H2 - HIDROGÉN HÍRLEVÉL

A Magyar Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Egyesület hírlevele

Alapítva: 2011-ben. **2022/1. - március**

Tartalom

Solaris FCEV busz Budapesten 1

Clean Hydrogen Partnership 1

Előrelépés a szabályozási környezetben 2

Megkezdődött az első, kontinensek közti LH2 szállítási „pilot”.....3

Együttműködési megállapodás a hazai hidrogénszektor fejlesztésére..7

142 új hidrogén-töltőállomás létesült 2021-ben 8

A világ első, folyékony hidrogént használó hajója Norvégiában 9

Kék hidrogén 12

Membrántechnológiás pilot üzem..15

Tagvállalati bemutatkozó.....16

Solaris FCEV busz Budapesten

Igen fontos mérföldkő a hazai hidrogéntechnológiai alkalmazások sorában, hogy a Volánbusz Népliget központi buszállomásán 2022.02.09-én, sajtótájékoztató keretében mutatták be a Solaris *Urbino 12 Hydrogen* üzemanyagcellás autóbuszt, amely egyhónapos magyarországi tesztelésen vett rész. A 12 méter hosszú, 3 ajtós autóbuszt a Volánbusz üzemeltette Kőbánya-Kispest és Vecsés közötti vonalon, „normál” közforgalmú személyszállítási szolgáltatás keretében. Ezzel végre Magyarországon is megindult a hidrogén-üzemanyagcellás buszokkal kapcsolatos közvetlen tapasztalatszerzés, mind az üzemeltetők, mind az utazóközönség oldaláról. A buszt üzemanyaggal a Linde Zrt. budapesti telephelyén, a 2021-ben üzembe helyezett hidrogén-töltőállomáson töltötték fel.

Hidrogénüzemű busz a Népliget állomáson (Kép: HUMDA)

Folytatás a 6. oldalon.

Régi-új ismerős: a Clean Hydrogen Partnership

A H_2-Hírlevelünkben oly sokszor idézett FCH JU (*Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking*) nevű, dedikáltan hidrogéntechnológiai KFI és demonstrációs projekteket támogató, EU-szintű szervezet 2021 november végén ebben a formájában megszűnt. Tevékenysége természetesen folytatódik. 2021. november 30-tól kezdve a szervezet jogutódja *Clean Hydrogen Partnership JU* néven folytatja tevékenységét a „Horizont Európa” program keretében. Utóbbi szervezet nem csak folytatja az FCH JU-tól már megszokott pályázatok kiírását, hanem átveszi és tovább menedzseli a már folyamatban levő hidrogéntechnológiai projekteket, hiszen ezek nem ritkán 3-4 évre szólnak.

FCH FUEL CELLS AND HYDROGEN JOINT UNDERTAKING → Clean Hydrogen Partnership

Az új Partnerség az aktuális költségvetési ciklus alatt mintegy 1 milliárd eurót fordít K+F+I+D projektek támogatására a teljes hidrogénértéklánc mentén. A Partnerség küldetése, hogy hozzájáruljon a 2020-ban elfogadott EU Hidrogén Stratégia céljainak megvalósulásához. Az aktuális, 2022-es pályázati kiírás március 1-én jelent meg, összesen 41 témakörben, 300 millió EUR támogatási összeggel.

Folytatás a 11. oldalon.

Kiadja:

Magyar Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Egyesület

H-1023 Budapest
Levél u. 10.
www.hfc-hungary.org
info@hfc-hungary.org

Szerkesztők:
Dr. Bogányi György
Mayer Zoltán

Felelős kiadó:
Dr. Tompos András

az MHT Egyesület
Hydrogen Europe tagja

Hydrogen Europe

Előrelépés a szabályozási környezetben

„Szabályozói tesztkörnyezet" megjelenése a VET-ben

A 2021. évi CXXXVI. törvény új, XIII/B fejezetet iktatott be a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvénybe, *„Energetikai innovációk támogatásával összefüggő feladatok"* címmel. Az új fejezet szövege ugyan kifejezetten technológiasemleges megfogalmazásokat tartalmaz, nem tér ki közvetlenül a „hidrogénre" vagy a „hidrogéntechnológiákra", mégis komoly jelentősége lehet majd hidrogéntechnológiai projekteknél is.

Az új fejezet lényege röviden, hogy a szabályozó hatóság (esetünkben a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal) ún. szabályozási tesztkörnyezetet működtethet, amelynek célja, hogy ösztönözze és támogassa olyan energetikai innovációs teljesítmények elterjedését, piacra lépését, amelyek elősegíthetik a villamosenergia-rendszer fenntarthatóságát, annak költséghatékony működtetését, a fogyasztói igények megfelelő kielégítésének folyamatát, illetve az ellátás biztonságának fokozását. A szabályozói tesztkörnyezetet az EU-s szaknyelv *„regulatory sandbox"* kifejezésként alkalmazza. A VET új, 114/I §-a szerint „energetikai innovációs teljesítmény" bármely olyan, műszakilag és üzletileg megalapozott termék, szolgáltatás, technológia, üzleti modell vagy más újítás létrehozása, vagy hazai átvétele, ami Magyarországon még nem terjedt el. Joggal feltételezhetjük, hogy például egy elektrolízis üzem működése, amely rendszerszintű szolgáltatásokat is nyújthat, miközben zöld és/vagy low-carbon hidrogént állít elő, ilyen kategóriába tartozhat. Másként fogalmazva úgy is tekinthetjük, hogy a szabályozói tesztkörnyezet a KFI tevékenységek gyakorlati, normál üzleti alkalmazásokba történő átültetési folyamatát hivatott felgyorsítani, elősegíteni.

Az energetikai szabályozási tesztkörnyezetben való részvétel kérelem alapján történhet, melyet a Hivatal bírál el. A szabályozási tesztkörnyezetben való részvételt a Hivatal legfeljebb 24 hónapra engedélyezheti, amely egy alkalommal – indokolt esetben – legfeljebb 24 hónappal meghosszabbítható, de a részvételi engedélyt a Hivatal meghatározott esetekben vissza is vonhatja. A szabályozási tesztkörnyezetre vonatkozó, VET 114/I paragrafus 2022.09.01-től lép hatályba.

Az érdeklődők a következőkben megadott linkeken további részleteket találhatnak egy németországi, már működő „regulatory sandbox" kezdeményezésről. A *„Northern Germany Regulatory Sandbox"* nevet viselő kezdeményezés már 2021 tavaszán 52 millió euró támogatást kapott a Német Szövetségi Gazdasági és Energetikai Minisztériumtól:

- www.bmwi.de/Redaktion/EN/Pressemitteilungen/2021/04/210414-Launch-of-the-Northern-Germany-Regulatory-Sandbox.html
- www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/EN/Newsletter/2019/07/Meldung/topthema.html

Módosult a bányatörvény

Az egyes energetikai és közlekedési tárgyú, valamint kapcsolódó törvények módosításáról szóló 2021. évi CXXXVI. törvény egyebek mellett módosította a bányatörvényt (Btv., 1993. évi XLVIII. tv.) is. Bár a hidrogén ebben sem jelenik meg explicit módon, de a törvény egyebek mellett definiálja a „bányaüzemi egyéb gáztechnológiák" fogalmát (49. §):

- *„Bányaüzemi egyéb gáztechnológiák": tartozékaival és alkotórészeivel együtt azon berendezések összessége, amely a földgázon kívüli egyéb gázt, fluidumot vagy gázterméket állít elő bányaüzem területén*

Majd a Bányafelügyelet hatáskörébe sorolja bizonyos hidrogén-létesítmények engedélyezését (43. §):

- *„a bányafelügyelet hatáskörébe tartozik…: e) szénhidrogén-bányászatban használt technológiai létesítmény, csővezeték, a szénhidrogén- és a széndioxid-szállító vezeték, a földgázelosztó- és célvezeték, valamint az egyéb gáz és gáztermékvezeték és bányaüzem területén az egyéb gáztechnológia építése, használatba vétele, üzemeltetése, elbontása és felhagyása,"*

A kezdődő hazai hidrogéntechnológiai pilot projektek – különösen a földgáztárolókhoz kapcsolódóak – esetében a módosított Btv. az egyértelműbb engedélyezhetőség érdekében felhatalmazást ad a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságának (SzTFH*):

- *50/A § „36. a bányaüzem területén az egyéb gáztechnológia építésére, használatba vételére, üzemeltetésére, elbontására és felhagyására" … vonatkozó részletes szabályok rendeletben történő megállapítására.*

(*2021-ben a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat beolvadt az SzTFH-ba.)

CEEAG iránymutatás tagállami támogatásokhoz

A hidrogén IPCEI projektekről, az erre vonatkozó NKFIH felhívás meghirdetéséről korábbi lapszámunkban, illetve honlapunkon már írtunk[1]. Ehhez némileg hasonló támogatási szabálycsomagot tartalmaz a nemrég megjelent CEEAG új változata, amely a hidrogén-

[1] https://www.hfc-hungary.org/hidrogen-ipcei-felhivas/

technológiai fejlesztéseket is pozitívan érinti. Egészen pontosan januárban jelent meg az Európai Bizottság *„2022. évi iránymutatás az éghajlatvédelmi, a környezetvédelmi és energetikai állami támogatásokról”* című direktíva (C(2022) 481 final).

A fent említett CEEAG rövidítés a közlemény angol nevéből származik: *„Guidelines on State aid for climate, environmental protection and energy”*. A Bizottság ezeket az iránymutatásokat alkalmazza a 2022.01.27-től kezdve odaítélt, vagy elbírálás alatt álló valamennyi, éghajlati, környezetvédelmi és energiaügyi, bejelentésköteles állami támogatás összeegyeztethetőségének értékelésére. Az új CEEAG iránymutatás a 2014–2020 közötti időszakban nyújtott környezetvédelmi és energetikai állami támogatásokról szóló iránymutatás helyébe lép.

