



# H2 - HIDROGÉN HÍRLEVÉL

A Magyar Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Egyesület hírlevele

Alapítva: 2011-ben.

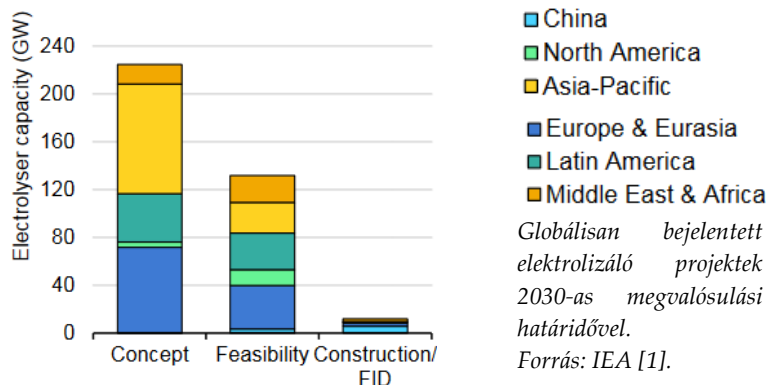
2024/1. – március

## Tartalom

H <sub>2</sub> előállítás és megújulóenergia-kapacitások .....	1
„Hydrogen hub”-ok az USA-ban .....	1
A Hidrogén és Dekarbonizált Gázpiaci Csomag aktuális helyzete .....	1
Jelentős támogatások hidrogénre Japánban és Dél-Koreában .....	5
Az irídium dilemma – lesz-e elég a PEM elektrolizáló-gyártás felfuttatásához? .....	6
A Honda FC fejlesztései és hidrogén stratégiája .....	14
Iveco üzemanyag-cellás busz bemutatkozó .....	17
Nagyszabású osztrák hidrogénprojektet hagyott jóvá az EU .....	23
Üzemanyag-cellás járműfejlesztés a Neumann János Egyetemen .....	28

## H<sub>2</sub> előállítás és megújulóenergia-kapacitások

Hidrogén Hírlevelünk 2023 márciusi lapszáma foglalkozott a Nemzetközi Energia Ügynökség (IEA) tanulmányával, amely azt tárgyalta, hogy az elkövetkező években milyen megújulóenergia-termelő kapacitások állhatnak dedikáltan a hidrogénelőállítás szolgálatába. Az IEA a közelmúltban frissítette vonatkozó előrejelzéseit, és az előző évi tanulmányhoz képest jelentős mértékben csökkentette e kapacitást [1], de még így is 45 GW-ra becsüli a 2023 és 2028 közötti időszakra, a dedikáltan hidrogéntermelésre tervezett megújulóenergia-kapacitások létesítését. Ennek fő oka, hogy a bejelentett, valóban imponálóan nagyszámú elektrolizáló projektek mindössze 7%-ában született eddig végső beruházói döntés (FID, *Final Investment Decision*).



Globálisan bejelentett elektrolizáló projektek 2030-as megvalósulási határidővel.  
Forrás: IEA [1].

Folytatás a 2. oldalon.

## Kiadja:

**H** Magyar Hidrogén és  
Tüzelőanyag-cella Egyesület

H-1023 Budapest

Levél u. 10.

www.hfc-hungary.org

info@hfc-hungary.org

Szerkesztők:

Dr. Bogányi György

Mayer Zoltán

Felelős kiadó:

Dr. Tompos András

az MHT Egyesület

Hydrogen Europe tagja



## „Hydrogen hub”-ok az USA-ban

Az USA Energiaügyi Hivatala (DoE) még 2023 őszén hét „Hydrogen Hub”-ot jelölt ki, amelyekkel megkezdődtek a tárgyalások tiszta hidrogén (*clean hydrogen*) előállítói és végfelhasználói hálózatok kialakításáról, egy összesen 7 milliárd(!) dolláros támogatási program keretében. Azért is foglalkozunk a H<sub>2</sub> Hub-okkal, mert ezek lényegében az észak-amerikai megfelelői a Hidrogén Völgy (*Hydrogen Valley*) koncepciónak, amely utóbbi mind az EU-s, mind a hazai hidrogénstratégiákban hangsúlyos fejlesztési irány. Emellett a cikk kitér a hidrogénelőállítás jövőbeni – várható – költségére az USA-ban.

Folytatás a 12. oldalon

## A Hidrogén és Dekarbonizált Gázpiaci Csomag aktuális helyzete

A Hidrogén és Dekarbonizált Gázpiaci Csomagról 2023 decemberében politikai megállapodás született az Európai Parlament és az Európai Tanács között. Ezzel az uniós jogalkotók lefektették a hidrogénpiaci szabályok alapelveit. Ennek apropóján a „Gas Package” aktuális helyzetéről a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal szakértőinek részletekbe menő cikke jelen lapszám kiemelt témája.

Folytatás a 18. oldalon.

## H<sub>2</sub> termelés és megújulóenergia-kapacitások (folytatás az 1. oldalról)

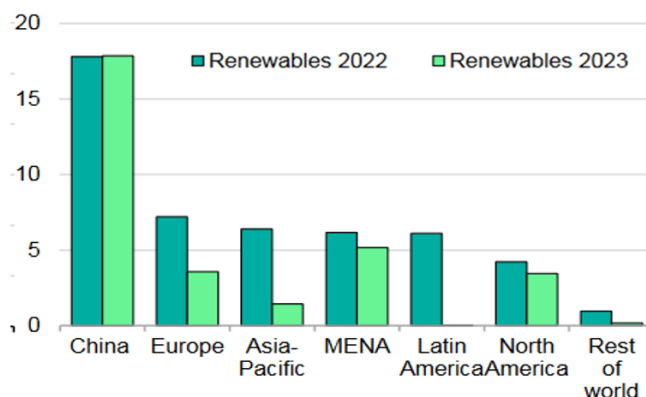
Ez a realitás némileg megtöri a megújuló energiaforrásokra épülő hidrogéntermelés lendületét ebben az évtizedben. Az IEA adatbázisa alapján globálisan kb. 360 GW kummulált kapacitású elektrolizáló projekt van jelenleg, aminek legkésőbb 2030-ig tervezik az üzembe állítását.

"A beruházási (FID, *Final Investment Decision*) döntések lassú meghozatala, a hidrogén végfelhasználók viszonylag lassan éledező keresleti igénye, valamint a megemelkedő termelési költségek számos projekt esetében lassabb előrehaladást eredményeztek" – áll az IEA friss jelentésében. A *Renewables 2023* című [1] jelentés szerint a hidrogén előállítására szolgáló megújulóenergia-kapacitás növekedését elsősorban Szaúdi-Arábia, Kína és az Egyesült Államok adja majd. 2028-ra e három országban valósulhat meg a kifejezetten H<sub>2</sub> termelési célra szolgáló megújuló kapacitások 75%-a.

Az említett 7%-os arány a globális átlagot jelenti a FID döntéssel rendelkező hidrogénprojektek vonatkozásában, de ezen belül az egyes régiók, kontinensek vonatkozó értékei meglehetősen nagy szórást mutatnak. Sajnos Európában csak 4% (8 mrd dollár) a FID-et már elnyert projektek aránya, míg ugyanez Észak-Amerika esetében 15% (10 mrd dollár), Kínában pedig 35% (12 mrd dollár). Európa tehát jelentős lemaradásban van a közeljövőben ténylegesen realizálódó hidrogénprojektek terén. Mindez annak ellenére van így, hogy az európai bejelentett H<sub>2</sub> projekt *pipeline* nagyon erős, azaz imponálóan nagyszámú projektet tartalmaz, ugyanakkor a realizálásukhoz szükséges legfontosabb mérföldkő, a FID döntés meghozatala mindössze 4%, vagyis az egyik legalacsonyabb a világ nagy régiói között. A régiós átlag és az adott régió országai közt is lehetnek érdemi különbségek, amelyre példa Omán, ahol ráadásul az összes új megújuló termelőkapacitás kiugróan magas arányát, mintegy 30%-át hidrogén, illetve hidrogén-származékok előállítására telepítenék.

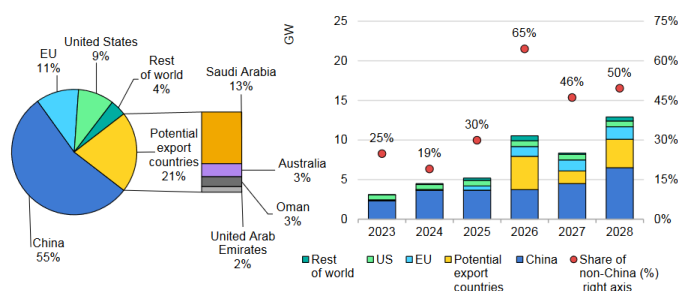
Összességében az IEA friss jelentése [1] alapján a dedikáltan hidrogéntermelés céljából létesített új megújuló kapacitások a 2023-2028 közötti időszakban valamennyi tervezett új megújulóenergia-kapacitásnak mindössze 1%-át teszik majd ki. Ez globálisan kb. 45 GW. Emlékeztetőként, az eggyel korábbi, „*Renewables 2022 - Analysis and Forecast to 2027*” című IEA jelentés még 2%-ot jelzett előre. A visszakorrigálás minden régiót érint, kivéve Kínát. Nagyon erős a negatív korrekció Latin-Amerika esetében. Ennek egyik fő oka, hogy a chilei és brazil nagyszabású hidrogénprojektek az eredetileg elképzelt ütemtervekhez képest lassabban haladnak. Erős a negatív visszakorrigálás Ázsia

csendes-óceáni régiójában és Európában is.



Dedikáltan hidrogéntermelés céljából létesítendő új megújuló kapacitások régióként (GW) az IEA 2022-es, valamint a friss, 2023-as jelentése alapján. Forrás: IEA [1]

A következő ábra arról tanúskodik, hogy 2023-2024-ben Kína szerepe önmagában meghatározó (70%) lesz e téren. Ez azt is jelenti, hogy korai elektrolizáló projektek tekintetében Kína vezet. Ott főként állami tulajdonú vállalatok fejlesztenek ilyen projekteket a provinciák, illetve az állami szintű hidrogén célkitűzések elérése érdekében. Az ábráról az is látható, hogy kb. 2026-tól lépnek üzembe érdemi hidrogén-termelőkapacitások a potenciális export országokban (Szaúdi-Arábia, Omán, Egyesület Arab Emírátságok, Ausztrália), ami nagyobb ugráshoz vezet a szükséges megújuló kapacitásokban is. 2028-ra már a célzottan hidrogénelőállítást szolgáló új megújuló termelőkapacitások kb. 50%-át már nem Kína fogja adni.



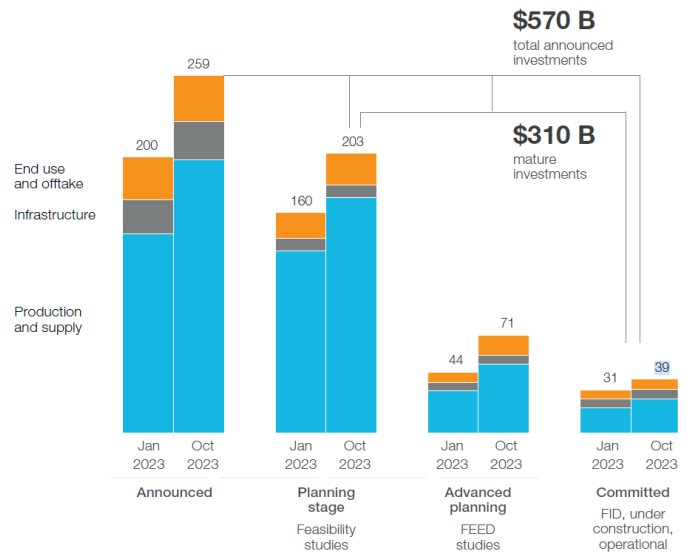
Dedikáltan hidrogéntermelés céljából létesített új megújuló kapacitások az egyes régiókban: (b) kummulatív értékben és (j) éves bontásban a 2023-2028 időszakban. Forrás: IEA [1]

Jó hír, hogy bizonyos szakpolitikai döntések nagyon fel tudnák gyorsítani e folyamatokat, azaz a korai előkészítési fázisban lévő projekteket a pénzügyi zárás (FID) fázisába, vagy ahhoz nagyon közel lehetne juttatni, különösen Európában. Például Németországban az új megújuló termelőkapacitások gyarapodása akár négyszeresére is ugorhat, ha az EU jóváhagyja a német kormányzat CfD (*Contracts for Difference*, árkülönbözeti szerződéses) támogatási sémáját, és

kihirdetné a nyertesnek minősülő ajánlattevőket. Az Európai Hidrogén Bank tényleges beindulása és gördülékeny, sikeres aukciói szintén gyorsabb növekedést eredményezhetnek. Az IEA [1] jelentésében önálló forгатókönyvként jelenik meg, hogy mi történik akkor, ha a világ vezető régióiban – a fent felsoroltakhoz hasonló - gyors és hatékony szakpolitikai támogatás jön létre. Ez esetben („accelerate case” forгатókönyv) közel kétszeres, akár 85 GW is lehet a 2028-ig telepített, dedikáltan H<sub>2</sub> termelést szolgáló megújulás kapacitás, szemben az alapszcenáriónak tekintett 45 GW-tal.

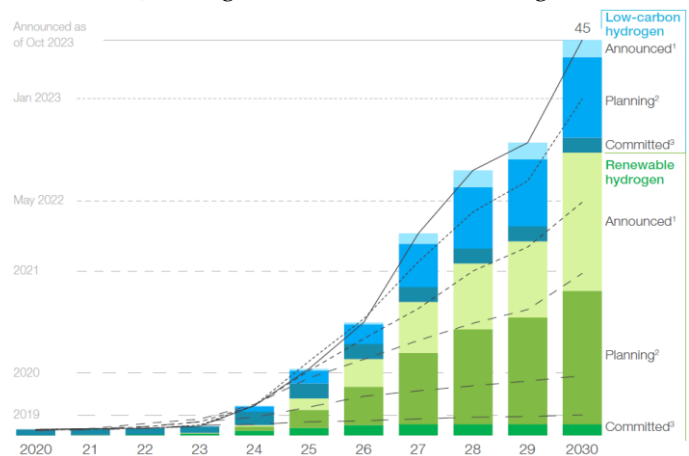
A hidrogéntermelési célt szolgáló új megújulás termelőkapacitások közül a napenergiának (PV) jut a legnagyobb szerep. Mintegy 60%-ot tehet ki a 2023-2028 közötti időszakban globális átlagban. Ha ebbe Kínát nem számítjuk, akkor a PV termelőkapacitások aránya még nagyobb, főként a közel-keleti és észak-afrikai országokban. Emellett – globálisan – közel 40%-ot képviselnek az új, szárazföldi szélerőmű-kapacitások, és viszonylag csekély (4%) az offshore szélerőművek aránya.

Hasonló következtetésre jut a Hydrogen Council nevű iparági szervezet, a McKinsey tanácsadó céggel közösen jegyzett, *Hydrogen Insights* című publikációjában [2]. Szerintük egyre több beruházási terv készül, de a végleges beruházási döntések (FID) késnek. A jelentés kiemeli, hogy a globális projektszatórnák (*project pipeline*) – beleértve a tiszta hidrogén előállítását, a végfelhasználást és az infrastruktúrát – darabszáma hat hónap alatt több mint 1.400 projektre nőtt, azaz 35%-kal gyarapodott, és e beruházások értéke összesen 570 milliárd dollárt tesz ki. Ugyanakkor a bejelentett beruházásoknak mindössze 7%-a – azaz 39,9 milliárd dollár értékű hidrogénprojekt – jutott el a FID döntésig 2023 októberére. Pozitív, hogy az összes projekten belül a FEED-fázisban (azaz részletes mérnöki tervezési fázisban) lévő projektek száma 60%-kal nőtt. A következő ábrán az látható, hogy 2023 első tíz hónapjában a beruházások abszolút értéke 44 milliárd dollárról 71 milliárd dollárra nőtt. A tanulmány a teljes projekt pipeline beruházási értékén belül azt tartja „érett beruházási szándéknak”, amikor a projektek vagy tervezési (megvalósíthatósági tanulmány) fázisban, vagy részletes mérnöki tervezési (FEED) fázisban, vagy már FID döntés után, illetve építési fázisban vannak. Ezt a megfontolást alapul véve a jelentés szerint a hidrogénprojekt-pipeline teljes (570 mrd USD) értékén belül 310 milliárd dollárnyi érettnak tekinthető beruházási szándék van jelen a 2030-ig üzembe helyezhető projektek között világszerte.



