

## 1.2 | A tiszta zöld energia álma – a hidrogén 2.7

*Tárgyszavak: hidrogéngazdaság; megújuló energiaforrások; nukleáris erőmű; tüzelőanyag-elem; Európa; USA.*

Az olajtermelés egy-két évtizeden belül eléri a lehetséges maximális értékét, ez után gazdasági káosz következhet, ha nem találunk gyorsan alternatív energiaforrást. Az USA az atomreaktorok új generációját kívánja kifejleszteni, Európa a megújuló energiaforrások mellett kötelezte el magát. Azonban a megújuló energiaforrások, pl. a szélturbinák vagy a napelemek szakaszosan üzemelnek; a termelt energia tárolása nagy méretekben nem lehetséges. Egy lehetséges új megoldás a hidrogén.

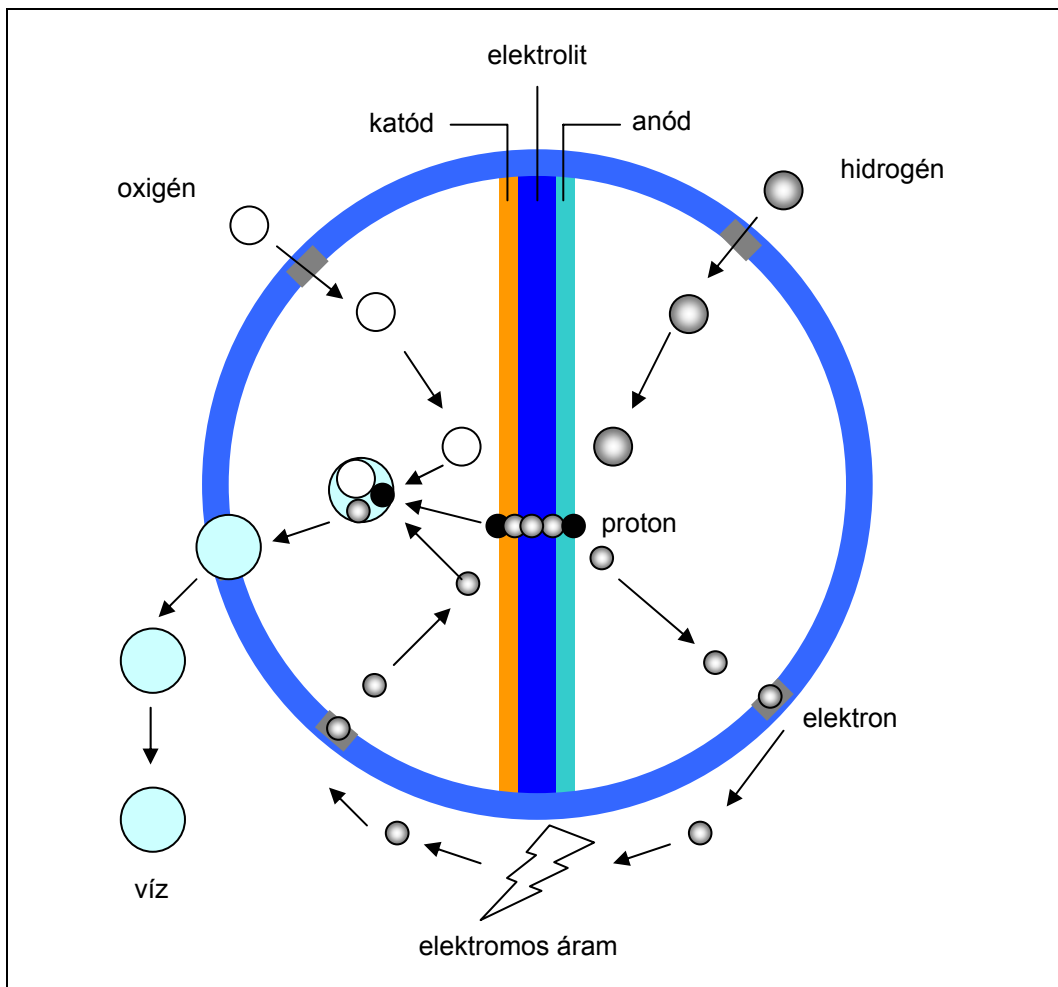
### A tüzelőanyag-elem

A tüzelőanyag-elem Sir William Grove wellszi fizikus találmánya 1839-ből. A készülék elektromos áramot állít elő hidrogén és oxigén egyesítésével.

A hidrogén-üzemanyag katalizátor hatására összetevőire, protonra és elektronra bomlik fel. A proton és elektron hajlamos az oxigénnel reakcióba lépve vizet képezni, azonban a tüzelőanyag-elemen belül egy elektrolitréteg választja el őket az oxigéntől, amely a protonokat átengedi, de nem engedi át az elektronokat. A protonok nem tudnak elektronok nélkül kölcsönhatásba lépni az oxigénnel (1. ábra).