Az új előírások a Bizottság reményei szerint összhangot teremtenek az állami támogatási szabályok és az európai zöld megállapodásban (*European Green Deal*) meghatározott uniós célkitűzések és célszámok, valamint az energia és a környezetvédelem területén a közelmúltban bekövetkezett egyéb szabályozási változások között. Ugyanakkor figyelembe veszik a *„Fit for 55%!”* intézkedéscsomag fejleményeit is. A CEEAG egyebek mellett kiterjeszti a tagállamok által támogatható beruházások és technológiák kategóriáit is, hogy minden olyan technológia támogatható legyen, amely hozzájárul az európai zöld megállapodás megvalósításához. Ebbe egyértelműen beletartoznak a hidrogéntechnológiák is. A felülvizsgált szabályok általánosságban lehetővé teszik a támogatást a finanszírozási hiány akár 100%-áig is, különösen abban az esetben, amikor a támogatást versenyeztetéses ajánlattételi folyamat keretében nyújtják. Új támogatási eszközöket is bevezet, például a karboncsökkentési célú szerződéseket, hogy segítségükkel a tagállamok meghozhassák azokat az intézkedéseket, amelyek elengedhetetlenek ahhoz, hogy az ipar környezetkímélőbb módon üzemelhessen.

EU-s szabálycsomagok összefüggései és azok alkalmazása az állami támogatások odaítélésében. Forrás: TVI, 2022.02.02.

További információk a CEEAG-ről:

- a Támogatásokat Vizsgáló Iroda (TVI) honlapján:

https://tvi.kormany.hu/az-europai-bizottsag-elozetesen-jovahagyta-az-eghajlatvedelmi-kornyezetvedelmi-es-energetikai-allami-tamogatasokrol-szolo-uj-iranymutatast

- az Európai Bizottság honlapján

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_22_566

Megkezdődött az első, kontinensek közti LH2 szállítás „pilot” szinten

Nem árt olykor visszatekinteni egy-egy korábbi cikkünkre, pontosabban az abban leírt egy-egy nagyobb jelentőségű projekt-kezdeményezésre, hogy kiderüljön vajon folytatódott-e, vagy hogyan folytatódott. Hidrogén Hírlevelünk több korábbi lapszámában (2020/1, 2020/2[2]) beszámoltunk az akkor még csak építés alatt álló HySTRA (*CO2-free Hydrogen Energy Supply-Chain Technology Research Association*) projektről, amely elsőként hivatott megvalósítani és tesztelni a kontinensek közti, tankerrel végzett hidrogénszállítást. A Suiso Frontier nevet viselő folyékony hidrogént (LH2) szállító „tanker” idén januárban dokkolt az ausztráliai Melbourne-től keletre található Hastings kikötőjében, hogy feltöltsék folyékony hidrogénnel, majd megkezdje közel 9.000 km-es tengeri útját Japánba. A feltöltött LH2 tanker 2022. február 25-én kötött ki japán célállomásán.

LH2 tanker a fogadó terminálnál Kobe (JP) kikötőjében. Középen a 15,2 cm átmérőjű LH2 átfejtő kar. Kép: HySTRA.

Ezt megelőzően, némi csúszással ugyan, de már 2021 elején elkészültek az LH2 indító és fogadó létesítmények

[2] www.hfc-hungary.org/H2_Hirlevel_2020_1_aprilis.pdf és www.hfc-hungary.org/H2_Hirlevel_2020_2_augusztus.pdf

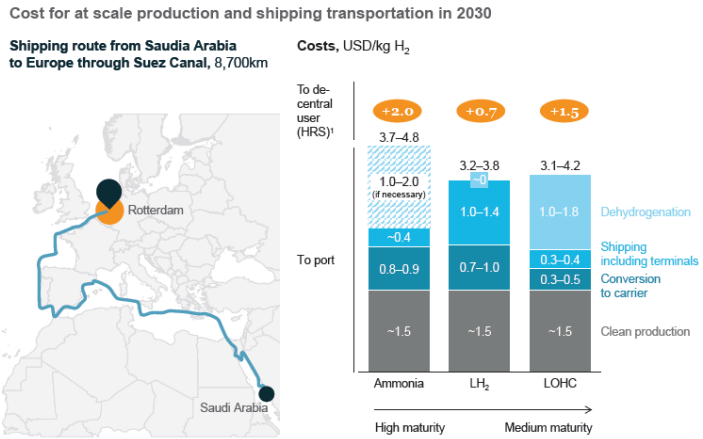
Ausztráliában és Japánban. A Kawasaki Heavy Industries már 2021 elején megépítette és készre jelentette Kobe város kikötőjében a *Hy touch Kobe* névre keresztelt, folyékonyhidrogén-terminált, amely fogadja az Ausztráliából érkező hidrogént. Azóta az LH2 terminál több tesztelési eljáráson esett át, amelyek bizonyították kellően hatékony hőszigetelését és termikus stabilitását. 2.500 m^3-es méretével jelenleg ez a legnagyobb LH2 létesítmény Japánban. Korábban azért használtuk idézőjelek között a „tanker" kifejezést, mert a szállító hajó mérete meglehetősen csekélynek számít az energiahordozók nemzetközi tengeri szállításában, de nem szabad elfelejteni, hogy itt lényegében még csak a műszaki koncepció működőképességének igazolásáról van szó. Ez tehát még csak az ún. *„proof-of-concept"* projekt. A valódi, kereskedelmi léptékű alkalmazáshoz az LH2 tároló méretét a tervek szerint a jelenlegi húszszorosára, 50.000 m^3-re növelik majd. Az LH2 tankerhajó mérete pedig harminckétszer nagyobb, vagyis 40.000 m^3 lesz a tervek szerint. A méretek kontextusba helyezéséhez visszautalunk H_2-Hírlevelünk 2021 decemberi lapszámára, amelyben beszámoltunk a NASA által épített új LH2 tárolóról, amely 4.730 m^3 méretű, és egyelőre ez (lesz) a világrekorder.

A készre szerelt LH_2 fogadó terminál Kobe kikötőjében, mellette az átfejtő állomás. (Kép: tankstoragemag.com és asahi.com)

A folyékonyhidrogén-technológia terén a Kawasaki HI harmincéves tapasztalattal rendelkezik, mivel ipari célokra már számos tárolót épített. Az LH2 tárolók geometriájukat tekintve szférikus (gömb) alakúak, és néhány létező, de sokkal kisebb (540 m^3-es) LH2 tartályra a mellékelt ábrák mutatnak példákat Japánból.

540 m^3-es ipari folyékony hidrogén tároló tartályok Japánban.

A konkrét projekt feljesztője költségadatokat sajnos nem közölt, de érdemes áttekinteni a rendelkezésre álló általános, szakirodalmi információk alapján, hogy körülbelül milyen költséget is jelentene a kontinensek közötti (x1.000 km nagyságrendű) hidrogénszállítás. Ezt a Hydrogen Council[3] 2021-es tanulmánya alapján tesszük meg, mivel az utóbbi években már több ilyen irányú elemzés történt, sőt szándéknyilatkozatok köttettek, esetleg konkrét pilot projektek fejlesztése is megkezdődött. Az elképzelések között természetesen nem csak tiszta hidrogén (LH2) tengeri szállítása szerepel. Leggyakrabban LOHC[4] vagy NH_3 formájában történő szállításban gondolkodnak a tervezők. Ezeket tükrözi vissza a mellékelt két ábra.



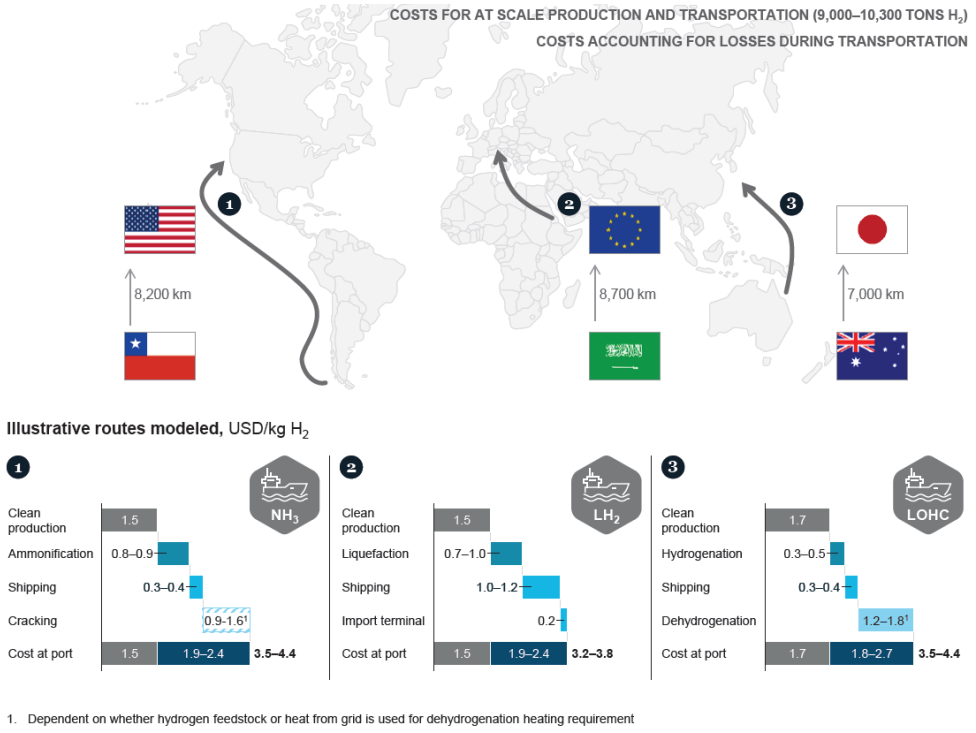
Szaúdi-Arábiából tengeri szállítással Európába (8.700 km) irányuló hidrogén, illetve hidrogénhordozó vegyületek összehasonlító költségelemzése 2030-ra, kereskedelmi léptékű szállítási volumenek esetén. Ha a végfelhasználónak ammónia formájában van szüksége a hidrogénre, akkor kilónként 3 USD/kg_{H2} értékre is csökkenhet a költség a „kapuban" ('landed cost at gate'). Ha ammóniabontó üzemre van szükség, akkor az 1.0-2,0 USD/kg_{H2} értékkel növelheti a hidrogén kötségét. A hidrogén (LH2) vagy hidrogénhordozó (NH_3, LOHC) vegyület optimális kiválasztása alapvetően a következő paraméterektől függ: a végfelhasználónak milyen formában van szüksége a hidrogénre; milyen szárazföldi további szállítási (disztribúciós) igények merülnek fel; a fogadó oldalon várhatóan milyen hosszú tárolási idővel kell számolni.
(Ábra: Hydrogen Council, 2021)

