

Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY

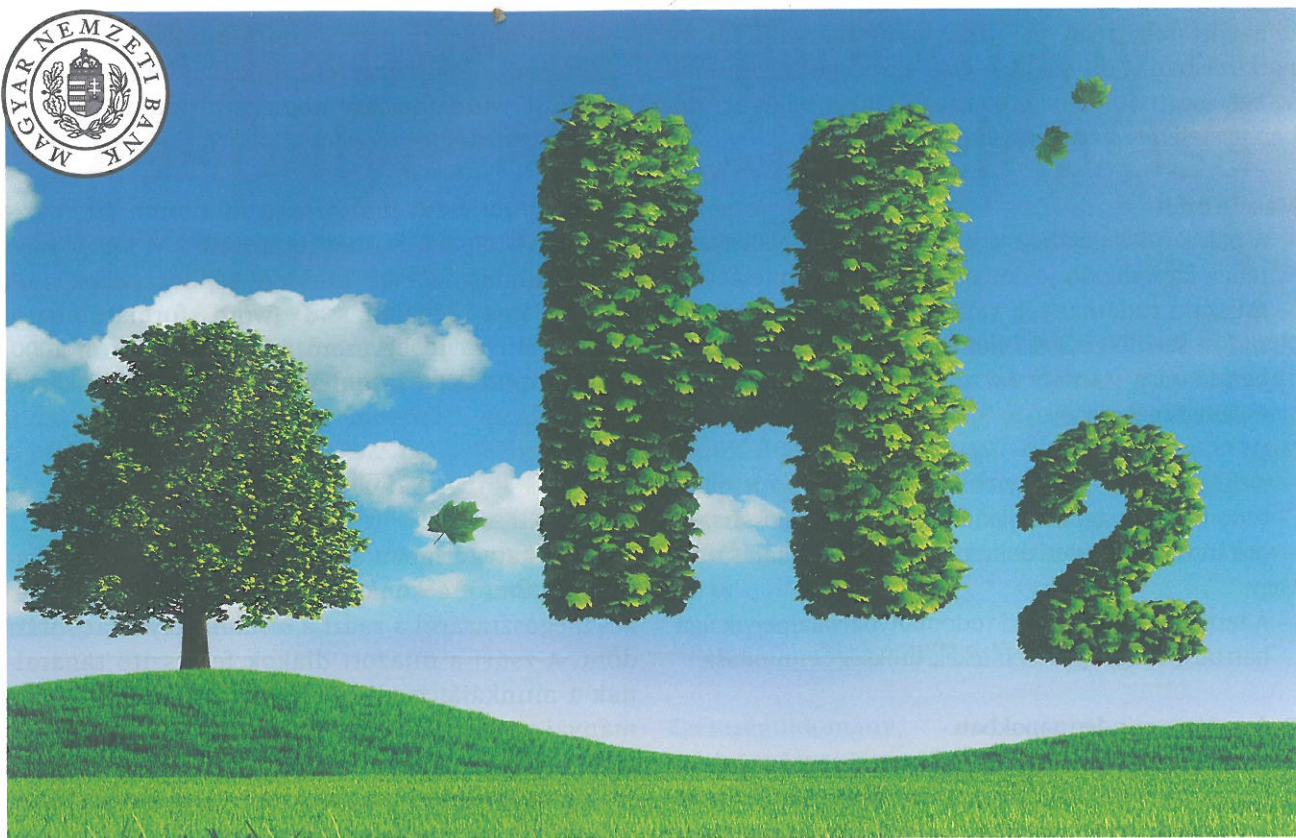
156. évf. 3. sz.

2025. MÁRCIUS

ÁRA: 1450 Ft

Előfizetőknek: 1350 Ft





Bízhatunk-e a hidrogénben?