Közvetlen hidrogénprojekt-beruházások globálisan.  
Forrás: Hydrogen Council [2]

A Hydrogen Council új [2] jelentése szerint a 2023 őszeig bejelentett és 2030-ra működésbe lépő projektek kumulált kapacitása 45 millió t/év tiszta hidrogén (*clean hydrogen*) előállítását tenné lehetővé. Ezen belül a bejelentett hidrogénprojektek 70%-a megújuló alapú (zöld), kb. 30%-a alacsony széndioxid-intenzitású (*low-carbon*, kék) hidrogén előállítását célozza meg.



Az egyes (2019-2023) években bejelentett, 2030-ig üzembe helyezendő hidrogéntermelő projektek kumulatív kapacitásának alakulása (millió t<sub>H<sub>2</sub></sub>/év) globálisan. Forrás: Hydrogen Council [2]

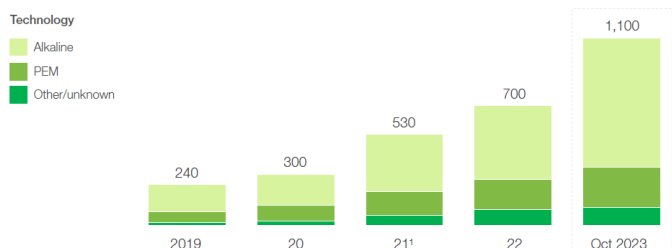
2023 elejéig 1,1 GW elektrolízis-kapacitást helyeztek üzembe globálisan (ebből 600+ MW Kínában), amelyhez 2023 folyamán 400 MW adódott hozzá. Világviszonylatban a 2023-as évvégi állapot szerint további 12 GW elektrolizáló-kapacitást magába foglaló projekt már túl van a FID döntésen.

Ha az alkalmazott elektrolizáló technológia típusai szerint tekintjük át a fejlesztési terveket, látható, hogy az utóbbi években – globális szinten, és azokban az esetekben, ahol a projekt bejelentések az elektrolizáló típusát is tartalmazták – abszolút domináns (80% körüli)





a lúgos elektrolizálók részaránya, és körülbelül egyötöd részt tesz ki a PEM típus. Kínában a lúgos elektrolizálók részaránya eléri a 90%-ot.



Kumulált beépített elektrolizáló kapacitás (MW) időszora és megoszlása technológiatípusonként. Forrás: Hydrogen Council [2]

A zöld hidrogén előállításának költségeit az utóbbi időszakban a magasabb technológiai CAPEX, a magasabb tőkeköltségek, az EPC (mérnöki, beszerzési, építési) költségek és a megújuló energia költségei növelték. A megújuló alapú (zöld) hidrogén előállítására vonatkozó [2] becslések szerint a költségek 30-65%-kal, 4,5-6,5 \$/kg<sub>H2</sub> értékre emelkedtek.

"Ígéretes, hogy a tiszta hidrogénnel kapcsolatos

projektek mindenütt fejlődnek, és globálisan 12 GW elektrolízis-kapacitás elérte a FID-et. Meg kell lovagolnunk ezt a lendületet, ha a hidrogén be akarja tölteni szerepét az energetikai átmenet támogatásában" – emelte ki Sanjiv Lamba, a *Hydrogen Council* társelnöke. Szerinte ez a lendület a megfelelő szabályozási keretek és az iparági együttműködés révén érhető el. Hasonló véleményen van Yoshinori Kanehana, a *Kawasaki Heavy Industries* elnöke és a *Hydrogen Council* másik társelnöke: „a legfrissebb adatok azt mutatják, hogy a tiszta hidrogén előállítását célzó beruházások folyamatosan fejlődnek, de céljaink eléréséhez össze kell fogjunk, ambiciózus, összehangolt fellépésre lesz szükség mind a magán-, mind a közsféra érdekelt felei részéről."

Forrás:

[1] International Energy Agency: Renewables – 2023. Analysis and forecast to 2028.

[2] Hydrogen Council, McKinsey (2023): Hydrogen Insights 2023 - The state of the global hydrogen economy, with a deep dive into renewable hydrogen cost evolution.

HIRDETÉS

## Jelentős támogatások hidrogénre Japánban és Dél-Koreában

2023 végén jelentette be a Japán kormány, hogy jelentős, 3 billió jent (20,86 milliárd USA dollárt) kíván fordítani tiszta hidrogén és származékainak támogatására. Ezt 15 éves periódusra tervezi, ami még így is igen jelentős, hiszen néhány ismert, hasonló támogatási rendszer főbb paraméterei a következők [1]:

- az EU Clean Hydrogen JU aktuális (2021-2027) költségvetési időszakra vonatkozó költségvetése 1,2 milliárd euró,
- az Eupai Hidrogén Bank eddig publikált költségvetése 3,0 milliárd euró, tíz éves időkeretre.

A japán támogatási rendszer mind a hazai előállítású, mind az importált hidrogénre vonatkozik, és 2024-től fedezi az alacsony karbonintenzitású (*low-carbon*) hidrogén és a fosszilis alapú (szürke) hidrogén közötti költségkülönbséget. Emellett a finanszírozás legalább egy részét a kormány által kibocsátott GX (*Green Transformation*) *Economic Transition Bonds*, azaz „Zöld Átalakulás” gazdasági átállási kötvényekből fedezi. Japánban az alacsony karbonintenzitású, azaz alacsony széndioxid-kibocsátással járó hidrogént úgy definiálják, hogy a karbonintenzitása legfeljebb 3,4 kgCO<sub>2</sub>/kgH<sub>2</sub>. Ugyanakkor az EU-ban alkalmazott „zöld” (RFNBO) hidrogén előállítási szabályokkal szemben, Japánban nincs előírás a hidrogén előállításához használt primer energia jellegére. Azaz nem csak a megújuló energiaforrásból származó hidrogént, hanem minden egyéb low-carbon hidrogénformát is támogatnak. Ezért nevezik „*clean hydrogen*”-nek, és nem „*renewable hydrogen*”-nek, vagy például „*green hydrogen*”-nek. A támogatás nem csak a belföldön előállított vagy importált hidrogénre vehető igénybe, hanem hidrogén-származékokra is, így pl. tiszta ammóniára.

A Japánban bevezetendő támogatási rendszer – szemben az európaival – nem a termelőknek nyújtott fix kifizetés (fix prémium), vagy nem az Egyesült Államokban szokásos adójóváírás formájában támogatja a hidrogéntermelést, hanem árkülönbözeti szerződéssel (*Contracts for Difference - CfD*) nyújt támogatást. A CfD támogatások lényege, hogy a kedvezményezettek egy meghatározott referenciaár felett kiegészítő kifizetést kapnak, vagy ha az előállítási és szállítási költségek a referenciaárnál alacsonyabbak, akkor nekik kellene a kormánynak kifizetni az árkülönbözetet. Ez lehetővé teszi a H<sub>2</sub>-előállítók számára, hogy a tiszta hidrogént (*clean hydrogen*) a fosszilis alapú (a szürke hidrogén) alternatívával azonos áron adják el, függetlenül a piaci áringadozásoktól. Így növelhető annak valószínűsége, hogy a hidrogénfelvevők (végfelhasználók) elkötelezik magukat adott hidrogénmennyiségek megvásárlására,

vagyis végső soron pénzügyi biztonságot nyújtanak a befektetőknek.

A CfD rendszer működtetéséhez alapvetően szükséges referenciaár meghatározása úgy történik, hogy a három szóba jövő lehetőség közül mindig a legmagasabbat veszik alapul: (i) a Japánba érkező, low-carbon hidrogén által kiváltott nyersanyagok és üzemanyagok (azaz cseppfolyósított földgáz vagy szén) árát, valamint e kiváltás "környezeti értékét" (azaz az elkerült negatív környezeti externális költség mértékét); vagy (ii) a szürke hidrogén aktuális piaci árát, vagy (iii) a hidrogén-származékok tényleges értékesítési árát a meglévő piacon. Ahogy ezek a referenciaárak a széndioxid-árazás (pl. növekvő CO<sub>2</sub>-kvótaár) és más szabályozási intézkedések bevezetésével emelkednek, a kifizetett támogatás összege lassan csökken.

A kormány bejelentette továbbá, hogy további 1,3 milliárd jen áll majd rendelkezésre a japán nehézipar - például az acél- és vegyipar - dekarbonizációjának támogatására, amely egyéb megoldások mellett szintén magába foglalhatja a tiszta hidrogén felhasználását.

Szintén 2023 végén történt a kormányzati bejelentés, mely szerint Dél-Korea is bevezeti a tiszta hidrogén (*clean hydrogen*) előállítására vonatkozó adótámogatást, amelyet az USA-ban alkalmazott adójóváírás mintájára vezetnek be. Han Duck-soo miniszterelnök a bejelentés során hangsúlyozta, hogy a hidrogén egy olyan karbonmentes energiahordozó, amelynek alkalmazása a koreai gazdaságot is dinamizálja. A dél-koreai kormány cselekvési terveket fog kidolgozni és végrehajtani a hidrogéngazdaság és az ipar gyorsabb fejlesztése érdekében. Ennek motivációját az adja, hogy olyan vezető országok vagy térségek, mint az Egyesült Államok vagy az EU, gyorsan és intenzíven fejlesztik hidrogéngazdaságukat a hidrogénelőállítási és a beruházási adókedvezmények, valamint a tiszta hidrogén minősítési rendszerek bevezetése révén, hogy biztosítsák globális pozíciójukat a hidrogéngazdaságban.

A dél-koreai kormány is kiterjeszti a támogatást mind a belföldi, mind a külföldről importált hidrogénre. A belföldi H<sub>2</sub>-előállításához egyaránt támaszkodnak a megújuló energiaforrásokra és a nukleáris energiára, de a technológiai fejlesztésre és a hidrogéntekológiák beszállítási láncainak fejlesztésére is komoly hangsúlyt fektetnek. A hidrogéngazdasági bizottság (*Hydrogen Economy Committee*), amely a kormány minisztereiből és üzleti vezetőkből áll, megállapodott egy tiszta hidrogén minősítési rendszerről is, amelyet 2024-ben vezetnek be.

HIRDETÉS



**Hidrogén nyomásának mérése Druck távadókkal**

Microsensor Kft  
[microsensor@microsensor.hu](mailto:microsensor@microsensor.hu)  
T: (1) 369 6343

[www.microsensor.hu](http://www.microsensor.hu)

A formálódó koreai rendszer erősen hasonlít az amerikai hidrogén-előállítási adójóváírás többszintű rendszerére, amely a tiszta hidrogén – életciklus szemléletben számított – karbonintenzitása függvényében, négy kategóriában („Grade”) ismeri el a tiszta hidrogént:

- Grade 1.: <0,1 kgCO<sub>2e</sub>/kgH<sub>2</sub>,
- Grade 2.: 0,1 – 1 kgCO<sub>2e</sub>/kgH<sub>2</sub>,

- Grade 3.: 1,0 – 2,0 kgCO<sub>2e</sub>/kgH<sub>2</sub>,
- Grade 4.: 2,0 – 4,0 kgCO<sub>2e</sub>/kgH<sub>2</sub>,

A dél-koreai kormány nem közölte még, hogy pontosan miért és hogyan dolgozta ki ezeket a tiszta hidrogén kategóriákat, de valószínű, hogy az amerikai adójóváírás mintájára ezen karbonintenzitási kategóriákhoz rendeltlen határozza majd meg az elérhető adójóváírás mértékét. A következő táblázat összehasonlításként mutatja, hogy 2022-ben a tiszta hidrogén előállítására milyen (sávos, \$/kgH<sub>2</sub>) jóváírási rendszer lépett életbe az Egyesült Államokban az inflációellenes törvény (*Inflation Reduction Act*) keretében:

45V tax credits tiered by emissions intensity

Emissions intensity (kgCO <sub>2e</sub> /kgH <sub>2</sub> )	Maximum tax credit (\$/kgH <sub>2</sub> )
0-0.45	\$3.00
0.45-1.5	\$1.00
1.5-2.5	\$0.75
2.5-4	\$0.60

Source: US Department of Energy

A koreai Hydrogen Economy Committee arról is megállapodott, hogy támogatást nyújtanak hidrogéntechnológiák, alkatrészek és berendezések számára, beleértve az elektrolizálókat, közúti hidrogénüzemű járműveket, H<sub>2</sub>-töltőállomásokat, üzemanyagcellákat és a folyékony hidrogén szállítására alkalmas hajókat. Ennek a támogatási rendszernek a pontos jellegét nem fejtették ki. Dél-Korea korábban bejelentette, hogy 2030-ig 300.000 hidrogénüzemű járművet, köztük 21.200 autóbust, és több mint 660 H<sub>2</sub>-töltőállomást kíván létesíteni. Jelenleg mintegy 35 ezer hidrogénüzemű jármű közlekedik a koreai utakon és 160 hidrogén-töltőállomás működik. [2]

Forrás:

- [1] <https://www.hydrogeninsight.com/policy/japanese-government-allocates-21bn-to-clean-hydrogen-subsidies/2-1-1574077>
- [2] <https://www.hydrogeninsight.com/policy/greater-speed-south-korea-to-expand-tax-support-for-clean-hydrogen-and-increase-domestic-production/2-1-1574620>

## Az irídium dilemma – lesz-e elég a PEM elektrolizáló-gyártás felfuttatásához?

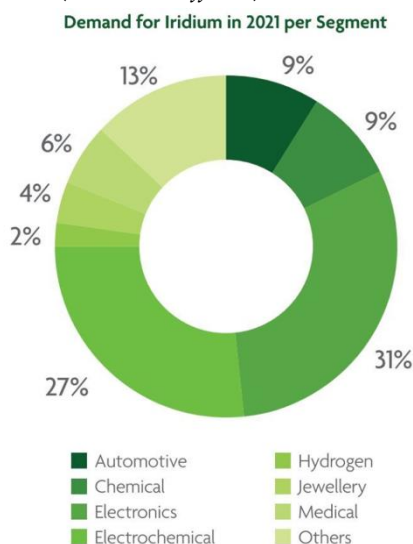
Az elektrolitikus alapú zöld hidrogén előállításában a PEM típusú (protoncserélő-membrános) elektrolizálóknak fontos szerepe van és lesz. Ezek a berendezések a nagyon dinamikus elektromos input teljesítményingadozásokat is elviselik, ezért jól illeszthetők az időjárásfüggő megújuló termelőkhöz. A megadott források szakértői becslése alapján a 2030-ra bejelentett összes elektrolizáló kapacitások kb. 40%-a lesz PEM típusú, ami azt jelenti, hogy 2030-ig – igen jelentős – kb. 70 GW [1] kummulált kapacitású PEM elektrolizáló legyártására lesz szükség. Azonban a PEM elektrolizálók

katalizátorai nemesfémeket, platinát és irídiumot igényelnek. Az irídium (Ir) különösen ritka fém, a platinánál jóval ritkább és bányászata éves szinten, globálisan mindössze kb. 7,3 - 9,0 t/év a különböző szakirodalmi források alapján. Ez a cikk tehát azt az alapkérdést igyekszik körbejárni, hogy ilyen jelentős PEM elektrolizáló-kapacitás legyártásához előteremthető-e a szükséges mennyiségű irídium? A válasz röviden annyi, hogy igen, de csak abban az esetben, ha takarékoskodunk vele. Tanulságos azonban mind az alapproblémát (az „irídium dilemmát”), mind a



megoldás technológiai dimenzióit részletesebben is körüljárni.

Az irídium (Ir) az egyik legritkábban előforduló elem a földkéregben. A platina csoportba (PGM) tartozik, rendkívül kemény, rideg, ezüstös-fehér színű átmeneti fém, amelynek sűrűsége is rendkívüli (22,5 g/cm<sup>3</sup>). Korrózióknak az egyik leginkább ellenálló fém, akár magas hőmérsékletű, vagy savas reakcióközegben is. Jelenleg az ipar meglehetősen sokrétűen alkalmazza, de – ahogy a következő ábrán látható – meghatározó irídiumfelhasználó az elektronika (pl. félvezetők gyártásában, bizonyos OLED-ek alkotórésze) és az elektrokémia (pl. a klóralkáli-eljárásban a klór előállításához használt elektródákban), de egyébként is gyakran alkalmazott ipari katalizátor, amely számos oxidációs formájában előfordulhat. Az autóiipar – pl. gyújtógyertyákban is elterjedten alkalmazza. Nem jelentéktelen az irídium ékszerként és gyógyászati iparban történő alkalmazása sem. Egyelőre csekély (2%), de jelentős sebességgel feltörekvő felhasználási célterülete a hidrogén-előállítás és ezen belül a PEM elektrolizálókban történő alkalmazás. A bevezetőben említett, GW-léptékű fejlesztési tervek miatt a közeljövőben ez a terület válhat meghatározó irídiumfelhasználóvá, illetve nagy valószínűséggel azzá is válik. A felsorolt, már bevált és ismert felhasználási területeken az irídium egyelőre meglehetősen nehezen helyettesíthető („locked-in effect”).