A kontinensek közti, tengeri hidrogénszállításból csekély hatékonysága és nagy helyigénye miatt a gáz halmazállapotú hidrogén kizárható. A három leggyakrabban elemzett tengeri szállítási opció a folyékony hidrogén, a LOHC vagy az NH_3 formájában történő szállítás. Elképzelhető, sőt, van is már konkrét porjektfejlesztés az e-fuel és/vagy metanol alapú szállításra. Az energiahordozó szállítási formájának kiválasztását több tényező befolyásolja, de leginkább a végfelhasználás célja, formája, valamint a hosszabb távú

[3] www.hfc-hungary.org/bovult-a-hydrogen-council/
[4] LOHC: Folyékony halmazállapotú, szerves, hidrogénhordozó vegyületek *(Liquid Organic Hydrogen Carriers)*

tárolási szükséglet a döntő:

- **LH2:** a folyékony hidrogén szállítási forma akkor a leghatékonyabb, ha a célállomáson a végfelhasználónak folyékony, vagy nagy tisztaságú hidrogénre van szüksége és a kikötőből LH2 trélerekkel a helyi hidrogéndisztribúció megvalósítható. Ennek tipikus példája lehet a hidrogén-töltőállomások kiszolgálása. Jelentős előnye, hogy az NH_3 vagy LOHC formákkal ellentétben az LH2-höz nem kell dehidrogénező vagy krakkoló üzemet létesíteni a célállomáson a tiszta hidrogén kinyeréséhez. Ez nem csak költséghatékonyabb, hanem a hidrogén tisztasága szempontjából is kedvezőbb. A LH2 foma fő hátránya a viszonylag alacsony volumetrikus energiasűrűség, pl. az ammóniához képest, amely limitálja az egy tankerhajóval szállítható (energia)mennyiséget, továbbá a folyékony hidrogénhez kapcsolódó *'boil-off'* veszteség, amely a tárolás során is fellép. Míg a hidrogén-cseppfolyósítás már jelenleg is bizonyítottan működő, gyakorlatilag kereskedelmi jellegű technológia, az LH2 tankeres szállítása és nagyléptékű tárolása még fejlesztésre szorul,
- **NH_3:** az ammónia formájában történő szállítás főként akkor ideális, ha a végfelhasználónak alapanyagként kifejezetten ammóniára van szüksége. Ebben az esetben nincs szükség ammóniabontóra (*cracker*), Ilyen végfelhasználók például a műtrágyagyárak, hajózási (NH_3) üzemanyagfelhasználók, vagy ammónia együttégetésre alkalmas, vagy esetleg tisztán ammóniaüzemű erőművi technológiák. Az NH_3 előnye a szállítás terén a nagy volumetrikus energiasűrűség. Ammóniszállító hajók már ma is elérhetők a kereskedelmi gyakorlatban. A hidrogénhordozó vegyületként az NH_3 komoly hátránya, hogy a visszaalakító (ammóniakrakkoló) üzem igencsak költséges beruházás, ráadásul a visszaalakított hidrogén minősége is problémás. Nem elhanyagolható az sem, hogy az ammónia meglehetősen toxikus, ezért kezelése, tárolása, helyi disztribúciója lakott területek közelében csak számottevő korlátozásokkal lenne megvalósítható,
- **LOHC:** e vegyületek legnagyobb előnye, hogy a meglévő olajipari, pertolkémiai infrastruktúrákkal tökéletesen kezelhető. Biztonságosan tárolható és tárolás közben gyakorlatilag nincs veszteség. Nem gyúlékony, és kevéssé toxikus LOHC vegyületek (pl. benzil-toluol) szállításához, tárolásához szinte minden addicionális biztonsági intézkedés nélkül használható a dízel üzemanyagra kifejlesztett infrastruktúra. A LOHC fő hátránya, hogy a dehidrogénezési folyamat viszony új technológia és nagy a hőigénye. További hátrány a LOHC erősen limitált hidrogénszállító képessége az LH2 vagy NH3 formákhoz képest. A LOHC tárolására szolgáló tartály viszont jóval olcsóbb, mint a két másik energiavektor esetében.



Kép: Hydrogen Council.

A mellékelt ábrák kapcsán fontos kiemelnünk, hogy ezek – az angol szakirodalom nyelvhasználata szerinti – *„at scale"* méretekre, azaz valódi kereskedelmi léptékű megoldásokra vonatkoznak és így nagy valószínűséggel nem érvényesek a cikk bevezetőjében bemutatott pilot (kis léptékű, *proof-of-concept*) projektekre. Másrészt a felhasznált forrás 2021-es, de még nem vehette figyelembe a 2021 végén bekövetkező drasztikus energiaár-változásokat, amelyek most gyakorlatilag mindent bizonytalanná, nehezen előre jelezhetővé tesznek. Az ábrák alapján ennek ellenére megállapítható, hogy a hidrogénszállítás költsége még kontinensek közötti távolságokra sem megfizethetetlenül magas.

Sőt, a legjobb megújulós adottságú területeken (Ausztrália, Szaudi-Arábia, Chile, stb.) annyival alacsonyabb a zöld hidrogén előállítási költsége, hogy a szállítással együtt is versenyképes lehet az európai importban. A mellékelt ábra szerint 2030-ra a kereskedelmi léptékű hidrogénszállítás költsége várhatóan 2-3 USD/kg lehet, ami kellően alacsony előállítási költséggel párosítva abszolút versenyképes lehet a jó megújuló potenciállal rendelkező országokban.

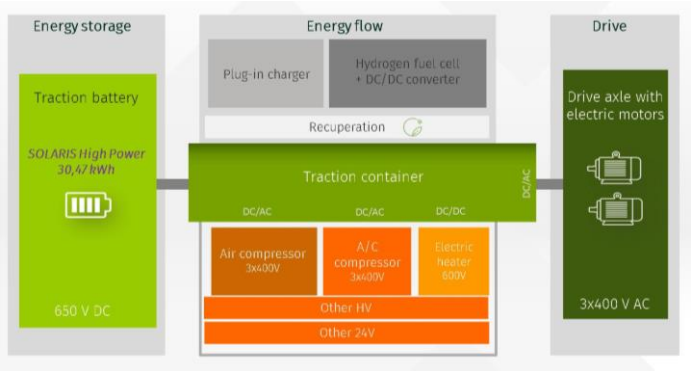
Forrás:
https://www.tankstoragemag.com/2021/01/25/worlds-first-liquefied-hydrogen-terminal-complete/
https://www.youtube.com/watch?v=mngYEok9hWI
Hydrogen Council (2021): Hydrogen Insights

Solaris FCEV busz Budapesten *(folytatás az 1. oldalról)*

A 2021-ben elfogadott Nemzeti Hidrogénstratégia egyik prioritást élvező cselekvési területe a Zöld Busz Program. Ennek egyik első lépéseként tesztelték „élesben" Budapesten, illetve Magyarországon a hidrogén üzemanyag-cellás buszt. A programot és konkrétan a busz tesztüzemét a HUMDA (Magyar Autó-Motorsport és Zöld Mobilitás-fejlesztési Ügynökség Zrt.) szervezte. A buszt a Linde Zrt. budapesti, Illatos úti telephelyén, az ott létesített töltőállomáson töltötték fel hidrogénnel.

A Solaris Urbino Hydrogen több európai városban járt hasonló tesztüzemen, bemutatón. A budapesti bemutatón a buszt a Solaris magyarországi képviselete, a Prim-Vol Trade Kft. biztosította. A cég jóvoltából március 2-án Egyesületünk érdeklődő tagjai – mintegy 30 fő – részt vehetett egy szakmai programon, ahol a Solaris szakembere bemutatta a buszt. Mivel a programra éppen a busz „pihenő", azaz feltöltési idejében került sor, a Linde szakemberei egyidejűleg magát a töltőállomást is be tudták mutatni. Szerencsés helyzet volt, mivel így gyakorlatilag éppen tankolás közben tekinthettük meg a buszt. Az érdeklődők utána felszállhattak, és a Volánbusz „normál" járataként is kipróbálhatták Vecsésre.

A Solaris Urbino 12 Hydrogen 400-450 km hatótávot ad meg. A budapesti teszt során, februári időjárási viszonyok és valós felhasználási körülmények között a 400 km hatótáv reálisan elérhető. A konkrét budapesti teszt során napi 250-280 km-t tett meg a busz. Hétvégi napokon a ritkább járatsűrűségből fakadóan kevesebbet. A busz 350 bar-os (*Type-IV*) tartályokból álló hidrogéntároló rendszere összesen bruttó 37,5 kg hidrogént tud befogadni, de teljesen nem lehet „kiszárítani" a tankot, hanem nettó ~34,2 kg-ot lehet felhasználni, ami elég a fent említett menettávra. Ez kb. 8-8,5 kg/100 km fajlagos fogyasztást jelent, ami hétvégi, kevésbé „hektikus" forgalomban tovább csökkenhet. A busz meghajtásáról két darab, háromfázisú, aszinkron elektromos kerékagymotor (125 kW/db) gondoskodik, így a motor sem vesz el hasznos utasteret. Az *Urbino Hydrogen* busz széndioxid közegű hőszivattyúval



A Solaris Urbino 12 Hydrogen energetikai rendszere. Kép: Solaris

rendelkezik A hűtés-fűtés igényeket ez utóbbi szolgálja ki, ráadásul meglehetősen energiahatékony módon, ugyanis az üzemanyag-cella hulladékhőjét tudja hasznosítani. Részben ez az oka, hogy a busz hatótávja kevéssé függ a külső környezeti hőmérséklettől.