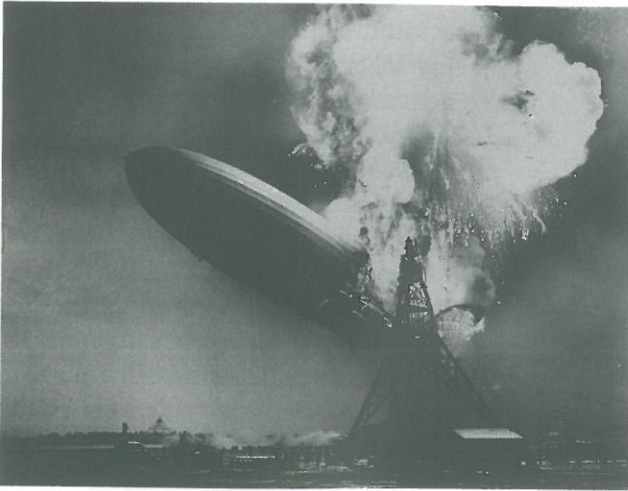
Napjaink egyik legnagyobb problémája az éghajlatváltozás. A globális felmelegedésért mi is felelősek vagyunk. Hogyan tudnánk megállítani a folyamatot? Az emberek szemléletét kell megváltoztatni, hogy egyre többen gondolkodjanak a megújuló energiaforrások használatában, a közlekedésben is. Támogatásokat, pályázatokat kell biztosítani az emberek számára is. Együtt kell működnie az állami és magánszféra valamennyi szereplőjének.

Kutatásom során a zöld hidrogén hasznosításának lehetőségeit, előnyeit és hátrányait vizsgáltam (a kék, a zöld és a szürke jelzők a hidrogén előállítás módjára utalnak). Kiemelten foglalkoztam a hidrogén ígéretes energetikai alkalmazásával: az üzemanyagcellával. Bízhatunk-e abban, hogy ez a technológia széles körben elterjedhet, és hogy megfelelően biztonságos lehet a használata? Erre keresem a választ tudósok tanulmányaiban, ipari üzemben, iskolai labor projektben, sajtóban, politikai döntéshozóknál.

A Hindenburg léghajó tragédiája

A lenyűgöző méretű, mintegy 245 méter hosszú, Hindenburg német léghajó a náci Németország léghajó-programjában szolgált. 1937. május 6-án az Egyesült Államokba, New Jersey Lakehurst légibázisára érkezett, és a leszállás közben hatalmas lángokba

borult. A katasztrófa okát sokan kutatták, a tényezők között említve időjárási körülményeket és technikai problémákat. Többen a hidrogén használatában vélték a fő okot. A hidrogén tűzveszélyes gáz, ezért súlyos tragédiákat okozhat. Korábban is voltak léghajó-katasztrófák, amelyeket hidrogénrobbanások okoztak. Azonban a Hindenburg tervezői a léghajó burkát tűzálló anyaggal borították, s úgy vélték, ezzel minimalizálják a tűzveszélyt. Sajnos a viharos idő miatt a léghajó burkán a statikus elektromosság felgyülemlett. A felmelegedett hidrogén könnyen gyulladt. A katasztrófa komoly hatást gyakorolt a léghajózás fejlődésére. A hidrogén használatát 1930-ban megtiltották, felváltotta a kevésbé tűzveszélyes hélium. Az eset hozzájárult a modern repülésbiztonsági előírások kialakításához. A történetek visszavetették a hidrogén alkalmazását üzemanyagként, de mostanában ismét előtérbe került.



A lángokba boruló Hindenburg 1937. május 6-án
(Wikipedia)

A hidrogén felhasználása a katasztrófa óta

A tüzet akár a szivárgó hidrogén öngyulladás okozta, akár a statikus elektromosság idézte elő, a hidrogén hírneve a léghajózás terén odalett. Azóta olyan technikai megoldást sikerült találni, ami repülőgépek hidrogénhajtását is lehetővé teszi. De fontos a kérdés: mennyire bízhatunk a hidrogénben?

Az energiaválság miatt a zöld hidrogénben rejlő lehetőségek kiaknázása fontosabb, mint valaha. Környezetkímélő módszerrel állítható elő, felhasználása során se terheli a környezetet károsanyag kibocsátásával. Most kanyarodjunk el egy kicsit a légiközlekedéstől más felhasználási területre!