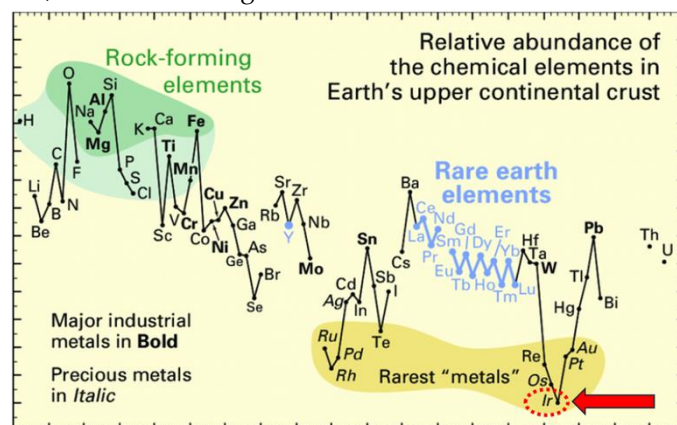
Iridiumfelhasználó szektorok 2021-ben globálisan.  
Kép: SFA (Oxford) Ltd. (in H2-View)

A PEM elektrolizálók képesek jól elviselni az input villamosteljesítmény jelentős ingadozásait, nagy áramsűrűséggel képesek működni, kevesebb helyigénnyel rendelkeznek, igen gyors válaszidőt képesek produkálni, továbbá nagy nyomáson képesek szolgáltatni az előállított hidrogént.

A PEM elektrolizálók katódján történik a hidrogénfejlődés (redukció), és ez az elektród főleg platina katalizátort tartalmaz. Az anódon az ún. OER, azaz oxigéntermelődési reakció (*oxygen evolution reaction*) történik, amelyhez irídium katalizátor szükséges. Az anód katalizátornak a következő követelményeknek kell megfelelnie: (i) jó vezetőképesség, (ii) az oxigénfejlődési reakcióhoz kellően nagy aktivitást kell produkálnia, és (iii) kémiaiilag stabilnak kell lennie savas reakciókörnyezetben. E feltételeket eddig az irídium elégíti ki leginkább.

#### Forrásoldal: bányászat

Előállítási, felszínre hozási oldalról azt célszerű kiemelni, hogy az irídiumot önállóan nem is bányásszák, hanem tulajdonképpen a platinacsoport fémek bányászatából származó „melléktermék”. Az irídiumhoz képest például a platina 10-szer gyakoribb elem, az arany pedig 40-szer gyakoribb. Az irídium a meteoritokban jóval nagyobb koncentrációban fordul elő, mint a földkéregben.



Kémiai elemek gyakorisága atomszázalékban kifejezve a felső (kontinentális) földkéregben az atomszám függvényében.  
Kép: researchgate.net

Az irídium földrajzi eloszlása meglehetősen egyenetlen; bányászata abszolút meghatározó arányban Dél-Afrikában történik. Az USA Geológiai Szolgálatának (USGS) adatai alapján 2020. évben a világ irídium bányásztának megoszlása:

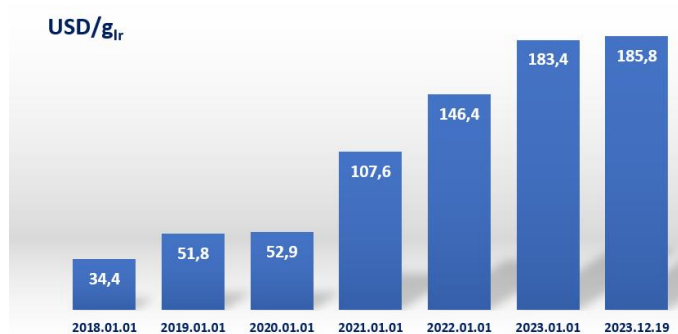
- Dél-Afrikai Köztársaság: 6 786 kg<sub>2020</sub> (83%),
- Zimbabwe: 836 kg<sub>2020</sub> (10%),
- Kanada: 300 kg<sub>2020</sub> (3,6%),
- Oroszország: 100 kg<sub>2020</sub> (1,2%),
- egyéb országok összesen: (2,2%).

Bányászati oldalról a kitermelés mennyisége nehezen növelhető, mivel az irídium az egyik legritkább elem a földkéregben. Összehasonlításként: a 7-9 t/év irídiumbányászat mellett a platinabányászat 190 t/év nagyságrendű világszinten [3]. Ebből következően a bányák számára az irídiumból származó bevétel

viszonylag alacsony, így nem jelent ösztönzést – még a mostani magas irídiumár ellenére sem – a bányászati társaságok számára, hogy a platina bányászatát bővítsék és ezzel több irídiumot termeljenek ki. Az irídium elsődleges forrása tehát nagymértékben függ a platinabányásztól.

### Piaci következmények

Az eddigiekből az is következik, hogy az irídium piaca nem likvid piac: kis mennyiség érhető el forrásoldalon, és viszonylag kevés piaci szereplő van, mind az előállítói, mind a felhasználói oldalon. Mivel a piac nem likvid, kisebb változások is jelentős áringadozásokat képesek produkálni. A cikk későbbi részében leírtak, a PEM elektrolizálók gyártásának várható felfutása új igényként jelentkezik, amely árfelhajtóként jelenhet meg az irídium piacán, mennyiségi oldalról pedig ideiglenesen szűk keresztmetszetként jelentkezhet a hidrogénszektor és a meglévő alkalmazások számára. Kulskérdéssé válhat tehát, hogy hogyan és milyen mértékben várható az elektrolizáló-technológiában a K+F+I megoldásoknak köszönhetően a fajlagos irídiumigény csökkenése? A következő ábra az irídium (kiskereskedelmi) árának alakulását mutatja az utóbbi hat évben.



Iridium árának alakulása 2018-2023 között.

Forrás: [strategicmetalsinvest.com](https://www.strategicmetalsinvest.com) és saját szerkesztés.

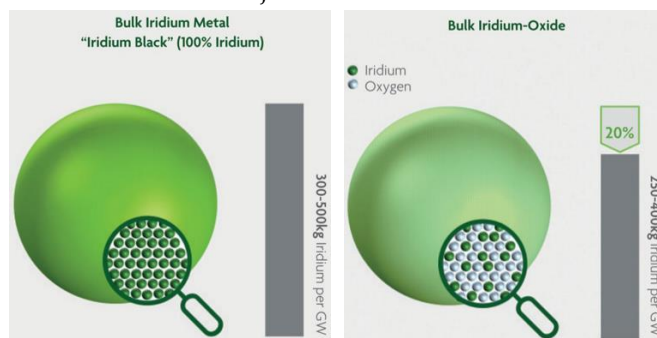
Megjegyzés: ez csak indikatív jellegű, kiskereskedelmi ár. Nagy tételben történő irídiumvásárlás esetén, akár befektetési, akár ipari céllal egyéb, egyedi megállapodás keretében elérhető ár érvényes. Az irídium és a platinacsoport egyéb fémjeinek árai is elérhetők itt: <https://www.metalsdaily.com/live-prices/pgms/>

### Felhasználási oldal: igény az elektrolízis oldaláról

A fent már említettek szerint évente kb. 7,3-9 tonna irídiumot bányásznak világszerte, amelyet a jelenlegi alkalmazások fel is használnak. Feltételezve, hogy kb. 1,5 t/év irídium irányítható át a hidrogéngazdaságba (elektrolizáló-gyártásba) azáltal, hogy a meglévő alkalmazások esetén alternatív anyagokkal helyettesítik az irídiumot, vagy pedig egyéb hulladékáramokat vonunk be a körforgásos gazdálkodásba (azaz több irídiumot nyernek vissza az alternatív hulladékáramokból), akkor a 2023-2030 közötti időszakban

12 tonna irídium válna elérhetővé. Ez a mennyiség nem lenne elegendő, ha a PEM elektrolizálókat a mai kor átlagos színvonalának megfelelő fajlagos anyagfelhasználással, azaz 400 kg<sub>Ir</sub>/GW gyártaná le az ipar. A már korábban említett 70 GW (PEM) elektrolizáló 2030-ig történő legyártásához 28 tonna irídiumra lenne szükség, ezért itt játszik kiemelt szerepet a takarékoság. Már ma is vannak olyan innovatív gyártási eljárások, amelyek az elektrolizálókat kis nemesfém-tartalmú katalizátorok (*low-loading catalyst*) kialakításával 100 kg<sub>Ir</sub>/GW fajlagos érték körül képesek tartani, változatlan vízbontási (hidrogénéelőállítási) hatások mellett. Ezzel már csak 7 tonna irídiumra lenne szükség a megadott elektrolizáló-gyártás kielégítéséhez 2030-ig. Ez az érték már jóval realitásos. Új katalizátor-kombinációkkal laboratóriumi szinten már ennél alacsonyabb fajlagos katalizátor-terhelési értékeket is demonstráltak már.

Jelenleg is kutatják, illetve alkalmazzák azt a módszert, amellyel változatlan, vagy akár javuló hidrogénkihozatal mellett is csökkenteni lehet az elektrolizálóban a nemesfém-ből készült katalizátorok alkalmazását. Ehhez az alábbi feltételek kellene: továbbfejlesztett elektrolizáló-cellatervezés, javított membrántulajdonságok, teljes rendszerhatások javítása, de a legfontosabb faktor e téren maga az elektrokatalizátor fejlesztése, illetve alkalmazása az elektrolizáló elektródjain.



Fajlagos irídiumtartalom csökkentése. Kép: Heraeus Precious Metals.

A katalizátor struktúrájának, morfológiájának finomhangolása és összetételének (hordozójának) ideális megválasztása segít elérni azt, hogy az oxigénfejlesztési reakcióban (OER, azaz anód oldalon) – a katalitikus aktivitás megtartása vagy akár javítása mellett is – csökkenthető legyen a PEM elektrolizáló irídiumszükséglete. Ezt természetesen csak úgy lehet, illetve szabad megvalósítani, hogy a katalizátor nagyfokú stabilitása megmaradjon, az minél tovább és minél magasabb hatásokkal működjön. Az első generációs elektrolizáló katalizátorán még „irídium black”-et, tömbi fázisban lévő, azaz nem a felületen elhelyezkedő irídiumfém (bulk irídium metal)



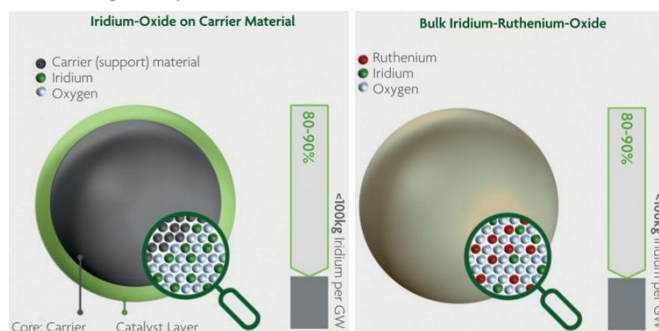
alkalmazták<sup>1</sup>.

Ennek igen jó volt a hatásfoka és a kémiai stabilitása, azonban az irídium összes, illetve a felületen található mennyisége igen kedvezőtlen volt. Ennek értelmezéséhez azt kell tudni, hogy a katalitikus reakció alapvetően a felületeken zajlik, és nem növeli a katalitikus aktivitást, ha az irídium a katalizátor fő tömegében (a szemcse belsejében) is nagy mennyiségben fordul elő. Ebből kiindulva az első fejlesztés az volt, ami ma már bevett iparági gyakorlat, hogy az ömlesztett fém irídium helyett irídium-oxidot (IrO<sub>2</sub>) alkalmaznak, megnövelve ezzel a katalizátor felületét. Ez a módszer kb. 20%-kal csökkentette az irídiumfelhasználást.

Ezzel a felületi és ömlesztett irídium (kedvezőtlen) aránya még csak kis mértékben javult, ezért a második fejlesztési lépésben nagyon jó eloszlást mutató irídiumalapú nano-részecskéket, vagy irídiumot tartalmazó rétegeket vittek fel a katalizátor hordozóanyagára. Ez esetben az a cél, hogy az elektrolizáló oxigénfejlesztési reakciójában (OER-ben) a katalitikus reakció hatékonyságát az egységnyi felhasznált irídium mennyiségére vonatkoztatva maximalizálni tudják. Ennek megvalósítására számos bevonatolási vagy leválasztásos (*deposition*)<sup>2</sup> módszer áll rendelkezésre. A nehézséget az jelenti, hogy bár sok esetben elérhető a katalitikus aktivitás növekedése, a katalizátor veszít kémiai stabilitásából az anód elektród nehéz működési feltételei között (mint pl. magas oxidációs potenciál és erősen savas környezet). Egy „Kopernikus P2X” projekt<sup>3</sup> keretében az egyik katalizátorgyártónak mégis sikerült 50%-kal csökkenteni az irídiumfelhasználást, változatlan hatásfok és élettartam mellett, valós ipari alkalmazási környezetben.

A harmadik fejlesztési lépcső az, amikor olyan egyéb anyagokat alkalmaznak a katalizátorban, amelyek részben kiváltják az irídiumot. Ilyen például a ruténium (Rh), amellyel nem csak részben lehet kiváltani a jóval ritkább irídiumot, hanem még a katalitikus aktivitást is javítani lehet. A ruténium önmagában azonban sajnos nem javítja a hosszú távú stabilitást, vagyis az elektroilizáló hosszú élettartamát. Ennek orvoslására vegyes oxidokat, ruténium- és irídiumoxidok keverékét

alkalmazták, amely már megfelelő stabilitást mutatott. Ebben a fejlesztési koncepcióban, azaz a vegyes oxidok alkalmazásában még további optimalizációs lehetőségek rejlenek.



Vegyes oxidok alkalmazásával elérhető irídiumtartalom-csökkenés. Kép: Heraeus Precious Metals

### Egyéb intézkedések, visszanyerés és újrahasznosítás

A kívánt eredmény eléréséhez, tehát ahhoz, hogy takarékoskodni lehessen az irídiummal, a katalizátor optimalizációján túlmenően minden fejlesztési módszert, így az egyéb cellakomponensek optimalizációját, azok kölcsönhatásait, illetve az elektrolizáló üzemeltetési módjait együttesen célszerű alkalmazni. A cellatervezés (*cell design*) során az áramlási mezők (*flow fields*) és a transzportrétegek, különösen a porózus transzport-rétegek (PTL) optimalizációja csökkenti a cellaellenállást és a celladegradációs faktorokat a teljes rendszerben. Még jelentősebb tényező a membrán, amelynél az optimális vastagság megválasztása jelentősen csökkentheti a cellaellenállást.

A fentiek mellett természetesen szükség lesz fejlett visszanyerési (*recycling*) módszerek kidolgozására is, hogy az élettartamuk végére érő elektrolizálókból az irídium és egyéb nemesfémek, vagy ritkafémek minél nagyobb arányban visszanyerhetők legyenek. Jelenleg a különböző alkalmazásokban felhasznált irídiumnak átlagosan csak 20-30%-át hasznosítják újra [3]. Ráadásul még ezek a mennyiségek sem állnak szabadon rendelkezésre a PEM-elektrolizálókhöz, mivel a visszanyert irídiumot az eredeti alkalmazás tulajdonosa nevében ill. számára hasznosítják újra és jellemzően az eredeti alkalmazásba kerülnek vissza.

<sup>1</sup> Nem hordozón diszpergált, azaz tömbi fázisú irídiumfémeket vagy más néven *iridium black*-et használtak. A katalizátor tehát 100% irídium fémrészecskékből áll. Ha a részecske mérete, azaz átmérője 100 nm (gömb morfológiát feltételezve), a diszperzitása pusztán 1%, ami azt jelenti, hogy a felületi irídiumatomok száma a tömbi fázishoz képest csak 1%. Ez nagyon rossz felületi arány. Ha a szemcseméretet lecsökkentjük 1 nm-esre, akkor az irídiumatomoknak közel 100%-a felületen van. Csak hordozós katalizátorok esetében van esély ilyen kis szemcseméret stabilizálására, azaz akkor, ha a nagy fajlagos felületű szén vagy oxidokat használunk hordozónak és arra választjuk le az irídiumszemcséket. Ha nincs ilyen diszpergáló fázis (hordozó), akkor a kis szemcsék hamar összeállnak tömbi fázissá (*bulk* fázissá).