Solaris Urbino Hydrogen busz és a töltőállomás megtekintése „kívül-belül" 2022.03.03-án. Kép: MHTE

A fenti, hatékonysági tulajdonságokból az is következik, hogy egy ugyanilyen hatótávval rendelkező, tisztán akkumulátoros busz – a jármű jogszabályi súlyhatárai miatt – kb. 10 fővel kevesebb utast szállíthatna, mivel az azonos hatótávhoz szükséges nagyobb akkumulátortömeg ennyi utast „szorítana ki". A konkrét modell (Urbino 12 Hydrogen) 33 ülőhellyel, összesen pedig 89 utasférőhellyel rendelkezik. A busz hidegindítása -25 °C-ig problémamentesen, azaz külső elektromos betáp nélkül megoldható. A buszt 70 kW-os

Ballard üzemanyag-cella hajtja, amit kiegészít egy Solaris High Power (30,4 kWh / 650 V DC) akkumulátor is. Ez utóbbit szükség esetén külső elektromos forrásból is fel lehet tölteni, vagyis a modell lényegében plug-in hibrid jármű.

Érdeklődők gyűrűjében a H_2 busz és a töltőállomás. Kép: MHTE.

A nehézségeket is meg kell említeni. A Solaris üzemanyag-cellás busz gyártói kapacitása egyelőre viszonylag kicsi: 2022-ben kb. 100 db-ot tudnak gyártani, de a növekedés üteme nagyon dinamikus. Megrendelői oldalon különösen nagy az érdeklődés a zéró emissziós hajtásláncú buszok iránt.

Az külön bíztató volt, hogy a Népliget pályaudaron

Steiner Attila (ITM) államtitkár beszéde a Volánbusz pályaudvaron a hidrogén busz bemutató sajtótájékoztatóján. Kép: MHTE.

tartott, február 9-i sajtótájékoztatón a Volánbusz valamint a MÁV vezérigazgatói is pozitívan nyilatkoztak a hidrogénüzemanyag-cellás járművek alkalmazásának jövőbeni lehetőségéről.

Ezúton is köszönjük a Solarisnak, illetve a Prim-Vol Trade Kft.-nek és a Linde Zrt-nek, hogy lehetőséget biztosítottak az üzemanyag-cellás busz megtekintésére, illetve szakértői helyszíni „kalauzolást" adtak mindehhez. A buszról és bemutatójáról szóló kisfilm a következő linken megtekinthető:

https://www.youtube.com/watch?v=XBzxDZ06xDc

Együttműködési megállapodás a hazai hidrogénszektor fejlesztésére

Az utóbbi időszak fontos hazai fejleményei közé tartozik, hogy 2022. március 3-án Pakson, ünnepélyes keretek között a hazai hidrogénszektor fejlesztésére vonatkozó együttműködési megállapodást írt alá Dr. Palkovics László miniszter (Innovációs és Technológiai Minisztérium), valamint a Linde Zrt, a Hunatom Zrt, és a Magyar Hidrogéntechnológiai Szövetség vezetője. Az eseményen részt vett Süli János, a paksi atomerőmű bővítéséért felelős tárca nélküli miniszter is.

Az együttműködési megállapodás fókuszában a közlekedési célú – karbonmentes és low-carbon – hidrogénelőállítás és a kapcsolódó töltőinfrastruktúra kiépítése áll, amely a 2021-ben elfogadott Nemzeti Hidrogénstratégiában foglaltak szerint a Dunántúli Hidrogénvölgyben az elsők között jelenne meg. A Hidrogénvölgyön belüli elhelyezkedés mellett az esemény paksi helyszínét az is indokolta, hogy a nukleáris kapacitások mellett számottevő megújuló energia fejlesztések is vannak, illetve további naperőműves kapacitások létesítését tervezik a városban, továbbá Pakson, illetve térségében már e-autóbusz és e-hulladékgyűjtő projektet is indítottak. Ehhez kapcsolódóan Hunatom Zrt vállalása, hogy összehangolja a Paks környéki hidrogénökosziszteméa fejlesztését, ennek keretében egy hidrogén-töltőállomás működtetését Pakson vagy környékén. Első szakaszban a Pakson vagy térségében előállított hidrogén elsősorban a Dunántúli Hidrogénvölgyben közlekedési célú felhasználásra kerül. További szakaszokban az együttműködés kiegészülhet a hidrogén ipari felhasz-nálásával, a villamos-energia hálózat kiszabályozását segítő megoldásokkal.

Az együttműködési megállapodásban az ITM vállalja, hogy 2022-ben olyan jogszabályi környezetet teremt, amely támogatja a hidrogén szektort, továbbá létrehozza a megfelelő pénzügyi támogatási programot. A Linde Zrt. vállalja, hogy megfelelő mennyiségű hidrogén-töltőállomást gyárt, részt vesz ezek létesítésében és zöld hidrogénnel történő ellátásában. A megállapodás talán legizgalmasabb pontja, hogy megvizsgálják annak lehetőségét is, hogy a Linde Magyarországra telepítse

hidrogén-töltőállomást gyártó üzemét.

Az MHT Szövetség vállalja, hogy közreműködik a hazai hidrogén töltőállomások telepítési helyszínének kiválasztásában (tekintettel egyebek mellett a Nemzeti Hidrogénstratégiára, a TEN-T szabályozásra, az Alternatív Üzemanyag-infrastruktúra Irányelv szerinti követelményekre), javaslatot tesz a töltőállomások engedélyeztetésének jogszabályi hátterének javítására; továbbá - a többi féllel együttműködve - hidrogén témájú szakképzési anyagot dolgoz ki.

Forrás: az aláíró felek 2022.03.03-i közös sajtótájékoztatója (Paks) és MHTE

142 új hidrogén-töltőállomás 2021-ben

Világszerte 142 db hidrogén töltőállomás (HRS) létesült 2021-ben, ami az eddigi legnagyobb évess növekedés. Az új töltőállomások közül:

- 37 Európában,
- 89 Ázsiában,
- 13 Észak-Amerikában
- 3 db a világ egyéb részein létesült.

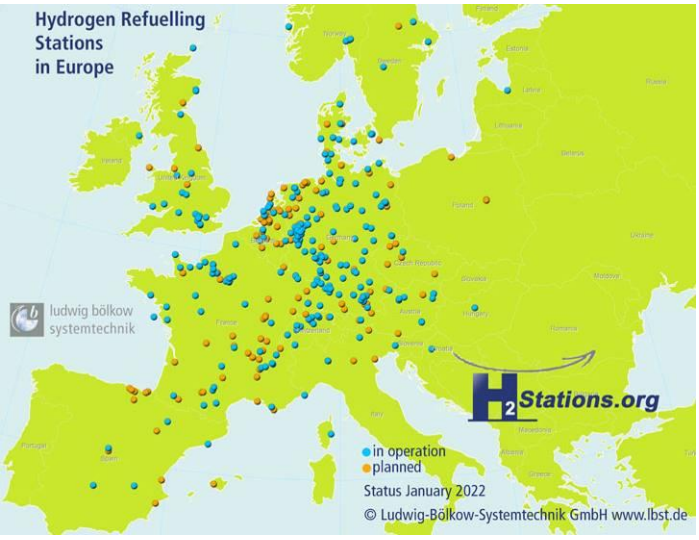
A fenti növekedéssel 2021 végére 685 db-ra bővült a működő HRS-ek száma globálisan, és további 252 db HRS létesítési tervéről volt konkrét információ. Immár 33 országban lehet hidrogént tankolni, és e „klubhoz" csatlakozott 2021-ben Magyarország és Szlovénia is, egyelőre egy-egy töltőállomással.

Európában 2021 végére 228 HRS működött, amelyek közül 101 Németországban található. Második helyezett e tekintetben Franciaország, ahol 41 HRS működött, majd ezt követi sorrendben Nagy-Britannia 19 db, Svájc 12 db és Hollandia 11 db töltőállomással.

Ázsiában 2021 végén 363 HRS üzemelt. Japáné itt a vezető szerep 159 db H2 töltőállomással. Dél-Koreában 95, Kínában 105 HRS üzemelt. A kínai töltőállomások azért különlegesek, mert szinte valamennyi a kínai HRS buszok és teherautók kiszolgálását végzi. Ázsia esetében azt is érdemes megemlíteni, hogy a legdinamikusabb növekedést (36 új HRS) Dél-Korea produkálta, és a közeljövőben is dinamikus HRS fejlesztéséket tervez, gyakorlatilag minden járműszegmens számára.

Az észak-amerikai helyzet fő jellemzője, hogy az itt működő összesen 86 HRS igen jelentős része (60 db) Kaliforniában működik. Itt 2021-ben 11 új HRS nyílt. Megemlítjük, hogy 2021-ig Kaliforniában működött a világ legnagyobb kapacitású töltőállomása, de most már két HRS is 1.000 kg/nap feletti kapacitású.

Az egy HRS-re eső FCEV járművek száma emiatt növekedett, különösen azokban az országokban, ahol viszonylag sok FCEV járművet tudtak értékesíteni.



Hidrogén-töltőállomások elhelyezkedése Európában, 2022 januári állapot szerint. Forrás LBST & H2stations.org

Dél-Koreában 2020-ban ez az arány 200:1, az USA-ban 150:1; míg Japánban csak 30:1[5]. Ez részben HRS többletkapacitást tükröz, mivel a töltőállomások az FCEV járművek gyorsabb elterjedésére számítva épülnek[6].

Érdekes megnézni a HRS fejlődési ütemét az FCEV járművek számához viszonyítva. A HRS-ek számának 2017-2020 közötti, éves átlagban 20%-os bővülése nem tudta követni az FCEV járműszám bővülési ütemét.

Ahogy a kapcsolódó lábjegyzetben is utalunk rá, nem szabad csak a H_2-töltőállomások számát vizsgálva elemezni, de finomabb statisztikai adatok hiányában most egyelőre nincs másra lehetőségünk. A hidrogén-töltőállomások fejlődése meglehetősen gyors a kapacitásukat, a diszpenzerek számát illetően. Árnyaltabb statisztikáknak a töltőállomások kapacitását, a diszpenzerek számát is figyelembe kellene venni, és amikor ez rendelkezésre áll, elvégezhetők a finomabb elemzések. Ehhez kapcsolódóan fontos kiemelni, hogy az utóbbi időszakban megjelentek az 1.000 kg/nap

[5] A számok kontextusba helyezése érdekében megemlítjük, hogy az USA-ban a benzin/dízel üzemű járművek együttes száma egy töltőállomásra számolva: 1 800:1.

