



H2 - HIDROGÉN HÍRLEVÉL

A Magyar Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Egyesület hírlevele

Alapítva: 2011-ben

2026/3. szeptember

Tartalom

Félig üres vagy félig tele? – IEA hidrogénjelentés 2026	1
4,4 GW: új méretrekorder H ₂ -projekt 2	
Namo Green Rail – hidrogén-üzemanyagcellás vonat Indiában ...	5
Spanyol üzemanyagcellás busz a sorozatgyártás előtt	7
A Toyota is beszállt a Daimler és a Volvo közös vállalatába	8
BME csapat a Shell Eco-marathon versenyen	9
Dél-Koreai tender hidrogén alapú villamosenergia-beszerzésre	11
Membránmentes (DWE) elektrolizáló és európai pilot projektje	12
Élesben bizonyított Észtországban a hidrogéngenerátor	18
Tesztüzemben az első európai offshore elektrolizáló	20
Ígéretes japán hajómotor fejlesztés	22
Thyssenkrupp visszalépés a SOEC elektrolizáló piacon	23

Kiadja:



Magyar Hidrogén és
Tüzelőanyag-cella Egyesület

H-1023 Budapest

Levél u. 10.

www.hfc-hungary.org

info@hfc-hungary.org

Szerkesztő:

Mayer Zoltán

Felelős kiadó:

Dr. Tompos András

az MHT Egyesület

Hydrogen Europe tagja



Félig üres vagy félig tele? – IEA hidrogénjelentés

A hidrogénszektor globálisan viszonylag szépen fejlődik, de a médiában negatív hírekkel és főcímekekkel is gyakran lehet találkozni. Mindkét oldal állításában van igazság. Pontosabban vannak olyan nézőpontok, amelyek alapján hol az egyik, hol a másik megközelítés tűnik meggyőzőnek. Az érme mindkét oldalát mutatja a Nemzetközi Energia Ügynökség (IEA) nyáron kiadott, 2026-os *Global Hydrogen Review* (GHR-26) jelentése. A hidrogén-szkeptikusok előszeretettel emelik ki azt a „klikkvadász” megállapítást, hogy az IEA idei jelentése jelentősen, kb. 40%-kal mérsékeli a 2030-ra előrejelzett, elkötelezett fázisban lévő tiszta hidrogén projektállományt (*global project pipeline*-t) a megelőző év (GHR-25) jelentéséhez képest. Ez így önmagában igaz, de a 2020-as évek elején, a hidrogén „hype” következtében irreálisan rövid megvalósulási időkkal és irreálisan magasra helyezték az elvárásokat. Ugyanakkor, ha valaki a hatásvadász headline-ok szintjénél mélyebben is olvassa az IEA jelentését, akkor több szegmensben is érdemi mértékű fejlődést láthat. Kirajzolódik egy konszolidáltabb piaci fejlődés:

- 2025-ben a globális hidrogén-előállítás (minden hidrogéntípust beleértve) 3%-kal nőtt, és meghaladta a 100 Mt/év mennyiséget
- a teljes H₂-előállításban belül a *low-emission* hidrogén (zöld és kék H₂ együttes) mennyisége elérte az 1 millió t/év értéket
- elektrolizálók: nagyot nőtt a beépített kapacitás, 2025-ben megduplázódott és globálisan elérte a 4 GW-ot
- a *low-emission* H₂-projektekbe áramló beruházások közel 50%-kal nőttek 2024/25-re vetítve, 2026-ban pedig új csúccsal elérik a 10 mrd USD/év értéket.

Folytatás a 14. oldalon.

4,4 GW: új méretrekorder H₂-projekt a láthatáron

Az első cikkben említett nehézségek, egyenetlen fejlődés ellenére a Közel-Keleten, konkrétan Szaúd-Arábiában több komolyan vehető, ráadásul immár GW léptékű zöld hidrogén projekt is építés vagy fejlesztés alatt áll. Az új méretrekorder, a *Yanbu* 4,4 GW(!). Fontos kiemelni, hogy mindkét hidrogénprojekt Szaúd-Arábia nyugati részén, a Vörös-tenger partján létesül. Ez azt is jelenti, hogy a Hormutzóltól,



A szaúdi zöld hidrogén projektek elhelyezkedése.

Folytatás a 2. oldalon.

Kép: saját szerkesztés és OpenAI (2026.08)



4,4 GW: új méretrekorder hidrogénprojekt a láthatáron

A 2023 és 2025 között bejelentett nagy, megújuló alapú hidrogénprojekteknek viszonylag jelentős része világszerte lelassult, késik, vagy esetleg törlésre került a magas CAPEX, a keresleti bizonytalanság és a finanszírozási nehézségek miatt. A szaudi NEOM-ról korábban már több alkalommal hírt adtunk, mert ez a világ legnagyobb, épülőben lévő zöld hidrogén, illetve ammónia projektje, 2,2 GW(!) elektrolizáló kapacitással. Ugyancsak Szaúd-Arábiából a NEOM projektet is messze meghaladó méretű hidrogénprojektről érkeztek hírek. Ez a Yanbu, teljes nevén: *Yanbu Green Hydrogen Hub*, amelyet 4,4 GW(!) elektrolizáló kapacitással terveznek.

A műszaki jellemzők bemutatása előtt, napjaink energetikai kihívásaira, illetve prioritásaira tekintettel már az elején célszerű kiemelni, hogy mindkét nagy, immár több GW léptékű hidrogénprojekt Szaúd-Arábia nyugati részén, a Vörös-tenger partján létesül. Ez azt is jelenti, hogy a Hormuzi-szorostól, mint örök geopolitikai gócponttól távol, Európához viszont közelebb helyezkednek el. A napjainkra különösen felértékelődő ellátásbiztonság, illetve a szállítási útvonal biztonsága szempontjából tehát kedvezőbb helyszínen lesznek.

Mindkét projektet az ACWA Power Co. fejleszti, amely egy rijadi székhelyű, a szaúdi tőzsdén jegyzett vállalat. Globális portfóliója 16 országra terjed ki, eszközeinek értéke 125 milliárd dollár. 98 GW villamosenergia-termelő portfólió áll irányítása alatt, és ezen túlmenően tengervíz-sótalanításban is vezető piaci szereplő. Az ACWA az energiatermelés mellett fejlesztő, befektetői, társtulajdonosi és üzemeltetői feladatokat is ellát.

A Yanbu projektet 2025-ben jelentették be hivatalosan. 2025 augusztusában a FEED (*Front-End Engineering Design*) tervezési szerződést a Técnicas Reunidas és a Sinopec Guangzhou Engineering cégek konzorciuma nyerte el. A FEED feladata a 4,4 GW-os elektrolizáló rendszer, a hidrogénüzem, több ammónia-szintézis-technológia és a teljes technológiai kiszolgáló rendszer (*BoP*), valamint az exportlétesítmények mérnöki tervezése. A FEED szerinti tervezésre elvileg 10 hónap áll rendelkezésre. A szerződést eleve úgy fogalmazták meg, hogy később EPC-szerződéssé alakítható. Mivel a zöld hidrogénből jelen projekt esetében is zöld ammóniát állítanak elő, és ezt exportálják, fontos és máris elért technológiai mérföldkő, hogy 2026 januárjában a dán Topsoe lett a zöld ammónia-technológia licencadója és a technológia beszállítója. A FEED tehát jelen cikk írásának időpontjában várhatóan elkészül, a projektre vonatkozó végső beruházási döntést (FID) pedig valószínűleg 2026 végéig hozzák. Emellett már hónapok óta zajlanak

Ez az Ön hirdetésének helye!

Amennyiben cége hidrogéntechológiai terméket vagy szolgáltatást szeretne reklámozni immár 15 éves H₂ Hírlevelünkben, kérjük lépjen kapcsolatba velünk a címlapon található e-mail címen és kérje hirdetési ajánlatunkat.

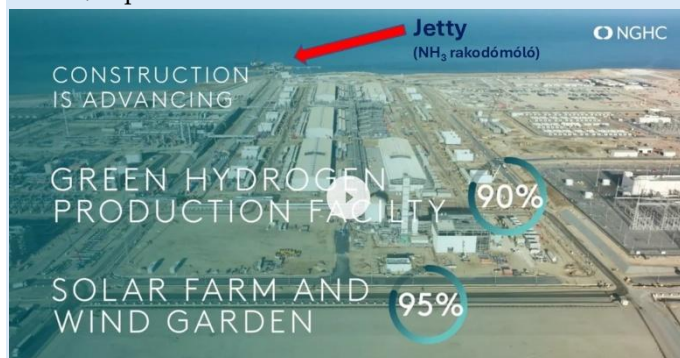
Lehetőség van továbbá egy adott H₂ Hírlevél lapszám szponzorálására is. Ezzel kapcsolatos lehetőségek iránt is központi e-mail címünkön érdeklődhet.

exportpiaci együttműködések kiépítésére irányuló erőfeszítések, egyebek mellett Németországgal is folyamatban vannak a tárgyalások. A projektet a német EnBW energetikai vállalat is támogatja. Mindezek és a projekt erős szaúdi állami támogatása miatt a *Yanbu Green Hydrogen Hub* a hitelesebb, előrehaladott fejlesztések közé sorolható. Ugyanakkor a végső FID döntés (*Final Investment Decision*) meghozataláig a projekt fejlesztési státuszban marad, a meghatározó költségvetés, a finanszírozási, valamint az EPC-szerződések teljes körű lezárása még hátravan. Ha minden a tervek szerint alakul, a Yanbu projekt 2030-ban kezd meg a kereskedelmi termelést.

Input energia oldalról a Yanbu projekthez kb. 10 GW(!) megújuló energia kapacitás épül, amely kb. 5 GW nap- és 5 GW szélenergiát foglal magába. Európai szemmel nézve ezek rendkívül nagy számok. Az adatok alapján a Yanbu termelési kapacitása kb. 400 kt/év zöld hidrogén, illetve 2,2-2,5 Mt/év zöld ammónia lesz. Szintén rendkívüli mennyiségek. A hidrogéntermelés megítéléséhez pl. célszerű tudni, hogy Magyarország teljes éves hidrogéntermelése (és ez egyelőre szinte kizárólag szürke H₂) 160-200 kt/év között van. Tehát ez az egyetlen szaúdi projekt a bő dupláját képes megtermelni, ráadásul zöld hidrogénként. Az előállított zöld ammónia célpiaca Európa és Ázsia.

Lényeges szempont az új energiatermékek jövőbeni piacán az exportengedély kérdése. Még nem hivatalos közlés szerint az állami tulajdonú ACWA kapott kizárólagos jogot a hidrogén, az ammónia, a metanol, vagy más hidrogénszármazék exportjára. Szaúd-Arábia állami tulajdonú vállalatain keresztül évtizedek óta szigorú ellenőrzés alatt tartja az

Kapcsolódó: biztató előjel, hogy az ACWA másik említett, GW léptékű, NEOM projektje esetében 2026 augusztus elején az Air Products és a Yara megállapodást kötött jelentős mennyiségű zöld ammónia megvásárlására. A Yara szállítja majd el és értékesíti a NEOM Green Hydrogen Company-tól (NGHC) vásárolt zöld ammóniának azt a hányadát, amelyet az ipari gázgyártó, az Air Products nem használ fel. A nemzetközi szinten is jelentős műtrágyagyártó Yara „free-on-board”¹ alapon veszi át az ammóniát az oxagoni üzemből, annak kikötőjéből, és azt saját kereskedelmi partnereinek, saját hálózatában értékesíti. A Yara az értékesített ammónia után változó összegű jutalékot kap, amelynek mértéke ösztönzi a zöldprémiumon értékesített ammóniamennyiség növelését. A Yara számára a nemzetközi ammónialogisztika viszonylag könnyen megoldható, mivel jelenleg is 15 ammóniaszállító tankerral és 18 tengerparti ammónia-terminállal rendelkezik², azaz világszintű ammónia logisztikai infrastruktúrája van. Az üzlet az Air Products számára is kulcsfontosságú, mivel exkluzív, 30 évre szóló átvételi megállapodást írt alá a NEOM 1,2 millió t_{NH3}/év ammónia-termelésének 100%-ára, azzal a tervvel, hogy egyebek mellett európai vevőknek értékesíti azt. Az üzem zöld hidrogén termelő kapacitása 600 t_{H2}/nap.



A Neom projekt hidrogén- és ammóniaüzeme 2026 márciusi készülség szerint. A háttérben (nyíllal) a jetty, azaz az ammónia rakodómó. Kép: Neom Green Hydrogen Co. és saját szerkesztés

országból exportált kőolajat. Az új, feltörekvő energiatermékekre még nem alakult ki ennek gyakorlata, de valószínűleg a hidrogénre és hidrogénszármazékokra az ACWA kapja az exportjogot. Az utóbbi években több alkalommal is elhangzott Szaúd-Arábia energiaügyi miniszterétől, Abdulaziz bin Salmantól, hogy országa

lesz a világ legnagyobb hidrogéntermelője, illetve legnagyobb tiszta hidrogén exportőre. Ez bekerült a *Saudi Green Initiative* és a *Vision 2030* című dokumentumokba, vagyis állami stratégiában rögzített cél.

Külön érdekesség, hogy a Topsoe dinamikus ammóniaszintézis-technológiát szállít a Yanbu projekthez, amely jobban illeszthető a megújuló alapú villamos energia ingadozó termeléséhez. A dinamikus ammónia-szintézis esetében:

- az ammóniatermelés kétirányú, legalább 3%/min sebességgel történő növelése, ill. csökkentése lehetséges az ammóniagyár ingadozó hidrogén-ellátásának függvényében
- jelentős csökkenés elérése az üzem CAPEX-költségében és az üzemeltetési költségekben, mivel a hidrogéntároló rendszerek mérete jelentősen csökkenthető
- megújuló alapú villamos energia tárolása zéró-karbon kemikáliában.

Ez azért fontos, mert a klasszikus Haber–Bosch ammóniaszintézis kifejezetten "merek" technológia. Évtizedeken keresztül úgy tervezték, hogy évekig gyakorlatilag állandó terhelésen (kb. 90-100% kihasználtságon) működjön, ugyanis a reaktor nagy nyomáson (100–250 bar) és magas (400–500°C körüli) hőmérsékleten dolgozik. A vas alapú katalizátor stabil hőmérsékletet igényel, a kompresszorokat és hőcserélőket pedig állandó üzemi munkapontra optimalizálták. Emiatt a zöld hidrogén alapú zöld



Az ACWA és a Topsoe közti megállapodás aláírása. Kép: Topsoe

¹ A FOB (Free On Board) az egyik legismertebb nemzetközi kereskedelmi opció, amelynek lényege, hogy az eladó viseli a költségeket és a kockázatot mindaddig, amíg az árut a megnevezett kikötőben a hajó fedélzetére nem rakják. Attól a pillanattól kezdve, hogy az áru a hajó fedélzetén van, a kockázat a vevőre száll át. A tengeri fuvardíjat, a tengeri biztosítást, valamint a rendeltetési kikötő utáni költségeket általában a vevő fizeti.

² Pontosabban nem 18 saját ammónia-terminálja van, hanem ennyi hozzáféréssel rendelkezik világszerte, amelyek import-, export- és elosztó központként működnek. Egyik legismertebb a *Brunsbüttel ammonia import terminal* Németországban, a 2024-ben átadott új importterminál, amely max. 3 millió t/év alacsony karbonintenzitású ammónia európai importját teszi lehetővé.



ammónia projektek egyik legnagyobb problémája az volt, hogy a megújuló energia, illetve a hidrogénellátás nem állandó, a Haber–Bosch folyamat viszont igen.