<sup>2</sup> A leválasztásos módszernél az irídium egy sójából redukcióval vagy csapadékképzés utáni redukcióval választják le a hordozó felületére az Ir-nanoszemcséket.

<sup>3</sup> <https://www.kopernikus-projekte.de/en/projects/p2x>

Egyelőre a 70%-os, még nem újrahasznosított "potenciál" kihasználása szintén nem könnyű feladat, mivel az elhasználandó berendezéseket, anyagokat nehéz begyűjteni, vagy az irídium koncentrációja meglehetősen alacsony ezekben. Utóbbi esetben jelentős előkezelésre van szükség, hogy az újrahasznosítás gazdaságos maradjon. A növekvő PEM elektrolizáló kapacitások esetében is előbb-utóbb megjelennek az életciklusuk végére érő, hulladékká váló berendezések, amelyekből az irídium visszanyerhető ugyan, de egy elektrolizáló (stack) hasznos élettartama kb. tíz év. Ezek újrahasznosítása tehát még nem sokat segít az elektrolizáló piac felfutási fázisában, azaz az elkövetkező tíz évben. Mindezek ellenére már jelenleg is vannak érdemi szakmai programok elektrolizálók újrahasznosítására, nemesfém tartalmuk visszanyerésére, mind az USA-ban<sup>4</sup>, mind az EU-ban<sup>5,6</sup>.

A kihívásokra már az EU-s szakpolitika is igyekszik választ adni. Az Európai Bizottság 2023 márciusában publikálta a Kritikus Nyersanyagok Törvényjavalatot (CRMA, *Critical Raw Material Act*) [4], mert felismerte, hogy nem lehetséges a gazdaság zöldítése bizonyos kritikus nyersanyagok (CRM-ek) rendelkezésre állása nélkül. Kulcsfontosságú ágazatokban, mint pl. az energetika, különösen a megújuló energia technológiák, vagy az elektronika, a védelmi ipar, vagy a repülés, biztosítani kell a kritikus fontosságú nyersanyagokat. A CRA (tervezete) megteremti a kritikus ércek, ásványi anyagok kitermelésének, feldolgozásának, újrahasznosításának, illetve nyomonkövetésének és diverzifikálásának alapját az európai viszonyok között. A hidrogén-technológiák, mint pl. elektrolizálók, vagy a tüzelőanyag-cellák a CRM-ektől függenek. Különösen fontos például a platina és az irídium, de a réz és a nikkel is, főleg hogy utóbbiakért számos egyéb „celan tech” ágazat (pl. villanymotorok, akkumulátorok, napelemgyártók, stb.) is küzdenek. E fémek elérhetősége és jövőbeli ára döntően befolyásolja a hidrogénpiac növekedési sebességét. Mindezek alapján a CRMA kétkörös megközelítést javasol: i) meghatározza a stratégiai szinten fontos, ún. „SMR” (*Strategic Raw Materials*), azaz magas prioritással szükséges anyagok körét, valamint ii) a kritikus („CRM”) nyersanyagok körét, amelyeknek fontos gazdasági jelentőségük van és ellátási kockázatot hordoznak, közepes szintű veszélyeztetettséggel. Mindezek körére a szabályozás %-os célértékeket határoz meg az EU-n belüli kitermelésre (10%), feldolgozásra (40%) és újrahasznosításra (15%).

A legfontosabb megállapítás az, hogy az EU-nak törekednie kell arra, hogy ne függjön túlságosan harmadik országbeli beszállítóktól. Ennek érdekében megszabja a küszöbértéket, amelynek értelmében egy adott anyagból az import legfeljebb 65%-a származhat külső beszállítótól. [4] Szempontunkból, illetve a hidrogéntehnológiák szempontjából fontos kiemelni, hogy a CRMA stratégiai szinten fontos nyersanyagok (SRM) körébe sorolja az irídiumot, illetve lényegében az összes platinafémet:

CRMA alapján stratégiai fontosságú anyagok (SRM)		
Bizmut Réz Gallium Germánium Magnéziumfém Természetes grafit – akkumulátormin. Szilíciumfém Titánfém	Bór – kohászati minőségű <b>Platinacsoport fémjei</b> Mágnesekhez használt ritka- földfémek (Nd, Pr, Tb, Dy, Gd, Sm és Ce)	Kobalt Lítium – akkumulátor- minőségű Mangán – akkumulá- torminőségű Nikkel – akkumulátor- minőségű Volfrám
CRMA alapján kritikus fontosságú anyagok (CRM)		
Antimon Arzén Bauxit Barit Berillium Bizmut Bór Kobalt Nyersfoszfát Foszfor	Kokszolható szén Réz Földpát Folypát Gallium Germánium Hafnium Hélium ...stb...	Nehéz ritkaföldfémek Könnyű ritkaföldfémek Lítium Magnézium Mangán Természetes grafit Nikkel – akkumulátor- minőségű Nióbium ...stb...

## Összegzés

Az elektrolizálógyártás felfuttatásának perspektívái tehát jók. A nemesfémek egyre hatékonyabb felhasználása (majd visszanyerése) stratégiai kidolgozását igényli, de a technológiai módszerek – különösen a fent említett katalizátor-optimalizációs megoldások – nagyrészt rendelkezésre állnak jelenleg is, sőt jelentős részük már ipari környezetben tesztelt. Ha a fent leírt anyag-takarékossági és hatékonyságjavítási intézkedéseket kombináltan alkalmazza az iparág, akkor az irídium rendelkezésre állása nem lesz szűk keresztmetszete a PEM elektrolizáló-gyártás jelentős felfuttatásának.

Iridium		Element Properties	
atomic number	77	atomic weight	192.217
symbol	Ir	acid-base properties of higher-valence oxides	
electron configuration	[Xe]4f <sup>14</sup> 5d <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup>	crystal structure	
name	iridium	physical state at 20 °C (68 °F)	
		atomic number	77
		atomic weight	192.2
		melting point	2,410° C (4,370° F)
		boiling point	4,527° C (8,181° F)

<sup>4</sup> <https://www.energy.gov/articles/doe-establishes-bipartisan-infrastructure-laws-95-billion-clean-hydrogen-initiatives>

<sup>5</sup> HyTechRecycling Project – New Technologies and Strategies for fuel cells and hydrogen technologies in the phase of recycling and dismantling: <https://hytechrecycling.eu/project/objectives/>

<sup>6</sup> [https://www.heraeus.com/en/hpm/recycling\\_solutions/recycling/catalyst/catalyst.html](https://www.heraeus.com/en/hpm/recycling_solutions/recycling/catalyst/catalyst.html)



Illusztrációk: Britannica | Wikipedia | Motomotors

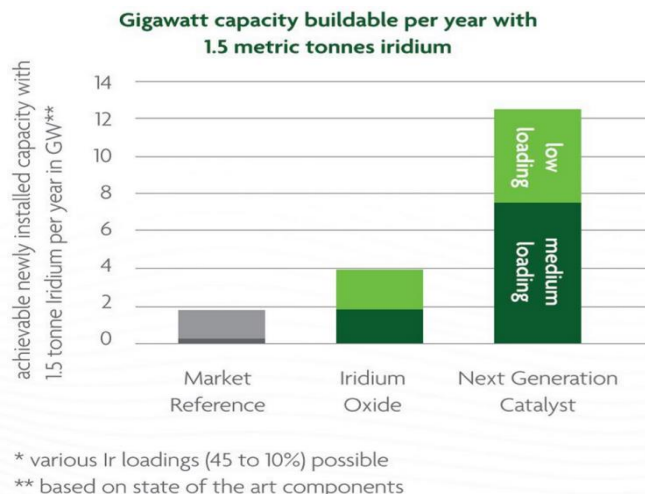
Forrás:

[1] McKinsey and Hydrogen Council, 2023

[2] H2 View Magazine, Issue #43, Sept. 2023.

[3] Dr. J. Richter (2023): Iridium: An indispensable, scarce metal for the hydrogen economy – so how can availability be ensured?

[4] Proposal for a Regulation establishing a framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials (COM/2023/160 final)



Kép: Heraeus Precious Metals

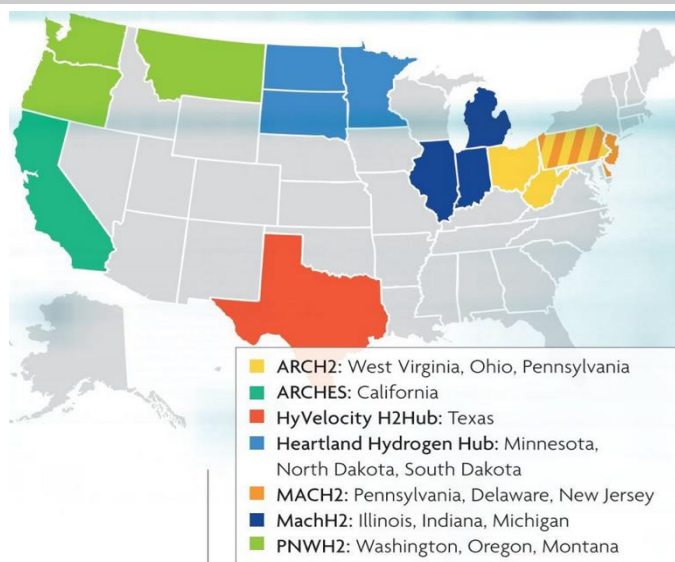
## „Hydrogen hub”-ok az USA-ban: 7 mrd dolláros fejlesztési program

Folytatás az 1. oldalról.

Honlapunkon 2023 őszén írtunk cikket a US DoE (Department of Energy) által 2023-ban publikált Tiszta Hidrogén Stratégiáról<sup>7</sup>. Most ennek egyik hangsúlyos eleméről, az úgynevezett „Hydrogen Hub”-ok, vagyis hidrogén központok létesítéséről, ezek előrehaladásáról jelentek meg érdemi információk. Ezek a Hub-ok az EU-s Hydrogen Valley fejlesztési koncepció amerikai megfelelői, és igen ambíciózus, 7 mrd dolláros támogatási programot rendeltek hozzájuk.

A nemrég kijelölt a H<sub>2</sub> Hub-ok adott esetben teljes államként vagy akár több államra kiterjedően kerültek kijelölésre az USA-n belül, amelyet az 1. ábra szemléltet. E központok, teljes kiépülésük esetén együttesen 3 millió tonna/év tiszta hidrogén előállítására lesznek képesek a tervek szerint, és a megadott állami támogatás mellett bő nagyságrenddel nagyobb (40 mrd dollár) magántőke bevonását fogják elindítani. Mindez egy még átfogóbb fejlesztés, a szövetségi kormány ún. Kétpárti Infrastruktúra-fejlesztési Törvényében (Bipartisan Infrastructure Law) megfogalmazott, 65 milliárd dollár értékű programcsomag része, amely arra ösztönzi a befektetőket, hogy tiszta energiatechnológiákba, azok alkalmazásaiba fektessék a pénzüket.

A kijelölt hidrogén központok (H<sub>2</sub> Hubs) kellően nagyok ahhoz, hogy önmagukban is életképesek legyenek, nem függenek össze egymással kezdetben. Előállítási oldalon többféle technológiát alkalmaznak, mint pl. a földgáz alapú gőzreformálást széndioxid-leválasztással összekötve (SMR+CCS), biomassza és nukleáris energia alapú elektrolízist. Ugyanakkor valamennyi központ valamilyen meglévő, pozitív



1. ábra: a hét kijelölt Hydrogen Hub az USA-ban. Kép: h2-view.

regionális adottsághoz igazítja az általa alkalmazott hidrogéntechnológiákat. Ilyenek lehetnek pl. meglévő olaj- és gázipari infrastruktúrák, földgázkitermelés, jelentős helyi megújulóenergia-potenciál, korábbi hidrogéntechnológiai fejlesztések. Midezek alapján a hét Hydrogen Hub és a fejlesztésükre előirányzott szövetségi szintű forrás a következő:

- 1) Appalachian Clean Hydrogen Hub (ARCH2), 925 m\$
- 2) Alliance for Renewable Clean Hydrogen Energy System (ARCHES) 1 200 m\$
- 3) HyVelocity H2Hub, 1 200 m\$
- 4) Heartland Hydrogen Hub, 925 m\$
- 5) Mid-Atlantic Clean Hydrogen Hub, (MACH2): 750 m\$,
- 6) Midwes Alliance for Clean Hydrogen (MachH2): 1 000 m\$
- 7) Pacific Northwest Hydrogen Hub (PNWH2): 1 000 m\$

<sup>7</sup> <https://www.hfc-hungary.org/megjelent-az-usa-tiszta-hidrogen-strategiaja-es-utiterve/>



## HIRDETÉS

### Hidrogén ellátórendszer építője, üzemeltetője és karbantartója képzést indít a DUNAGÁZ Zrt. A HUMDA támogatásával!



**Jelentkezzen képzésünkre, vegyen részt a 07133032 számú programkövetelmény alapján szervezett képzésen és szerezzen képesítő bizonyítványt a DUNAGÁZ Zrt-nél!**

A képzés 2024.04.24-én kezdődik Dorogon, a DUNAGÁZ Zrt. székhelyén. A képzés további napjai részben online, részben személyes jelenléttel igénylő kontaktórás foglalkozás keretein belül fog zajlani, részletes ütemezés a weboldalunkon található.

A képzésen való részvétel feltételei:

- Középfokú végzettség és épületgépészeti, gépészeti szakképesítés vagy szakmai végzettség
- Foglalkozás-egészségügyi szakellátó hely által kiállított szakmai gyakorlati igazolás

**A képzés elvégzésével a Résztvevő Hidrogén ellátórendszer építője, üzemeltetője és karbantartója megnevezésű képesítő bizonyítványt szerezhet a DUNAGÁZ Vizsgaközpont által szervezett vizsgán.**



Kondár-Sovány Bianka  
+36 30 569 5620  
kondar-sovany.bianka@dunagaz.hu

<https://dunagaz.hu/kepzesek/hidrogen-ellatorendszer-epitoje-uzemeltetoje-es-karbantartoja-2>

Mind a hét hidrogén központra létrejött egy projekt partner lista a jelentősebb ipari szereplőkről. Az ipari gázgyártó óriásvállalat, az Air Liquide például hatban szerepel partnerként, az elektrolizáló-gyártó OEM Plug Power négyben, a Bloom Energy nevű tüzelőanyag-cella specialista cég három hub-ban is szerepel. A forrás konkrét határidőket nem ad meg a *Hydrogen Hub*-ok tényleges kiépítésére, de a teljes kiépítéshez sok évre, vagy akár néhány évtizedre is szükség lehet. A 16 szövetségi államot érintő *Hydrogen Hub* program a DoE szerint 330 ezer új munkahelyet teremt, amelyeknek kb. egyharmada lesz állandó, tartós állás.

2024 elején a US *Department of Energy* (DoE) kijelölte azt a konzorciumot, amely a hidrogénközpontok korai fázisú hidrogénigényeinek koordinálását végzi. E konzorciumot az EFI Foundation (EFIF), az S&P Global, valamint a pénzügyi tőzsdét üzemeltető Intercontinental Exchange (ICE) alkotja. [3] Az együttműködés célja a *H<sub>2</sub> Hub*-ok piacában rejlő potenciál kiaknázására szolgáló kereslet oldali támogatási mechanizmusok megtervezése és végrehajtása lesz. A konzorciumot a DoE Tiszta Energia Demonstrációs Irodája (*Office of Clean Energy Demonstrations, OCED*) hirdette ki, mivel a szervezetet kifejezetten a tiszta hidrogéngazdaság kereskedelmi beindításának felgyorsítására hozták létre, a *H<sub>2</sub> Hubs* programmal együtt.