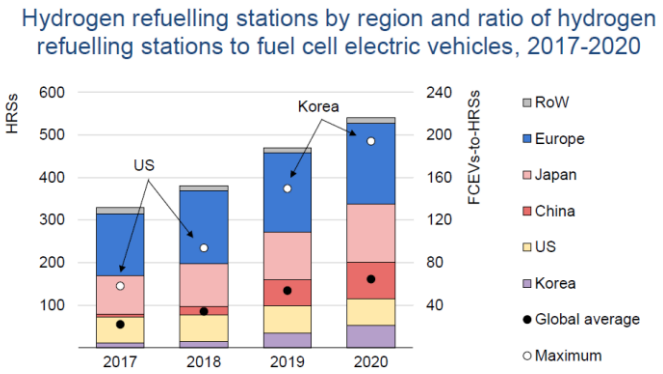
[6] Megemlítjük, hogy megalapozottabb konklúziót e téren akkor lehetne tenni, ha a töltőállomások kapacitása, és az ott található diszpenzerek száma is pontosan ismert lenne, de a globális statisztikák ezeket még nem tartalmazzák.

kitankolási kapacitás feletti HRS-ek is. Kaliforniában 2020-ban egy 1.200 kg/nap kapacitású töltőállomás működött és kivitelezés alatt áll egy 1.600 kg/nap kapacitású HRS is. Ezek kb. 2,5-3,5-szeres HRS kapacitások az USA piacán a 2012-ben, azaz a nagyjából egy évtizede üzembe állított HRS-ekhez képest. Tavaly Kínában (Pekingben) megépült a világ legnagyobb kapacitású töltőállomása 4.800 kg_{H2}/nap(!) kapacitással.

Forrás:

Ludwig-Bölkow-Systemtechnik (LBST) - 14th annual assessment of H_2stations.org (www.lbst.de)

International Energy Agency: Global Hydrogen Review 2021



Hidrogén-töltőállomások száma régiónként, és azok aránya az FCEV járművekre vonatkozóan a 2017-2020 időszakban. Kép: IEA, 2021.

A világ első, folyékony hidrogént alkalmazó hajója Norvégiában

A Ballard Power Systems (NASDAQ: BLDP) – világszinten is jelentős tüzelőanyag-cella technológiai cég – februárban 2 db, egyenként 200 kW-os *FcwaveTM*-et szállított a norvég Norled A/S cégnek. A hír érdekessége nem a darabszámban, vagy a teljesítményben van, mert ezek már szokványos „ügyletek". Inkább az adja a jelentőségét, hogy a Norled Norvégia egyik legnagyobb komp és expressz-hajó üzemeltetője, és a két *FCwaveTM* üzemanyagcellás modul a világ első, *onboard* folyékony hidrogéntárolást megvalósító hajójába (MF Hydra) kerül beépítésre még 2022-ben.

Az MF Hydra lesz az első hidrogénüzemű hajó (pontosabban komp), amelyet a norvég hajózási hatóság (*Norwegian Maritime Directorate*), a Norvég Katasztrófavédelmi és Vészhelyzeti Igazgatóság, valamint a DNV engedélyez. A hajó legfeljebb 300 főt és 80 személyautót szállíthat, és a Hjelmeland – Skipavik - Nesvik útvonalon („háromszögben") közlekedik majd.

A Norlednek szállított FCwaveTM tüzelőanyag-cellás modulokat a Ballard hajózási kiválósági központjában (*Ballard's Marine Center of Excellence*) tervezték és gyártották. A gyár maga Dániában, Hobro városában található. A modulokat a DNV[7] tanúsította, amely a világ egyik vezető tanúsító szervezete e téren.

Illusztráció: Norled hidrogénüzemű komp. Kép: marineinsight.com

A tanúsítás igazolja, hogy az üzemanyag-cellák megfelelnek a tengerhajózási szabványoknak, előírásoknak és minőségbiztosítási követelményeknek, valamint nemzetközi szerződéseknek. Ez a projekt megerősíti, hogy tengeri (igaz, egyelőre partközeli) hajózásban, valós körülmények közt az üzemanyag-cellás hajtáslánc használata igenis megvalósítható, ráadásul folyékony hidrogén tankolási és onboard tárolási megoldással. Nem mellékesen az így nyert tapasztalat – a Norleddel és más hajózási partnerrel – jelentős lépéssel közelebb viszi az FCwaveTM üzemanyag-cellás meghajtási rendszert ahhoz, hogy hivatalos típus-jóváhagyást is kapjon a DNV-től, amely ahhoz szükséges, hogy globálisan is kereskedelmi alkalmazásba kerülhessen a tengerhajózási szegmensben. A típusjóváhagyás lényegében elismeri a funkcionális, tervezési, dokumentációs és biztonsági követelményeknek való megfelelést, ami elengedhetetlen ahhoz, hogy a termék kereskedelmi forgalomba kerülhessen. A fejlesztés hátteréhez stratégiai szinten hozzátartozik, hogy a zöld hajózási stratégia keretében Norvégia 50%-kal kívánja csökkenteni a belföldi hajózás CO_2-kibocsátását 2030-ig. E stratégia tartalmazza a zéró emissziós hajók alkalmazását főként a világörökségi helyszínek részét is képező fjordokban, legkésőbb 2026-tól. Ezáltal a fjordok a világ első, zéró-emissziós tengeri zónái lehetnek.

>>*A cikk folytatódik a 11. oldalon.*

[7] DNV (Det Norske Veritas): a világ egyik vezető kockázatkezelési és minőségbiztosítási szolgáltatója, amelynek egyik lényeges üzleti divíziója a tengeri hajózási szakterületen működik. Lényegében egy nemzetközi szinten elismert hajóminősítő intézet.

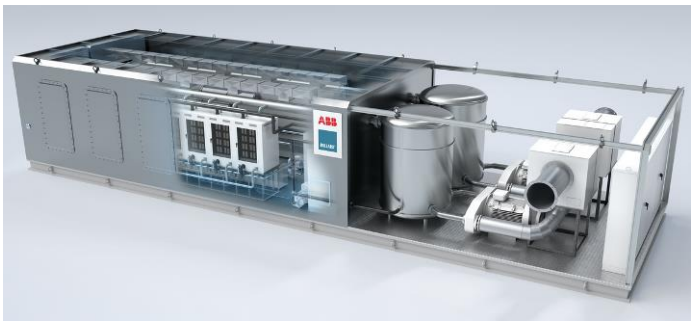
HIRDETÉS

Amennyiben cége hidrogéntechnológiai terméket vagy szolgáltatást szeretne reklámozni H_2 Hírlevelünkben, kérjük lépjen kapcsolatba velünk a címlapon található e-mail címen, és kérje hirdetési ajánlatunk.

Technológiai oldalról pedig azért előnyös, mert a Ballard egyre közelebb kerül ahhoz, hogy:

- mintegy „építőkockákból", az FCwaveTM hajózási célú üzemanyag-celláiból moduláris felépítéssel, flexibilis módon, szinte tetszés szerinti teljesítményű, tetszés szerint „skálázható" meghajtást tudjon építeni: 200 kW-tól a megawatt léptékű hajtásláncig, azaz többféle hajótípusba. Ily módon egyre nagyobb hajók meghajtási rendszerét is biztosítani tudja. Az üzemanyagcellák használhatók kisegítő áramforrásként (*auxiliary power*) és/vagy redundáns áramforrásként (*system redundancy*) is.
- a folyékony hidrogén onboard alkalmazása segít megnövelni a hatótávot,
- az üzemanyag-cellák az általuk szolgáltatott DC áram révén kompatibilisek a már létező, viszonylag elterjedt akkumulátoros, elektromos hajómeghajtási rendszerekkel.

Itt csak megemlítjük, hogy a Ballard olyan cégekkel is együttműködik a tengeri hajózásra használható üzemanyag-cellás hajtáslánc fejlesztése területén, mint például az ABB. A két cég 2018-ban megkötött együttműködése éppen idén februárban ért el egy fontos mérföldkőhöz: az ABB és a Ballard úgynevezett AiP-t (*Approval in Principle*), azaz egyfajta elvi engedélyt, szakszerűbb megfogalmazásban "elvi beépítési jóváhagyást"[8] kapott a DNV-től a nagyteljesítményű – 3 MW, azaz kb. 4.000 LE teljesítményű – PEM üzemanyag-cellás hajtásláncukra, melyet tengeri hajózásban alkalmaznának. A most megkapott AiP azért fontos mérföldkő, mert ezáltal az új technológiai koncepció független értékelése valósult



Az ABB - Ballard 3 MW-os, hajózási célú tüzelőanyag-cellás rendszerének koncepciórajza. Kép: ABB

meg és nincs jelentős akadály a koncepció megvalósítása előtt. Ennek birtokában a fejlesztés nagyobb biztonsággal folytatható, és a következő néhány éven belül konkrét hajókba is beépíthető lesz, természetesen az akkor szükséges és esedékes további engedélyezési fázisoknak megfelelően. A 3 MW-os üzemanyag-cellás hajtáslánc már tengeri, de még partközeli hajózást tesz lehetővé. A kontinensek közötti, „valódi" tengerjáró hajókhoz még ennél is nagyobb teljesítményű hajtásláncokra lesz majd szükség. A tengerjáró hajók esetében az üzemanyag-cellás rendszer kiegészítő energiaforrás lehet, vagy azokon a területeken alkalmazzák (pl. fjordokban), ahol a környezetvédelmi előírások szigorúbbak. Az együttműködésbe ez esetben az ABB (*Marine and Ports* divíziója) a hajózási technológiai tudását adja, a Ballard pedig az akár MW léptékű tüzelőanyagcella-technológiai ismereteit.