Háztartások energiafüggetlenségét is szolgálhatja a hidrogén

Nemzetközi szinten egyre nagyobb figyelmet fordítanak a napelemek, valamint a zöldhidrogén-termelő, -tároló és felhasználó hibrid háztartási energiarendszerek fejlesztésére. Ezzel az eljárással teljes energiafüggetlenség érhető el a háztartások számára.

Jelenleg tesztelési fázisban van Japánban egy háztartási méretű napelemmel kombinált zöldhidrogén-rendszer (Sekisui House). Lakóház tetejére telepített napelem rendszer által termelt, fogyasztáson felüli villamos energiával állítanak elő tiszta hidrogént, amely tartályokba kerül. A raktározott hidrogénből később bármikor elektromos áram állítható elő az üzemanyagcellában. Előre láthatóan 2025 nyarán kerülhet kereskedelmi forgalomba a rendszer.

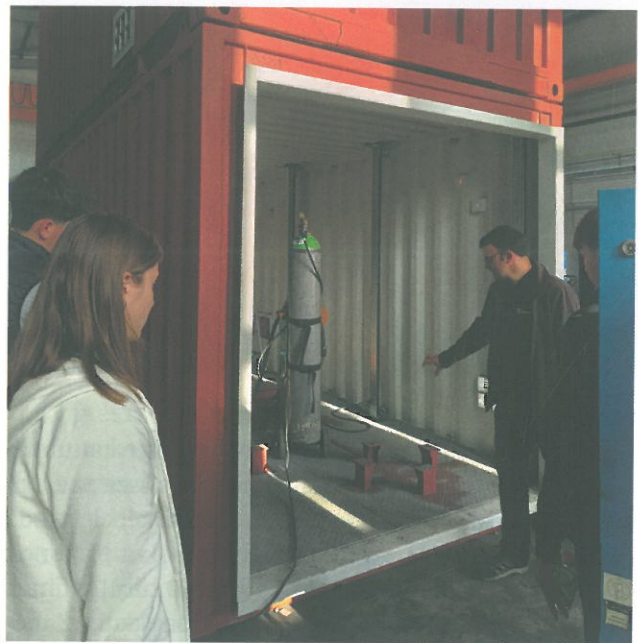
Számítások szerint egy 20 hidrogénpanelből álló, hőszivattyúval felszerelt rendszer képes egy lakóház téli áram- és hőigényét kielégíteni. Ezen rendszerek forgalomba hozatala 2026 körül várható.

A Karlsruhei Műszaki Egyetem kutató csoportja panelszerű fotoreaktorokat fejlesztett ki, melyek képesek a hidrogén termelésre napelemparkokban és háztetőkön is egyaránt. Más kutatócsoportok a foto-elektrokémiai eljárással jobb hatásfokot értek el (Major, 2023).

Ezen eljárások akkor válhatnak elterjedtté, ha a költségeket csökkenteni tudják. Valószínűleg a technológia fejlődésével, hatékonyságával a költségek mérséklődnek, ezzel közelebb léphetünk a háztartások energiafüggetlenségéhez. A tárolásra is gondot kell fordítani, a tartályoknak nagy nyomás mellett is biztonságosnak kell lenniük.

Hidrogén a közlekedésben

A gyakorlatban is módomban volt látni hidrogénes üzemanyagcellát. Városunkban, Kiskunhalason működik a Ganzair Kft., mely az első két ipari méretű zöldhidrogén projekt számára szállítja a rendszerelemeket. Ide látogattunk gimnáziumunk laborprojektje keretében.



Konténerben a Ganzair Kft. eszközei

A Kft. kutatás-fejlesztés tevékenységének fontos része a hidrogén hosszú távú tárolása földalatti gáztárolóban és hatékony energiarendszer kialakítása. Nagy tapasztalatuk van a gázok előállítására, sűrítésére és kezelésére. A hidrogén légköri nyomáson kis sűrűségű gáz, így a gazdaságos tároláshoz nagy nyomásra van szükség. A vállalkozás szállítja és fejleszti az elektrolizáló hidrogénfejlesztő és nyomásfokozó berendezéseket. A nyomásfokozást követően a hidrogént palackokban tárolják, az oxigént pedig a légkörbe

engedik. A zöldhidrogénnek nevezett végterméket több területen is tudják hasznosítani (gyógyászati, tudományos cél, üzemanyagcellák).