Most, hogy a konzorcium és a Hub-ok bejelentésre kerültek, a DOE és a konzorcium megállapodott abban,

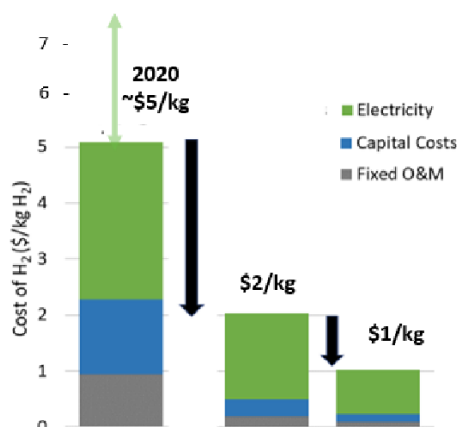
hogy a következő 6-9 hónapban együttműködnek. Közös munkájuk középpontjában olyan intézkedések kidolgozása áll majd, amelyek lehetővé teszik a H<sub>2</sub> Hub-hoz kapcsolódó projektek által előállított tiszta hidrogén beszerzését. Ennek keretében a konzorciumot alkotó, fent említett cégek, szervezetek összegyűjtik a tiszta hidrogén, a projektfinanszírozás és a kereskedelmi szerződéskötés területén szerzett szakértelmet. Ezzel párhuzamosan a konzorcium azon is dolgozik majd, hogy megteremtse az alapot a magánszektorból származó finanszírozás szélesebb körű bevonásához, valamint a tiszta hidrogén végfelhasználói piacának elindításához, kiépítéséhez. Mindezt a hidrogénárak átláthatósága és a támogatott projektek „szabványosított” szerződéseinek biztosítása teszi majd lehetővé.

A hidrogén keresleti oldali fejlesztése rendkívül fontos a H<sub>2</sub> Hubs program sikere, kereskedelmi életképessége szempontjából. A H<sub>2</sub> Hub-ok keresletoldali menedzselése lehetővé teszi, hogy áthidalják a H<sub>2</sub> termelői és a vevői ár közötti különbséget, ami közép- és hosszú távon hidrogénátvételi biztonságot ad a hidrogéntermelők jelentős része számára. Mindez biztosítja a projektek finanszírozását, bankképességét.

Visszatérve az Egyesült Államok 2023-ban kiadott Tiszta Hidrogén Stratégiájára [1], ki kell emelni egy meglehetősen érdekes, egyelőre talán vitatott

kezdeményezést is, az ún. „1 1 1” („Hydrogen Shot”) névre hallgató elképzelést, amelynek célja, hogy egy évtized múlva 1 kg hidrogén ára mindössze 1 dollárra csökkenjen.(?) Ennek elérésére a Stratégia többféle programot is indít (lásd az [1] forrásban), amelynek egyik eleme éppen a fent bemutatott H<sub>2</sub> Hubs program, hét regionális hidrogén-központtal.

Az elektrolitikus alapú hidrogénelőállítás 1 USD/kg költségének elérése – ráadásul már a 2030-as évek elejéig-közepéig – rendkívül nagy kihívást jelent, ahogy ezt a következő ábra is mutatja. Ehhez mind az elektrolizálók CAPEX igényét, mind a felhasználandó villamos energia költségét drasztikusan csökkenteni kell, de emellett a magasabb hatásfok, hosszabb élettartam elérése révén az O&M költségek csökkentését is előre kell mozdítani. A 2. ábra szerinti költségek kimutatásában az IRA (Inflation Reduction Act) által tiszta hidrogénre biztosított, max. 3 USD/kg adókedvezmény hatása még nem szerepel. (Az IRA az előállított hidrogén karbonintenzitásának függvényében ad támogatást, adókedvezmény formájában: ez 0,6 USD/kg értéktől indul és a legkedvezőbb, nulla-közeli karbonintenzitású hidrogénre ad max. 3 USD/kg adókedvezményt.)



2. ábra: elektrolízis alapú hidrogénelőállítás 1 \$/kg költségre történő leszorításához szükséges intézkedések. Forrás: US DoE (2023) [2]

A stratégia 2020-as „baseline” költsége 5 USD/kg, ami a hidrogén kiegyenlített költsége (LCOH, *Levelised Cost of Hydrogen*), amelyet a DOE „H2A” nevű modelljével számítanak ki, konzervatív 1500 USD/kW PEM elektrolizáló tőkeköltséggel (alacsony volumenű gyártás mellett), 50 USD/MWh villamosenergia-árral és 90%-os elektrolizáló-kihasználási kapacitásfaktoral, mint fő input adatokkal. Összehasonlításképpen, az NREL (*National Renewable Energy Laboratory*) 2020-as technológiai „baseline” input adatait használva – amely a mai 29 USD/MWh napenergia és 35%-os elektrolizáló kapacitásfaktor – kb. 7,50 USD/kg LCOH

hidrogénköltséget kapunk, amit a fenti ábrán a zöld nyíl mutat. Amint látható, a hidrogéntermelés LOHC költsége nagyon érzékeny a villamos energia költségére. Az alacsony költségű, nagy kapacitás-tényezővel rendelkező villamos energiához való hozzáférés – például a meglévő tiszta alaperőművekkel, a víz- és/vagy atomerőművekkel való integráció révén – sokkal alacsonyabb, kiegyenlített H<sub>2</sub>-költségeket tesz lehetővé.

A fentiekén túlmenően az évtized végéig az elektrolizáló CAPEX csökkenése jelentősen befolyásolja majd a tiszta hidrogén LCOH költségét. Fontos megjegyezni, hogy a 2. ábrán bemutatott példában a 2 USD/kg<sub>H<sub>2</sub></sub> eléréséhez szükséges költségbecslések 2026-ig megkövetelnék a 30 USD/MWh villamosenergia-költséget és a 300 USD/kW elektrolizáló beruházási költséget. A végső célként megjelölt 1 USD/kg<sub>H<sub>2</sub></sub> eléréséhez 20 USD/MWh villamosenergia-árat, illetve 150 USD/kW elektrolizáló CAPEX-et kellene elérni. Ezek a költségcélok nem tartalmazzák a tiszta hidrogén-termelés adójóváírását. Valamennyi említett számítás 90%-os, azaz nagyon magasnak tekinthető elektrolizáló kapacitásfaktort feltételezett.

Következésképpen szükség van magas kapacitásfaktoral működő, tiszta villamos energia termelő technológiákra, illetve ezek kombinációjára is, mint pl. nukleáris, geotermális vagy vízenergia, illetve egymást jól kiegészítő időjárásfüggő erőművek és/vagy ezek energiatárolással kiegészített technológiáira. Ez a forgatókönyv (a 2. ábra jobb oldali oszlopa) azt szemlélteti, hogy a tőkeköltségeket mintegy 80%-kal, az üzemeltetési és karbantartási költségeket pedig 90%-kal kellene csökkenteni az előttünk álló tíz év alatt. Hangsúlyozni kell, hogy ezek csak forgatókönyvek, amelyekkel a kijelölt költségcélok elérhetőek lennének. Ennek ellenére a költségek, a hatékonyság, a villamosenergia-árak, a kapacitás-faktorok és a tartósság (élettartam) egyéb kombinációi – beleértve a hőforrások (pl. hulladékhő) felhasználását a magas hőmérsékletű elektrolizáló esetében – lehetővé tehetik a „Hydrogen Shot”, azaz a most még extrém alacsonynak tűnő hidrogén költségcél elérését.

Zárásként megemlíthető, hogy az USA jelenlegi hidrogén adottságai már most is meglehetősen előnyösek. Ezekre lehet építeni. Mintegy 2500 km ipari hidrogénvezeték már jelenleg is üzemel, három geológiai hidrogéntároló üzemel, amelyek közül az egyik a világ jelenlegi legnagyobbjának számít 350 GWh tárolókapacitásával<sup>8</sup>; 50 ezernél is több HTC

<sup>8</sup> <https://www.hfc-hungary.org/jelentos-meretu-foldalatti-hidrogentarolasi-projekt-az-usa-ban/>

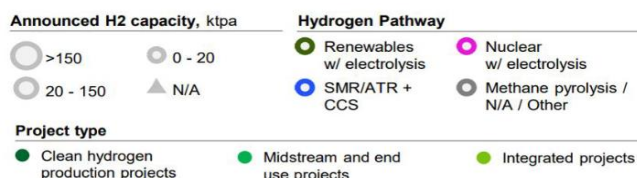
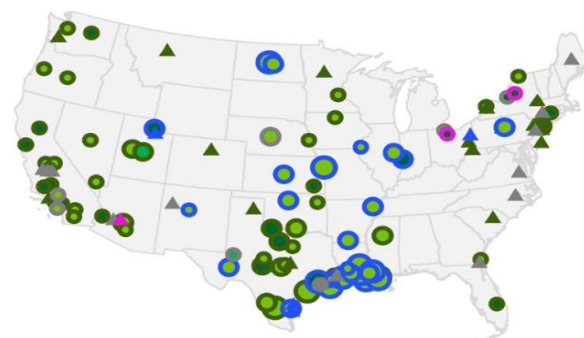
targonca, több mint 80 üzemanyagcellás busz van forgalomban, 15 ezret meghaladja az üzemanyagcellás személyautók száma, több mint 50 nyilvános hidrogén-töltőállomás áll a felhasználók rendelkezésére, továbbá 500 MW-ot meghaladó együttes kapacitású, telepített (energiatermelési célú) tüzelőanyag-cellás kiserőmű, illetve TC-szükségáramforrás működik az USA-ban. Mindezt kiegészíti az országban egy igen jelentős finomítói, petrokémiai ipar, ami már most is komoly hidrogénfelhasználó; nem beszélve az űriparról, pl. a NASA a világ legnagyobb folyékony H<sub>2</sub>-felhasználója.

Forrás:

[1] MHTE: Megjelent az USA Tiszta Hidrogén Stratégiája, <https://www.hfc-hungary.org/megjelent-az-usa-tiszta-hidrogen-strategiaja-es-utiterve/>

[2] H<sub>2</sub>-view Magazine. Issue #45, 2023. (p.20.)

[3] [www.hydrogen-worldexpo.com/industry\\_news/](http://www.hydrogen-worldexpo.com/industry_news/) (2024.01.19.)



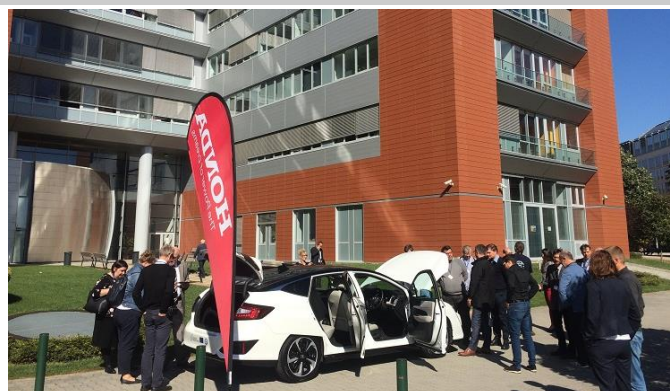
3. ábra: nyilvánosan bejelentett, tiszta hidrogén előállítás tervező projektek 2022 végi állapot szerint az USA-ban. E projektek együttesen 12 MT tiszta hidrogén előállítását biztosítanak 2030-ra.

Forrás: DOE: Pathways to Commercial Liftoff: Clean Hydrogen

## A Honda üzemanyag-cellás fejlesztései és hidrogén stratégiája

Szakmai körökben ismert, hogy a Honda 2021-ben leállította a Clarity Fuel Cell nevű modelljének gyártását. Azt már kevesebben tudják, hogy e döntés egy átfogóbb koncepció része volt, hiszen akkoriban szüntették be több, nem kellően jól teljesítő modell gyártását. A Clarity Fuel Cell<sup>9</sup> modell mellett ilyen volt a normál „benzines” Honda Legend<sup>10</sup> és az Odyssey (utóbbi egy luxus sport modell). Mindhárom említett modellt a Tokióhoz közeli, Sayama üzemében gyártotta a Honda. [1]

Néhányan talán arra is emlékeznek, hogy Egyesületünk egyik *HyLaw National Workshop* címet viselő, EU-s szakmai konferenciájára 2018 őszén sikerült Budapestre hozni és bemutatni egy Honda Clarity Fuel Cell modellt. Ugyanekkor Budapestre látogatott és konferenciánkon előadást tartott a Honda R&D Europe (Deutschland) GmbH. egyik vezető projektmérnöke<sup>11</sup> a cég üzemanyagcellás hajtáslánc fejlesztéséről. Bár a széles nyilvánosság ekkor nem vihette tesztvezetésre az autót, de így is sikerült egy rövidebb távon vezetni Budapest belvárosában a Clarity Fuel Cell-t.



Honda Clarity Fuel Cell a TTK épületénél 2018 szeptemberében, egy MHTE rendezvény keretében. Kép: MHTE

Az korábban is ismert volt, hogy a Honda és a General Motors már 2013-tól együttműködött az üzemanyag-cellás hajtáslánc terén. A két autóiipari vállalat 2017-ben közös vállalatot is alapított, 50-50%-os részesedéssel. E partnerséget a két vállalat továbbítte, sőt, a jövőben a GM és a Honda együtt készül hidrogén üzemanyag-cellás modelleket fejleszteni és piacra bocsátani.



<sup>9</sup> A Hondának már 2008-tól létezett az FCX Clarity hidrogén-üzemanyagcellás modellje, amelynek lényegében második generációs kiadása volt a Fuel Cell Clarity 2017 és 2022 között.

<sup>10</sup> A Honda Legend gyártása 1985-ben kezdődött, egy 2012-es hullámvölgy után hibrid verzióban is megjelent 2015-ben, de 2020-ban mindössze 216 db-ot adtak el belőle, míg a modell csúcserőteljesítése 20.000 darab volt 1991-ben.

<sup>11</sup> <https://www.hfc-hungary.org/hylaw-projekt/> [https://www.hfc-hungary.org/hylaw/HyLaw\\_presentation\\_HONDA\\_2018\\_sept.pdf](https://www.hfc-hungary.org/hylaw/HyLaw_presentation_HONDA_2018_sept.pdf)





Honda Clarity Fuel Cell Budapesten a Lánchíd környékén, normál forgalomban 2018 szeptemberében. Kép: MHTÉ

Az év elején tett sajtóbejelentés [2] alapján a GM és a Honda Brownstone-ban (Michigan Állam, USA) hozta létre Fuel Cell System Manufacturing LLC. (FCSM) nevű közös vállalatának tüzelőanyag-cellás gyártóbázisát. Az új üzemanyag-cellás rendszer kulcsfontosságú a Honda üzleti hidrogénstratégiájában.

A két cég által az elmúlt évtizedben közösen kidolgozott új üzemanyagcellás rendszerének nagyobb a teljesítménye, az élettartama megduplázódott, miközben a költségét kétharmadával csökkentették az előző generációs<sup>12</sup> rendszerhez képes [2]. Ezt a jelentős csökkenést többféle intézkedés révén sikerült elérni, így pl. innovatív elektród-anyagok felhasználásával, továbbfejlesztett tömitésekkel, egyszerűsítésekkel a kapcsolódó üzemgyensúlyi (BoP) komponensekben, illetve a gyártósor termelékenységének növelésével. A tartósság növelését főként az érintett cella-komponensek jobb korrózióállóságával érték el. A gyártási volumen viszonylag kis darabszámmal indul: 2025-ig csak kb. 2.000 db/év, amelyet 2030-ra 60.000 db/év-re szeretnének felfuttatni. 2040-re a vállalati hidrogénstratégia néhány százezer db/év gyártási volumenre céloz meg. [3]



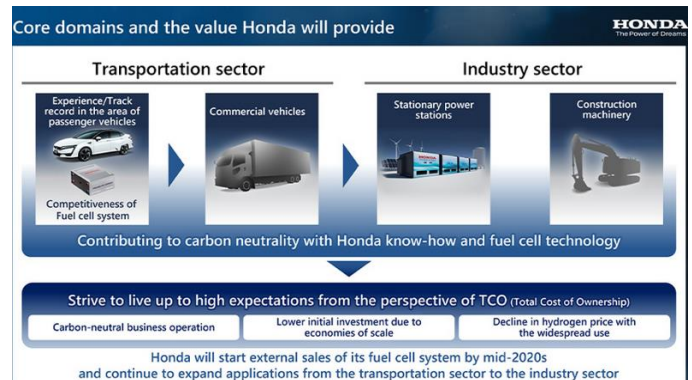
Illusztráció az üzemanyagcellás értékesítési célokról, alkalmazási területekről. Kép: <https://global.honda/en/newsroom>

A konkrét arányok megemlítése nélkül a vállalati előrejelzés 2040-re az, hogy a Honda új eladott autóinak 100%-a vagy akkumulátoros vagy üzemanyag-cellás lesz.

A fent említett konkrét fejlesztés is a Honda klíma- és környezetvédelemmel kapcsolatos átfogó stratégiájába illeszkedik, amely a „Triple Action to Zero” megközelítést határozza meg. Ez alapján az autógyártó 2050-re az alábbi pillérekre épít:

- karbonsemlegesség elérése a termékek és a vállalati tevékenységek során 2050-re,
- erőforrások körkörös alkalmazása: 100%-ban fenntartható anyagok használata, teljeskörű újrahasznosíthatóság elérése,
- tiszta, megújuló energiák használata, ideértve a villamos energiát (elektrifikációt) és a hidrogént.

