordozók jövője - A hidrogén a környezetbarát energiahordozó Magyar Mérnöki Kamara Továbbképzés 2021.
3. Peredy Zoltán, Venczel Márk, Czébely-Lénárt László: Emisszió-csökkentés gyakorlati megvalósítása a légiközlekedésben: Néhány ígéretes zöld megoldás áttekintése *ACTA PERIODICA (EDUTUS)* 26 pp. 60-83., 24 p. (2022)
4. Farkas-Csamangó Erika: Kutatások a (zöld) hidrogén szabályozási környezetében In: Gellén, Klára (szerk.) *Gazdasági tendenciák és jogi kihívások a 21. században*, 3. Szeged, Magyarország : Iurisperitus Kiadó (2022) 240 p. pp. 65-70. , 6 p.
5. Szén István: A hidrogén jelentősége a megújuló energiaforrások integrációjában valamint szerepe a fenntartható energetikában és a „zöld iparban”. In: Temesvári, Zsolt; Wüthl, Tibor; Molnár, György (szerk.) *XXXVIII. Kandó Konferencia 2022 - Kiadvány kötet Budapest, Magyarország : Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar* (2022) 419 p. pp. 69-79. , 11 p.
6. Szabó Lóránt: *HIDROGÉN A JÖVŐ ZÖLD ENERGIÁJA TUDOMÁNYOS MŰSZAKI*

- ÉS MŰVÉSZETI KÖZLEMÉNYEK 2021 pp. 15-25. , 11 p. (2021)
7. Muraközi Gergely: Hidrogén – a megújuló energiaforrásokra alapuló rendszerek Szent Grálja? CyberThreat.Report 2023.
 8. Szabo John: A hidrogén (fel)hajtás, avagy mennyire zöld ez az energia, és mit kezd vele Európa? https://masfelfok.hu/2020/07/23/hidrogen-zold-energia-europai-unio-klimavaltozas/?fbclid=IwAR1C73sAORDVtIK_iZ5h5HWw3AtFbM8_pG5u22TudXID7nuZE5Je9KszCfG 2023.04.12.
 9. Deloitte - Hydrogen making it happen, whitepaper 2023.
 10. SIEMENS - Messages from 2030 Sweden: A picture of transformation 2022.
 11. Green Hydrogen - Webinar Series <https://www.youtube.com/@greenhydrogen-webinarserie5832>
 12. World Hydrogen Mobility Pre-Event Webinar - The Future of Low-Emission Transport?
 13. Linde Green Hydrogen Seminar 2021
 14. Hydrogen Online Workshop 2023
 15. Bódi, Antal; Maros, Dóra A közös európai mobilitási adattér és az ITS ökoszisztéma tanúsíthatósága KÖZLEKEDÉS ÉS MOBILITÁS 1 : 1 Paper: 8 , 5 p. (2022)



A Paradigm Shift in Transport - Green Hydrogen in Transport

Keywords: green hydrogen production; green hydrogen storage; off-grid solution; energy strategy; energy independence; dual fuel; eFuel

The aim of this paper is to present the basic idea of the research programme KTI/SZ/278-3/2023 "Production, storage and use of green hydrogen, collection of international case studies and pilot projects in the field of transport, traffic and energy" and to explore the need for a complex development programme based on green hydrogen in order to rethink some issues of the Hungarian energy strategy.



Der Verkehr steht vor einem Paradigmenwechsel - Der Einsatz von grünem Wasserstoff im Verkehr

Schlüsselwörter: Erzeugung von grünem Wasserstoff; Speicherung von grünem Wasserstoff; netzunabhängige Lösung; Energiestrategie; Energieunabhängigkeit, Dual Fuel, eFuel

Ziel dieser Arbeit ist es, die Grundlagen des Forschungsprogramms KTI/SZ/278-3/2023 "Produktion, Speicherung und Nutzung von grünem Wasserstoff, Sammlung internationaler Fallstudien und Pilotprojekte aus den Bereichen Verkehr, Verkehr und Energie" vorzustellen und die Notwendigkeit eines komplexen Entwicklungsprogramms auf der Grundlage von grünem Wasserstoff zu untersuchen, um bestimmte Fragen der ungarischen Energiestrategie neu zu überdenken.