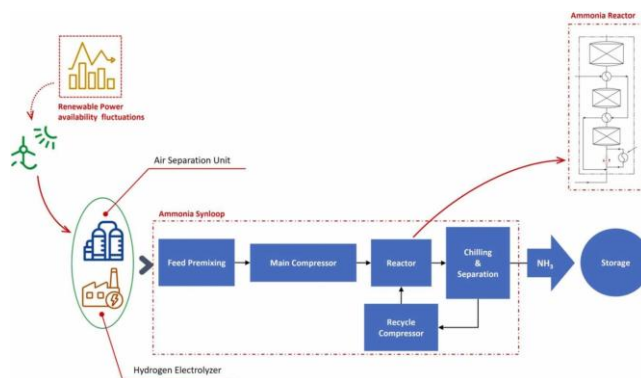
Az üzemet úgy tervezik, hogy a változó villamosenergia-termelést elsősorban puffereléssel kezelje, és csak másodsorban a szintézis változó terhelésével. A Topsoe (korábban *Haldor Topsoe*) által az elmúlt kb. 10 évben kifejezetten erre a problémára fejlesztette ki a *Dynamic Ammonia™* koncepciót, amely szerint a hidrogéntárolás olcsóbb rugalmassági eszköz lehet, mint a megújulók extrém túlméretezése, vagy az ammóniaszintézis gyakori leállítása. Ez azért jelentős újítás, mert korábban sok elemzés abból indult ki, hogy a Haber–Bosch csaknem fix terhelésen üzemeltethető. Ma már több fejlesztő (*Topsoe*, *Casale*, *KBR*, *Thyssenkrupp Uhde*) is kínál olyan megoldásokat, amelyek 50–100% közötti terheléstartományt céloznak, miközben a valódi rugalmasság alapját továbbra is a közbelső hidrogéntárolás adja, nem maga a szintézisreaktor. Jóval kisebb léptékű és pilot jellegű a Topsoe dinamikus ammónia üzeme, amely már 2025 végén elindult Dániában. Ezt a projektet a dán állam innovációs és energetikai demonstrációs programja (EUDP) is támogatta kb. 11 millió euróval. A projekt neve REDDAP - *Renewable Dynamic Distributed Ammonia Plant*.



A világ első, dinamikus zöld ammónia pilot üzeme a dániai Rønde-ben. Kapacitása ~5.000 tNH₃/év; a működés megkezdése: 2025. Partnerek: Topsoe, Skovgaard Energy, Vestas. Kép: Topsoe.

A technológia érdemi, bár nyilvánvalóan szabadalommal védett része az új katalizátorok alkalmazása. A Topsoe új katalizátorai alacsonyabb hőmérsékleten is aktívak, gyorsabban állnak be új egyensúlyi állapotba, jobban viselik a részterhelést. Kevésbé érzékenyek, mint a régi, vas alapú katalizátor-rendszerek.

Célszerű visszatérni az érintőlegesen már említett német EnBW támogatására, mivel ez tovább növeli a projekt tényleges megvalósulásának esélyeit. Az EnBW szerepe a Yanbu projektben az elmúlt egy évben jelentősen kibővült. Míg a 2025-ös bejelentésekben



A dinamikus ammóniaszintézis vázlatos folyamatábrája.

Kép: [Sciencedirect](https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-process-control) / *Journal of Process Control*, 2025

elsősorban stratégiai partnerként jelent meg, a 2026 eleji hivatalos közlemények alapján már a projekt egyik fejlesztőpartnere és kisebbségi befektetője. Az EnBW több szinten van jelen a projektben:

- társfejlesztő (*co-developer*): az ACWA Power továbbra is a Yanbu projekt vezető fejlesztője, azonban a fejlesztést az EnBW támogatásával végzi. Az EnBW nem egyszerű vevő (*offtaker*), hanem már a projektfejlesztési szakaszban is részt vesz
- kisebbségi befektető (*minority investor*): ez nyilvánosan nem pontosan ismerhető, de az EnBW várhatóan részesedést szerez a projekt-cégben, vagy a beruházás finanszírozásában, bár a tulajdoni arányt egyelőre nem tették közzé
- ammónia felvásárló (*offtaker*): ez fontos kereskedelmi szerep. Az EnBW lesz a Yanbu-ban előállított zöld ammónia egyik hosszú távú offtakere; ennek keretében i) átveszi a zöld ammóniát, ii) megszervezi annak tengeri szállítását, iii) kereskedelmileg koordinálja az importot Németországba
- importfolyosó szervezője: ez a megelőző pontból már következik, és ennek keretében az EnBW a következő értékláncot koordinálja: Yanbu (Szaúd-Arábia) → tengeri szállítás → Rostock kikötő⁴ → VNG ammóniabontó (cracker) H₂ előállításra (visszaalakítás) → német hidrogén-gerinchálózat.



His Royal Highness Prince Abdulaziz bin Salman Witnesses the Signing of a Landmark Green Ammonia Corridor MoU Between Acwa and German Counterparts

Illusztráció. Kép: EnBW [Press Release](#)

⁴ Rostock kikötője fontos [hidrogénimport belépési pontként](#) szerepel a német hidrogénstratégiai tervekben.

Azért is írtuk le részletesebben az EnBW szerepét, mivel ez a modell némileg hasonló ahhoz, ahogyan az LNG-kereskedelem fejlődött az utóbbi években. Az európai energetikai vállalatok nemcsak vásárlóként jelennek meg, hanem már a termelőprojektek fejlesztésében és finanszírozásában is részt vesznek, hogy biztosítsák a hosszú távú LNG-ellátást. A Yanbu esetében az EnBW nagyjából ilyen szerepet tölt be. A 2018 utáni nagy LNG exportprojektekben széles körben elterjedt az ún. "equity + offtake" finanszírozási és kereskedelmi modell. Ebben a modellben a hosszú távú vevők egy része nemcsak offtaker-ként, hanem kisebbségi tulajdonosként és fejlesztőpartnerként is részt vesz a folyamatokban, ami javítja a finanszírozhatóságot és elősegíti a végleges beruházási döntés (FID) meghozatalát³. A Yanbu projekt üzleti modellje valószínűleg nem véletlenül illeszkedik, illetve mutat hasonlóságot az LNG-projektek tulajdonságaihoz. Reméljük a már „kijárt út” növeli a zöld hidrogén / ammónia projektek sikerességét is.

Forrás:

Acwa Power [Co. website](#). Topsoe: Green Ammonia [site](#)
[Topsoe](#) (27 Jan. 2026): Topsoe to support green ammonia flagship project in Saudi Arabia

Saudi Gazette ([20 Dec. 2022](#)): Saudi Arabia wants to be world's largest clean hydrogen exporter.

EnBW, [Press Release](#), Feb. 1, 2026: His Royal Highness Prince Abdulaziz bin Salman Witnesses the Signing of a Landmark Green Ammonia Corridor MoU Between Acwa and Germany

Acwa, [Press Release](#): Acwa launches global innovation and capability-building platform and signs 27 strategic partnerships in advanced green hydrogen, industrial AI, energy storage.

Kapcsolódó: bár még nincs olyan előrehaladott fejlesztési fázisban, mint a két szaúdi GW-léptékű projekt, de érdemes megemlíteni, hogy Közép-Ázsiában is ezekkel már összemérhető hidrogén-projekt formálódik. Idén áprilisban a kínai, állami tulajdonú konglomerátum, a *Sinopec Engineering Group* nyerte el a FEED (*front-end engineering and design*) Üzbegisztánba tervezett, 2,4 GW elektrolizáló-kapacitást, 4,45 GW megújuló-energia és 1,6 GW akkumulátoros energiatároló-kapacitást tartalmazó létesítményének tervezési feladatait, amely zöld hidrogén alapú üzemanyagokat fog gyártani, így például fenntartható repülőgép-üzemanyagot (SAF, *Sustainable Aviation Fuel*) és zöld dízel üzemanyagot. A tervek szerint szénforrásként biogén eredetű CO₂-ot fognak használni. A projektgazda, az üzbég *Allied' Biofuels* nem osztott meg időbeni ütemezési terveket, csupán annyit közöltek, hogy az üzem legfontosabb termékét (SAF, 417.00 t/év) illetően tárgyalásban állnak a legnagyobb üzbég reptér-üzemeltetővel, valamint az Egyesült Arab Emírátságokban állami tulajdonban álló ENOC olaj- és gázipari céggel, mint potenciális jövőbeni offtaker-ekkel.

Namo Green Rail – hidrogén-üzemanyagcellás vonat Indiában

A nyár folyamán India első hidrogénüzemű személyvonata 120 km/h sebességet ért el a Jind–Sonipat vonalon (Haryana államban) végzett tesztút során. Ennél is fontosabb, hogy a vonat 10 vasúti kocsiból áll, ami az eddig ismert leghosszabb, legnagyobb utaskapacitású (2.600 fő) hidrogénüzemű vasúti szerelvény. A H₂ Hírlevél korábbi számaiban több alkalommal írtunk neves gyártók, például az Alstom, a Siemens, a Stadler, a CRRC (*China Railway Rolling Stock Corporation*) hidrogénüzemű vasúti járműveiről, de ezek két, vagy legfeljebb négy vasúti kocsiból álltak.

Az indiai vonat *Namo Green Rail* néven kerül majd forgalomba. A fedélzeti segédrendszereket – beleértve a légkondicionálót, a világítást és a ventilátorokat – is az üzemanyagcellás rendszer működteti.

A vasúti jármű még nem került normál személyszállítási forgalomba, mert ehhez egyeb



Az indiai Namu Green Rail üzemanyagcellás szerelvény.

Kép: Railway Pro.

megfelelőségi eljárást is le kell folytatni, ugyanakkor a 120 km/h sebességű menet az egyik utolsó műszaki teszt volt. Kereskedelmi üzemben a vonat nem villamosított útvonalon fog közlekedni, várhatóan 75-100 km/h sebességgel. A tesztet a *Research Designs and Standards Organisation* (RDSO) szakemberei

³ International Energy Agency: Global Gas Security Review [2019](#).

felügyelték, amely az Indiai Vasúttársaság gördülőállomány és vasúti alkatrészek tanúsításaért felelős műszaki testülete.

A teszt a fékezésre és a dinamikus viselkedésre összpontosított, azaz a sebességteszt nem pusztán bemutató volt, hanem lehetővé tette a fékrendszer, az oszcillációs viselkedés, a biztonsági rendszerek és az üzemanyagcellás meghajtórendszer működésének ellenőrzését. Az ilyen próbák során a vizsgált kritikus paraméterek közé tartozik a vészfékezési távolság és a vonat stabilitása nagy sebesség mellett. A hidrogénüzemű vonatok esetében ezek az ellenőrzések annál is fontosabbak, mivel a rendszer nagynyomású hidrogéntartályokat, üzemanyagcellákat, elektromos berendezéseket és folyamatos felügyeleti rendszereket tartalmaz. A vonatot a kereskedelmi üzemre szánt sebességnél (75-100 km/h) nagyobb sebességen (120 km/h) tesztelték, ami a vasúti tanúsítási folyamatban bevett gyakorlat. A cél az, hogy a gördülőállomány biztonsági tartalékot is képes legyen felmutatni, mielőtt a személyszállításra megkapná a végső jóváhagyást.

A vonat 10 kocsiból áll: két vezérlőmotoros kocsiból, amelyek a vonat két végén helyezkednek el, és nyolc személyszállító kocsiból. Ezzel a bejelentett utaskapacitás akár 2 600 fő is lehet. A két motorkocsi teljesítménye egyenként 1 200 kW, így a szerelvény teljes beépített teljesítménye 2 400 kW. A hajtókocsinkénti kb. 1 200 kW teljesítmény abból adódik, hogy kb. 480 kW-ot az üzemanyagcellás rendszer biztosít akár hosszabb távon is, és kb. 720 kW-ot (rövidebb időszakokra) a hajtásláncba integrált LFP akkumulátor. Az ilyen hibrid rendszereknél már megszokottnak tekinthető módon az akkumulátor fedezi a gyorsítások nagy teljesítményigényét és a regeneratív fékezés energiáját is visszanyeri. A két motorkocsi kialakítás lehetővé teszi a vontatási erő elosztását a szerelvény két végére. A bejelentett hatótávolság egyetlen tankolással körülbelül 250 km, ami elegendő a Jind–Sonipat vonalon történő közlekedéshez, amely körülbelül 90 km hosszú.

A vonat egy modernizált DEMU platformra épül, amelyet a csennai Integral Coach Factory-ban, az Indiai Vasutak egyik fő gördülőállomány-üzemében gyártanak. Az üzemanyagcellás meghajtási rendszer integrációját a Medha Servo Drives indiai vállalat végezte. Az FCmove™-HD+ típusú üzemanyagcellákat (PEM) a kanadai Ballard Power Systems szállítja. India tehát helyben fejleszti a



járművet, képes elvégezni az üzemanyagcella integrációját és az üzemanyag-töltő infrastruktúrát is biztosítja, de a kulcsfontosságú üzemanyagcellás technológiát továbbra is külső beszállítóktól vásárolja. A Ballard 8 db, egyenként 100 kW-os FCmove™-HD+ típusú üzemanyagcella modult szállított az indiai partnernek. Ezek az üzemanyagcellák kifejezetten vasúti integrációra készültek.



A vonat tankolását végző hidrogén-töltőállomás Jindben épült. A Railway Pro információi szerint a telephely megkapta a szükséges engedélyt sűrített hidrogén töltésére és tárolására, amelyet az indiai kőolaj- és robbanásveszélyes létesítmények biztonságaért felelős hatóság adott ki. A vonat hidrogénszivárgás-érzékelőkkel, lángérzékelő rendszerekkel és folyamatos felügyeleti berendezésekkel van felszerelve.

A Jind–Sonipat vasútvonalat azért választották, mert nem villamosított, hanem olyan vonaltípus, ahol a hidrogénüzem a zéró (lokális) emissziós vasúti vontatás optimális alternatívája lehet.



Az indiai miniszterelnök felavatja az első indiai hidrogén-üzemanyagcellás vonatot 2026. július 17-én. Kép: AP News

India meglehetősen komolyan veszi a fejlesztést, mivel július 17-én maga a miniszterelnök, Narendra Modi avatta fel a járművet Jind állomáson. A vonat neve NaMo Green Rail is az indiai miniszterelnök nevének kezdőbetűiből adódik.

Kapcsolódó: július végén az American Public Transportation Association (APTA) üzemanyagcellás vonatot választott a 2026 évi Innovációs Díj egyik nyertesének. Az innovációs díjat 2026. október 6-án

adják át az APTA⁵ TRANSform konferenciáján és kiállításán Chicagóban. A Stadler Flirt H₂ hidrogénüzemű, ZEMU (Zero-Emission Multiple Unity) vonatát a San Bernardino County Transportation Authority üzemelteti normál személyszállítási szolgáltatás keretében 2025 szeptembere óta. Ez a típus lett



Kép: Fuel Cells Works

Észak-Amerika első, szövetségi szinten is engedélyezett hidrogénüzemű vasúti járműve. A hidrogénüzemű ZEMU ott kínál alternatívát, ahol a felsővezetékek telepítése nehézkes, vagy aránytalanul költséges lenne. A Stadler FLIRT H₂ vonatról szóló korábbi cikkeink, műszaki adatokkal, méretekkel a H₂ Hírlevél [2024/3](#) (11. o.), valamint a [2019/3](#) számában (5. o) olvashatók.

Forrás:

Railway Pro ([2026.07.07.](#)): The world's longest hydrogen-powered train reached 120 km/h.