A Honda 2023 februárjában publikálta hidrogén üzleti stratégiáját (*Honda Hydrogen Business Strategy*), amelynek részét képezi az is, hogy új üzemanyagcellás rendszerét nem csak FCEV személy- és nehézárművekben, hanem különböző egyéb alkalmazásokban (pl. telepített energiatermelő alkalmazásokban, építőipari gépekben) is alkalmazni fogja, hogy ezáltal is fokozza az igényt a tiszta hidrogén iránt és hozzájáruljon a karbonsemleges gazdaság kiépítéséhez.



„Honda Hydrogen Business Strategy”. Kép: <https://global.honda/>

- **személyautók:** a vállalati hidrogénstratégia keretében még 2024-ben piacra kívánják bocsátani az új CR-V modell üzemanyagcellás változatát. Ez lesz az első Észak-Amerikában gyártott üzemanyag-cellás személyautó az új generációs üzemanyag-cellával és külső forrásból is tölthető akkumulátorral (plug-in hibrid modell). Az autógyártásban ilyenkor szokásosnak tekinthető módon, csak "csepegtetik" az információkat és az új Honda CR-V modellről csak később közölnek műszaki részleteket.

<sup>12</sup> Az „előző generáció” kifejezés jelen esetben a 2019-es Honda Clarity Fuel Cell-re vonatkozik, mint viszonyítási alagra.

HIRDETÉS



**TISZTA HIDROGÉN A MESSERTŐL**

Az optimális termeléstől a gazdaságos felhasználásig

**MESSER**  
Gases for Life

On-site hidrogén termelési, tárolási és szállítási megoldások

[www.messer.hu](http://www.messer.hu)

- **teherautók** piacán a Honda még a 2024-es üzleti évben megkezdi az Isuzu Motors vállalattal közösen fejlesztett üzemanyagcellás teherautó prototípusának közúti tesztelését. Ez egy 25 tonnás, 8x4 rendszerű teherautó, amelynek részletesebb műszaki paraméterei a [4] forrásban találhatóak. Érdekesség, hogy 800 km hatótávot ad meg a gyártó, amelyet 700 bar-os on-board hidrogéntárolással érnek el. A tervek szerint a normál gyártásból kikerülő modellel 2027-ben lépnek piacra. Emellett a kínai Hubei tartományban a Honda 2023 elején a Dongfeng Motor Ltd-vel együttműködve megkezdte a szintén üzemanyagcellás rendszerrel felszerelt haszongépjárműve tesztvezetését.
  - **áramforrások:** a Honda tervei között szerepel továbbá, hogy a szünetmentes, illetve kiegészítő áramforrásokban (APU) is alkalmazzák az üzemanyagcellás technológiájukat. Ennek hátterét az adja, hogy az elmúlt években az adatközpontok energiaigénye a felhőalapú, valamint *big data* megoldások bővülése miatt gyorsan nőtt, és az üzletmenet folytonosságának tervezése (BCP) szempontjából egyre nagyobb szükség van tartalék energiaforrásokra például a szerverközpontokban. E téren első lépésként az American Honda Motor Co. kaliforniai kampuszán egy kb. 500 kW teljesítményű, a Clarity Fuel Cell modellből ismert üzemanyag-cella-modulokat alkalmazó, helyhez kötött üzemanyag-cellás kiserőművet telepítettek. Az FC erőmű demó célú üzembe helyezése az adatközpont tartalék áramforrásként 2023-ban megkezdődött. A sikeres tesztelést követően a Honda megkezdi a helyhez kötött üzemanyag-cellás erőművi technológiák alkalmazását a Honda gyárakban és adatközpontokban világszerte.
  - **építőipari gépek** terén a Honda kezdeményezni fogja, hogy üzemanyagcellás rendszerét elsőként az építőipari gépek piacának jelentős szegmensét kitevő kotrógépekben és kerekes rakodókban alkalmazza. [3]
- A hidrogénüzemű járművek sikeres és széleskörű elterjedéséhez elengedhetetlen a hidrogénellátást is magába foglaló hidrogén-ökoszisztémák létrehozása. Emiatt a Honda támogatja a hidrogén töltőállomáshálózatok fejlesztését. Ennek érdekében részt vesz a *Japan Hydrogen Station Network Joint Company*-ben



(Japan H<sub>2</sub> Mobility/JHyM), Észak-Amerikában pedig együttműködik a hidrogén-töltőállomás üzemeltetőkkel, például a Shell és a FirstElement Fuel cégekkel.

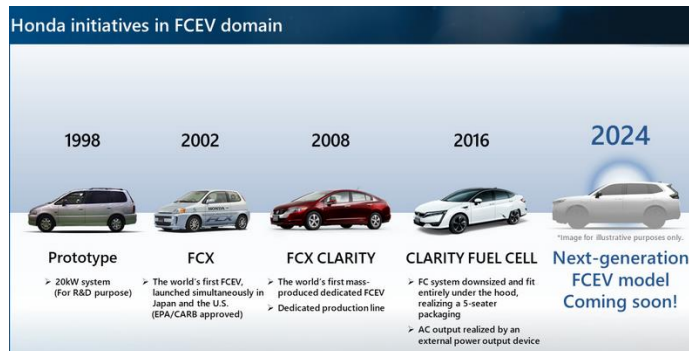
Források:

[1] <https://asia.nikkei.com/Business/Automobiles/Honda-discontinues-fuel-cell-car-Clarity-on-weak-demand>

[2] Honda Press Release, 2024.01.25: Next-Gen Honda Fuel Cell System Plays Key Role in Hydrogen Business Strategy. <https://hondanews.com/en-US/releases/>

[3] Honda News Release, 2023.02.02.: Summary of Briefing on Honda Hydrogen Business. <https://global.honda/en/newsroom/>

[4] Honda News Release, 2023.10.17.: Isuzu and Honda to Hold First Public Exhibit of Fuel Cell-Powered Heavy-duty Truck at Japan Mobility Show 2023.



A Honda FC-alapú járműfejlesztései. Kép: <https://global.honda/en>

[5] <https://www.msn.com/en-gb/cars/news/honda-predicts-new-era-for-hydrogen-fuel-cell-cars/>

## Az IVECO üzemanyag-cellás buszának bemutatkozása

Az Iveco a 2023-as Bus World rendezvényen mutatta be *Iveco Bus E-WAY H2* nevet viselő hidrogén üzemanyag-cellás modelljét. Ez az új, 12 méter hosszú, alacsonypadlós városi autóbusz a Hyundai üzemanyag-cellájára épült és egy 310 kW-os (Siemens Elfa) villanymotor biztosítja a meghajtását. A már megszokottnak tekinthető felépítés szerint a busz tetejére szerelt négy (350 bar-os) hidrogéntartály együttesen 31 kg hidrogén tárolására képes. A hajtásláncot egy 69 kWh kapacitású, külső forrásból is tölthető (NMC) akkumulátor is kiegészíti, vagyis lényegében hibrid járműről van szó. A hajtáslánccal az E-Way H2 hatótávjaként 450 km-t ad meg a gyártó. A nagy hatékonyságot az Iveco elektromos járműveibe épített, Control Platform (eVeCoP) és szoftvere biztosítja, amely mindig optimális arányban osztja meg az akkumulátor és a üzemanyagcella terhelését. A busz két és háromajtós kivitelben is elérhető lesz. Utaskapacitása 90 fő, ami az ajtószámától, az ülések elrendezésétől és az adott ország helyi szabályozásától függően változhat. A cég közleménye szerint az E-WAY H2 modellt a franciaországi Annonay, és az olaszországi Foggia városában fogják gyártani, de konkrét időpontot, gyártási kapacitásokat nem adtak meg egyelőre.

Az Iveco és a Hyundai között egyébként nem ez az első együttműködés üzemanyagcellás jármű fronton, ugyanis egy közepes méretű, hidrogénüzemű (Iveco eDAILY FCEV) furgon fejlesztésén már korábban is közösen dolgoztak.

Forrás: Iveco Group Corporate Press Release, 2023.10.06.

<https://hydrogentoday.info/en/hydrogen-bus-iveco-hyundai/>

<https://hydrogentoday.info/en/iveco-hydrogen-van-hyundai/>



*Iveco Bus E-WAY H2 a brüsszeli Bus World kiállításon. Kép: Iveco*



*Illusztráció: Iveco Bus E-WAY H2. Kép: sustainable-bus.com*

### AJÁNLÓ

#### Budapest Hydrogen Summit – 2024. április 10.

2024. április 10-én, immár harmadik alkalommal rendezik meg a Budapest Hydrogen Summit-et, ahol a hidrogénpiac vezetői megvitatják a technológia előtt álló lehetőségeket és kihívásokat a 2050-es klímacélok tükrében. A konferencia egyedülálló lehetőséget biztosít a hidrogéngazdaság különböző szegmenseiben érdekelt szereplők összekapcsolására, valamint a nemzetközi együttműködés erősítésére. Ne maradjon le a régió vezető hidrogén konferenciájáról. További információ: <https://budapesthydrogensummit.com/>



## A Hidrogén és Dekarbonizált Gázpiaci Csomag aktuális helyzete

### Folytatás az 1. oldalról

Ságvári Pál, MEKH,

stratégiai és nemzetközi ügyekért felelős elnökhelyettes

Ávéd Andor Szilárd, MEKH,

nemzetközi gázipari szakértő

A Hidrogén és Dekarbonizált Gázpiaci Csomagról 2023 decemberében politikai megállapodás született az Európai Parlament és az Európai Unió Tanács között. Ezzel az uniós jogalkotók lefektették a hidrogénpiaci szabályok alapelveit, amelyek más kapcsolódó jogszabályokkal együtt támogatják mind az EU, mind az egyes tagállamok, így Magyarország hidrogénstratégiáinak megvalósítását is. A hidrogénszektor felfuttatása Európa-szerte időszerű kérdés. Egyfelől ugyanis a hidrogéntermelésre megfogalmazott uniós cél felé nagyon alacsony bázisról indulunk. Másfelől pedig az Unió ambíciószintje a 2022-es februári eseményeket követően tovább emelkedett a RePowerEU terv révén, mely az orosz fosszilis energiahordozóktól való függőség csökkentését és a diverzifikációt, ill. a tiszta energiára való gyorsított átállást tűzi ki célul.

**A dekarbonizációs csomag elemei (irányelv, rendelet) és főként ezek hidrogénnel kapcsolatos vonatkozásai kapcsán mikorra várható, hogy az EU kihirdeti, hatályba lépteti azokat? Mennyi ideje lesz a tagállamoknak arra, hogy a jogszabályokat átültessék?**

Az Európai Zöld Megállapodás keretében az Európai Bizottság 2021. december 15-én tette közzé az ún. Hidrogén és Dekarbonizált Gázpiaci Csomagot (dekarbonizációs csomag) tervezetét. A javaslat célja a földgázfelhasználás dekarbonizációjának elősegítése, a dedikált hidrogéninfrastruktúra és -piac, illetve az integrált hálózatfejlesztés számára egy szabályozási keret létrehozása, valamint ezzel egy időben az ellátásbiztonsági szabályok megerősítése. A csomag főbb elemei: a földgáz belső piacára vonatkozó irányelv (2009/73/EK) és földgázszállító hálózatokhoz való hozzáférés feltételeiről szóló rendelet (2009/715/EK) napra készvé tétele oly módon, hogy rendezzék mind a hagyományos földgázhálózatokon forgalmazott alacsony karbonkibocsátású és megújuló gázokra, mind pedig a dedikált hidrogénhálózatokra vonatkozó

H2 előállítási célkitűzések és becsült erőforrásigények	cél (millió t)	szükséges vízbontó kapacitás (GW)	szükséges megújuló többletkapacitás (GW)	becsült teljes beruházási igény az értékláncon (milliárd EUR)	1 millió t H2 előállításához szükséges		
					vízbontó kapacitás (GW)	megújuló energia (GW)	beruházási igény (milliárd EUR)
EU H2 stratégia '24-ig	1	6	80-120	320-458	6	8-12	32-45,8
EU H2 stratégia '30-ig	10	40			4		
REPowerEU '30-ig	10 hazai + 10 import	160-200	300-400	335-471 + 500	8-10	15-20	41,75-48,55

Az EU-s hidrogéncélok változása és a megvalósításhoz szükséges erőforrások becsült nagysága

(forrás: [EU Hidrogénstratégia](#); EHB)

Míg a 2020-ban kiadott EU-s hidrogénstratégiában 2030-ra 10 millió tonna megújuló hidrogén vízbontással történő előállítása volt a kitűzött cél, addig a RePowerEU tervben már ennek a duplája szerepel úgy, hogy a további 10 millió tonnányi megújuló hidrogént az Unió importból szerezne be elsősorban kedvező megújuló-energia-termelési potenciállal rendelkező dél-amerikai és afrikai országokból. A magyar nemzeti hidrogénstratégiában megfogalmazott 2030-as hidrogéntermelési célok az uniósnál ugyan szerényebbek, de ugyancsak ambiciózusak. Fontos különbség, hogy a hazai hidrogénelőállítás céljait nem csak preferáltan megújuló energiaforrásokból, hanem a technológiasemlegesség jegyében egyéb karbonszegény, illetve nukleáris termelés bevonásával kívánjuk megvalósítani. Négy terület (hidrogénelőállítás, ipari dekarbonizáció, közlekedés, szektorintegráció) kiemelésével mellett összesen évi 80 ezer tonna hidrogén előállítását célozza, és 2%-os földgázvezetési hidrogénbekeverést vetít előre.

szabályozási kérdéseket is. A dekarbonizációs csomag a korábbi, villamosenergiapiacot szabályozó Tiszta Energia Csomag fogyasztóvédelmet érintő elemeinek átvételéről is rendelkezik. Az intézményközi politikai megállapodásnak megfelelően véglegesített jogszabályszövegek 2023. decemberében születtek meg a spanyol tanácsi elnökség egyik jelentős eredményeként.

A hivatalos jóváhagyásra, az új jogszabályoknak az Európai Unió Hivatalos Lapjában történő kihirdetésére és a hatályba lépésére várhatóan idén április-május folyamán kerül sor. A földgázrendelet a tagállamokban, tehát Magyarországon is közvetlenül hatályos, annak rendelkezéseit hat hónappal a hatályba lépést követően kell alkalmazni. Az irányelv előírásainak nemzeti jogszabályokba történő átültetését viszont két éven belül kell megvalósítani, tehát azok a magyar jogrendbe legkésőbb 2026 folyamán kerülnek át, hazai alkalmazásuk ekkortól lesz kötelező.

**Hidrogénvezetékek harmadik feles hozzáférése milyen szabályok lesznek? Hogy működik majd a szétválasztási szabály – ki lehet H<sub>2</sub>-gázvezeték üzemeltető? Magyarországon ez várhatóan ki lesz? (Lehet pl. a földgáz TSO vagy új szervezetet kell erre létrehozni?)**

Az Energiaszabályozók Európai Uniói Együtműködési Ügynöksége (ACER) és az Európai Energiaszabályozók Tanácsa (CEER) szoros együttműködésben kiemelten foglalkoztak a dekarbonizációs csomag főbb kérdéseivel, ezen belül pedig a hidrogénszektor szabályozásának témakörével. Az európai regulátorok - köztük a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH) is - a különböző nyilvános állásfoglalásaikban a kezdettől fogva hangsúlyozták, hogy a hidrogénpiac szabályozását fokozatosan, lépésről lépésre, a piac érettségének megfelelő mélységben érdemes bevezetni. A hivatalok szerint ugyanilyen fontos, hogy a szabályozási alapelvek a kezdetektől átláthatóak és egyértelműek legyenek, hogy a befektetők és piaci szereplők egy kiszámítható, világos képet alkothassanak a születőben lévő hidrogénszektor várható szabályozási ívéről. A hidrogéniparág kezdetlegessége és fejlődésének máig fennálló bizonytalanságai miatt egyfajta rugalmasság és dinamikus szabályozási keret szükséges. El kell kerülni, hogy az esetleges kezdeti túlszabályozás az innováció vagy a befektetők útjába álljon, és el kell érni, hogy a hidrogénszektor szabadon és szervesen fejlődhessen. Amint azonban a szektor érettségével együtt a diszkrimináció, a piaci versennyel való visszaélés lehetősége megnő, be kell vezetni a földgáz-szabályozásból már jól ismert garanciális szabályokat az ilyen esetek megelőzésére.