A Ganzair Kft. projektjei között szerepel a Fotovoltaikus Erőmű Projekt és a Szegedi Tudományegyetem uniós innovációs pályázati támogatással megvalósuló kísérletek fejlesztése. Ezekben nem csak fenntarthatósági lehetőségeket fejlesztenek, hanem az iparfejlesztésben is jelentős lépéseket tesznek. Ők szállítják a hidrogén-előállító és töltő üzem főbb berendezéseit.



Üzemanyagcella a Ganzair Kft-nél

Üzemanyagcellájakat a vállalkozás területén tanulmányozhattam. Üzemanyagcellában nyerik vissza az elektromos energiát a hidrogénből. Elemi cella: két elektróda és köztük polimer membrán, melyen csak a protonok juthatnak át, így a hidrogénionok a katód körül gyűlnek össze, ahol reakcióba lépnek az oxigénionokkal. Az anódon felszabaduló elektronok elektromos áram formájában hagyják el a cellát, és meghajtják a villanymotort.

De milyen eszköznek a motorját forgatják? A közlekedésben melyik járművek esetében érdemes ebben az irányban fejleszteni? Erről szakmai és politikai döntést kell hozni. Utánajártam, mit tartalmaz az EU hidrogén stratégiája.

Az Európai Unió hidrogénstratégiája

Az Európai zöld megállapodás célja kijelölni az utat Európa számára a karbonsemlegesség eléréséhez 2050-ig. A karbonsemlegesség azt jelenti, hogy megvalósul az

egyensúly a kibocsátott szén-dioxid, illetve a légkörből kivont és szénelnyelőkben tárolt szén-dioxid mennyisége között. Szénelnyelő minden olyan rendszer, amely több szén elnyel, mint amennyit kibocsát. Fő természetes szénelnyelők: a talaj, az erdők és az óceánok.

Az Európai Unió előirányzott terve, hogy 2030-ig felgyorsítsa megújuló energiával a hidrogéntermelést. Miért pont a hidrogén? Tudjuk, hogy felhasználható nyersanyagként, üzemanyagként vagy energiahordozóként, illetve energiatárolás céljára, emellett számos alkalmazási lehetősége van az iparban, közlekedésben, energiaágazatban. Legfontosabb, hogy nem szennyezi a levegőt. Vele jelentős karbonkibocsátás küszöbölhető ki, mivel égésterméke a víz. Hidrogén helyettesítheti a fosszilis tüzelőanyagokat egyes szén-dioxid intenzív ipari folyamatokban (acél és vegyipar).

Az Európai Bizottság hidrogénstratégiája három szakaszra tervezi. Az első szakasz (2020-2024) célkitűzése a legalább 6 GW megújuló hidrogén előállítására alkalmas elektrolizátor telepítése, így a megújuló hidrogén termelés elérheti az 1 millió tonnát. Az elektrolizátorokat a nagyobb finomítóknak, acélüzemekben és vegyipari komplexumokban lehet telepíteni, a működésükhöz szükséges villamos energiát pedig közvetlenül a helyi megújuló energiaforrások szolgáltathatják. Feladat a hidrogéncellás buszok, majd teherautók használata, hidrogéntöltő állomások kiépítése felada.

A második szakaszra, 2030-ig már 40 GW kapacitásról és 10 millió tonna termelésről döntöttek. Új felhasználók lehetnek a vasúti és egyes tengeri közlekedési eszközök. A megújuló hidrogén szerepet kap a villamosenergia-rendszer kiegyensúlyozásában.

A harmadik szakaszban, 2050-re a megújuló energiaforrásokból előállított villamos energia mintegy 25%-át hidrogéntermelésre lehetne használni. A karbonsemleges hidrogén és szintetikus üzemanyagot nyerhetnek a gazdasági ágazatok széles körében, a légi közlekedéstől a hajózáson át a nehezen szén-dioxidmentesíthető ipari és kereskedelmi alkalmazásokig.