AP News ([2026.07.17.](#)): India launches first hydrogen-powered train built in the country to expand clean energy on railways

FuelCellsWorks ([2026.07.31.](#)): North America's First Hydrogen Passenger Train Wins 2026 APTA Innovation Award

Spanyol hidrogén-üzemanyagcellás busz a sorozatgyártás előtt

Az Irizar spanyol buszgyártó vállalat a tervek szerint 2027-től kezdi meg második hidrogén-üzemanyagcellás buszmodelljének kereskedelmi gyártását, miután idén nyáron sikeresnek bizonyult a teszttüzem Madridban. A cég az első generációs üzemanyagcellás buszát még 2023-ban mutatta be a Busworld Europe kiállításon.



Az Irizar i6S Efficient H₂ háromtengelyes változata. Kép: Gasworld

A hidrogénüzemű busz teljes neve i6S Efficient H₂. Hajtásláncába egy 190 kW-os Bosch üzemanyagcellát integráltak. Tehát nem maga a busz-OEM az üzemanyagcella fejlesztője és gyártója, hanem külső, specialista cégtől vásárolták a hajtáslánc lelkének számító üzemanyagcellát. Érdekesség, hogy gyakorlatilag ez lesz a Bosch új üzemanyagcellás rendszerének első, kereskedelmi beépítése buszba. A Bosch új generációs, kifejezetten nehézgépjárművekbe szánt üzemanyagcelláiról a H₂ Hírlevél [2026/2.](#) számában írtunk, akkor még

nem tudva, hogy a spanyol gyártó buszában fog debütálni normál kereskedelmi megoldásként. Az idei, madridi tesztelés előtt a busz megkapta a szükséges típusjóváhagyásokat.

Meglepően nagy hatótávot, több mint 1.000 kilométert ad meg a cég adatközlése, miközben a tankolási idő kb. 15 perc, amely így nagyjából paritásban van a dízel-változattal. Fontos megjegyezni, hogy az i6S Efficient H₂ lényegében távolsági busz (turistabusz), tehát nem a már megszokott városi, közösségi közlekedési buszról van szó. Valóban indokolt és szükséges tehát a nagyobb hatótáv, amit a buszoknál ma még nem elterjedt, 700 bar-os, megnövelt kapacitású fedélzeti hidrogéntárolás biztosít. Ugyanakkor a busz különböző verziói a jövőben 350, vagy 700 bar-os hidrogéntároló rendszerrel is rendelhetők lesznek. A háromtengelyes változatnál 70-84 kg is lehet a tárolt H₂-mennyiség. A tervek szerint a hidrogénüzemű busz négy különböző hosszváltozatban lesz elérhető: a kéttengelyes változat 12,2 és 12,9 méter hosszú kivitelben; a háromtengelyes 14,07 és 14,98 méteres kivitelben. A busz meghajtásáról egy 360 kW teljesítményű ZF CeTrax 2 villanymotor gondoskodik. A hajtáslánc részét képezi továbbá egy

⁵ Az APTA (Amerikai Közöségi Közlekedési Szövetség) egy nonprofit, nemzetközi szövetség, amely több mint 1500 állami és privát tagszervezetet tömörít. Minden tömegközlekedési módot képvisel, beleértve a buszokat, a vasutat (könnyű, regionális és nagysebességű), a metró, a vízi közlekedést. Az Egyesült Államokban és Kanadában a tömegközlekedést használók több mint 90%-a az APTA tagok rendszereit használja. Méretére jellemző, hogy 135 tematikus munkabizottsága van. www.apta.com/



60 kWh kapacitású akkumulátor, amely köztes energia-tárolóként elsősorban gyorsításkor nyújt rásegítést, emellett a fékezési energia visszanyerését is lehetővé teszi. Alacsony sebességnél az energiaellátást döntően az üzemanyagcella biztosítja, az akkumulátorok ilyenkor csak minimális mértékben vesznek részt a hajtásban. Autópályás vagy egyéb nagyobb sebességű üzemen ugyanakkor a rendszer működése megfordul: ilyenkor a hajtáshoz szükséges energia jelentős részét az akkumulátorok szolgáltatják, amelyeket az üzemanyagcella folyamatosan tölt.

A második generációs Irizar busz lényegében még mindig prototípus, és csak előkészíti a sorozatgyártást. A fent leírt műszaki paraméterekben, változatokban lehetnek még kisebb változtatások, mire a jármű a gyártószalagról ténylegesen legördül.

A hatótávot és praktikus használhatóságot illetően biztató, hogy a tesztek során a busszal megtették például a gyártó központjából, Ormaiztegitől induló, a francia Alpokban található Briançonig tartó utat, majd a visszautat. E hegyes-völgyes útvonal során mérték a



Irizar i6S busz egy H₂-töltőállomáson. Kép: sustainable-bus.com

900 km-es hatótávot. Ez fontos, mivel a teszt-útvonal a Pireneusokon és Provence-on át a francia Alpokba vezetett. A busz tehát több mint 1.400 méteres szintkülönbséget is leküzdött.

Forrás:

[SustainableBus.com](https://sustainablebus.com): Type-approved new-generation Irizar hydrogen coach to begin passenger service with Alsia.

Magyarbusz [Info](#): Madrid térségében kezdte meg valós üzemi tesztjét az Irizar második generációs hidrogénbusza.

A Toyota is beszállt a Daimler Truck és a Volvo Group közös vállalatába

Legutóbbi, [2026 júniusi](#) számunkban írtunk a cellcentric új generációs, BZA375 üzemanyagcellájáról⁷. Július végén újabb lényeges fejlemény történt. A 2021-ben alapított és eddig a Daimler Truck AG és a Volvo Group 50:50%-os tulajdonában álló közös vállalatba belépett a Toyota Motor Corporation is. Idén tavasszal még csak egy szándéknyilatkozatot (MoU) írtak alá erről az említett vállalatok, de július végére megszületett a jogilag kötelező érvényű megállapodás is. Ennek értelmében a Toyota egyenrangú tulajdonosként csatlakozik a cellcentrichez. A tulajdonosi szerkezet tehát 1/3 – 1/3 – 1/3 arányban oszlik meg ezután a Daimler Truck, a Volvo Group és a Toyota között. Az ügyletben a Toyota tőkeemeléssel szerez részesedést. A tranzakció lezárása 2026 végére, vagy 2027 elejére várható, amelynek előfeltétele a versenyhatósági jóváhagyások megszerzése.

Az ügylet, illetve a vállalatok közti együttműködés stratégiai célja a cellcentric pozíciójának megerősítése a nehézgépjármű szegmens piacán.

A cellcentric üzemanyagcellák vezető fejlesztője és gyártójaként továbbra is független és autonóm vállalat lesz, amely széles ügyfélkört szolgál ki a nehéz tehergépjárművek, a közúti és offroad járművek,



Illusztráció. Kép: Cellcentric

valamint más nehézgépjárművek, például autóbuszok, vasúti járművek, vagy akár a telepített áramfejlesztők területén. A Volvo, a Daimler Truck és a Toyota továbbra is függetlenül versenyez egymással üzletágaik minden egyéb területén.

A cellcentric célja, hogy globális szinten vezető gyártóvá és Tier1-es beszállítóvá váljon az üzemanyag-cellák területén. Jelenleg több mint 560 dolgozója van, akik modern üzemanyagcella-technológiákon dolgoznak Németországban (Kirchheim/Teck, Esslingen, Stuttgart) és Kanadában (Burnaby). A cellcentricnek körülbelül 700 üzemanyagcellás szabadalma van. A Toyota csatlakozása után, a Daimler Truck és a Volvo főleg

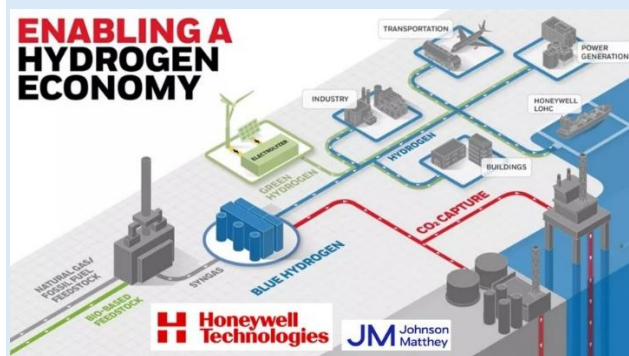
⁶ Vállalati (marketing?) döntés alapján a „cellcentric” szándékosan írja nevét kis kezdőbetűvel, ezért alkalmazzuk mi is ezt.

⁷ Ez egy nagyteljesítményű, 375 kW-os (~500 LE) folyamatos, nettó teljesítményre képes üzemanyagcella, amelyet nehézgépjárművekhez, elsősorban kamionokhoz fejlesztett a gyártó.

széleskörű haszongépjármű-szakértelmét adja, a Toyota pedig főként üzemanyagcella-fejlesztési, és gyártási tapasztalatával támogatja a közös vállalatot (JV). E képességek ötvöztetésével a cellcentric tovább erősítheti technológiai képességeit és piaci versenyképességét. A tervek szerint a cellcentric egyfajta közös kompetenciaközpont is lesz, amely üzemanyagcellás rendszereket fejleszt, gyárt és forgalmaz. Emellett együttműködnek a teljes hidrogén-értékláncban részt vevő partnerekkel. További cél, hogy a cellcentric aktívan támogassa a hidrogénellátás és az infrastruktúra fejlesztését a korai piaci szakaszban, hogy a hidrogénmobilitás teljes ökoszisztémája valóban működőképes legyen.

Kapcsolódó: Egy másik nagyszabású vállalati tranzakció is történt a nyár közepén az USA-ban. Az amerikai Honeywell Technologies befejezte a Johnson Matthey (JM) Catalyst Technologies üzletágának 1,76 milliárd dollár értékű, teljes egészében készpénzes felvásárlását. A Johnson Matthey katalizátor-technológia üzletága magába foglalja a kék (low-carbon) hidrogénnel, CO₂-leválasztással és tárolással (CCUS), ammóniával, valamint fenntartható üzemanyagokkal, például SAF-fel és biometanollal kapcsolatos tevékenységeket. A JM befektetői nyomásra volt kénytelen csökkenteni kockázatait, illetve eladni hidrogénteknológiai

üzletágát, ami most egy szélesebb portfólióba került át, mivel a Honeywell Technologies 2026 júniusa óta alapvetően ipari automatizálási, folyamatirányítási és energiaipari technológiai cég. A JM most átvett, korábbi hidrogén-kompetenciája révén a Honeywell immár sokkal átfogóbb, robusztusabb, *end-to-end* jellegű érték-ajánlatokat tud adni. Teszi ezt a világ egyik vezető integrált folyamattechnológiai vállalataként immár a hidrogén és hidrogén-származékok területén is.



Forrás:

cellcentric ([2026.07.27.](#)): Daimler Truck, Volvo Group and Toyota Motor Corporation sign binding agreement for Toyota to join cellcentric as equal shareholder

BME csapat a Shell Eco-marathon versenyen

Szabó Panna, BME Shark Team
hidrogén csoportvezető

A több mint 40 éves Shell Eco-marathon verseny a világ egyik legnagyobb, egyetemisták részére szervezett versenye, amelynek célja, hogy a hallgatók olyan céljárművet építsenek, amely 1 liter benzin / dízel / etanol üzemanyag, 1 kWh villamos energia, vagy legújabban 1 Nm³ hidrogén segítségével a lehető legnagyobb távot tudja megtenni. A BME SharkTeam 6 éve csatlakozott a versenyhez, és 2 éve döntöttük el, hogy a hidrogén-meghajtású kategóriában is képviseltetjük magunkat. A verseny méretére jellemző, hogy évente több mint 300 csapat méri össze a tudását.

Ha rátekinünk a mezőnyre, láthatjuk, hogy mindössze 3 csapat indul saját fejlesztésű cellával, míg a többiek kizárólag kereskedelemben kapható üzemanyag-cellákkal versenyeznek, amelyek 40–60%-os hatásfok körül mozognak ideális esetben. Tehát ezeknél a versenyzőknél az optimalizáció nagyrészt a vázra, a futóműre, a hajtásláncre és a mechanikai területre koncentrált. Versenyezni és tanulni akartunk, ezért úgy döntöttünk, hogy egy saját fejlesztésű PEM



tüzelőanyag-cellát készítünk, ami visszatekintve hatalmas vállalkozás volt részünkről.

A verseny jellegéből adódik, hogy minél hatékonyabb járművet kell készíteni. Hajtásrendszer szempontjából két fő veszteségi csoportunk van: a segédberendezések fogyasztása és maga a cella, annak belső veszteségei. A belső veszteségek hőként távoznak. A cél az, hogy minél kevesebb energia menjen el az üzemanyag-cella lelkének számító MEA működése során, azaz az aktivációs energiavesztés, az ohmos energiavesztés és a tömegtranszport-vesztés minimális legyen. A MEA veszteségei a polarizációs görbén láthatóak, amiből következik, hogy a cellát célszerű 20–30%-os kihasználtsági tartományban üzemeltetni. A futamok során egy kiforrott városi koncepcióautó körülbelül 70 W teljesítményt igényel. Ezt egy 500 W névleges teljesítményű cellaköteggel az optimális munkapontban lehet tartani, miközben a kiszolgáló rendszer sincs túlméretezve. Ez a közelítő számítás mindennek csak a teoretikus alapja volt. További megválaszolatlan kérdések is felmerültek: mekkora aktív felülettel érdemes tervezni, milyen gázszerpentin-



vagy áramlási mező kialakításával érdemes gyártatni, vagy milyen anyagból készítsük a bipoláris lemezeket. Az anyagválasztás kritikus volt: legyen kompatibilis a hidrogénnel, ne legyen túl nehéz, kis ellenállást mutasson, és nem utolsósorban ne legyen túl drága.

Volt még egy fontos döntésünk az év során: a többséggel ellentétben mi nem nyílt katódos tüzelőanyag-cellával léptünk pályára, hanem zárt katódos kialakítással terveztünk. A nyílt katódos üzemű cellák sokkal kompaktabb szerkezetűek, és kevésbé bonyolult kiszolgáló rendszer tartozik hozzájuk. Egy egyedileg gyártott rendszer minden egyes paramétere irányítható. Szabályozható a hőmérséklet, az ellennyomás, a relatív páratartalom, a bemeneti nyomások. Emellé társul a zárt katódos jelleg előnye, miszerint nagyobb hatásfokot tud elérni, mint egy hasonló kategóriájú, nyitott katódos verzió. Ez utóbbi fontos előny a fogyasztásra optimalizált koncepciónál. Sokkal nagyobb mozgásteret ad arra, hogy a kiszolgálórendszer 10–20%-os tömegnövekedése árán akár 30%-kal javítsuk a MEA teljesítményét. Ez a mérnöki megfontolás a 2026-os megmérettetésen igazolta magát. Európa felett egy hőkupola alakult ki. Az átlaghőmérséklet könnyedén 40 fokra szökött. Valamennyi kereskedelmi, vagy egyedileg gyártott nyílt katódos rendszer hűtési nehézségekkel küszködött: a csapatok 90%-a nem tudta beindítani a járművét, így iparilag nem elfogadott kényszermegoldásokat kellett alkalmazniuk. Ilyen volt például a jégtaşakos hűtés, vagy 10 darab akkumulátoros kézi ventilátor beszerelése az autóba, ami így kizárólag a különleges szabály-enyhítéseknek köszönhetően hajthatott ki a pályára.