A fenti megfontolásokra tekintettel üdvözlendő, hogy 2031-gyel kezdődő eredeti hidrogénszabályozási céldátum - azaz a hidrogénszektorra vonatkozó főbb alapelvek teljeskörű bevezetése - egyes szabályok esetében 2 évvel kitolódott (2033-ra), míg más esetekben a konkrét dátumot is törölték. Mindezek mellé a legtöbb előíráshoz kapcsolódóan még derogációs lehetőséget is biztosítottak. Alapesetben is csak 2033 elejétől indul a hidrogén betáplálási/kiadási rendszer kialakítása; a szabályozott tarifák alkalmazása; a vezetékekhez, vezetékkészlethez és tárolókhoz való szabályozott harmadik feles hozzáférés (TPA) alkalmazása; a határkereszteszű hidrogéninfrastruktúra finanszírozásához kapcsolódó pénzügyi kompenzációs mechanizmus rendszerének kitérőeljárása (amennyiben nem tarifákon keresztül finanszírozzák az infrastruktúrát); illetve azon

költségek tarifákba építése, melyek a hidrogén-bekeveréssel kapcsolatos (gázminőségi) akadályok felszámolása érdekében keletkeztek. A tulajdonosi szétválasztásra és a speciális (meglévő és földrajzilag lehatárolt) hidrogénhálózatokra vonatkozó mentességi szabályok végdátumhoz kötése pedig teljesen kikerült a szövegből.

Szintén a fent taglalt szabályozási rugalmasságot segíti elő az Európai Parlament egyik koncepcionális javaslata, mely könnyebb működési-fejlesztési lehetőséget biztosít a kisebb hidrogénhálózat-üzemeltetők (Hydrogen Network Operator, HNO) számára. Az eredeti bizottsági koncepció ugyanis a hidrogén hálózatok üzemeltetésére egységesen a HNO-t jelölte ki, és ezekre mérettől függetlenül lényegében a földgáz szállításirendszer-üzemeltetőkre (TSO-kra) vonatkozó szigorú szabályok vonatkoztak volna a teljeskörű szabályozás életbe lépését követően. Mivel a parlamenti javaslatnak köszönhetően már a hidrogénhálózatok esetében is megkülönböztetjük a hidrogénelosztó, illetve -szállítási hálózatok üzemeltetőit (HDNO, HTNO)<sup>13</sup>, előbbieknél már kevésbé szigorú szétválasztási és hálózatfejlesztéssel kapcsolatos előírásokat kell teljesíteniük, hasonlóan a földgáz DSO-kra vonatkozó korábbi szabályokhoz. A két kategória közötti különbségtétel alapja hosszas vitát követően végül az lett, hogy az adott hálózat közvetlenül kapcsolódó fogyasztókat lát-e el. A hidrogénelosztó hálózatok elsődleges célja tehát a fogyasztók közvetlen ellátása, és ezért - hacsak nem földgázzal átalakított vezetékekről van szó - alapszabály szerint nem foglalhatnak magukba rendszerösszekötőket, közvetlen hidrogéntárolóhoz vagy terminálhoz szolgáló csatlakozási pontot. Ezzel szemben a hidrogénszállítási hálózatok elsődleges célja a hidrogén más hálózatokba, illetve tárolókba vagy terminálokba történő eljuttatása, ámde megengedett, hogy közvetlenül kapcsolódó fogyasztókat is ellásson. Utóbbi engedély miatt - különösen az új jogszabályok alkalmazásának első szakaszában - kihívás lehet az hidrogénelosztó és -szállító hálózatok közti objektív különbségtétel, ugyanis mindkét hálózattípus fejlesztését elsősorban az ipari fogyasztók kiszolgálása motiválja, így funkciójukban meglehetősen hasonlóak lesznek.

E hálózat kategóriák mellett megmaradtak a már meglévő és a földrajzilag lehatárolt hidrogénhálózati kategóriák is a dekarbonizációs csomagban, amelyekre szintén egy sor derogációt lehet alkalmazni. A meglévő hálózatok TPA, szétválasztási szabályok vagy a

<sup>13</sup> HDNO: hydrogen distribution network operator, HTNO: hydrogen transmission system operator, HNO: hydrogen network operator (az előbbi kettő összefoglaló elnevezése).

szabályozott hálózati hozzáférési díjak tekintetében kaphatnak derogációt, de bizonyos feltételek bekövetkezte esetén el is veszítik azt (pl. csatlakozás szabályozott hálózathoz, ill. 5%-os hálózatbővítés). A földrajzilag lehatárolt hálózat kategóriájában is adható derogáció szétválasztási és tanúsítási szabályokra, de az eltéréshez több feltételt is együttesen kell teljesíteni. Ezek egyrészt megkövetelik, hogy a földrajzilag lehatárolt hálózatoknak elsősorban a közvetlenül rákapcsolt felhasználókat kell ellátniuk hidrogénnel, másrészt a többi hidrogénhálózathoz való kapcsolódás szabályait érintik. Mindkét típus esetén kikerült a jogszabályból a derogációk kötelező kivezetésének céldátuma, de a regulátornak hét évente értékelnie kell az eltérésről szóló döntést, illetve bármikor dönthet annak megszüntetéséről, ha az eltérés fenntartása pl. a versenyt vagy a hidrogéninfrastruktúra fejlesztését gátolja.

A HNO-k (ill. már konkrétan a HTNO-k) **vertikális tulajdonosi szétválasztása** tekintetében a bizottsági javaslat egyértelműen a teljeskörű tulajdonosi szétválasztást (OU) preferálta és tette meg alapmodellé, azonban az ISO és 2030 végéig az ITO modell alkalmazását is lehetővé tette volna. A MEKH számára utóbbi korlát különösen érzékeny kérdés volt, ezért következetesen amellet érveltünk, hogy a tagállami sajátosságok mentén a hidrogénpiac kialakulása és fejlődése érdekében minél több opciót, így minden bevett szétválasztási lehetőséget nyitva kell hagyni, és nem célszerű kivezetési dátumot megjelölni, hisz az potenciális infrastruktúrabefektetéseket akadályozhatna meg. A kérdésben a Parlament és a Tanács tavaly év végén olyan kompromisszumot talált, amely ugyan tovább bonyolította az előírásokat, de azok már legalább csak a HTNO-kra vonatkoznak, és derogációval élve lehetőséget adnak pl. az ITO modell alkalmazására is, időbeli korlát nélkül. Az adott cég által alkalmazott szétválasztási modelltől (ITO, ISO és a legszigorúbb OU) függetlenül a földgáz-TSO-k cégcsoportja számára általánosan lehetővé tették a hidrogéntermelésben és -ellátásban való részvételt. Magyar szempontból releváns szabály, hogy amennyiben a hidrogénszállító hálózat egy tanúsított földgáz-TSO tulajdonában van, akkor annak kizárólagos irányítása alatt kijelölhető egy ITO szerint szétválasztott hidrogénszállítási hálózat-üzemeltető.

A **horizontális szétválasztási szabályok** szintén a HTNO-kra értendőek, és kimondják, hogy amennyiben ezek olyan vállalkozásban vesznek részt, amelyek földgáz- vagy villamosenergia-szállítással, -elosztással is foglalkoznak, akkor legalább jogi értelemben függetlennek kell lenniük. A trilógusok alkalmával a Parlament a Tanáccsal szemben ennek megkövetelésé-

hez sem ragaszkodott, elegendőnek találta volna a csak számviteli szétválasztást is. Ennek megfelelően a végső szöveg immár lehetőséget ad arra is, hogy a jogi szétválasztás megkövetelésétől el lehessen térni, amennyiben ezt nyilvános, „pozitív” költség-haszon elemzéssel támasztja alá a derogáció megítélésekor a nemzeti szabályozó hatóság. A kompromisszum a kisebb rendszerüzemeltetők számára könnyebbséget hoz, a nagyok tekintetében a jogi szétválasztás viszont tisztább helyzetet eredményez a szabályozott eszközalapok külön kezelése tekintetében.

A HNO-k közti különbségtétel koncepciójának elfogadása miatt a hidrogén-DNO-kra a földgáz-DSO-kkal egyenértékű, a TSO-kénál enyhébb szabályok vonatkoznak. Vertikálisan integrált vállalkozáson belül a jogi függetlenséget előírják számukra, de az eszközök tulajdonlása maradhat a vállalkozásnál. A HDNO-k bérelhetnek, illetve lízingelhetnek is hálózati eszközöket. A 100.000-nél kevesebb fogyasztót kiszolgáló földgáz-DSO-k szétválasztási szabályok alóli mentességének szabályozása úgy módosul, hogy fennálló mentességét megtarthatja az a földgázüzlet-ágon kívül hidrogénelosztó tevékenységet is folytató vállalkozás, amely fogyasztóinak összesített száma nem haladja meg a százezres értéket.

A rugalmasabbá váló szabályokért cserébe a vertikális, a horizontális és a HDNO-kra vonatkozó megengedőbb előírások hatásait 11 évvel az irányelv hatályba lépést követően (2035) ki kell értékelnie a Bizottságnak, amelyet követően akár korrekciókra is sort keríthet.

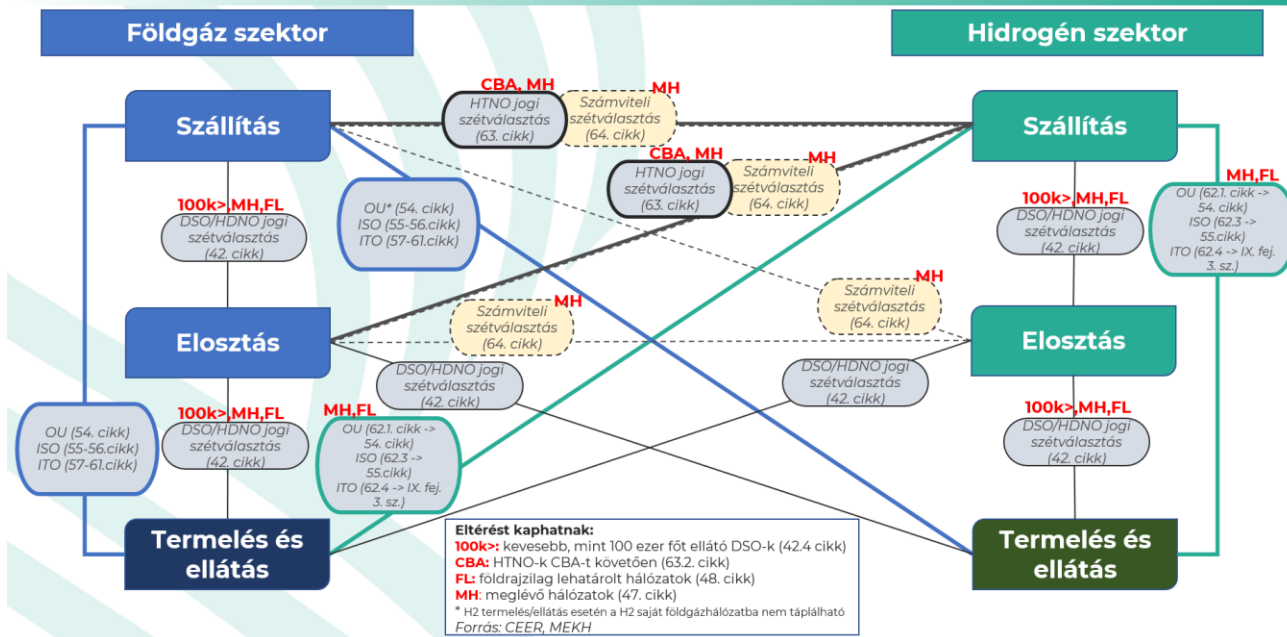
Az eddigiekben összegzett, racionalizált szabályok hatályosulása miatt bízhatunk abban, hogy a jövőbeli hazai hidrogéninfrastruktúra-üzemeltetők kijelölése gördülékenyen történhet, akár egy új entitás, akár jelenlegi földgázipari szereplő lesz az ügyfelünk.

**Az 5%-os hidrogén tartalom lehetővé tétele a földgáz határkeresztező (TSO) hálózatban valóban hatályos szabály lesz már 2025-2026-tól? Van EU-s szabvány a földgázhoz kevert H<sub>2</sub> mennyiségre? Esetleg a tiszta (100%) hidrogén vezetékre vonatkozóan?**

**Bekeverés** tekintetében az eredeti bizottsági javaslat alapján a földgáz-TSO-knak 2025 októberéig lehetővé kellett volna tenniük, hogy a legfeljebb 5%-os hidrogéntartalmú földgázt fogadják szomszédaiktól a rendszerösszekötőiken. Mind a tanácsi, mind a parlamenti álláspont ennél az értéknél alacsonyabb maximálisan befogadható küszöbértéket állapított meg tárgyalási mandátumában, ugyanis a bekeveréssel kapcsolatban az az álláspont kerekedett felül, hogy a földgázt és hidrogént észszerűbb inkább dedikált



Szétválasztási szabályok és eltérések (H<sub>2</sub> és dekarb csomag)



Szétválasztási szabályok és kapcsolódó eltérések a dekarbonizációs csomagban (forrás: CEER, MEKH)

vezetékeken keresztül, elkülönítetten szállítani, és nagy hangsúlyt kell fektetni a végfogyasztói berendezések vonatkozó érzékenységeire. Ennek megfelelően a kompromisszum jelentősen korlátozta a bekeverés lehetőségét, így a kötelező hidrogéntolerancia már legfeljebb csak 2%-os lehet. A küszöbérték alatti hidrogéntartalom miatti, az eltérő nemzeti gázminőségi szabványokból fakadó, a határkeresztesztő gázáramlást érintő korlátozást egy hosszas, többoldalú egyeztetési eljárás alapján lehetséges feloldani. Először a TSO-k, majd a regulátorok, végül az ACER szintjén - amennyiben a megelőző szinteken nincs megoldás - kell törekedni a korlátozás feloldására. Újdonságként került a szövegbe, hogy a hidrogénbekeverési arányok eltérése miatt gázáramlás-korlátozást nem szükséges feltétlenül feloldani a rendszerek között, amennyiben az érintett regulátorok közösen (vagy már az ACER) - a TSO-k megoldási javaslatára vonatkozó CBA elemzés és a nyilvános konzultáció eredménye alapján - a korlátozás fenntartása mellett döntenek. Egy ilyen döntést azonban négyévente felül kell vizsgálni.

**Bekerül-e, és ha igen, várhatóan milyen módon a hidrogén is a 10 éves hálózatfejlesztési tervek (TYNDP) tervezési szempontjai közé? Valóban várható, hogy a földgáz és villany TYNDP-eket ezentúl közösen, és a hidrogénre kiterjedően is kell tervezni?**

Az integrált hálózatfejlesztésre vonatkozó szabályok némileg bonyolódtak a tárgyalások során. Erre egyrészt a HNO-k közötti különbségtétel (elosztó vs. szállító) miatt került sor, másrészt a Parlament azon át nem ment

elképzelése miatt, miszerint egyetlen integrált földgáz, villamosenergia és hidrogén tízéves fejlesztési tervre lenne szükség, és emellett készüljenek a HDNO-kra és a helyi távhőrendszerek üzemeltetőire vonatkozó fejlesztési tervek is. A kompromisszumos megoldás az lett, hogy a HTNO-kra is a földgáz-TSO-kéhoz hasonló szabályok vonatkoznak, és esetükben is legalább két évente nemzeti tíz éves hálózat fejlesztési tervet kell készíteni, amelyet jóváhagyásra meg kell küldeni a regulátoroknak. Ez az eredeti bizottsági javaslatához képest szigorúbb szabályozást jelent, hiszen aszerint a HNO-knak egy egyszerűbb hálózatfejlesztési jelentést kellett volna csak készíteniük nem meghatározott rendszerességgel. Az új szabályok szerint, ahol több TSO van, ott tagállamonként és energiahordozónként egységes tervet kell készíteni, de közös földgáz-hidrogén terv is készíthető. A terv(ek)nek egy szinten legalább két évente, széleskörű konzultáció mellett készített, a TEN-E rendelet uniós szintű forgatókönyveivel és a nemzeti energia és klímatervekkel (NEKT) összhangban lévő közös forgatókönyvön kell alapulniuk. A hidrogén-TNO-k a földgáz-TSO-kon túl a villamosenergia-TSO-kkal és -DSO-kkal is együttműködnek, pl. a vízbontók telepítési helye tekintetében. Egyéb infrastruktúraüzemeltetőktől (hidrogén- és földgázelosztó hálózat, -terminál és tároló üzemeltetők) is be kell kérni a tervezéshez és a forgatókönyv-készítéséhez szükséges információkat. A hidrogéntervnek tartalmaznia kell a hidrogén szállításra átalakítható hálózati elemeket is. Ez utóbbi szoros együttműködést

feltételez a földgáz-TSO-val, hiszen az erre vonatkozó információk náluk állnak rendelkezésre. A fejlesztési tervekben a nehezen dekarbonizálható szektorok fogyasztóinak elhelyezkedésére vonatkozó információkat is meg kell jeleníteni, és összhangban kell lenniük az EU-szintű tízéves hálózatfejlesztési tervvel (TYNDP), valamint figyelembe kell venniük a HDNO-k terveit, ill. a földgáz-DSO-k leszerelési terveit is.