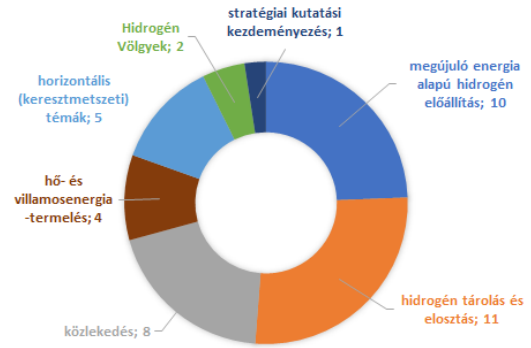
Forrás:

https://finance.yahoo.com/news/ballard-announces-delivery-two-class-133000934.html?guccounter=1

ABB Press Release (2022.02.23.): ABB and Ballard reach milestone toward fuel cell-powered marine transport.

Régi-új ismerős: a Clean Hydrogen Partnership *(folytatás az 1. oldalról)*

A Clean Hydrogen Partnership Joint Undertaking (CH2 JU) a 2008 és 2021 között aktív „Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Közös Vállalkozás (FCH JU)" utódja, amely 2022. március 1-én írta ki aktuális pályázati felhívását, amely most kivételes módon két „turnusban", azaz két 2022-es beadási határidővel jelenik meg. Ennek oka, hogy a szervezeti átalakulás miatt 2021-ben nem volt éves kiírás, így idén lényegében – kivételesen - kétéves periódusú kiírásra lehet jelentkezni:



[8] Az AiP, „elvi beépítési jóváhagyás" alapján bármely hajótervező cég kérheti a konstrukciójára vonatkozó kiviteli szintű jóváhagyást. A hajóépítői dokumentáció egyebek mellett tartalmazza a védőtávolságokat, amelyeket az üzemanyag-cella és a hidrogéntároló körül ki kell alakítani (utastéri és raktéri elválasztásra), valamint az üzemanyag-cella és a villamos meghajtás, valamint más villamos berendezések közötti ATEX (robbanásvédelmi) előírásokat, a hidrogénes rendszerek környezetére vonatkozó kockázatkezelési szabályokat.

- 2022.05.31-i határidővel: 179,5 millió EUR értékben,
- 2022.09.25-i határidővel: 121,0 millió EUR értékben.

Tehát az aktuális kiírásban összesen 300 millió euró a pályázható keret összege, 41 témakiírásban, amelyek fele két nagy témakör köré csoportosul: i) megújuló energia alapú hidrogénelőállítás, ii) hidrogéntárolás és elosztás. A témakiírások másik fele a közlekedés, a hő- és villamosenergia-termelés és egyes horizontális témakörök kategóriájába tartozik. Egyesületünk immáron tradicionálisnak mondható módon magyar nyelvre fordította és honlapján közzétette az aktuális témakiírások címeit, és egyes általános információkat, ami itt érhető el:

https://hfc-hungary.org/FCH-2%20JU%20Palyazati%20Kiiras%202022_FINAL.pdf

A Clean Hydrogen Partnership honlapja:

www.clean-hydrogen.europa.eu

Az NKFIH várhatóan 2022.03.29-én tart tájékoztatót a fenti pályázati kiírásokról, emiatt az érdeklődőknek érdemes figyelni az NKFIH honlapját is.

Kék hidrogén

A hidrogéngazdaság felfuttatásának és az ipari méretű, költséghatékony hidrogéntermelés lehetséges fundamentuma a teljes karbonsemlegesség eléréséig tartó átmeneti időszakban.

Angyal Gábor – MOL Nyrt., Veres Gábor Pál – MOL Nyrt.

Az Európai Unió – de tágabban vizsgálva a világ fejlett gazdaságainak jelentős része – meglehetősen ambiciózus célokat tűzött ki a következő évtizedekre a dekarbonizációs törekvéseket illetően. A közérdeklődés fókuszában leggyakrabban a háztartások és a közlekedés CO_2 kibocsátásának csökkentése áll, ugyanakkor a valóban jelentős volumenek – és ebből fakadóan a szignifikánsabb hatást kiváltó potenciálok – az ipari tevékenységekhez kötődnek. Ez vonatkozik általánosságban az energiafelhasználásra, de konkrétabban a már jelenleg is meglévő hidrogénfelhasználásra is.

Bizonyos ipari folyamatokhoz (pl. ammóniagyártás, kőolajfeldolgozás/petrolkémia, vegyipar stb.) nagy mennyiségű hidrogénre van szükség, amely egyfelől melléktermékként, másfelől földgázból történő előállítással keletkezik. A hazánkban előállított hidrogén 2020-ban ~160.000 tonna volt a nagyságrendeket érzékeltetendő, melyhez – a teljes értékláncra vonatkoztatott, általános 1:10 „ökölszabállyal" számolva – ~1,6 M tonna relatíve jól koncentrált CO_2 kibocsátás tartozik. Fontos szempont, hogy a hidrogén esetében a – jelenleg domináns – „hagyományos", leginkább földgázból kiinduló (SMR) előállítási eljárássorán keletkezik üvegházhatású gáz, a felhasználásakor (akár tüzelőanyag-cellában, akár hőerőgépekben stb.) már nem. Érthető törekvés tehát, ha a hidrogénelőállításra kiemelt figyelmet fordítunk az ipari dekarbonizáció előmozdításáért, valamint a potenciálisan jelentkező szélesebb körű (pl. közlekedés, szállítmányozás stb.) felhasználáson keresztül akár a kisfogyasztók lokális kibocsátásának csökkentéséért. Ezen törekvésből származik a hidrogéngazdaság, a hidrogénvölgyek, a hidrogénklaszterek kialakításának víziója.

A hidrogént előállításának módjától függően többféle színkóddal jelölik – természetesen ez a szempont nem befolyásolja a molekula minőségét:

- „szürke" H_2: földgázból, pontosabban metánból kerül előállításra. Karbonintenzív folyamat, a keletkező CO_2 az atmoszférába kerül. A hazai előállítás jelenleg teljes egészében ebbe a kategóriába esik,
- „kék" H2: lényegében szürke hidrogén előállítási mód, kiegészítve azzal, hogy ez esetben az előállítás során keletkező CO2 nem kerül az atmoszférába, hanem szén-dioxid leválasztás és felhasználás (CCU), vagy tárolás (CCS) segítségével elhelyezésre kerül,
- „türkiz" H2: szintén metánból, pirolízises eljárással keletkezik. A folyamat végterméke a hidrogén mellett a szilárd, elemi szén, azaz CO_2 nem kerül a légkörbe,
- „zöld" H2: leggyakrabban megújuló eredetű villamosenergia felhasználásával, vízből, elektrolízissel állítják elő; vagy biometán kiindulási alapanyag felhasználásával (utóbbi estben az előállítási reakció hőigényét is biogázból fedezik),
- "pink" H2: nukleáris energiával előállított áram felhasználásával, vízből, elektrolízissel,
- "sárga" H2: a villamos hálózatról vételezett áram felhasználásával, vízből, elektrolízissel.

Látható, hogy alapvetően két előállítási elv különíthető el: a fosszilis energiahordozókra, valamint a villamos áramra és elektrolízisre épülő eljárások.

(Szerkesztői megjegyzés: a különböző hidrogéntípusok színekkel történő jellemzésére még nincs minden típusra széleskörűen elfogadott egyezmény. Az MHTE – a körvonalazódó nemzetközi gyakorlatot követve - „sárga" hidrogénen a nukleáris alapú villamosenergia-termelésen és elektrolízisen alapuló eljárási módot érti. A hálózati villamos energiával végzett elektrolízisre az EU Hidrogén Stratégiája (2020) az „Electricity-based hydrogen" kifejezést használja, színkód nélkül. Jelen cikkben a szerzői szabadsághoz tartozik a még nem teljesen rögzített „színkódok" használata.)

A kék hidrogén „életciklusa” a folyamat nyersanyagának, a földgáz (metán) kitermelésével, kezelésével és a feldolgozási helyre történő szállításával kezdődik. Ezt követően a metán konverziója következik, mely folyamat során ideális esetben hidrogén és szén-dioxid keletkezik. A metán reformálására leginkább elterjedt és technológiailag kiforrottabb eljárások:

- Steam Methane Reforming (SMR): többlépcsős folyamat során, nikkel katalizátor alkalmazásával a metánból, vízgőz elkeverésével keletkezik a hidrogénben gazdag szintézisgáz, melynek szén-monoxid tartalmát leválasztják, és azt egy szintén gőzzel történő reakciólépésen keresztül szén-dioxiddá alakítják, további hidrogént kinyerve. A folyamat 800-850 °C fölötti hőmérsékleten játszódik le, valamint erőteljesen endoterm, ezért külső forrásból (általában szintén földgáz) folyamatos energiabevitelt igényel. Magyarországon ez a technológia terjedt el szinte kizárólagosan,
- Auto Thermal Reforming (ATR): nikkel vagy kobalt alapú katalizátor alkalmazásával, az SMR-hez hasonlóképpen metán és vízgőz keverékével játszódik le a folyamat. Fontos különbség azonban, hogy levegő helyett tiszta oxigén kerül adagolásra, így a keletkező CO és CO_2 mennyisége, illetve H_2-hez való aránya szabályozható. A folyamat 1000 °C fölötti hőmérsékleten játszódik le, az entalpiája ~0, az endoterm és exoterm reakciók hozzávetőlegesen egyensúlyban vannak egymással ezért a stacioner folyamat nem igényel további külső energiabevitelt,
- Partial Oxidation (POx): ebben az esetben a szintézisgáz - mely a három opció közül a legkevésbé dús H_2-ben - tulajdonképpen metán, tiszta oxigénnel történő tökéletlen elégetésével keletkezik. A folyamat nem igényli katalizátor jelenlétét, ugyanakkor magas hőmérséklet (1400 °C), nagy nyomás (50-80 barg) és exoterm tulajdonságok jellemzi.

A fenti folyamatok, technológiától függően jelentős mennyiségű szén-dioxid kibocsátásával járnak részben mint reakciótermék, részben mint az energiaigény fedezésének égéstermékeként, melynek leválasztása, további kezelése kulcsfontosságú annak érdekében, hogy a szürke hidrogént kék hidrogénnek (t.i. „*low-carbon hydrogen*”) nevezhessük.