Visszatérve a fejlesztési folyamatra: egy év után kész tervvel álltunk elő. Ekkor léptünk a mérnökök által rettegett megvalósítás mezejére. Innentől vált a játékunk igazán izgalmassá; ekkor tapasztalhattuk meg, hogy a fizika hol mond ellent szándékainknak, és a gyakorlat hol gáncsol el bennünket. A koncepció egy 33 membránelektrod-együttesből álló tüzelőanyag-cella köteg volt, 1.501 cm² aktív felülettel és moduláris, szétszerelhető mechanikai struktúrával a későbbi laboratóriumi kutatásokhoz. A kiegészítő rendszert a szabályzatban foglaltak szerint alakítottuk ki, saját párasítóval és puffertérrel.

Az első megdöbbenés a tömítési nehézségeknél ért minket (kijavítottuk, tanultunk belőle), majd az átmeneti ellenállás viselkedett furcsán (kijavítottuk), utána pedig komoly nehézségként jelentkezett, hogy a saját fejlesztésű GDL-koncepcióink két hét után teljesen tönkrementek. Körülbelül húsz hibaforrás állt fenn, melyből tízet feltételeztünk és vizsgáltunk az akkori tudásunkkal, négyet kijavítottunk, és rengeteget tanultunk az esetből. Ekkor már decemberben jártunk. Baljós árnyékként



Kép: BME Shark Team.

kísértett a tudat, hogy ha ilyen ütemben és bizonytalansággal folytatjuk a szezont, nem leszünk kész. Váltanunk kellett. Ekkor lépett be támogatónk, a Laufenberg GmbH, akik különleges, nagy teherbírású CCM-koncepciójukkal járultak hozzá a munkánkhoz. A cella pár kísérlet után gyártási fázisba léphetett.

A cella egy év tervezéssel, egy év megvalósítással és három hét megfeszített hajrával elkészült. Az autó a 2026-os Shell Eco-marathon versenyen sikeresen elindult, a technikai ellenőrzés során pedig megkapta a jóváhagyó matricát. Mért eredmény sajnos még nem született, így a következő évre temérdek munka áll előttünk a hibaelhárításban és az optimalizációban egyaránt. Újra egy ismeretlen területen fogunk tanulni és továbblépni. Nagyon köszönjük mindenkinek a projekt iránti érdeklődését, és örülünk, hogy megoszthatjuk a tapasztalatainkat! Nyitottak vagyunk bármilyen szakmai együttműködésre, és szívesen fogadunk tanácsokat.



Kép: BME Shark Team.

Köszönjük minden egyes csapattagnak és mentornak a munkáját, segítségét, támogatását: Lévai Emese, Szijjártó Gábor, Kunstar Richárd, Andrásy Juvenál, Daczó Dénes, Hagymási Tamás, Hell Bálint, Ölbey Luca, Papucsek Péter, Pásztor Lajos, Selley Péter, Sztojka Albert! Köszönjük továbbá a HUN-REN Természettudományi [Kutatóközpontnak](#) a folytonos szakmai támogatást.

Dél-Koreai állami tender hidrogén alapú villamosenergia-beszerezésre

Dél-Korea idén nyáron már harmadik alkalommal (2024/2025/2026) írt ki tendert hidrogén, illetve hidrogén-származék alapon termelt villamos energiára. Az ázsiai ország a tiszta hidrogén alapú villamos energia (*clean hydrogen power*) bevezetését a globális piaci realitásokhoz és a technológiai érettséghez igazítja. A folyamatot annak ellenére elkezdték, hogy az első aukciók keretében indított projektek valószínűleg még nem csökkentik jelentősen a kibocsátásokat 2030-ra. Sőt, e tanulási fázisban a 2025-ös aukciót később visszavonták. Ezzel együtt is fontos piaci tapasztalatot szereztek és megindult a hosszú távú építkezés.



A dél-koreai kormány összesen 1,43 TWh/év hidrogén alapú villamosenergia-termelésre hirdetett meg aukciót 2026-ban. Az ajánlati lehetőségek várhatóan az év második felében nyílnak meg, két kategóriára osztva:

- 500 GWh/év tiszta hidrogénalapú energiára, és
- 930 GWh/év általános hidrogénalapú energiára.

Aukciós feltételek: karbonintenzitás és hazai termelés

Az ajánlattevőknek viszonylag szigorú karbonintenzitás küszöbértékeket kell betartaniuk. A tiszta hidrogén kategória esetében max. 4 kgCO₂/kgH₂ lehet a maximális karbonintenzitás⁸. Az általános kategória kevésbé szigorú, itt ipari melléktermék hidrogén, vagy fosszilis alapú (szürke) H₂ is szóba jöhet. Kitétel még, hogy a tiszta hidrogén kategóriából kizárták a szén és NH₃ együttesítést, ami 2024-ben még lehetséges volt⁹.

Az értékelési szempontok kiemelten veszik figyelembe a belföldi előállítási kapacitásokat, valamint a technológiai biztonságot. Az aukciót az Éghajlat-, Energia- és Környezetvédelmi Minisztérium menedzseli. A fenti aukciós feltételeket a Minisztérium Hidrogén-gazdasági Tervezési Osztályának (*Hydrogen Economy Planning Division of the Ministry*) egyik vezető munkatársa mondta el a S&P-nak.

Dél-Korea 2024-ben indította el az első hidrogén alapú energiatermelési aukciót, amelynek keretében 6.500 GWh *low-carbon* hidrogén alapú energiára tettek közzé ajánlati felhívást. Ebből az állami tulajdonú *Korea Southern Power* közműszolgáltatónak 750 GWh, azaz viszonylag csekély energiamennyiséget ítétek oda ammónia-szén együttes tüzelésére.

2025-ben egy kisebb, évi 3.000 GWh *low-carbon* hidrogén alapú energiatermelési aukciót tartottak, de ezt

a tendert a csekély érdeklődésre hivatkozva végül visszavonták.

Az aukciós eredmények árfeltárást (*pricing*) tesznek lehetővé, azaz megmutatják, hogy mit lehet beszerezni, milyen áron, ami költségcsökkentést eredményez és tájékoztatást nyújt a szakpolitika fejlesztéséhez. Dél-Korea a tervek szerint 2027-re 3.000-3.500 GWh/év villamos energia termelését tervezi tiszta hidrogén alapon.

Az energiabiztonság erősítése érdekében a kormány azt tervezi, hogy preferáltan belföldön termelt hidrogénre korlátozza az üzemanyagforrások körét a tiszta hidrogénnel működő energiatermelési pályázatokon. A globális ellátási lánc válságainak közelmúltbeli eskalációjára, például a közel-keleti helyzetre reagálva a rendszert úgy alakítják ki, hogy csak a belföldön termelt hidrogént használó erőművek vehessenek részt benne, ezzel is támogatva az energia-önellátás fejlesztését és fejlődését.

A fent említett célok megvalósításához a koreai ipar természetesen igen erős partner, mivel koreai

Kapcsolódó: Ázsia csendes-óceáni régiója növekvő érdeklődést mutat a hidrogén és hidrogén-származékok iránt. Ennek oka egyrészt az energia-rendszerek dekarbonizálásának igénye, másrészt az ukrán és iráni háborúk okozta energiakrizis, illetve az energiabiztonság javítása. Szingapúrból érkezett egy konkrét és aktuális példa: az *Energy Market Authority* (EMA) éppen idén kért ajánlatokat három *hydrogen-ready* gázturbinás erőmű létesítésére. A három új CCGT erőmű együttesen 1,8 GW villamos energiát termelne. Mindháromnak 2032-re kellene üzemelni. Szingapúr 2022-es Nemzeti Hidrogén-stratégiája azzal számol, hogy a városállam 2050-re villamosenergia-igényének kb. felét *low-carbon* hidrogénnel állítja elő.

Az MHT Egyesület júliusban publikált [weboldalán cikket](#) a „*Hydrogen ready*” fogalom EU-s értelmezéséről gázturbinák vonatkozásában, az ezzel kapcsolatos helyzetképről, és az EUTurbines iparági szervezet vonatkozó ajánlásairól.



⁸ Összehasonlításként: az EU-ban legfeljebb 3,38 kgCO₂eq/kgH₂ lehet a *low-carbon* vagy zöld H₂ maximális karbon-intenzitása.

⁹ A szén és „zöld” ammónia együttesítés iránt Japán tanúsít intenzív érdeklődést. Erről szóló cikkünk a H₂ Hírlevél [2024/2 számában](#), a 18. oldalon található.)

hidrogéntekológiák és projektek világszinten is jelentősek. Erre egy példa a mellékelt kép, amely a dél-koreai Doosan hidrogénüzemű gázturbináját mutatja¹⁰.

Egy másik koreai óriásvállalat, a Hyundai Motor Group idén februárban jelentette be saemangeumi hidrogén-projektjét, pontosabban egy nagyléptékű, átfogó ipari programot, amely AI (mesterséges intelligencia) adatközpontot, robotgyártó üzemet, naperőművet és hidrogéntermelő létesítményt is magába foglal. A teljes, komplex beruházás Saemangeumban mintegy 6,3 milliárd amerikai dollárba kerülne. Ezen belül kifejezetten a hidrogénelőállító üzem beruházási értéke kb. 690 millió USD. Fontos kiegészítés, hogy a Hyundai a tervet az AI Hydrogen Smart City koncepcióba illeszti, tehát nem pusztán „hagyományos” elektrolizáló-beruházásról van szó. Az elérhető információk alapján kb. 200 MW PEM-típusú elektrolizáló kerül telepítésre. A munkálatok 2027-ben kezdődnének, a befejezés és az üzemi indulás pedig 2029-re várható. Sőt, a Hyundai hivatkozott forrása távlatilag 1 GW elektrolizáló-kapacitás kiépítését tervezi az országban. Fontos szerepet játszik ebben, hogy a Hyundai Motor Group saját fejlesztésű, 90%-ban koreai komponensekből álló PEM elektrolizálót fejlesztett, amelynek sorozatgyártása a tervek szerint 2027-től indulna az ulsani¹¹ üzemben. A tervek megvalósításához fontos az infrastruktúra, adott esetben az importfogadó-terminálok és ammóniabontók létesítése. A hidrogén-infrastruktúra adatbázis alapján Dél-Koreában jelenleg kb. 4 ammóniabontó (*ammonia-cracking*) létesítmény van tervezési fázisban. Ezek közül



Illusztráció: Doosan Enerbility hydrogen-ready gázturbina a CES2024 kiállításon. Kép: Doosan Enerbility

a nagyobbak már kifejezetten jelentős, 75 ezer t_{H2}/év kapacitással, ami már valódi kereskedelmi kapacitásnak tekinthető; és persze tervezés alatt áll kisebb, pilot jellegű üzem is.

Forrás:

S&P Global, [June 16, 2026](#): South Korea's clean hydrogen plan to keep pace with market development: govt official.

Hyundai, Corporate Information, [February 27, 2026](#): Hyundai Motor Group to Establish Innovation Hub to Lead Robotics, AI, and Hydrogen Energy in Korea.

Hyundai, Technology & Innovation, [June 02, 2026](#): Why Hyundai Motor Group Wants Silicon Valley Engineers to Think Beyond the Screen.

Hyundai, Corporate Information, [October 30, 2025](#): Hyundai Motor Breaks Ground on Hydrogen Fuel Cell Production Facility in Korea.

Membránmentes (DWE) elektrolizáló és európai pilot projektje

A már jól, és a csupán többé-kevésbé ismert elektrolizáló-típusok mellett célszerű megismerni egy-egy feltörekvő, jelenleg még „egzotikusnak” számító típust is, mert számottevő előnyöket hozhatnak. Ilyen például a membránmentes elektrolizálók családjába tartozó DWE, azaz *Decoupled Water Electrolysis*. Magyar nyelvű, pontos és elterjedt megnevezéséről még nem tudunk, de leginkább a *szétválasztott vízelektrolízis* fogalmat célszerű használnunk. A „*decoupled*” (szétválasztott) jelző arra utal, hogy a DWE esetében a vízbontás két elektród-reakciója időben és/vagy térben külön-külön megy végbe. E szétválasztottság teszi lehetővé a membránmentes működést.

A DWE elektrolízis-technológia viszonylag korai fejlesztési fázisban van még, de több olyan kedvező

tulajdonsággal bír, amelyre a hidrogénszektorak – és nem mellékesen a megújuló energia szektorak – nagy szüksége van. Főbb előnyei:

- nincs szükség nemesfém katalizátor-anyagokra (pl. irídium, platina) az elektródákon; egyszerű, olcsóbb anyagok alkalmazhatók
- nincs membrán vagy diafragma (ebből fakadóan pl. nincs *cross-over* jelenség – ennek kifejtését, jelentőségét lásd később)
- nagyon dinamikus viselkedésre képes, gyors le- és felterhelhetőség jellemzi, ami megújuló energia-forrásokhoz illeszkedő ideális
- nagyon alacsony terhelési szinten is képes üzemelni

¹⁰ [Doosan Enerbility](#) - DGT6-300H S1 (270 MW) és DGT6-300H S2 (380 MW).

¹¹ Az Ulsanban tervezett, nagyszabású és komplex hidrogén fejlesztésekről a H₂ Hírlevél [2026/2 számában](#) található cikk: *Ulsan City: hidrogénüzemű villamos és mintaértékű stratégiai tervek* (10-12. o.)

- degradáció nélkül lehet ki- és bekapcsolni, nagy ciklusszám esetén is
- hideg állapotból is gyorsan indítható.

A fenti tulajdonságok, főként az alkalmazható olcsóbb szerkezeti anyagok, előrevetítik a számottevően olcsóbb CAPEX-költség lehetőségét. Mindez pedig lehetővé teszi az igazán lényeges paraméter, a LCOH költség (*Levelised Cost of Hydrogen*, €/kg_{H₂}) csökkentését, ami praktikusán olcsóbb hidrogént eredményez. Például az alacsony terhelési állapotban történő működtetés, illetve a dinamikus terheléskövetés következtében az időjárásfüggő megújulókat jobban kihasználhatók DWE technológiával.

A DWE elektrolízis kontextusának megértéséhez fontos látni, hogy az hogyan illeszkedik a többi, már létező és elterjedt, vagy éppen feltörekvő elektrolizáló típushoz. Jelenleg a szakmai közvélemény leginkább a „történelmi” lúgos (AEL), és az ettől némileg fejlettebb, PEM elektrolizáló-technológiát ismeri. Ezek diafragmával, illetve membránnal rendelkező, alacsony hőmérsékletű elektrolizáló, és már ipari léptékben, 10-100 MW tartományban is üzemelnek. Nagyjából a 2020-as évek elejétől kezdtek megjelenni a szilárd-oxidos (SOEL) elektrolizáló. Jelenleg a SOEL az egyetlen, magas hőmérsékletű elektrolizáló-típus. Még éppen csak elérték a MW léptéket, de jobbára csak pilot projektek szintjén, ezért a SOEL kereskedelmi elterjedtsége egyelőre igen csekély. A SOEL nem klasszikus diafragmát vagy membránt használ, de a szilárd-oxidos elektrolit lényegében e gázválasztási és ionvezetési feladatot látja el. Kezdenek megjelenni az anioncserélő-membrános (AEM) elektrolizáló, amelyek egyelőre még csak elvétve fordulnak elő mind gyártói, mind alkalmazási szinten. Az AEM esetében viszont figyelemre méltó, hogy pl. Kínában nagyon komoly fejlesztések irányulnak¹² erre a nemesfém-mentes, és más előnyös tulajdonságokkal bíró elektrolizálóra. Az AEM technológia szintén alacsony hőmérsékletű és membránt alkalmazó elektrolizáló.