A HDNO-k hálózatfejlesztési terveit négyévente kell elkészíteni szoros együttműködésben a villamosenergia, földgáz és távhő elosztói rendszerüzemeltetőikkel. A tervnek figyelembe kell vennie többek között a távfűtés/-hűtési terveket, az átalakított vezetésekre vonatkozó információkat, de a NEKT-tel, ill. a tízéves fejlesztési tervekkel is összhangban kell lennie. A földgáz-DSO-knak akkor szükséges hálózatleszerelési tervet készíteniük, amikor a földgázkereslet-csökkenés miatt le kell szerelni a hálózatukat vagy annak egyes részeit. A leszerelési tervek vonatkozó tartalmi követelmények lényegében megegyeznek a HDNO-fejlesztési terveknel leírtakkal; 10 éves időszakot kell átfogniuk és 4 évente szükséges frissíteni őket. Ezeket is a többi szereplővel – hidrogén- és villamosenergia-elosztói, ill. távfűtési és -hűtési rendszerek üzemeltetőivel - való együttműködésben kell elkészíteni. Külön kiemelését kap, hogy a biometán szektor fejlődését is figyelembe kell venni bennük. A 45.000-nél kevesebb fogyasztót ellátó DSO-k mentesülhetnek a kötelezettségek alól, de a leszerelésről mindenképpen értesíteniük kell a szabályozó hatóságot. A HDNO-terv és/vagy a földgáz-DSO-k leszerelési terve(i) közös tervbe is foglalhatók, amennyiben azonos régióban tevékenykednek.

A HNO-k uniós szervezete tekintetében a Tanács - az eredeti bizottsági javaslattal egybevágóan - a földgázszektortól és annak befolyásától független Hidrogén Hálózatüzemeltetők Európai Hálózatának (ENNOH) létrehozását támogatta, amelynek feladata többek között a dedikált hidrogéninfrastruktúra kiépítésének előmozdítása (pl. EU-s hidrogén TYNDP), a határkereszteső kérdésekben történő koordináció, a speciális műszaki szabályok, ill. üzemi és kereskedelmi szabályzatok kidolgozása. A Parlament meglepően kitartóan képviselte azt az álláspontját, miszerint a szinergiák, a költség-, működési és rendszerhatékonyság, az energiarendszer-integráció, ill. a felhalmozott tapasztalatok miatt a földgázoldali inkumbens ENTSGO hatáskörét kellene inkább kibővíteni hidrogénes témakörökkel, azaz a földgázos szervezetbe integrálják bele az ENNOH-ot, ENTSGO+H néven. A két koncepció összebékítése során lényegében megmaradt az eredeti elképzelés, miszerint egy

független ENNOH-ot kell létrehozni, amelynek feladatait a kezdeti időszakban az ENTSGO látná el (a 2026-os H<sub>2</sub> EU TYNDP-t még az ENTSGO készítené, a 2028-ast már az ENNOH). Ezzel együtt az ENTSGO-gal és az ENTSGO-E-vel való szoros együttműködésre vonatkozó szabályokat megerősítették a rendszerintegráció elmélyítése és a rendszerközi szinergiák kiaknázása érdekében, sőt a rendelet hatályba lépésének 5. évéig a Bizottságnak meg kell vizsgálnia a szorosabb együttműködés lehetőségét a szervezetek között. A három szervezetnek együtt kell működnie az integrált EU szintű TYNDP-k kidolgozásában, a közös forgatókönyvek, a koordinált infrastruktúra-hány-jelentések vagy a hidrogénre vonatkozó költség/haszon-elemzés (CBA) módszertana tekintetében is. Az ENNOH-ban elsősorban azon HTNO-k vehetnek részt, melyek a tanúsítási eljárásukat már legalább megkezdték (feltéve, hogy ezt határidőn belül befejezik, ill. az infrastruktúrafejlesztésről is beruházási döntést hoznak), de akár azon tagállamok is képviseltethetik társult tagként magukat, amelyekben még nincs HTNO sem, de NEKT-jükben számolnak hidrogénrendszer-fejlesztéssel. A HTNO-knak már 2024 szeptemberére el kell készíteniük az ENNOH alapszabályának tervezetét, eljárásrendjét, valamint a tagok listáját, és azokat be kell nyújtaniuk a Bizottságnak, valamint az ACER-nek.

**Visszatérve a hidrogénstratégiákban megfogalmazott uniós és nemzeti célokra, hogyan értékeli ezek megvalósíthatóságát? Milyen eszközökön keresztül segíthető elő a H<sub>2</sub> termelés felfuttatása?**

Az uniós célok teljesítésének jelentős az erőforrásigénye mind infrastrukturális, mind finanszírozási szempontból. A Bizottság saját közlése szerint a világ jelenlegi vízbontási kapacitása kevesebb mint 400 MW, amelyből csak 160 MW található az EU-ban (ez a 2030-as RePowerEU cél kb. 0,2%-a!). A fentiek és a versenyképességi nehézségek miatt a hidrogénellátási lánc infrastruktúraigényeit és a piac kiépítését különböző uniós és hazai eszközökön, ösztönzőkön keresztül erősen támogatni kell.

A zöldhidrogéntermelés felfuttatását elősegítő legfrissebb kezdeményezés az Európai Hidrogén Bank (EHB), amely aukciókon keresztül kínál támogatást a megújuló hidrogént előállítóknak. A Bizottság még 2022 őszén állt elő a kezdeményezéssel, amelynek fő célja az európai hidrogénpiac beindítása az unión belüli megújulóalapú hidrogéntermelés és az ide irányuló import támogatása, a keresleti és kínálati oldal láthatóságának javítása révén. A 3 milliárd euró összértékű kezdeményezés finanszírozása az Innovációs Alapból történik, amelybe az EU kibocsátás-kereskedelmi rendszerének (ETS) bevételéből

biztosítják a forrást. Az eszköz jelentőségét növeli, hogy a Bizottság a dekarbonizációs csomagban felhatalmazást kapott egy olyan, az EHB keretein belül működő, a hidrogénpiac fejlesztését támogató önkéntes mechanizmus létrehozására 2029 végéig, amely később akár egy önkéntes kereslet aggregációs és közös beszerzést támogató uniós mechanizmussá alakítható, hasonlóan a földgáz területén már működő AggagateEU-hoz.

Mivel a zöldhidrogén megújuló energiával történő előállítása jelenleg meglehetősen költséges, ezért az EHB keretében meghirdetett aukciókon a megtermelt és értékesített hidrogén tömegére kilogrammonként nyerhetnek el legfeljebb tíz évre szóló fix kiegészítést (prémium) a résztvevők, így téve üzletileg életképesebbé a befektetők számára egy-egy vízbontóprojekt beindítását.

Az innovációt, költséghatékonyságot és a versenyt úgy ösztönzik, hogy az alacsonyabb támogatási igényt benyújtó résztvevőket rangsorolják előre az árverések során, a keret kifutásáig. A Bizottság 2023 november végén már meg is hirdette az első, kísérleti aukcióját, ahol 800 millió euró volt az elnyerhető kiegészítés összértéke. Ezen az aukción legfeljebb 4,5 euró/kg prémiumra lehetett pályázni legalább 5 MW kapacitású és 5 éven belül üzembe álló megújuló alapon hidrogént előállító projektekkel. A kiegészítést legfeljebb 10 éves időszakra lehetett elnyerni. Ez a tesztjellegű aukció ugyan 2024 február elején már lezárult, azonban az áprilisi eredményhirdetését követően újabb körök várhatóak magasabb, további 2,2 milliárd eurós kerettel.

## Nagyszabású osztrák hidrogénprojektet hagyott jóvá az EU

A közép-kelet-európai régióban zajló hidrogén fejleményeket, projektfejlesztéseket mindig igyekszünk kiemelt figyelemmel követni és ezekről beszámolni. Az Európai Bizottság 2024 januárjában hozzájárult az osztrák Verbund és a Burgenland Energie energiaszolgáltatók közös vállalatának létrehozásához. A két vállalat 2030-ig 400 millió eurót tervez befektetni - az 50-50%-os részesedéssel létrehozott - közös vállalaton keresztül, európai szinten is jelentősnek tekinthető elektrolizáló kapacitások, azaz zöld hidrogén előállító kapacitások kiépítésébe.

A korábbi projektbemutatón bejelentették, hogy 2030-ig 400 millió eurót kívánnak befektetni új vállalatukba, hogy 300 MW elektrolizáló kapacitást építsenek ki. A megvalósítás három lépcsőben történik majd: 2026-tól évente 9.000 tonna zöld hidrogént fognak tudni előállítani a burgenlandi szél- és napenergiára alapozva. A projekt Nickelsdorfban indul, 60 MW-os elektrolízis-kapacitással – emelte ki Stephan Sharma, a Burgenland Energy ügyvezető igazgatója a projektbemutatón.

A 2030-ra megvalósuló teljes kiépítettség szakaszára a projekt évi 40.000 tonna zöld hidrogént jelent majd Ausztriának, ami évente ~400.000 tonna CO<sub>2</sub>-kibocsátást takarít meg. Ausztriában a hidrogén iránti jelenlegi kereslet évi 120.000 tonna. Az Európában jelenleg működő legnagyobb elektrolízis üzemek kb. 20-30 MW tartományban vannak, így az ausztriai projekt európai



Illusztráció. Kép: [industriemagazin.at](https://www.industriemagazin.at)

léptékben is kifejezetten nagynak fog számítani.

A Verbund úttörő szerepet játszik a zöld hidrogén területén, mivel a Voestalpine acélipari céggel és a Siemensszel együtt már 2019-ben üzembe helyezte Ausztria első, PEM- típusú és MW léptékű elektrolizáló üzemét a linzi acélműben. A zöld hidrogén a Verbund stratégiájának egyik alappillére. A zöld hidrogén iránti kereslet Ausztriában 2040-re a jelenlegi teljes zöld hidrogén iránti kereslet négy-ötszörösére fog növekedni. Ezt az igényt a belföldi termelés növelésével kívánják kielégíteni, de H<sub>2</sub>-importra is sor kerül majd.

Forrás:

Industrie Magazine: EU genehmigt Wasserstoff-Großprojekt von Verbund und Burgenland Energie. <https://industriemagazin.at/news/eu-genehmigt-wasserstoff-grossprojekt-von-verbund-und-burgenland-energie/>



## Hidrogén üzemanyag-cellás járművet fejlesztettek a Neumann János Egyetemen

Egyedülálló, hidrogénnel hajtott multifunkcionális járművet fejlesztett ki a kecskeméti Neumann János Egyetem (NJE), melyet az ENSZ 2023-as Globális Klímacsúcsán, a COP28 konferencián mutattak be az Egyesült Arab Emírátsokban. Az esemény fókuszában a "Road to Zero" kampány áll, amelynek célja, hogy a globális felmelegedést megfékező megújuló energiaforrások alkalmazására a mobilitásban és az energiaszektorban is elsőszámú megoldásként tekintsenek a tagállamok. Az alternatív energiaforrások a mobilitásban, mint az elektromos, a szolár vagy a hidrogén meghajtás a kampány célkitűzéseinek alapkövei, ugyanakkor elterjedésük a felhasználók és az általános közvélekedés meggyőzése nélkül a kívántnál lassabban halad. Erre óriási eléréssel bíró esemény a COP28, ahol a tagállamok államfői, vezetői és a legnagyobb multinacionális vállalatok képviselői is jelen voltak.

Az autópárhazban jelenleg főként az elektromos autók használata uralja a médiát. A leendő felhasználók azonban a töltési időt, a nagyméretű akkumulátorokat és a töltőhálózat kiépítését hozzák fel ellenérvként. A hidrogénhajtás ezen területekre kínál megoldást a jövő közlekedésében. A kecskeméti egyetem fejlesztésének a Neumann H2 nevet adta, mely egy demonstrációs és kutató platform. Elsősorban a jelenleg elérhető state of the art (legkorszerűbb) energiátároló rendszerek integrációját valósítja meg: bemutatja a napelemes, akkumulátoros és hidrogénhajtás előnyeit. A jármű hajtása hidrogénből egy tüzelőanyagcella segítségével elektromos áramot állít elő. Innentől a rendszer megegyezik egy már ismert elektromos autóval, ugyanakkor jóval kisebb akkumulátor alkalmazása mellett. A PEM típusú tüzelőanyagcella segítségével előállított villamos áram melléktermékként csak hő és víz keletkezik. Az akkumulátor szükséges töltése nem csak a hidrogénből előállított árammal történhet, hanem az autó felépítményen elhelyezett napelemekből is.

A jármű megalkotásának célja elsősorban nem az értékesítés. A mintaoltalmi- és szabadalmi lehetőségeken túl a célunk az volt, hogy az alaptalan félelmeket megcáfolva, a szélesebb közvélemény számára is elfogadottá tegyük a hidrogénhajtású járműveket. A Neumann János Egyetem célja, hogy a hallgatók gyakorlati példán keresztül ismerhessék meg a jövő közlekedésének egyik eszközét. Erre remek lehetőséget kínál a jármű, amellyel egy olyan időpillanatban vált részesévé az egyetem a hidrogéntechnológiával kapcsolatos fejlesztéseknek, amikor még sok a kérdőjel, a zsákutca lehetősége. A projektnek köszönhetően

azonban ezek közül többet sikerült felismerni és megtalálni a problémákra a legjobb megoldást. Amikor az autópárhaz napirendjén a hajtásnak ezen formája lesz, addigra többek közt a Neumann H2-nek köszönhetően a felhasználók tájékozottabbak lesznek az alternatív lehetőségekről, illetve az NJE-ről kikerülő mérnökök felkészülve a változó mobilitási igényekre naprakészen kamatoztathatják majd tudásukat.

A prototípus az Indiában népszerű „tuk-tuk” járművekhez hasonlóan háromkerékű, amelyből ezen régió útjain több mint 8 millió példány fut. Dr. Kun Krisztián a fejlesztés vezetője a kialakítást azzal indokolta, hogy egy ilyen oktató-platform ebben a formában sokkal barátságosabb, szemléletesebb, ami a képzéshez illesztést nagyban segíti. A Neumann H2 hatótávja összesen 250 kilométer, amelyből hidrogénnel 150 kilométert, majd akkumulátorról további 100 kilométert képes megtenni. Csúcsteljesítménye 12 kW, maximális sebessége 60 km/óra. Zéró károsanyag-kibocsátása miatt főként a városi csomagszállításban és gyárterületeken belüli zöld anyagmozgatásban alkalmazható.

Mivel R&D platformról beszélünk rendkívül fontos, hogy a rendszer képes legyen arra, hogy belső állapotait egymáshoz képest időszinkronban rögzítse, melynek köszönhetően adatot tud szolgáltatni a kutatók számára. Tekintettel arra, hogy a platform ROS2 Open-Source interface-el van ellátva az adatrögzítés szabványosított formátumban történik. Az energiamenedzsment „Reinforcement Learning” (megerősített gépi tanulás) típusú mesterséges intelligenciával támogatott, amely nagy pontosságú térképek (HD Map) különböző rétegei alapján (Static, Dynamic) választja ki az optimális energiaforrást a működtetéshez. A mesterséges intelligenciát a hajtáslánc-vezérlésen túl a környezet detektálásra is alkalmazza a jármű. Neumann H2 környezetérzékelő rendszere alapvetően arra szolgál, hogy kameraképek segítségével detektálja, megkülönböztesse és kijelölje a környezeti elemeket, majd visszajelzést adjon a felhasználónak a kijelzőkön keresztül. Ezen funkció alkalmassá teszi vészfékezésre is a járművet.

A kutatók keresik más egyetemekkel és kutatóintézetekkel az együttműködés lehetőségét hidrogén kutatás-fejlesztés témakörében, valamint a fejlesztés folytatásában. Továbbá az egyetem fejlesztői egy piacképes modell kidolgozását is támogatnák megfelelő befektetés esetén.

Dr. Kun Krisztián, [kun.krisztian@nje.hu](mailto:kun.krisztian@nje.hu)