A reakció révén felszabaduló energia elegendő, hogy az elektronokat a vezetéken keresztül az ellenkező oldalról odavonzza, és így elektromos áram jöjjön létre. A készülék hatásfoka jó. Autóban a hidrogén-üzemanyag energiájának 60–70%-a hasznosul, a belsőégésű motorok hatásfoka csak 20–25%.

Európa a jövőben a zöld energia mellett kötelezte el magát. Az autók és a háztartások energiaigényét egyaránt tüzelőanyag-elemmel kívánják biztosítani, ez oxigénből és hidrogénből csupán áramot és vizet állít elő. Az Európai Bizottság által körvonalazott terv szerint a hidrogén előállításához szükséges teljes energiát 2050-ben már megújuló forrásokból fogják nyerni.



1. ábra Az üzemanyag-elem működése

A hidrogénre alapozott gazdaság előnyei nyilvánvalóak. Azonban hidrogént csak áram vagy ásványi üzemanyagok felhasználásával lehet előállítani. A hidrogén, ha már előállították, könnyebben tárolható, mint az elektromos energia, így a hidrogén közvetítésével az állandó áramellátás megvalósítható még olyan szakaszosan működő energiaforrások mellett is, mint a szélturbinák, vagy a napelemek. A hidrogént felhasználó tüzelőanyag-elemek, bár egyelőre gazdaságilag nem életképesek, képezik az egyedüli alternatívát a benzinmotorokkal szemben. Így a villamos hálózat részleges ellátásán kívül a hidrogén alkalmazása megszüntetheti a közlekedésben az olajtól való függésünket.

Érthető, hogy sokan kételkedve fogadják az állítást, mely szerint a hidrogéngazdaság a közeljövő gazdasága. A tüzelőanyag-elemet több mint 150 évvel ezelőtt találták fel és az 1960-as években az űrprogramok során alkalmazták. Mégis, a legegyszerűbb alkalmazásoktól elte-

kintve, nem versenyképesek az energiatermelés más formáival szemben. Felmerül a kérdés, milyen változás idézte elő, hogy Európa lehetőséget lát a hidrogén alkalmazásában?

## **Elkötelezettségek a nagyvilágban**

Nem történt semmi drámai előrelépés a technikában, ami felgyorsítaná a hidrogénre mint energiahordozóra való áttérést. Azonban az elmúlt hónapokban a politikusok világszerte ilyen jellegű kötelezettségeket vállaltak, pl.:

- New Yorkban, a Central Parkban 1999-ben a rendőrőrsön tüzelőanyagelem-rendszert szereltek fel, mert ez olcsóbb volt, mint a villamos hálózat kiépítése;
- Bush elnök az USA energiára fordított költségvetéséből 1,7 Mrd USD-t biztosít a hidrogénkutatásra;
- Argentínában Pico Truncado város szélenergiával működő hidrogéngyárat épít. Az 500 000 USD költségű terv töltőállomások létesítését is tartalmazza, ezek fogják biztosítani az üzemanyagot a 15 000 lakosú város tömegközlekedése számára;
- 1999-ben Izland programot indított, amely keretében a világon elsőként teljes mértékben áttér a hidrogénre. Elsődleges forrásként a geotermikus energiát használja. Az első utasokat szállító tüzelőanyag-elemes autóbuszok 2003 szeptemberében indulnak;
- Az Európai Bizottság 2 Mrd USD-t különített el hidrogénkutatásra az elkövetkező öt évre;
- 10 európai város 2003 végéig egy 21 M USD-s terv keretében egyenként három tüzelőanyag-elemmel működő buszt üzemeltet. A hidrogén előállítás az egyes városokban eltérő módon történik. A tíz város közül Madrid kapta meg májusban elsőként a buszokat.
- A japán kormány erre az évre 190 M USD-t különített el hidrogénkutatásra és bemutató projektekre. A kormány célul tűzte ki, hogy 2010-ben 50 000 és 2020-ban 5 M tüzelőanyag-elemes autó működjön. A bemutató program keretében a kormány decemberben öt tüzelőanyag-elemes buszt bérelt a Toyotától és a Hondától, Tokió körzetében hat hidrogéntöltő állomás működik.

A politikusok egyszeriben dicsérik a hidrogénprogramot és komoly pénzeket szánnak rá. Prodi bejelentését 2 Mrd EUR-s alappal támasztotta alá, amit az elkövetkező öt évben hidrogénkutatásra kívánnak fordítani.