Elektrolizáló típusok
→ lúgos (AEL – <i>Alkaline Electrolyser</i>)
→ PEM EL (<i>Proton-exchange Membrane Electrolyser</i>)
→ szilárd-oxidos (SOEL – <i>Solid-oxide Electrolyser</i>)
→ anioncserélő-membrános (AEM – <i>Anion-Exchange M.</i>)
→ ‘decoupled electolysis’ – szétválasztott elektrolízis (→ + egyéb „egzotikus”, korai fejlesztési fázisú típusok)

Forrás: MHTE.

A hagyományos elektrolizáló – azaz jelen cikk keretében az első négy felsorolt típus – tisztán elektrolitikus rendszerében a vízbontás oxidációs és redukciós reakciói időben és térben szorosan összekapcsolódnak, mivel egyidejűleg mennek végbe ugyanabban a cellában az anódon és a katódon. Ez a „csatoltság” olyan üzemeltetési kihívásokat eredményez, mint például a H₂ átjutása (*cross-over*) az oxigén oldalra a membránon keresztül alacsony áramsűrűség mellett, azaz alacsony teljesítménytartományban. Ez némileg limitálja is a változó módon rendelkezésre álló megújuló energiaforrások – például a nap- és szélenergia – általi üzemeltetést. Alacsony teljesítménykihasználtsági tartományban működve hidrogén juthat át az oxigén-oldalra a *cross-over* jelenség révén. Ez bizonyos koncentráció felett robbanóképes gázelegyet eredményezne, és ilyenkor, illetve még ezt megelőzően a hagyományos elektrolizálókat leállítja a biztonsági rendszerük. Azaz lényegében főként a hidrogén *cross-over* veszélye miatt nem működtethetők egy bizonyos teljesítmény-tartomány alatt. Emiatt az időjárásfüggő megújuló termeléséből vagy „elveszítenek” egy bizonyos arányt, és/vagy költséges puffer-technológia (pl. akkumulátoros energiatároló) beépítése is szükséges lehet. Némelyik hagyományos – jelen cikk értelmezésében „coupled” – elektrolizáló jellemzően igényes anyagválasztást követel meg, pl. a membrán esetében, ami növeli a költségeket.

Az összekapcsoltságból adódó nehézségek kiküszöbölésére kezdték fejleszteni a kutatók a víz oxidációs és redukciós reakcióinak szétválasztására irányuló (*decoupled*) technológiát. A *decoupled* vízbontásnál a víz-oxidációs reakciót két lépésre bontják, a cellák lényegében e két lépés között váltanak:

- fázis: elektrokémiai töltési fázis; ennek során képződik a hidrogén (redukció történik)
- fázis: spontán kémiai lépés történik, ami termikusan aktivált regeneráció (TAR) és nem elektrokémiai lépés. Ennek során oxigén keletkezik (víz oxidációja). Az oxidáció visszaállítja az anódot annak kezdeti állapotába: a NiOOH visszaalakul Ni(OH)₂-vé.

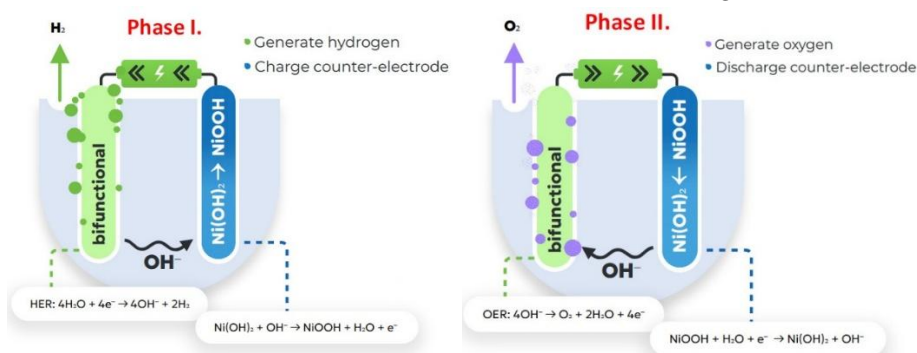
Kis leegyszerűsítéssel úgy kell elképzelni a membrán-mentes technológia, esetünkben most a DWE működését, hogy a hidrogén- és oxigéntermelés időben elkülönül. Nincs szükség tehát arra, hogy pl. egy membrán akadályozza meg a keletkező H₂/O₂

¹² Kínában a CATL 2025-ben az anioncserélő-membrános (AEM) elektrolizáló-technológiába fektetett be. Sőt, Kínában már statisztikai szinten is látható volt (2%) az AEM technológia terjedése 2025-ben, megelőzve ezzel a PEM típust. Az erről szóló cikkünk a H₂ Hírlevél 2026/1 számának 2-3. oldalán olvasható.

gázok keveredését, mivel e gázok eleve külön ciklusokban keletkeznek. A DWE (elemi) cella szinten szakaszos műveletet végez, de ha több ilyen cellát kapcsolnak össze egy berendezésben, időbeni eltéréssel működtetve azokat, akkor lényegében folyamatosan üzemelő rendszert, folyamatos hidrogénelőállítás tudnak létrehozni. Vegyipari eljárásoknál ez bevett gyakorlat, és az alapvetően szakaszos (*batch*) műveletek így adják ki a kvázi megszakítás nélküli folyamatot a teljes rendszer szintjén.

Kissé részletesebben kifejtve a működési elvet:

- a hidrogént eredményező reakció, illetve a **katód lényegében változatlan** marad ebben a rendszerben, mivel a HER reakció (*Hydrogen Evolution Reaction*) a katódon történik. Itt a H₂-gáz keletkezése során hidroxid-ionok (OH⁻) szabadulnak fel
- a DWE technológia tulajdonképpen **az anódon módosít**, ahol a víz oxidációja, vagyis OER reakció (*Oxygen Evolution Reaction*) jön létre
- a tradicionális elektrolizálóknál az anódon végbemenő négy elektronos oxigénfejlődési reakciót a DWE esetében két, egymást követő lépésre bontják. Az első szakaszban a nikkelt-hidroxid (Ni(OH)₂) anód négy egy-elektronos oxidációs reakción megy keresztül, majd ezt egy termikusan aktivált kémiai lépés követi, amely során spontán oxigénfejlődés és az anód regenerációja megy végbe. Ennek megfelelően a kétlépcsős, elektrokémiai-termikusan aktivált kémiai (E-TAC) ciklusban az O-O kötés a második lépés során alakul ki. Ekkor az oxidált anód – immár nikkelt-oxihidroxid (NiOOH) formájában – spontán kémiai reakcióban redukálódik Ni(OH)₂-vé. E reakció során O₂ keletkezik, miközben az anód regenerálódik, ezáltal teljessé válik a vízbontás teljes reakcióciklusa.



DWE elektrolizáló működési séma. Kép: H2Pro és saját szerkesztés

A *decoupled* elektrolízis még kissé futurisztikus, de MW léptékű pilot rendszer létesítése folyamatban van, ráadásul Európában. Az izraeli H2Pro elektrolizáló-gyártó cég a nyár folyamán egyezett meg MoU,

azaz szándéknyilatkozat szintjén a spanyol *Sun Systems* megújulóenergia-termelővel egy 25 MW-os DWE elektrolizáló-rendszer spanyolországi telepítéséről. A projekt helyszíne Tarragona, ahol szigetüzemben terveznek napenergián alapuló, DWE technológiával végzett hidrogénelőállítást. Az ilyenkor szokásosnak tekinthető módon a két cég közös bejelentésekor pl. időrendi ütemezést nem adtak meg, azonban közölték, hogy a kiindulási, 25 MW-os rendszer 50 MW-ra bővíthető. Ezt tervezik is, sőt távlatilag a 150 MW-os kapacitás is elképzelhető. Az árakról ilyen korai fázisban általában ritkán esik szó, de némileg meglepő módon a H2Pro közölte, hogy a teljes DWE elektrolizáló rendszert kb. 500 €/kW fajlagos áron tudják kínálni, ami lényegesen alacsonyabb a Nyugat-Európában (PEM típus esetében) megszokott, kb. 1.500 \$/kW fajlagos áránál. A DWE általános bemutatásánál leírtak (pl. olcsóbb katalizátor-anyagok, a membrán szükségletelensége, stb.) tehát ténylegesen megjelennek az olcsóbb CAPEX-ben.

Az elektrolizálót az első fázisban a Sun Systems 220 MW-os napelemes erőműve fogja ellátni villamos energiával. Az előállított hidrogént az Enagás által üzemeltetett földgázhálózatba juttatnák. Elsősorban vegyipari, petrokémiai végfelhasználókat céloznának meg. Várhatóan ez lesz a DWE technológia első, nagyléptékű megvalósítása. A H2Pro üzletfejlesztési igazgatója „hiper-flexibilis” működtetést ígér, és bár pontos értékeket – természetesen – nem mond, azért azt elárulja, hogy a DWE elektrolizálójuk hatásfoka 10-15%-kal jobb, mint a legfejlettebb PEM elektrolizálóké.

A fenti projekten kívül szó van még egy másik, a spanyol Doral Hydrogen-nel közösen építendő 5 MW-os DWE rendszerről, ami szükség esetén 50 MW-ig bővíthető. Szándéknyilatkozat szinten a lettországi

Latvenergo vállalattal is egyeztettek egy 5 MW-os DWE rendszer létesítéséről, viszont a továbblépésről egyelőre nincs információ. Az minden esetre érdekes, hogy a jellemzően konzervatív állami energetikai (utility) vállalat egy feltörekvő technológiai céggel lép partnerségre. Lehetséges, hogy

éppen emiatt a felek egyfajta „technológia-felderítő MoU”-nak fogják fel az együttműködést.

A H2Pro honlapja alapján ténylegesen működő DWE rendszerük is van, amely egy 0,5 MW-os pilot

rendszer Izraelben, a Ziporit ipari parkban. Ipari alkalmazásokhoz és földgázhálózati bekeveréshez



Kép: H2Pro.

használják az itt előállított kb. 200 kg/nap mennyiségű zöld hidrogént.

A DWE-n kívül más „egzotikus”, feltörekvő elektrolizáló-típusok is léteznek. Terveink szerint ezekről a H₂ Hírlevél későbbi számaiban közlünk cikkeket.

Források: H2Pro webpage: <https://www.h2pro.co/>

Hen Dotan et al.: Decoupled hydrogen and oxygen evolution by a two-step electrochemical-chemical cycle for efficient overall water splitting. *Nature Energy* (2019, vol 4)

H₂-View (2026.06.06.): Israel's H2Pro eyes first large-scale decoupled electrolyser plant in Spain.

H₂-View (2025.03.12.): Latvenergo partners with H2Pro to explore 5MW hydrogen project using decoupled electrolysis

Félig üres vagy félig tele? – IEA hidrogénjelentés (folytatás az 1. oldalról)

Az 1. oldalon található bevezető szerint vegyes a kép hidrogént illetően, így a helyzet árnyaltabb megismeréséhez a pozitív és negatív fejleményeket is igyekszünk bemutatni. A H₂ Hírlevél limitált terjedelme miatt itt most csupán összefoglaljuk a 270 oldalas IEA (GHR-2026, [1]) jelentés fontosabb megállapításait.

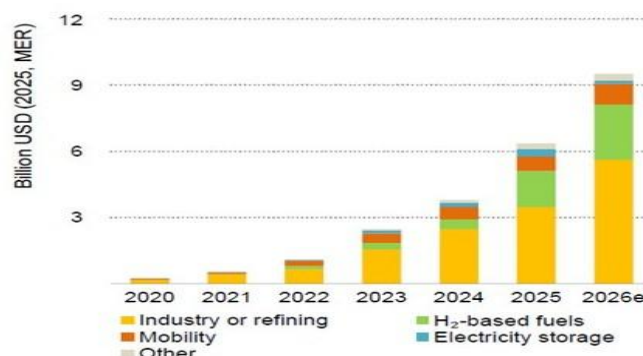
Pozitív fejlemény, hogy az utóbbi években érdemi módon emelkedett az elkötelezett státuszú tiszta hidrogén projektek aránya és ezzel a beruházások értéke. Az így támogatott projekteknek kb. 70%-a elektrolitikus alapú, 30%-a CCUS alapú.



1. ábra: Elkötelezett H₂-projektekbe irányuló beruházások. Kép: [2]

A beruházások imponálón magas (50%_{2025/2024}) éves növekedését és az alacsony karbonintenzitású hidrogénprojektek terén idén várható rekord (10 mrd USD) összegű beruházást bontja tovább a 2. ábra. Látható, hogy felhasználói oldalon meghatározó az ipar és a finomítók mint tiszta hidrogén végfelhasználók szerepe, ami önmagában körülbelül kétharmados arányt jelent. Jelentős még a hidrogénalapú üzemanyagok szerepe. Kisebb, de még látható a közvetlen mobilitási célú felhasználás. Érzékelhető, de egyelőre igen csekély a

villamosenergia-tárolásra irányuló végfelhasználás.

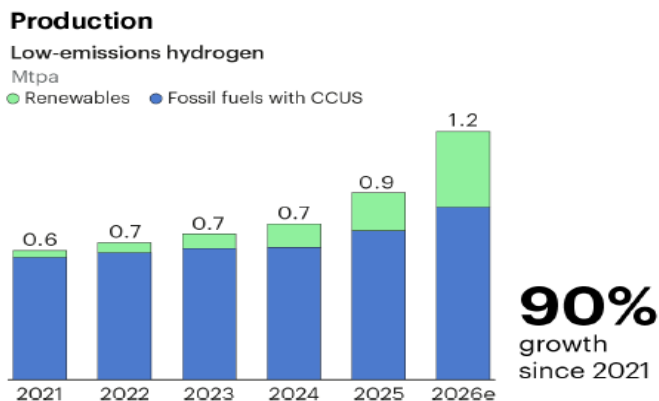


2. ábra: Tiszta hidrogén projektekbe irányuló befektetések megoszlása végfelhasználók szerint. Kép: IEA [2]

2026-ban a low-emission hidrogén (LEH) projektek beruházási csúcsa alapvetően annak köszönhető, hogy 2024-ben sok projekt jutott el a FID (*Final Investment Decision*) döntéshozatalig. Rossz hír, hogy a hidrogénágazatot továbbra is akadályozó tényezők sújtják, ezért a FID döntések folyamata – a 2024-es kiugrás után – 2025-ben és 2026 első felében lelassult.