A kibocsátás csökkentésének módja a megújuló energia, az alacsony szén-dioxid kibocsátású technológiák használata. Uniós cél a 2021. június 24-én elfogadott klímaváltozási törvény szerint elősegíteni a kibocsátás 55%-os csökkentését. Az „Irány az 55%” jogalkotási csomagban található az alternatív üzemanyagot használó személygépkocsik és teherautók töltő- és üzemanyag-töltő állomásainak növelése, az energiaforgasztás uniós szintű csökkentése; a megújuló energia növekvő részaránya; az új személygépkocsik és kisteherautók nulla CO₂ kibocsátása.

Hazánk ezzel összhangban kidolgozta hidrogénstratégiáját. A 2030-as időtávon a hidrogén elsősorban a nehézgépjármű-forgalomban jelenik meg reális alternatívaként. 10 ezer tonna/év zöld és egyéb karbonmentes hidrogén termeléssel, 20 hidrogén töltőállomáson 40 töltőponttal számolunk. Célok közt említi a biztonságot is: az ipari méretű tárolói technológiák biztonságos rendelkezésre állásának elősegítését.

Úgy látom, hogy a döntéshozók felelősséget éreznek, és jogszabályokkal megalapozzák a fejlesztéseket. Körülnéztem, mi történik a közlekedésben való alkalmazás terén, miről tájékoztat a sajtó.

A hidrogén mint üzemanyag

Az elektromotorok működéséhez elektromos energia kell, akár akkumulátor, akár üzemanyagcellába vezetett hidrogén tárolja azt. Az akkuk töltése és a hidrogén előállítás is lehetséges megújuló forrásokból származó energiával. Elektrolízis során hidrogént lehet kinyerni vízből, például nap- vagy szélenergia felhasználásával. Ez csökkenti a fosszilis üzemanyagok felhasználását és a szén-dioxid kibocsátást, hozzájárulva a globális felmelegedés elleni küzdelemhez. Az üzemanyagcellás járművek üzemeltetése során kizárólag vízgőz és hő termelődik, ami azt jelenti, hogy nincs káros kipufogógáz-kibocsátás.

Tehát érdemes tovább foglalkoznunk a hidrogénnek a közlekedésben történő hasznosításának vizsgálatával. A fosszilis tüzelőanyagokhoz képest a megújuló hidrogén jelentősen csökkentheti a globális felmelegedés hatásait. Nagyobb az energiasűrűsége, mint az akkumulátoroknak, felhasználható folyékony üzemanyagok előállítására. A meglévő infrastruktúra átalakítható a számára. A tiszta közlekedés lehetőségeit növeli, főleg olyan területeken, ahol az akkumulátoros elektromos járművek nem jelentenek megoldást. Gyors töltési lehetőség, nagy hatótávolság jellemzi.

Magyarországon hét helyszínen tesztelnek hidrogén hajtású buszokat. A jármű üzemanyagcellájának teljesítménye 60 kW, amely 44 kWh-s lítium-titanát akkumulátorral kiegészítve biztosítja a villanymotor energiaellátását. 400 kilométerre elegendő hidrogént tárol, utántöltése 9 percig tart. Budapesten a Linde Gáz Magyarország Zrt. telephelyén lévő hidrogéntöltő állomás biztosítja, vidéken pedig a Messer Hungarogáz Zrt. biztosítja a buszok hidrogén ellátását.