Az CO_2 leválasztására szóba jöhető, fizikai-kémiai alapelveket használó eljárások:

- Abszorpció: CO_2-re szelektív, folyékony amin-vegyület alkalmazásával. A CO_2 reakcióba lép, beoldódik (abszorbeálódik) az oldószer vizes oldatába új vegyületeket létrehozva, majd ezek, reverzibilis reakciókörnyezetet létrehozva lebomlanak; a CO_2 hulladékgáz formájában távozik, míg az oldószer a kezelendő gázeleggyel ismét érintkeztetve, újra felhasználható,
- Kriogén technológia: a gázelegy lehűtésre kerül a CO_2 adott nyomásviszonyokra jellemző harmatpontjára és cseppfolyós formában kerül elkülönítésre a gázelegy többi összetevőjétől,
- Membrántechnológia: általában polimerből készülő szelektíven áteresztő anyag alkalmazásával, a megfelelő nyomás és hőmérséklet viszonyok segítségével a CO_2 molekulák elkülöníthetők a gázelegy többi összetevőjétől,
- Adszorpció: természetes vagy mesterséges eredetű molekulaszita alkalmazásával a CO_2 megkötésre kerül az abszorber felületén, majd telítődést követően az üzemi nyomásviszonyok változtatásával, a regenerálási fázisban tiszta CO_2 deszorpciója következik be.

A jelenleg ismert, az ipari léptékhez alkalmazható technológiák ezekre a módszerekre, illetve ezek kombinációjára épülnek. A fentieken kívül még léteznek vegyes jellegű eljárások a hidrogéngyártásban (pl. *chemical looping reforming*), de terjedelmi és tartalmi okokból ezekre most nem térünk ki.

A leválasztott, ideális esetben akár 95 mol%-nál is nagyobb koncentrációjú CO_2-t ezt követően felhasználni (pl. metanolgyártás, polimer-előállítás, élelmiszeripari felhasználás stb.) vagy véglegesen letárolni szükséges. Fontos megjegyezni, hogy a jelenleg belátható felhasználási lehetőségek – összevetve a tárolási lehetőségekkel – nagyságrendjüket tekintve jelentéktelenül eltörpülnek a kibocsátott CO_2 mennyiségéhez képest.

A CO_2 geológiai tárolására a sókavernák, széntelepek, kimerült olaj- és gáztelepek, illetve sósvizes aquiferek (víztestek) lehetnek alkalmasak. Vannak továbbá kísérletek bazaltformációkban történő, gyors ütemű mineralizációra is. Általánosságban az utóbbi két opció kezd elterjedni az iparban. Magyarországon is ezekben a tárolási alternatívákban érdemes gondolkodni.

Jól látható tehát, hogy a kék hidrogén esetében már a metán hidrogénné alakítása is komplex, ipari méretű üzemekkel történik, de emellett az értéklánc további része is rendkívül hosszú és összetett; a földgáz termelésétől és szállításától kezdve a hidrogéngyár és CO_2 leválasztó üzemek működtetésén keresztül a szén-dioxid elszállításáig és felszín alatti tárolásáig. Ezen jellemzők egyben meg is határozzák azt, hogy ezek az eljárások elsősorban centralizált, nagy volumenű, rugalmatlan termelésre alkalmasak. Nyugodtan mondhatjuk tehát, hogy a kék hidrogén üzemei a hidrogéngazdaság potenciális „alaptermelői” („zsinór-termelői”), ha úgy tetszik „atomerőművei”.

Ez az analógia egyébként a két technológia megosztó közmegítélése okán is helytálló – mindkettőt kritika illeti - nem teljesen karbonsemleges és nem megújuló természetük miatt. A kék szín tehát a nagy mennyiségben, jelentős karbonkibocsátás-csökkentéssel, amely nagyobb mint 70% és relatíve alacsony költséggel (2,0-2,5 EUR/kg – mely túlnyomórészt a földgáz árával van összefüggésben) előállított hidrogéntípus szinonimája. Összevetve az alternatívák költségével (pl. zöld hidrogén > 4,5 EUR/kg) látható, hogy akár az ipari, akár például a tömegközlekedésben vagy áruszállításban való széles körű felhasználás lebeg a szemünk előtt, a kék hidrogén – noha nem teljesen karbonmentes – észszerű kompromisszum lehet a következő évtizedek során. Magyarország ráadásul rendkívül előnyös helyzetben van a kék hidrogén termelésének szempontjából: a földgáz-infrastruktúra magasan fejlett, a hazai gáztermelés mellett az ország transznacionális csomóponti helyzete biztosítja a hosszú távú alapanyag ellátást. Jelentős szürke hidrogén termelés van az országban, melyek egy része barnamezős szemlélettel kék hidrogén üzemmé alakítható. A hazai geológiai CO_2-tárolásra vonatkozó potenciálok – szemben például a zöld hidrogénhez szükséges megújuló áramtermelésre vonatkozó potenciálokkal – a régióban jelentősnek mondhatók. Észszerű törekvés a már felfedezett, fosszilis energiahordozókat minimalizált üvegházhatású gáz kibocsátásával, ugyanakkor elfogadható költségszint mellett felhasználni. Noha a kék hidrogén költség/haszon aránya (beruházott tőke/CO_2 kibocsátás csökkenés, illetve hidrogén összköltség/CO_2-kibocsátás csökkentés alapon is) a hazai viszonyok között kiemelkedő, a hidrogénpiac termelési oldalát különböző, mesterséges tényezők torzítják, torzíthatják a jövőben. Az Európai Unió tervezetei, amelyek a zöld hidrogén kötelező részarányát szabályozzák az üzemanyagokban (pl. RFNBO) és az ipari tevékenységekben – hacsak nem több évtizedes türelmi idővel kerülnek bevezetésre, ami lehetővé tenné a beruházások megtérülését – arra az eredményre vezethetnek, hogy a kék hidrogén lehetséges szerepe azelőtt véget ér, mielőtt a hidrogéngazdaság megteremtésében, felfuttatásában és az ipari dekarbonizáció 2050-ig tartó időszakában vitathatatlanul meglévő előnyei és lehetőségei kiaknázásra kerülnének.

Nagyon érdekes kérdés, hogy a kék hidrogén értékláncában a termelés, leválasztás és tárolás során szereplő lehetséges eljárások, technológiák kombinációi közül melyek az energetikai és költség szempontból leginkább optimálisak, hogy maga az alacsony karbonintenzitású, nagy volumenű hidrogéntermelés a lehető legköltséghatékonyabb lehessen. A szinergiákat a hidrogéngazdaság irányába továbbgondolva felmerül a kérdés, hogy a kék hidrogén szerepe és jelentősége miképpen viszonyul a többi, alacsony karbonintenzitású, vagy teljesen megújuló hidrogéntermelési módokhoz, miképpen integrálhatók ezek az eljárások.

Abban az esetben, ha a hidrogén, mint széles körben alkalmazott köztes energiahordozó elterjed, úgy ezt a kérdés a villamosrendszer és a hidrogénrendszer holisztikus szemléletű integrációja és optimalizációja irányából kell majd megközelíteni. A hidrogénrendszer nem lesz értelmezhető a villamosrendszer nélkül és viszont, hiszen az elektrolízis villamos áramot igényel akár a hálózatról, akár közvetlenül megújuló forrásból, ugyanakkor a hidrogéntermelés és az áramtermelés közös optimumát kell majd a rendszereknek biztosítaniuk. Felmerül a kérdés, hogy mindig szükséges-e a keletkező megújuló áramból zöld hidrogént termelni, vagy fel lehet-e közvetlenül használni az áramot bizonyos időszakokban, amikor az hatékonyabbnak és jobbnak látszik? A zöld hidrogén valós dilemmája a hazánkhoz hasonlóan fejlett villamos infrastruktúrával rendelkező régiókban – ahol a megújuló villamos áram hatékony és közvetlen felhasználása biztosított –, hogy a felesleges megújuló áram tárolásán kívül hatékony-e az alkalmazása vagy sem? A villamos- és hidrogénrendszer hasonló teoretikus felépítése is lehetséges a komponensek erősségeinek, illetve korlátainak figyelembevételével, hiszen a hidrogén-ökoszisztémának is megvan az alaptermelést biztosító technológiája (kék hidrogén), melyet kiegészít a zöld hidrogén ciklikus és szezonális termelése, szükség esetén kiegyenlítve/megtámogatva a nukleáris alapú villamosenergiával előállított hidrogénnel. A türkiz hidrogén termelése során keletkező elemi szén pedig a zöld hidrogén gyártásával felszabaduló oxigén felhasználásával, üzemanyag-cellában villamos áram termelési céllal eloxidálható. A keletkező tiszta CO_2 véglegesen letárolható, a villamos áram pedig a hálózaton felhasználható.

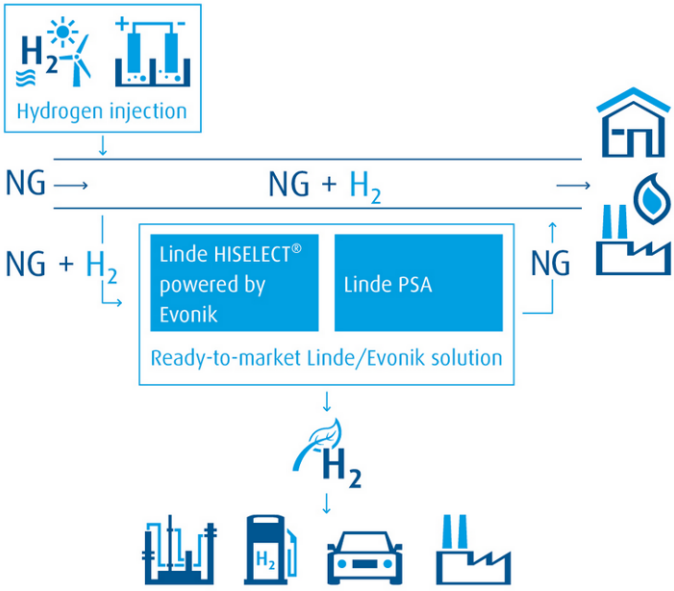
A fenti elgondolás csak gondolatébresztő annak bemutatására, hogy a lehetséges alternatívák előnyei és hátrányai mennyire összetettek és a különböző hidrogéntermelési eljárások preferenciájával kapcsolatos kérdéseket – ha gyakorlatiasak akarunk maradni – nem a „vagy", hanem az „és" kötőszavakkal érdemes feltenni. Az intenzív dekarbonizációs törekvések megvalósításakor jó eséllyel vélelmezhető, hogy az egyes módszerek önmagukban, a lehetséges szinergiák kihasználása nélkül nem állnak meg gazdasági szempontból – vagy csak igen komoly dotálási rendszer, esetleg áremelés árán, melyet így is, úgy is a fogyasztók fizetnek meg. Előnyös lehet tehát ezen eljárások ilyen szemléletű összefűzésére való törekvés.