A H₂-mennyiség szempontjából elmondható, hogy az alacsony kibocsátású (LEH, *Low-emission Hydrogen*) hidrogénformák éves szinten előállított mennyisége 2026-ban várhatóan átlépi, sőt, viszonylag jelentősen meghaladja az 1 Mt/év mennyiséget. A „félig telt pohár” állapot ezen is jól szemléltethető. Egyik oldalról öt év alatt kb. 90%-os volt a mennyiségi növekedés, ami pozitív fejlemény. Másrészt, ami ugyanezen dimenzióban negatívum, pontosabban nem elégséges fejlődés, hogy a kb. 1 millió tonna LEH hidrogén a teljes globális hidrogén-termelésnek még mindig csak az 1%-a. Nem utolsósorban

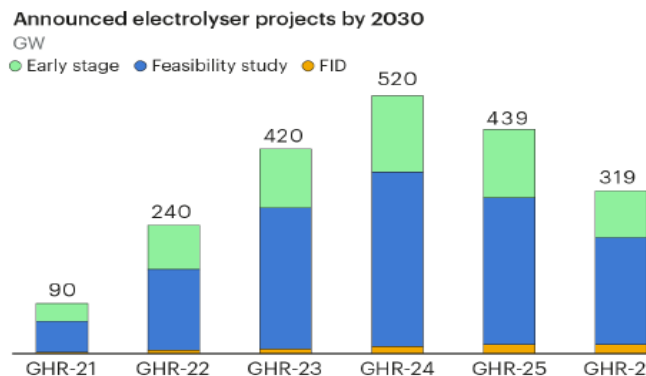
sorban pl. az EU 2020-as hidrogénstratégiája, majd a RePowerEU Terv alapján csak Európában kb. 8-10 Mt/év zöld hidrogén előállítása lett volna az elérendő cél 2030-ra. A 3. ábra statisztikájából látható, hogy e cél közel sem valósítható meg 2030-ig, ráadásul a 3. ábra a globális előállítást mutatja és nem az EU országaiét. Van mennyiségi fejlődés, és szépen tolódik az arány a megújuló alapú hidrogén irányába, de igazából az EU-s és tagállami szakpolitikai dokumentumok támasztottak irreálisan túlzó elvárásokat már 2030-ra.¹³



3. ábra: Alacsony kibocsátású H₂ előállítása globálisan, megújuló alapú és fosszilis+CCUS szerinti bontásban. Kép: IEA [1]

Az **elektrolizáló** telepítése terén jelentős az előrelépés. Ráadásul a legutóbbi, teljes statisztikai év (2025/2024) vonatkozásában megduplázódott a beépített kapacitás. 2025 végére globálisan meghaladta a 4 GW-ot. 2026 végére majdnem hasonló növekedési arány mellett kb. 7,0 GW kumulált beépített kapacitás várható. Ez 13-szoros növekedés az utóbbi 5 évben. Szép, felfelé ívelő fejlődési pálya rajzolódik ki, de persze nézhetjük a „fonák” oldalát is: az EU 2020-as hidrogénstratégiája már 2024/2025-re kizárólag az EU-ban vízionált 4 GW elektrolizáló kapacitást, amelytől a valóság közel egy nagyságrenddel elmaradt. A bejelentett (*announced*) projektállomány az elektrolizáló-telepítések vonatkozásában a 2024-es csúcstól 2025-ben visszaesett és várhatóan 2026-ban is csökken (4. ábra). Ez egyébként önmagában nem baj. A piac természetes érési folyamatának része, hogy a bejelentések száma és az összkapacitás csökken a nem kellően megalapozott projektek kiszелеktálódása miatt. Látható az is, hogy az elkötelezett projektfázisba¹⁴ az összes bejelentésnek még

mindig csak viszonylag kis része (~10%) jutott el, ami negatívum. Ugyanakkor az is látható, hogy az utóbbi években az összes bejelentett (*announced*) projektre vetítve azért mégiscsak növekedett az elkötelezett, azaz legalább FID fázisba eljutó projektek aránya, ami viszont kifejezetten pozitív fejlemény.



4. ábra: Bejelentett elektrolizáló projektek 2030-as megvalósítási dátumra, a különböző érettségi kategóriák szerint. Kép: IEA [1]

Az **elektrolizálógyártási kapacitás** a 4. ábrához hasonló képet mutat. 2022-től kezdődően gyors felfutás történt, 2025 végére globálisan elérte a kb. 55-60 GW/év értéket, ami 2026-végére még tovább nő. A piac vártnál lassabb felfutása miatt viszont itt jelentős túlkapacitás mutatkozik, ezért a gyártókapacitásokat illetően jelentős piaci konszolidáció várható. Az elektrolizálógyártást Kína vezeti 60%-os részesedéssel. Ezt követi Európa 20%-kal, majd az USA 10%-kal. India még csekély gyártókapacitással rendelkezik, de a tervezett projektfelvezetések miatt a jövőben valószínűleg komoly szereplő lesz.

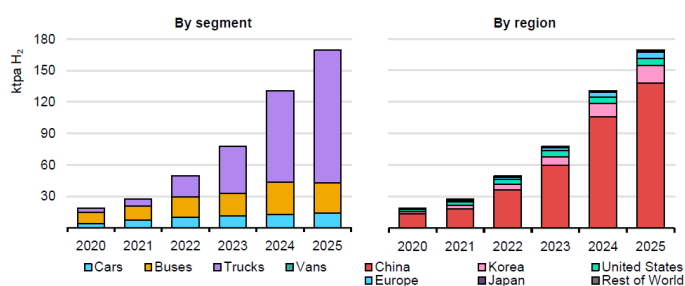
Az érdeklődés sokszor az elektrolitikus alapú hidrogénelőállítás, az elektrolizáló körül forog, de a „kék” (*low-carbon*) hidrogén, illetve ammónia-előállítás terén is vannak érdekes fejlemények. 2026 augusztusában elkezdtek építeni az USA-ban, Louisianában a **világ egyik legnagyobb low-carbon ammónia üzemét (Blue Point)**. Beruházási értéke 3,7 – 4 mrd USD, kapacitása 1,4 millió tonna_{NH₃}/év, technológiája: földgáz alapú ATR+CCS; üzemkezdés 2029-ben. A Blue Point projekt [részletesebb leírása honlapunkon](#) [3] megtalálható. Ami még érdekesebb és önálló elemzést igényelne, hogy míg a Blue Point ammónia üzem épül, addig a tőle mindössze 20 km

¹³ Kivételek természetesen vannak, de ezekből van kevesebb. Kína például a 2030-ra kitűzött 300 ezer t/év zöld hidrogén termelési célját tartani tudja, sőt valószínűleg már 2027-ben teljesíti is. Hollandia az után, hogy 2025-ben visszavágta elektrolizáló céljait, a 3-4 GW beépített kapacitást valószínűleg eléri 2035-re, de ezt a célt eredetileg 2030-ra jelölte ki. A 2030-ra kitűzött új holland cél 1,2 GW, amely valószínűleg teljesíthető lesz.

¹⁴ Az IEA módszertana a hidrogénprojekteket aszerint különbözteti meg, hogy mennyire előrehaladott fejlesztési fázisban vannak. Legkevésbé érett fázis a korai tervezési fázis (*early stage*), ezt követi a megvalósíthatósági tanulmány fázis. Elkötelezett projektnak tekintik a legalább FID (*Final Investment Decision*) fázisba, vagy azon túli (pl. építési, működési) fázisba eljutó projekteket. Utóbbit sokszor a FID+ jelöléssel illetik. A piacfejlődés szempontjából a legértékesebb infót a FID+ projektek jelentik.

távolságra, szintén a Mississippi-folyó mentén tervezett, és szintén millió tonnaNH₃/év kapacitású low-carbon ammónia üzem (Louisiana Clean Energy Complex) tervét a projektgazdák törölték. Az érdekesség - és egyben a tanulság is - abban rejlik, hogy itt a két low-carbon ammónia projekt ugyanazon folyószakaszon (tehát kiváló belföldi és export logisztikai lehetőségek mellett), azonos földgázárakkal, ugyanabban az építőipari piaci környezetben és ugyanazon CO₂-leválasztási (CCS) ösztönzők mellett működhetne elvileg. A két projektnek mégis nagyon eltérő lett a sorsa, ami nem annyira a kék (low-carbon) ammónia technológiájáról szól, sokkal inkább két, egymástól jelentősen eltérő vállalati, projekt-fejlesztői megközelítésről. Itt megint alapállásuktól függően, többféle képpen nyilatkozhatnak meg a szakértők. A hidrogénszeptikusok csak a nagyértékű (mrd+ USD) ammónia projekt törlését említik; az optimisták esetleg csak az épülő Blue Point projektről adnak hírt. A H₂ Hírlevél pedig kiegyensúlyozottan igyekszik bemutatni az érme mindkét oldalát.

A hidrogémobilitás helyzetét három tényezőn keresztül vizsgálja az IEA jelentés: hidrogén üzemanyag, üzemanyagcellás járművek, töltő-infrastruktúra. A közúti járművek hidrogén-felhasználása 2025-ben közel 30%-kal emelkedett a megelőző évhez képest, megközelítve a 170.000 tonnaH₂/év₂₀₂₅ mennyiséget. Ez viszonylag jelentős növekedés, ugyanakkor némi visszaesést mutat az azt megelőző évhez képest (5. ábra). A közúti közlekedés szegmense egyelőre igen csekély mértékben járul hozzá a globális hidrogénigényhez, annak ugyanis csak kb. 0,2%-át teszi ki. A közlekedési hidrogénigény növekményének nagy része a kínai H₂-FCEV teherautónak köszönhető.



5. ábra: A közúti közlekedés hidrogénigénye járműszegmensenként és régióként. Kép: IEA [1]

Az üzemanyagcellás járművek értékesítése megugrott. Az előző három év csökkenése után 2025-ben 45%-kal nőtt, ami világszinten több mint 7.000 db FCEV jármű eladását jelenti. Ez a tendencia főként Dél-Koreában mutatkozott. A többi, jelentős autópiacon (Észak-Amerikában, Japánban, Európában) viszont csökkentek az FCEV értékesítések, főként a jelenleg olcsóbban elérhető akkumulátoros (BEV) és plug-in hibrid (PHEV) modellek preferálása miatt. Az FCEV

teherautók globális állománya növekedett 2025-ben és meghaladta a 35.000 darabot. Ez ötszörös növekedés 2022-höz képest. A legnagyobb növekmény természetesen Kínában történt, mivel itt közlekedik az utakon az összes FCEV teherautó 95%-a.

Kapcsolódó: az üzemanyagcellás teherautópiacon tapasztalható kínai dominancia miatt szeptember elején részletes cikket jelentettünk meg honlapunkon, amely áttekinti a kínai (FCEV) gyártókat, modelleket, főbb műszaki paramétereiket, valamint CAPEX és TCO költségeket a 40 t feletti teherautó-szegmensben. MHTE (2026.09.10.): „[A kínai hidrogénüzemű teherautó piac](#)”

Az FCEV járműpiac kezdetben a személyautók értékesítésével indult, de az utóbbi években meghatározó lett a nehézgépjármű (HDV) szegmens. Ezen belül a már említett teherautók viszik a prímét, de az üzemanyagcellás buszok számának érdemi növekedése is tapasztalható. Dél-Koreában, Kínában és Európában az FCEV buszok (FCEB) száma 2025-ben elérte a 15 ezret. Ez nagyjából duplája a három évvel korábbi FCEB állománynak. Ez megint az érem két oldaláról értelmezhető: a növekedés érdemi, de az abszolút számok még nagyon alacsonyak.

Hidrogén-töltőállomásokból (HRS) 2025 végén világszinten kb. 1.300 működött, ami mintegy 10%-os növekményt jelent a megelőző évhez képest. A legjelentősebb növekedés Kínában és Dél-Koreában volt, ahol 90, illetve 25 új HRS-t helyeztek üzembe tavaly. 2025 vége óta működik Kínában a világ legnagyobb H₂-töltőállomása, 10 tonna/nap(!) kapacitással. Európában sajnos nem nőtt, hanem némileg csökkent is a HRS-ek száma. Összesen 170 HRS működött 2025 végén. Tavaly viszont átadták Európa eddigi legnagyobb kapacitású – 5 tH₂/nap – töltőállomását Düsseldorfban. 2026-ban pedig Ausztriában nyílt meg olyan HRS, amely 35 hidrogén-üzemű busz kiszolgálására alkalmas.

Globális hidrogénmobilitási helyzetkép – 2026: a H₂ Hírlevél terjedelmi korlátai miatt sajnos nem tudjuk érdemi mélységben áttekinteni az IEA jelentés hidrogén-mobilitási részét (sem), de a mobilitás vonatkozásában készítettünk egy részletes kivonatot, ami elérhető az [Egyesület weboldalán ezen a linken](#).

Forrás:

- [1] Int. Energy Agency (2026): Global Hydrogen Outlook 2026.
- [2] Int. Energy Agency (2026): World Energy Investment 2026.
- [3] MHTE (2026.09.04.): A világ egyik legnagyobb low-carbon (kék) ammónia üzeme épül az USA-ban.

Élesben bizonyított Észtországban a Toyota-alapú hidrogéngenerátor

Magyar innovációs siker a NATO legnagyobb katonaegészségügyi gyakorlatán

A hidrogén energetikai és logisztikai alkalmazásának egyik legfontosabb mérföldkövéhez érkezett a hazai hidrogén-energetika szakma: a NATO észtországi Vigorous Warrior 2026 (VW2026) hadgyakorlatán éles üzemi körülmények között, sikeresen táplálta egy komplett mobil tábori kórház (ROLE2) hálózatát az a hidrogén üzemű szükséggenerátor, amely az Óbudai Egyetem, a Toyota Sakura, a Hidrogenesis Zrt. és a francia EODev együttműködésében állt szolgálatba



1. ábra: Demonstrációs és oktatási bázis a Bécsi úton

A gyakorlat nemzetközi léptékét jelzi, hogy a NATO Katona-egészségügyi Kiválósági Központ (MILMED COE) szervezésében, az eseményen 38 állam vett részt. A felvonultatott nemzetközi erők közül egyedülálló módon kizárólag a magyar kontingens alkalmazott zéró-emissziós, hidrogénalapú energiatermelő technológiát. Az Óbudai Egyetem komplex K+F jelenlétét tovább erősítette, hogy a hidrogéngenerátor mellett egy autonóm földi járművel (UGV- Unmanned Ground Vehicle) is sikeresen kapcsolódtunk a műveletekbe.



2. ábra: UGV jármű a gyakorlat helyszínén

A tesztelt EODev GEH2® berendezés lelkét a Toyota legújabb generációs, nagy hatásfokú Protoncsere-membrános Üzemanyagcellája (PEMFC) alkotja. A rendszer azonban nem csupán egy stacionárius tüzelőanyagcella-köteg, hanem a PEMFC és egy akkumulátoros energiátároló integrált változata, ami kiegészül egy háromfázisú, IGBT-alapú kimeneti inverterrel, amit a folyamatos villamosenergia-ellátás

érdekében egy duál-bündel menedzsmint (DBM) rendszer egészít ki. De mi is a DBM lényege? A folyamatos és megszakításmentes gázellátás biztosítása érdekében a GEH2 generátor két független, redundáns magasnyomású palackkötegcsatlakozási ponttal rendelkezik. A rendszer beépített nyomás-szenzorai folyamatosan monitorozzák a primer (induló) köteget, és amikor annak nyomása egy kritikus küszöbértékre (45-50 bar közötti érték) csökken, a szelepezérlés észrevétlenül, feszültségkimaradás vagy nyomáscsökkenés nélkül átkapcsolja a gázáramot a szekunder (teli) gázkötegre. Ez a folyamat lehetővé teszi a kiürült palackköteg üzemi közbeni cseréjét (*hot-swapping*), garantálva a folytonos, megszakításmentes villamosenergia-termelést.



3. ábra: A 200 bar-os bündelkészlet telepítése – Észtország.

Az integrált és hibrid megközelítésnek döntő szerepe van a hálózati stabilitásban:

- tranziens-kompenzáció és csúcslévgás: A hálózaton jelentkező milliszekundumos áramlökéseket az akkumulátorban tárolt energia fedezi. Ez megvédi a PEM-cellát a hirtelen cellafeszültség-letöréstől és a káros gázkiéheztetéstől (*reactant starvation*), jelentősen növelve a cella élettartamát
- a hagyományos tartalék-energiaforrásként használt dízelgenerátoroknál, a tartós tárolás során fellépő üzemanyag-degradáció és az esetleges bakteriális fertőződés a tartályban, valamint az alacsony terhelésnél jelentkező nedves kipufogás és hengerfal-üvegesedés súlyos üzembiztonsági kockázatot jelent.

A palackos, nagytisztaságú hidrogéngáz ezzel szemben közel korlátlan ideig, degradációmentesen tárolható, az üzemanyagcella pedig részterhelésen is megőrzi kiemelkedő hatásfokát.