Gimnáziumunk delegációja nemzetközi döntésekről érdeklődött februárban

Nem csak a tömegközlekedésben, hanem az autóiparban és szállítmányozásban is foglalkoznak a hidrogén hajtású járművekkel. Az autóiparban a Toyota (Mirai), Honda (Clarity) és Hyundai (Nexó) is foglalkozik a fejlesztésekkel. A Toyota Mirai már hazánkban is kapható. Üzemanyagcellája 330 egyedi cellából áll, legnagyobb teljesítménye 128 kW. Található benne egy 1,2 kWh lítium-ion akkumulátor, mely a hirtelen gyorsításoknál segít az üzemanyagcellának. Hatótávolsága 500 kilométer. A Toyota készített már üzemanyagcellás buszt és kamiont is. A Hyundai Excient nyerges vontatót mutatott be, amelybe 34 kilogramm hidrogént lehet tankolni, hatótávolsága 400 kilométer. A Volvo és a Mercedes is elkezdte nyergesvontatók fejlesztését. A légitözlekedésben is fejlesztenek járműveket az Airbus Zero program keretein belül. 2035-re tervezik az első kereskedelmi járatot.

Egy szállítási cég egy éve üzemeltet Hyundai üzemanyagcellás teherautót Svájcban. Közzétették, hogy bevált a dél-koreai fejlesztésű és gyártású XCient Fuel Cell, beszerzését teljes mértékben megtérülő beruházásnak tekintik. Egy év alatt 70 ezer kilométert tett meg, és ezalatt legalább 80 ezer tonnányi szén-dioxid kibocsátástól óvta meg a Földet.

Kísérlet – saját élmény

Az iskolában társaimmal kísérletet végeztünk. Az egyik csomagban, amit vásárolhattunk, adott volt egy hidrogéntartály, üzemanyagcella és a hozzá tartozó vezetékek, csövek, elektromos ventilátor.

A hidrogéntartályból egy nyomákszabályzón, onnan egy csövön keresztül vezettük a hidrogént az üzemanyagcellához. Innen vezettük az alaplapba

helyezett ventilátorba a keletkezett elektromos áramot, mely meghajtotta a ventilátor elektromotorját.

Élmény volt megtapasztalni, hogy működött! A másik egységcsomagból még izgalmasabb működő modellt tudtunk összeállítani. Itt nem a készen kapott kis hidrogénpalackot kapcsoltuk az üzemanyagcellára, hanem magunk hoztuk létre a hidrogént, ugyanazzal az üzemanyagcellával. Első esetben két kis ceruzaelem adta az elektromos energiát a cellának a desztillált víz bontásához, utána napelempanellel is el tudtuk érni ugyanezt. Két kis tartályunk egyikében hidrogént, a másikban oxigént gyűjt negyedórán keresztül. Ezeket a cella alakította vissza vízzé, de ami a legfontosabb: visszanyerte a befektetett elektromos energiát (na, jó, annak csak egy részét, az elektromotor itt egy kisautót hajtott, ami alig pár percig mozgott és világított).

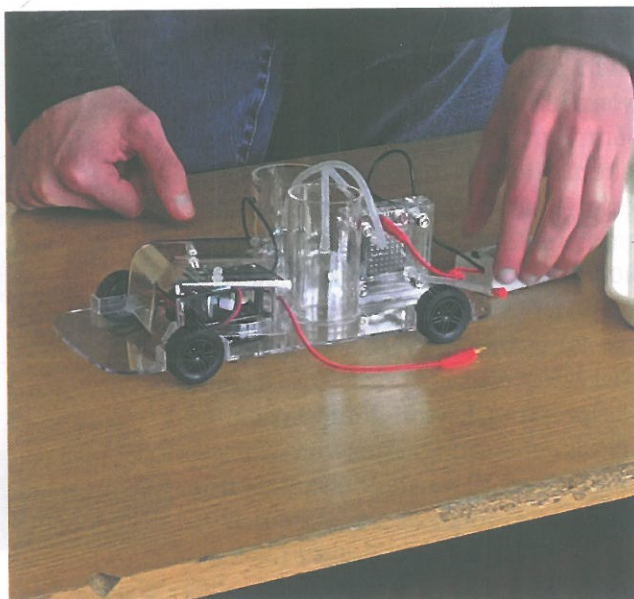


Hidrogén üzemanyagcella segítségével hoztuk működésbe a ventilátort

Egyszerűnek tűnik a technika. Ám vannak korlátai. *„Milyen gyönyörű is lenne, ha a vizet, amit kocsink termelt, a kocsni tetejére épített szélkerék — na jó, ez kicsit durva, legyen inkább napelem — bontaná és a hidrogént ugyanabba a tárolóba gyűjtené, melyből a cellát tápláljuk. Sajnos, ha a mai napelemek teljesítményét vesszük alapul, akkora felületre lenne szükség, hogy autónk nem férne be az utcába.”* (Veszprémi, 2017)