A Nemzeti Hidrogénstratégiában meghirdetett „hidrogénvölgy” koncepciók egyébként ennek a szemléletnek remek keretei és előmozdítói. Összességében tehát a fő kérdés nem az, hogy melyik hidrogéntermelési technológia a „legjobb”, vagy melyiket alkalmazzuk kizárólagosan a „színek” közül, hanem az, hogy miképpen lehet őket ideálisan egymáshoz, a fogyasztói igényekhez és a rendszerekhez integrálni a regionális vagy nemzetgazdasági optimum elérése érdekében?

A kék hidrogénnek bizonyára helye lesz a következő évtizedek hidrogéntermelési rendszerében, mint – a jövőbeni energiaáraktól (különösen a földgáz és villany, CO_2-kvóta-áraktól) is függően - legolcsóbb alacsony karbonintenzitású változatnak, mivel költségszintje elősegítheti a hidrogéntechnológia elterjedését, ráadásul komoly CO_2 kibocsátáscsökkentési potenciállal rendelkezik. Nem utolsó sorban infrastruktúrája alkalmas az ipari méretű alaptermelésre és Magyarország helyzeti előnnyel is rendelkezik az előállítás terén.

Pilot üzem indult hidrogén membránszeparációs leválasztására

A németországi Dormagenben állította üzembe a Linde Engineering azt az – immár ipari méretű – pilot üzemét, amely gáz membránszeparációs technológiát alkalmaz a földgáz-hidrogén gázelegy szétválasztására. A HISELECT® márkanéven futó – Linde és Evonik fejlesztésű – technológia azért fontos, mert a földgáz hálózatba kevert, és abban szállított hidrogén leválasztását teszi lehetővé a végfelhasználói ponton.

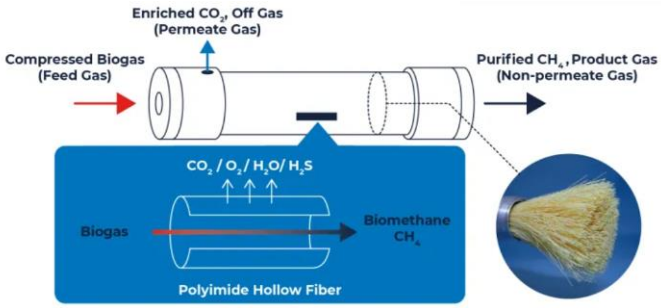


A földgázrendszerbe kevert hidrogén bekeverési, szállítási és szeparálási sémája. Kép: Linde

A konkrét projekt, illetve pilot üzem arra a feltevésre létesült, hogy a gázelegy 5%-60% arányú hidrogént tartalmaz, amit a végfelhasználói ponton membrántechnológiával szeparálnak. Ha a leválasztott hidrogénnek nagyfokú tisztasági követelménynek kell megfelelnie, akkor egy további PSA – vagy esetleg egyéb – tisztítási eljárás iktatható a folyamatba, amivel a H_2 tisztasága akár 99.999% fölé növelhető.

A technológia jelentősége nagy, mivel számos ország tervezi, főleg a hidrogéngazdaság kezdeti évtizedeiben, hogy teljesen új és dedikált hidrogénvezetékek helyett a meglévő földgáz-infrastuktúrát használja hidrogén bekeverésre. A módszer elvi alapja, hogy a különböző gázösszetevők esetében a membrán – amely általánosságban egy szemipermeábilis hártya, konkrét esetünkben pedig üreges szálakat alkotó, mesterséges anyagú (polimer) membrán – eltérő permeációs (áteresztési) sebességet mutat. A mellékelt ábra alapján ez hidrogénre igen gyors, a metán molekulákra pedig meglehetősen lassú áteresztést biztosít. Az egyszerűsített folyamatábrának megfelelően a hidrogén esetünkben a permeátum (alacsony nyomású oldal), a „visszamaradó” metán pedig retentátum (magas nyomású oldal).

A dormageni üzem esetében a membrán mesterséges (poliamid) üreges szálakat jelent, amelyeket az Evonik cég fejlesztett, és amelyeket 4 és 8 inch átmérőjű modulokba építenek be. A berendezés 200 bar nyomásig és 80 °C hőmérsékletig üzemeltethető, és természetesen több modul integrálható egy berendezésbe, hogy a kívánt gázkezelési kapacitást (m3/h) elérjék. E technológia természetesen nem csak földgáz-hidrogén elegyek szétválasztására használható, hanem pl. hidrogén visszanyerésre szintézis gázokból, finomítói vagy vegyipari véggázokból is. Ugyancsak alkalmas pl. CO_2 leválasztására földgázból, meglehetősen széles gázáramlási és koncentráció-tartományban. Ebből fakadóan biogázok tisztítására („upgrade”) is gyakran alkalmazott módszer. A következő ábra jól szemlélteti a szálak elhelyezkedési módját a modulon belül.



Membránszűrés működési elve biogáz tisztításra és az alkalmazott üreges szálak fényképe. Kép: UBE Co Europe

Tagvállalati bemutatkozó

Új vállalati tagjaink bemutatkozó sorozatában most a Messer Hungarogáz Kft. ír önmagáról, ill. cégcsoportjuk hidrogén, valamint hidrogéntechnológiai szolgáltatásairól – a Szerk.

Hidrogéntechnológiák a Messertől

A Messer Hungarogáz Kft. hazánk egyik vezető iparigáz gyártó és forgalmazó vállalata, piacvezető a nagyipari on-site gázüzemek építése és működtetése terén, a hidrogénelőállítási, ellátási és logisztikai megoldások szakértője. Számos hazai és külföldi partnerünknél működtetünk on-site hidrogénüzemeket, ahol a helyszínen állítjuk elő az adott üzem gyártási folyamataihoz szükséges hidrogént.

Ipari gáz szakértőként sok évtizedes tapasztalatunk, magasan képzett mérnöki és technikusi csapatunk garantálja a hidrogén felhasználói igényre szabott előállítását, a biztonságos töltéstechnológiát, logisztikát és ellátást.

Anyavállalatunk a Messer Group a világ legnagyobb családi irányítású iparigáz gyártó vállalata, 37 országban van jelen Európában, Amerikában, Ázsiában és Algériában. Az egyik legnagyobb hidrogén-szállító a mobilitási és energetikai alkalmazások területén. Tagja az Európai Tiszta Hidrogén Szövetségnek (*European Clean Hydrogen Alliance*).

Zöld H_2 előállítás vízelektrolízissel – Siemens Energy stratégiai együttműködés – Tarragona Chemical Park

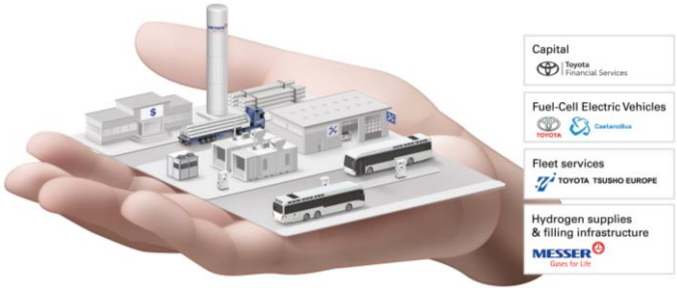
A Siemens Energy és a Messer az iparban és a mobilitás területén hasznosítható tisztahidrogén-projektek (5 – 50 MW teljesítmény tartományban) kapcsán lépett hosszú távú stratégiai együttműködésre. Cél az elektrolizáló berendezések lehető leggazdaságosabb üzemeltetésének elérése, nagy hangsúlyt fektetve a költséghatékonyságra és a melléktermékek – például az oxigén és a hő – hasznosítására. Az első közös projekt megvalósítására a spanyolországi Tarragona Chemical Park-ban kerül sor.

A hosszútávú együttműködés keretében felhasználói igényekre szabott hidrogénelőállítási megoldásokat valósítsunk meg olyan ipari alkalmazási területeken, mint a petrolkémia, vegyipar, élelmiszer- és acélgyártás. A Siemens Energy a legkorszerűbb vízelektrolízis-technológián túl (pl. Silyzer 300 PEM elektrolizáló) bizonyítottan nagy szakértelemmel rendelkezik az áramellátás és az áramtermelés rendszermegoldásai terén.

Hidrogén mobilitási projektek: H_2-töltőállomás hidrogénüzemű buszok tankolásához Tarragonában

Együttműködés a Toyota Csoporttal hidrogénbuszok üzemeltetésére

A fenntartható mobilitás érdekében a Messer a Toyota csoporttal együttműködve átfogó megoldást kínál hidrogénüzemű buszflottáküzemeltetéséhez – beleértve a hidrogénellátást, az infrastruktúrát és az üzemeltetéshez szükséges összes szolgáltatást.



Partnerség a A H_2-Wyhlen Power-to-Gas Projekben

A Messer az egyik projektpartner a németországi H2-Wyhlen Reallabor energetikai tesztkörnyezet kiépítésében. Az EnBW-Gruppe Power-to-Gas technológiai megoldással működő berendezése elektrolízissel bont vizet hidrogénné és oxigénné. A Messer feladata a zöld hidrogén forgalmazása.