Telepítési rugalmasság. Biztonságtechnikai szempontból lényeges elem, hogy míg a magasnyomású gáz oldalon (200 bar) alkalmazott külső nyomáscsökkentő reduktor ATEX robbanás-

védelmi tanúsítvánnyal rendelkezik, maga a komplett berendezés CE minősítésű. Ennek köszönhetően a telepítési és engedélyezési eljárások megegyeznek egy konvencionális dízelgenerátoréval, ami szabaddá teszi az utat az ipari, bányászati, rendezvénytechnikai (pl.: zenei fesztiválok), vagy vészhelyzeti tartalékenergia-szolgáltatások előtt.

Mi az a ROLE2 és mi jellemzi a villamos hálózatát?

A NATO egészségügyi doktrínája szerint a ROLE2 egy előretolt, magas felszereltségű mobil tábori kórház. Ezen a szinten a katona-egészségügyi láncban, már rendelkezésre áll a műtőkapacitás, ahol már elvégezhetik a harctéri sérültek életmentő, sürgősségi, sebészeti beavatkozásait, az újjáélesztést és az életfunkciók stabilizálását, valamint rendelkezésre áll intenzív terápiás, laboratóriumi és képalkotó diagnosztika (pl.: mobil röntgen) is.



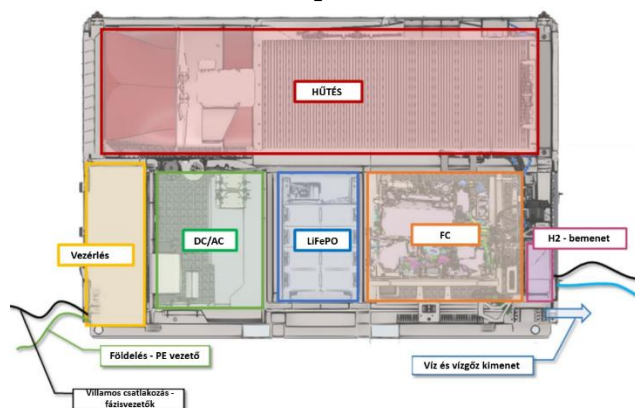
4. ábra: Előtérben a MH Egészségügyi Központ - ROLE2 és a személyzet, a háttérben a piros karikán belül a GEH2

Villamosmérnöki és hálózatdinamikai szempontból a ROLE2 egy rendkívül kritikus szigetüzemű mikro-hálózat, és ezt három fő okkal tudjuk alátámasztani:

- Életvédelmi („zérótolerancia”) környezet: a létfenntartó rendszerek, altatógépek és műtői eszközök miatt a hálózat nem tűr meg semmilyen áramszünetet vagy látenciát (a rendszer reakcióideje, vagyis mennyi idő alatt reagál az energiaforrás egy hirtelen fellépő terhelésváltozásra). A rendelkezésre állásnak 100%-nak kell lennie.
- Extrém, nemlineáris áramtranziensek: a kórházi infrastruktúra (nagy teljesítményű klímakompresszorok, sterilizáló autoklávok és orvosi képalkotó berendezések) egyidejű és aszimmetrikus indulása hatalmas bekapcsolási áramlökéseket generál. (A terepi mérések során, a gyakorlaton 100 A-t meghaladó, aszimmetrikus áramcsúcsokat is mértünk).
- Feszültségletörési kockázat: a hirtelen, nagy amplitúdójú áramimpulzusok miatt a hagyományos belső égésű generátorok gyakran lassú dinamikai

válással, a hálózat "meglökésével" és feszültségessé válnak. Az érzékeny orvosi digitális diagnosztikai eszközök viszont a legszigorúbb tápminőséget (zavarmentes feszültséget és frekvenciát) követelik meg.

Az EODev-GEH2 felépítése



5. ábra: A GEH2 felépítése és a funkciók jelölésével

A hagyományos, belső égésű generátorokkal ellentétben az „elektro-hidrogén generátorok” tervezési alapelve a közvetlen elektrokémiai energiakonverzió és az energiatárolás szimbiózisán alapul. Az EODev GEH2 valójában egy tüzelőanyagcella-domináns hibrid hajtáslánc, ahol az energiatermelést a tüzelőanyag-cella végzi, míg a dinamikai kiegyenlítést az integrált akkumulátor biztosítja. **A GEH2 főbb alrendszerei:**

- Elektrokémiai konverzió: Toyota gyártmányú, PEM-típusú, H₂-üzemű, tüzelőanyag-cella.
- Integrált energiatároló: LiFePO₄ akkumulátor-pakk és akkumulátor-felügyeleti rendszer (BMS).
- Teljesítményelektronika: kétirányú DC/DC konverterek és háromfázisú hálózati DC/AC inverter
- Többlépcsős hidrogéngáz-szabályozó és biztonsági rendszer: H₂-bemenet és egy ATEX-minősítésű külső reduktor
- Központi, intelligens energiamenedzsment r.



6. ábra: Az időjárás szeszélyes és változékony volt, de ez sem kedvünket, sem a villamosenergia minőségét nem befolyásolta

A tesztét során rögzített főbb telemetriai és energetikai mutatók:

- Villamos energia: 21,83 kg H₂ felhasználásával összesen 405,9 kWh minőségi (THD<3%) villamosenergia-termelés a kórházi rendszernek.
- Fajlagos villamosenergia-hozam: a teljes berendezésre vetített fajlagos mutató 18,6 kWh/kg_{H₂}.
- Tranziens-kezelés: a június 17-i mérések során a fázisáramok csúcserőértéke meghaladta a 100 A-t (a maximálisan regisztrált érték 106,2 A volt). A BESS-puffernek és az intelligens vezérlnének köszönhetően a hálózat feszültségletörés nélkül veszteségmentesen áthidalta a terheléscsúcsokat.
- Gázlogisztika és kötegkezelés: a gáznyomás-csökkenési görbék tökéletes linearitást mutattak a 208 bar-os induló értéktől a 45 bar-os küszöbértékig. A két 200 bar-os Bündel közötti átváltás automatikusan és megszakításmentesen ment végbe.
- Emisszió és „melléktermék”: a berendezés működési zajszintje nem haladta meg a 65 dB(A) értéket, hőkibocsátása és infravörös szignatúrája csekély. A reakció egyetlen melléktermékeként 196,5 liter tiszta kondenzvíz keletkezett, amely értékes szekunder erőforrásként hasznosítható.
- Telepíthetőség: a rendszer teljes üzembe helyezése 1 fővel 90 percet, 3 fővel 70 percet vett igénybe, míg a leszerelés 20 perc alatt lezajlott.

Nemzetközi érdeklődés és a hazai demonstrációs bázis. A (zöld hidrogén használata esetén) zéró-emissziós mikrohálózat teljesítménye jelentős nemzetközi visszhangot váltott ki a NATO-kontingensek körében:

a gyakorlat során többek között az U.S. NAVY szakértői is tanulmányozták a berendezést, a generátor integrálhatóságát és a mérési eredményeket.



7. ábra: Óbudai Egyetem - Toyota Sakura: Hidrogén és Hibrid Rendszerek Ipari Tanszék

A projekt egyik legnagyobb hazai hozadéka, hogy nemzetközi szinten is kiemelkedő eredményekkel rendelkező berendezés, a magyar szakemberek és mérnökhallgatók számára is közvetlenül hozzáférhető a „Bécsi úti hidrogénvölgyben”. A GEH2 Budapesten, az Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar (KVK) és a Toyota Sakura közös bázisán, a Hidrogén és Hibrid Rendszerek Ipari Tanszéken kapott állandó oktatási és demonstrációs helyet. A rendszer az ipari partnerek és a hidrogénteknológia iránt érdeklődők számára is megtekinthető.

ÓE/EKIK (Hidrogén-Energetika): Dr. Szén István

ÓE/Initium Vent. Labs.: Prof. Dr. Haidegger Tamás

ÓE/ÓE-NIK: Balogh Péter

Toyota Sakura/Hidrogenesis/ÓE-KVK: Szilasi János, Zsombok Balázs, Nemesrévi Ákos

MH Egészségügyi Közp. (ROLE2): Bus Ádám, alezr.

Tesztüzemben az első európai offshore elektrolizáló

Az *Eni Energy Netherlands* vezette konzorcium 2026 nyarán első alkalommal állított elő zöld hidrogént működő tengeri platformon. A létesítmény egy korábbi földgáztermelő platform, amely az Északi-tengeren található, és ezzel világelső a tengeri szélenergia, a földgáztermelés és a tengeri hidrogéntermelés kombinálásában. A *PosHyDon* nevet viselő pilot projektet egy kiterjedt energetikai konzorcium kezdte tervezni 2021-ben, majd építette meg, 13 km-re a holland partoktól.

A projekt offshore hidrogéntermelés megvalósíthatóságára irányul, és arra, hogy ez kiegészítheti-e a jelenleg uralkodó szárazföldi hidrogéntermelést. A koncepció támogatói azzal érvelnek, hogy a nagyobb és egyenletesebb tengeri szélesség javíthatja a kapacitás-tényezőket, csökkenti az áramköltséget, amely a zöld

hidrogéntermelési költségeknek akár a 70%-át is kiteheti. A megoldás kritikusi azzal érvelnek, hogy a tengeri termelés továbbra is költséges és technikailag összetett a szárazföldi kapacitás bővítéséhez képest.

A kísérleti projekt a hollandiai Scheveningen partjaitól nagyjából 13 kilométerre található, a Q13a-A jelzésű tengeri platformon, amely a holland Északi-tenger első, teljesen villamosított termelési platformja. A projekt külön érdekessége, hogy tengervízet használnak az elektrolízishez, amelyet előzetesen a helyszínen sótalanítanak. Az elektrolízishez szükséges villamos energiát offshore szél erőművek biztosítják. A korábbi közlemények egy 1,25 MW-os, a norvég NEL

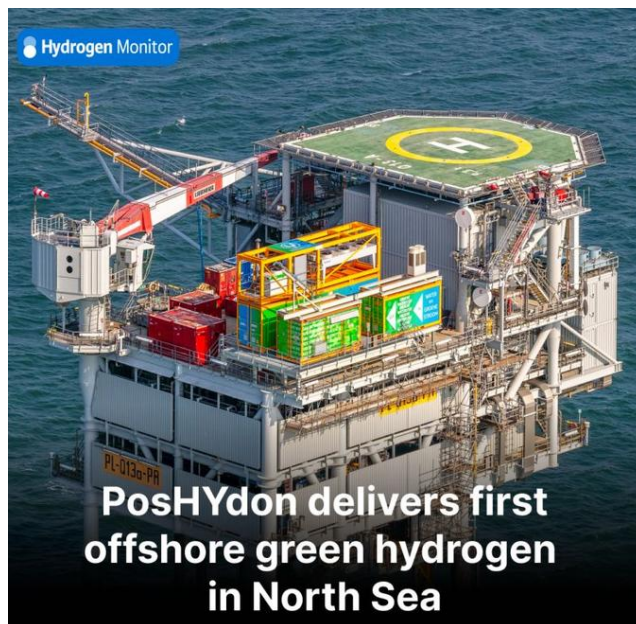
POSHYDON

konténeres elektrolizálójának telepítéséről szóltak, kb. 500 kg/nap_{H₂} termelési kapacitással, de a mostani tesztüzem során ténylegesen előállított mennyiséget és a platform teljes kapacitását nem hozták nyilvánosságra. A teljes üzembe helyezést követően a termelt hidrogént földgázzal keverik, és a meglévő csővezetékeken keresztül szállítják a holland partokra.

A pilot projekt olyan tudást és gyakorlati tapasztalatot hivatott biztosítani, amely elengedhetetlen a nagyobb léptékű tengeri hidrogéntermeléshez, segítve a kockázatok csökkentését és a költségek hatékonyabb ellenőrzését. A jelenlegi tesztfázis elsősorban a rendszer stabil működésére összpontosít, később pedig áttér annak vizsgálatára, hogy az elektrolizáló hogyan reagál a tengeri szélenergia-termelés ingadozásaira.

A PosHyDon most induló tesztüzemével korai, bár korlátozott információt szolgáltat a tengeri szélenergia- és a hidrogéntermelés közvetlen összekapcsolásának működési és költségbeli realitásairól. Olyan modellről van szó, amely csökkentheti a függőséget a tenger alatti elektromos kábelektől és a szárazföldi hálózati kapacitástól, már ha valóban életképesnek bizonyul. A nyilvánosságra hozott termelési mennyiségek hiánya, valamint a szárazföldi alternatívákkal szembeni tartós költséghátrányok miatt azonban szoros figyelemmel kísérik a projekt késő őszi várható eredményeit, még mielőtt bármilyen következtetést levonnának az offshore elektrolízis kereskedelmi léptékű versenyképességéről.

Fontos tudni, hogy a projekt arra a kedvező adottságra épít, hogy az elektrolizáló technológiát egy olyan tengeri gáztermelő platformra (Q13a-A) tudták telepíteni, amely éppen egy kiépített, part felé futó földgázvezeték közelében fekszik. Különösebb addicionális beruházás nélkül megoldható tehát a termelt hidrogén vezetékes kiszállítása a partra. Vagyis integrált energiarendszert hoztak létre, és ezáltal a Q13 az első, elektrifikációra átalított északi-tengeri offshore olaj- és gázplatform. A projekt nagyobb flexibilitást biztosít az energiatermelésben, ugyanis nem áll fenn a kényszer, hogy a megtermelt energiát csakis villamos energia formájában azonnal továbbítani kellene a szárazföldre. Az offshore hidrogénprojekt motivációját az is adja, hogy az offshore szélerőmű-farmok esetében egyre komolyabb probléma a villamos hálózat szűk keresztmetszete. Egyre gyakrabban és egyre nagyobb villamosenergia-mennyiséget érint a kényszerű leszállítás („curtailed energy”). Ráadásul az új offshore szélerőművek egyre távolabb kerülnek a partról, így egyre kiterjedtebb villamoskábel-összeköttetés és egyre több transzformátor állomás kell, ami nyilván növeli az offshore projektek költségét. Mindemellett az offshore szélerőműparkok



Offshore környezetben telepített elektrolizáló az Északi-tenger egy korábbi földgáz platformján. Kép: PosHyDon project

üzemeltetői kiszolgáltattak az éppen aktuális villamos energia átvételi áraknak, amelyek a hálózati kapacitások elégtelensége miatt sok esetben kedvezőtlenül alacsonyak. A kérdéskör tehát még messze nem dőlt el végérvényesen, de érdemes figyelemmel kísérni az első európai offshore H₂ projekt gyakorlati eredményeit.

Kapcsolódó: a vízhasználat egyre inkább központi kérdés. Emiatt a tengervíz elektrolízise is kiemelt kutatási terület, azonban fontos különbséget tenni két fő technológiai lehetőség között:

- i) „klasszikus” elektrolizáló + előzetesen tengervíz sótalanítása/tisztítása: ez már technológiailag teljesen bevett gyakorlat. Az előzetes sótalanításra fordított ozmózis (RO) például kifejezetten kiforrott technológia
- ii) közvetlen tengervíz elektrolízis (*direct seawater electrolysis*): ez esetben a tengervíz közvetlenül, érdemi sótalanítás nélkül kerül az elektrolizáló elektrokémiai rendszerébe. Kifejezetten pilot vagy demonstrációs szintű technológiáról van szó.

A ii) opció egyszerűbbnek, elegánsabbnak tűnik, de ez esetben meg kell(ene) oldani például az elektrolizáló anódján megjelenő versengő reakció, a klorid-ion → klór fejlődés okozta problémákat. A klór ugyanis csökkenti az elektrolizáló hatékonyságát, bekerülve az oxigénáramba más klórvegyületek képződéséhez vezethet, korrózív hatása van, megtámadja az elektródot, csökkenti a stack-komponensek élettartamát. A tengervízben jelenlévő más sóvegyületek, szulfátok, karbonátok, fémionok,

szerves anyagok további komoly problémák forrásai az elektrolizáló szempontjából, amit itt nem részletezünk. A közvetlen tengervíz-elektrolízis ezért jelentősen áttevezett és drágább elektrolizáló komponenseket, cellakonstrukciókat igényel.