Egy kis tudományos magyarázat

W. R. Grove már 1830-ban kimutatta, hogy a víz elektrolízise, amelyben hidrogént és oxigént állíthatunk elő, megfordítható. Hidrogénből és oxigénből villamos energia születik, ha megfelelő elektródot alkalmazunk, és ha (itt a lényeg) „egyirányúsítjuk” a töltések



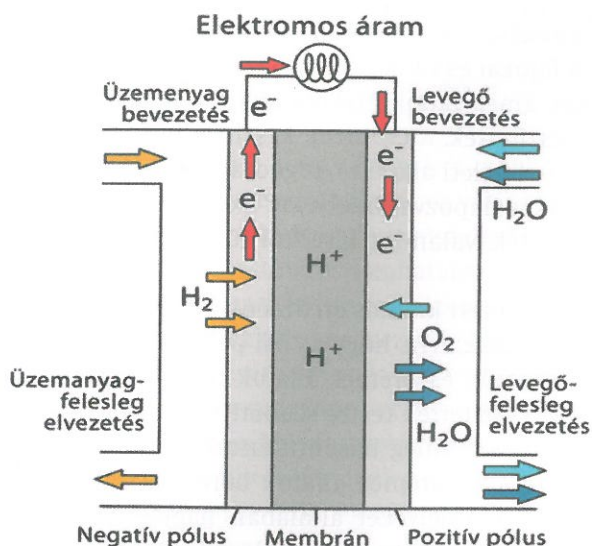
Elektrolízál, majd meghajt az üzemanyagcella a kisautónkban (A Szerző felvételei)

áramlását a cellában. Ez az anód- és a katódteret elválasztó, olyan („permszelektív”) membránnal lehetséges, amely csak az egyik fajta ion áthaladását engedi meg. A pozitív hidrogéniont, a protont átengedő PEM (proton exchange membrane), vagyis vízben duzzadó, vezetőképes, lemez formájú ioncserélő polimer (Czvikovszky, 2019). A PEM különleges anyagból készült membránon vizet áramoltatnak át, és membránja csak a protonokat (hidrogén atommagok) engedi át a vízből. Azok az anóddal kölcsönhatásba lépve ismét semleges atomokká, majd kétatomos gázzá alakulnak. Ezt palackban tárolják. Ugyanez a cella fordított irányban működtetve üzemanyagcella, elektromos energiát nyerünk a H₂ égetésekor (lángképződés nélkül). Akkumulátor helyett ez biztosítja az energiát az elektromotornak.

A vizsgálat/adatgyűjtés eredményei

A hidrogénnel működő üzemanyagcellák mellett szól, hogy hidrogénből üvegházgáz kibocsátása nélkül energia nyerhető vissza, így a fosszilis tüzelőanyagok helyettesítésére megfelelő alternatívát kínál. Előállításuk is megoldható enélkül.

A hidrogénteknológia segíthet áthidalni a megújulókból származó túlermelést. Fontos alkalmazási lehetőség az energiatárolás, amit a nem egyenletesen termelő napelemparkok tesznek szükségessé. A már meglévő földgáz-infrastruktúra rendelkezésre áll a hidrogén szállításához és elosztásához.



Hidrogén üzemanyagcella
(Forrás: www.totalcar.hu)

Az üzemanyagcellás autók több szempontból biztatóbb megoldást jelentenek az akkumulátoros elektromosokhoz képest, ezt adatok összehasonlításával állapítottam meg. Az üzemanyagcella kiválóan használható energiaellátásra bárhol, ahol problémás az elektromos hálózat elérése, vagy az onnan való töltés. Ilyenek például a hajók. Nem a személygépjárművek az elsődleges alkalmazók, ott az akkumulátorok új generációjára számítunk.