Ezzel szemben gazdaságilag sokkal kedvezőbb az elterjedt, előzetes RO sótalánítás, víztisztítás beépítése, és a változtatás nélküli (hagyományos) elektrolizáló használata. Energetikai szempontból a RO víztisztítás fajlagos energiaigénye – már a vízbontással előállított hidrogén tömegére vonatkoztatva – kb. 0,027 - 0,050 kWh/kg_{H₂}. Ezzel szemben maga az elektrolízis – különböző paraméterektől függően – nagyjából 55 kWh/kg_{H₂} energiaigényű. Jól látható, hogy az RO energiaigénye az elektrolízishez képest elhanyagolható, mindössze kb. 0,05-0,99% nagyságrendű. Ez is hozzájárul ahhoz, hogy jelenleg főként az i) módszert alkalmazzák. A sótalánítás energiaigénye kicsi, ugyanakkor sokkal gazdaságosabb és egyszerűbb a viszonylag olcsó RO-rendszert üzemeltetni, mint egy teljes elektrolizáló rendszert tengervíz-kompatibilissé tenni. Ezzel együtt is

léteznek a világban – egyelőre elvétve – közvetlen tengervíz elektrolízisre irányuló pilot projektek. Például a kínai *Shenzhen University* és a *Dongfang Electric* végzett ilyen pilot-ot 2022-ben, és erről cikket is publikáltak a *Nature* magazinban*. Különböző [források](#) szerint ugyanakkor csak 240 órára, vagy az azóta végzett kutatásban 3.200 óra időtartamra demonstrálták a közvetlen tengervizes elektrolizáló rendszer stabil működését. Tehát kereskedelmi és technológiai érte, MW léptékű, a nyers tengervíz bármilyen előkezelés nélkül közvetlenül a hagyományos elektrolizáló stack-be tápláló megoldás még nem létezik. Az erre irányuló kutatásokat viszont érdemes figyelemmel kísérni.

* Heping Xie, Zhiyu Zhao, Tao Liu et al.: "A membrane-based seawater electrolyser for hydrogen generation". *Nature*, Vol. 612, pp. 673–678 (2022)

Forrás:

Hydrogen Monitor ([26 July, 2026](#)): PosHyDon delivers first offshore green hydrogen in North Sea.

PosHyDon [project website](#).

Ígéretes japán hajómotor fejlesztés

A közelmúltban jelentette be egy rendkívül potens japán konzorcium, hogy sikeres próbajáratást végeztek hidrogén *dual-fuel* tengeri hajómotorral, amelyet nagyméretű tengeri hajókhoz terveztek. A projekt-konzorciumban olyan vállalatok vesznek részt, mint például a Japan Engine Corporation, Kawasaki Heavy Industries, Mitsui OSK Lines (MOL), Onomichi Dockyard, Nippon Kaiji.



A fejlesztésnek műszaki szempontból az az nagy jelentőséget, hogy a világ első sikeres üzemi próbája volt egy nagyméretű, alacsony fordulátú, kétütemű hidrogén-főhajtóművel, amelyhez az üzemanyagellátást ráadásul cseppfolyós hidrogén (LH₂) formájában biztosították. A sikeres tesztek után a hidrogénüzemű motort 2027 elején egy 17.500 DWT (tonna holtteher) szállítóképességű hajóba építik be, amely a Nippon Kaiji Kyokai hajóosztályozó szervezettől már korábban elvi engedélyt (AiP, *Approval in Principle*) kapott. A 17.500 DWT kapacitás már a többcélú teherhajók – *Multi-Purpose Vessel* – kategóriájának alsó-középső részébe esik, azaz egy ilyen hajó már valódi óceánjáró kereskedelmi hajó. Megfelelően nagy ahhoz, hogy a hidrogénüzemű főgépet reális üzemi körülmények között teszteljék, ugyanakkor még nem olyan nagy, mint a legnagyobb, 200–300 ezer

DWT-s tankerek vagy ércszállító hajók, ahol a technológiai és pénzügyi kockázat sokkal nagyobb lenne.

Nem mellékes szempont és részben mi is ezért írunk visszatérő jelleggel a tengerhajózás hidrogén alapú zöldítéséről, mert az IMO (*International Maritime Organization*) adatai alapján a tengerhajózás adja a globális antropogén üvegházhatásúgáz-kibocsátásnak kb. 3%-át. 2018-ban abszolút mennyiségben ez 1.076 millió tCO_{2eq}/év volt. Ez igen jelentős részarány, amivel a tengerhajózás megelőzi pl. a légi közlekedést, amelyet 2-2,5%-ra becsülnek, vagy az alumíniumipar 2%-os kibocsátását. A tengerhajózás kibocsátása ráadásul növekedni fog a világkereskedelem bővülésével, ha nem történnek technológiai és szabályozási beavatkozások.



A 17.500 DWT-s hajó látványterve. Kép: Kawasaki, J-Eng

Egy 17.500 DWT kapacitású hajó főgépe már jellemzően 5–10 MW teljesítményt igényel a konkrét

hajó sebességétől és kialakításától függően. Ez már akkora teljesítményszint, amely jól reprezentálja a kereskedelmi hajózás igényeit. Ha ezen a méreten sikerül igazolni a hidrogénüzemű belső égésű motor (ICE) üzembiztonságát és gazdaságosságát, az jó alapot adhat a technológia későbbi felskálázásához nagyobb hajókra.

A hajómotort a teszt során stabilan tudták működtetni 95% H₂ és 5% hagyományos tengeri dízel üzemanyag-keverékkel, 100%-os motorteljesítményen. Emellett vizsgálták az égést, a teljesítményt és a tartósságot, ellenőrizték a hidrogén-befecskendező rendszer működését.



Cseppfolyós hidrogéntartály a szárazföldi tesztüzem helyszínén, és a kétütemű, alacsony fordulátú H₂-ICE hajómotor sematikus képe.

Forrás: NEDO / Japan Engine Co.

A fejlesztés során a feladatmegosztás a következő:

- Japan Engine Corporation: a nagyméretű, lassú fordulátú, kétütemű hajómotor fejlesztése
- Kawasaki: cseppfolyós hidrogén tárolása, hidrogén-ellátó rendszer, biztonsági rendszer
- Mitsui E&S: a motor licencelése, sorozatgyártás előkészítése, nemzetközi értékesítés
- Onomichi Dockyard: hajótervező és építő.

Nagyon fontos kérdés, hogy miért kétütemű ICE (Internal Combustion Engine) motoron történik a fejlesztés? A világ legnagyobb óceánjáró hajói a legtöbb esetben alacsony fordulátú, kétütemű főgépeket használnak. A fejlesztő konzorcium szándékosan nem egy teljesen új motorkonstrukciót akart létrehozni, hanem a meglévő, bevált technológiát akarták átállítani hidrogénüzemre. A közepméretű, kb. 10-30 MW hajtásigényű óceánjáró hajóknál ez jól ismert technológia, létezik hozzá meglévő, kiépített (kikötői) karbantartási technológia, kisebb a beruházási költsége és egyszerűbben méretnövelhető.

A gondos japán tervezést dicséri, hogy ez nem csak önálló projekt, hanem kapcsolódik a Kawasaki egy másik,

nagyléptékű tervéhez, melynek keretében 40.000 m³-es, azaz már közel kereskedelmi léptékű, folyékonyhidrogén-szállító (LH₂) tanker megépítésén dolgoznak, amelyet a tervek szerint 2030 körül állítanak szolgálatba. Erről szóló részletes cikkünk a H₂ Hírlevél [2026/1 számában](#) olvasható.

A fejlesztés annak tükrében is érdekes, hogy sok hajómotor-fejlesztő metanollal, ammóniával, vagy ezeket használó kettős üzemanyagú (dual-fuel) motorokkal foglalkozik. A japán konzorcium célja viszont egy nagyteljesítményű, tiszta hidrogénnel működő ICE főhajtómű kereskedelmi bevezetése. A 2026-os sikeres próbajáratás azt mutatja, hogy a fejlesztés már túl van az alapkutatási szakaszon, és a hangsúly a hajóba történő integráción és az üzemi demonstráción van. Ha a 2027/2028-tól tervezett hajópróba sikeres lesz, világ szintű mérföldkövet érhetnek el a hidrogénnel hajtott nagy óceánjárók fejlesztésében. Persze ez nem egyszerű vagy rövid folyamat. Miután beépítették a hajtóművet a hajóba, a demonstrációs üzem három évig fog tartani 2028-tól.

A projektet támogatja a NEDO, Japán legfontosabb energetikai és ipari fejlesztési ügynöksége. A projekt a jelenleg futó „Next-generation Ship Development” NEDO program része, amely összességében 220 millió eurós támogatási kerettel rendelkezik. Ebből nem csak hidrogénüzemű, hanem ammóniaüzemű hajók fejlesztését is támogatják, valamint alternatív üzemanyag ellátási rendszereket és bunkerolási technológiákat is. Nem utolsósorban ebből a keretből igyekeznek megoldani az LNG üzemű hajók metánkibocsátásának csökkentését is.

Forrás:

[Turbomachinery](#) International: Kawasaki, J-ENG Develop Full-Scale Hydrogen Engine for Commercial Vessel. March 31, 2026

H₂-View Magazine: Japanese group trials hydrogen-fuelled ship engine. May 2026 / Issue #75.

[NEDO](#) Green Innovation: World's First Onshore Operation of a Marine Hydrogen Engine Successfully Completed - A Major Step Toward the Practical Use of Hydrogen-Fueled Ships Using a Liquefied Hydrogen Fuel Supply System.

Thyssenkrupp visszalépés a SOEC elektrolizáló piacon

Augusztusi bejelentése alapján a német Thyssenkrupp Nucera egyelőre befagyasztja szilárd-oxidos elektroli-zálójának (SOEC, solid-oxide electrolyser) sorozatgyártási terveit, miután mérsékelte a zöld hidrogén üzleti területén az értékesítési elvárásokat. Az eredeti értékesítési terv egy éve még 120-170 millió euró között

mozgott, de mostanra ezt a célértéket 100-130 millió euróra mérsékeltek. Mindez mindössze egy évvel az után történt, hogy a Thyssenkrupp megnyitotta pilot jellegű SOEC-gyártósorát Arnstadtban, a neves *Fraunhofer IKTS* kutatóintézetrel



együttműködésben. A vállalat 30 millió eurós értékvesztést számol el a 8 MW-os arnstadti kísérleti gyártósor leállítása miatt. Werner Ponikwar (CEO) álláspontja szerint a Thyssenkrupp továbbra is hisz a SOEC elektrolizálóknak mint ígéretes, hosszú távú technológiában. Azonban a piac jelenleg még nem eléggé érett ahhoz, hogy igazolható legyen a jelentős beruházás az ipari léptékű, önálló SOEC gyártókapacitás létrehozására. Figyelembe véve a jelenlegi piaci bizonytalanságot és a hidrogénkereslet időbeni alakulását, úgy gondolják, hogy ez a helyes döntés a részvényesek bizalmának megőrzése érdekében, és hogy a vállalati erőforrásokat az egyértelműbb megtérülést eredményező területekre fordítsák - hangsúlyozta a CEO. A szigorú pénzügyi fegyelem érdekében a Thyssenkrupp Nucera a jövőben is a jól megalapozott klór-alkáli üzletágára fókuszál, amelyben ipari méretű, lúgos elektrolizálókat alkalmaznak, amit a közeljövőben nagynyomású elektrolizálókkal egészítenek ki. Azonban a CEO azt is hozzátette, hogy a vállalat stratégiai opcióként tekint a SOEC technológiára, és a jövőben időszakonként újra értékeli majd a SOEC elektrolizálók piaci potenciálját.



Illusztráció: Thyssenkrupp klór-alkáli üzletág. Kép: Thyssenkrupp N.

Nem szabad ugyanakkor eltekinteni attól sem, hogy a Thyssenkrupp Nucera eddig világszinten is nagyon jelentős projektekhez szállított elektrolizáló rendszereket, így például 2,2 GW-ot(!) a szaúdi NEOM projekthez (erről részletek a 2. oldalon található cikkben), vagy 700 MW elektrolizálót a svéd [acélipari cég](#), a Stegra üzeméhez. Nem csoda, hogy e gigaprojektek teljesítésével a rendelés-állomány némileg visszaesett.

A fentiek mellett a Thyssenkrupp Nucera átalakítja zöld hidrogén üzleti divízióját és ennek keretében szerviz szolgáltatásokat kínál meglévő elektrolizálókhhoz. Ezzel a megoldással a vártanál lassabban fejlődő piacon is bevételekhez juthatnak. A befektetőkkel már közölték, hogy az első ilyen szerviz-megállapodást megkötötték a Moeve spanyol energetikai céggel, annak 300 MW-os, andalúziai elektrolizáló üzemének szervizelésére, amely 2029-től áll üzembe. A nyilvánosságra hozott adatok

szerint 8 évre szóló szerviz-megállapodás született, amelynek értéke 12 millió euró.

A piaci fejlemények sokszínűségére jellemző, hogy míg a Thyssenkrupp Nucera egyelőre lemond németországi szilárd-oxidos elektrolizálógyártókapacitásáról, közös, lúgos elektrolizáló gyártókapacitást hoz létre az indiai Bharat Heavy Electricals (BHEL) céggel. A BHEL a legnagyobb állami tulajdonú, elektromos berendezéseket gyártó cég Indiában, és az egyik legnagyobb beszállító az ország energetikai infrastruktúrájához. Pontos ütemtervet nem tettek közzé, de lépcsőzetes fejlesztést terveznek, mivel Indiát jelentős növekedési piacnak tartják. A Nucera még januárban csatlakozott az egyik német állami ügynökség (GIZ) programjához¹⁵, hogy megvizsgálják az indiai zöld hidrogén piacot és együttműködési lehetőségeket keressenek. Ugyancsak e januári együttműködési programnak köszönhető, hogy a Thyssenkrupp egy jelentős, 260 MW-os indiai elektrolizáló projektre is elnyerte a FEED tervezést, amely egy zöld ammónia projekthez kapcsolódik.



Thyssenkrupp – BHEL együttműködési megállapodás aláírási ceremónia. Kép: BHEL

A hivatkozott forrásban a Thyssenkrupp Nucera CEO-ja azzal zárja az interjút, hogy óvatosan bizakodó a zöld hidrogén jövőbeni felfutását illetően, ugyanis nagy piacok, mint pl. India, Japán, vagy Európa olyan szabályozásokat dolgoztak ki, amelyek kötelező zöld hidrogén részarányok elérését tűzték ki célul, és ez jelentős piacteremtő mechanizmus. A cég elektrolizáló megrendelés-állománya mindent egybevetve stabil, még így is 3 GW feletti szinten áll.

Forrás:

Gasworld ([2026.08.12.](#)): Thyssenkrupp Nucera scraps SOEC production plans, downgrades hydrogen sales.

Psuwatch- India's [Business News](#): BHEL signs strategic pact with thyssenkrupp nucera India for green H₂ projects.

¹⁵ A H₂ Hírlevél [2026/1](#) számában (15-16. o) található részletes cikk a német és indiai ipari megállapodásokról, amelynek a hidrogén, hidrogénszármazékok, illetve hidrogéntechnológiák is részét képezik.