Összegzés

Vizsgálataim során választ kaptam arra is, hogy miért ilyen lassú a hidrogénüzemű járművek üzemanyagcelláinak elterjedése: Az új technológiának hosszadalmas próbaüzemben kell bizonyítania, hogy minden helyzetben biztonságos, különleges szaktudás nélkül üzemeltethető. A hidrogénben rejlő lehetőségeket feltétlenül ki kell használni. De ehhez még sok időre, fejlesztésre és szemléletváltásra

van szükség. Folyamatos tájékoztatás kell, hogy az emberek megismerjék a lehetőségeket, és törekedjenek a változásra.

Úgy vélem, jó úton haladunk, hogy gondolkodunk a megújuló energiákon. Egyre több üzem, háztartás ruház be a zöldenergia használatába. Fejlesztők, kutatók előtérbe helyezték a hidrogén hasznosításának lehetőségeit. A Hindenburg katasztrófája óta a technika sokat fejlődött, ez lehetőséget ad a hidrogén alkalmazására. Bízunk benne!

KATONA ZALÁN

Kiskunhalasi Református Kollégium
Szilády Áron Gimnázium és Kollégium

IRODALOM

- [1] Bogányi György és Mayer Zoltán (szerk.): H₂ – hidrogén hírelvél (Magyar Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Egyesület)
- [2] Czikovszky Tibor, Mészáros László, Toldy Andrea (2019): A fenntartható fejlődés technológiái. Akadémiai Kiadó
- [3] Csató Péter, Óvári Gyula: A hidrogén felhasználásának jelene és jövője a repülésben. Repüléstudományi Közlemények 34.évfolyam (2022) 3. szám 59–76.
- [4] Gajdán Miklós (2021): Mi a baj a hidrogénhajtással? (www.totalcar.hu)
- [5] Gerse Károly (2020): Energiatárolók. Akadémiai Kiadó, Budapest
- [6] Helmut Waniczek (2022): Energiatárolás: valóban megoldás lehet a hidrogén? (<https://klimarealista.hu>)
- [7] Veszprémi Tamás (2017): Általános kémia
- [8] Ganzair Kompresszortechnika Kft.(2021): Kettőből kettő: Magyarország második zöldhidrogén projektjéhez is a Ganzair szállítja a hidrogéntermelő és -tároló berendezéseket.
- [9] Ganzair Kompresszortechnika Kft. (2022): Beépítésre kész az első magyar ipari zöldhidrogén projekt kompresszora.
- [10] Hydrogen Council, 2022: Introducing the ZEROe demonstrator
- [11] Major András (2023): Napelem és hidrogén hozhatja el a háztartások energiafüggetlenségét (<https://greendex.hu>)
- [12] Gajdán Miklós (2021): Mi a baj a hidrogénhajtással? (www.totalcar.hu)
- [13] Szabó Róbert (felelős szerkesztő, 2023): 7 helyszínen tesztelik majd a tüzelőanyagcellás-elektromos buszokat. Mediaworks Hungary Zrt.
- [14] Aranyi Péter (2022): Elmondták bevált-e a hidrogén cellás teherautó. Central Médiacsoport Zrt.
- [15] Magyarország zöld úton jár. Magyarország nemzeti hidrogénstratégiája (2021) (<https://cdn.kormany.hu>)
- [16] Mit jelent a karbonsemlegesség, és hogyan érhető el 2050-ig? Európai zöld megállapodás: úton egy klímasemleges és fenntartható EU felé. Európai Parlament honlapja 2019 (<https://www.europarl.europa.eu>)
- [17] Európai zöld megállapodás: úton egy klímasemleges és fenntartható EU felé (<https://www.europarl.europa.eu>)
- [18] Hydrogen Council (2022): Introducing the ZEROe demonstrator (<https://hydrogencouncil.com>)
- [19] Az Európai Gazdasági és Szociális Bizottság véleménye: Hidrogénstratégia a klímasemleges Európáért (COM(2020) EUR-Lex - 52020AE3535 - HU - EUR-Lex (europa.eu))