Ahhoz, hogy a tüzelőanyag-elemes autók számottevő részesedést nyerjenek a piacon, valószínűleg 15-20 év szükséges. Azonban a speciális tüzelőanyag-elemek egy-két éven belül megjelenhetnek az olyan alkalmazásoknál, ahol előnyük nyilvánvaló a jelenlegi technikával szemben (pl. hordozható „mini tüzelőanyag-elemek” laptop számítógépekhez vagy mobiltelefonokhoz). A fogyasztók készek többet fizetni egy olyan laptopért, amelyik a három óra alatt lemerülő elemes változattól eltérően, egy napig képes működni.

Ezt szorosan követik az olyan ágazatok, ahol a folytonos áramellátás különösen fontos, ilyen a bankszakma és a szilíciumcsip-gyártás. Az amerikai gazdaság áramszünet miatt bekövetkező számítógép-leállásokból adódó vesztesége körülbelül évi 29 Mrd USD.

A tüzelőanyag-elemek mérnöki szempontból ideálisak folyamatos áramellátást igénylő munkahelyeken, mivel szerkezetük egyszerű. Csak néhány mozgó alkatrészt tartalmaznak, megbízhatóbbak és olcsóbban karbantarthatók, mint a hagyományos generátorok. A First National Bank of Omaha (Nebraska, USA) 1999-ben tüzelőanyagelem-rendszert szerelt fel. A bank hitelkártyakezelő rendszere óránként 6 M USD-s forgalmat bonyolít le, így a megbízható működése döntő fontosságú. A rendszer tervezett évi állásideje kevesebb, mint 3 s, hagyományos tartalékgenerátorok esetében ez 1 óra.

Egyes esetekben a tüzelőanyag-elemek árban versenyképesek a hálózattal. Így London közelében Woking város földgázzal működtet egy tüzelőanyag-elem rendszert, ez látja el árammal 18 hónap óta a szabadidőközpontot és a helyi lakótelepet. Ez az egyetlen rögzített kereskedelmi felhasználású tüzelőanyag-elem az Egyesült Királyságban. A rendszer hálózattól függetlenül működik, és bár az elektromos áramot drágábban termeli, mint a gázturbina, a vevő számára mégis versenyképes, mert a hosszú távolságra történő áramtovábbítás és áramelosztás költségei nem lépnek fel. Itt lehetőség nyílik az új technológia kipróbálására reális körülmények között. A felelős mérnök szerint a szolgáltatást komolyan kell venni, mert a „vezeték végén fizető vevők vannak”.

## **A végső cél**

A fent említett újítások gyorsítják a tüzelőanyag-elemes autókkal kapcsolatos kutatómunkát. Ez a legnagyobb potenciális piac, és így válhat meg a kormányok által kitűzött legfontosabb cél: a kőolaj helyettesítése. Az autógyártók eddig 2 Mrd USD-t fordítottak a hidrogénkutatásra. Bár néhány tüzelőanyag-elemes busz bemutatóprogramok kere-

tében már működik, az autógyártók óvatosak. „Forradalmian új technológia piacra erőttese a kitűzött céllal ellentétes hatást válthat ki” – állítja az autógyártók részére alkatrészeket tervező Ricardo Consulting Engineers cég (Egyesült Királyság, Sussex) műszaki igazgatója. Emlékeztet a General Electric elektromos autójára, aminek az elkészítése 350 M USD-be került, de csak 600 darabot sikerült bérbe adni. „A sikerhez szükséges, hogy a tüzelőanyag-elemes autók valamilyen előnyt nyújtsanak a vásárlók részére.”

Számos problémát kell megoldaniuk az autógyártóknak ahhoz, hogy a hidrogén-üzemanyaggal működő autók olyan tökéletesek legyenek, mint a százéves kutatással és fejlesztéssel létrehozott belsőégésű motorokkal működők. A legfontosabb feladatok közé tartozik a hidrogén-üzemanyag praktikus tárolásának és szállításának megoldása. Egy lehetőség a nagynyomású üzemanyagtartályok alkalmazása, de nem lesz könnyű feladat e tartályokat olyan kicsire tervezni, hogy ne foglaljanak túl sok helyet az autóban, ugyanakkor pedig elég nagyok is legyenek, hogy két töltés között az autó ésszerűen hosszú utat legyen képes megtenni.

Másik fontos kérdés az üzemanyag forgalmazása. Az emberek nem fognak hidrogén-üzemanyaggal működő autót venni, ha nincsenek töltőállomások. Az üzemanyag-forgalmazók pedig nem fognak a szükséges infrastruktúrába befektetni, ha nincs kellő számú hidrogén-üzemanyaggal működő autó az utakon. Ez tipikus tyúk/tojás probléma.

Azonban a hidrogén-üzemanyagra áttérés simábbá tehető. Egy javasolt forgatókönyv szerint először az üzleti életben térnének át helyhez kötött tüzelőanyag-elemek használatára, ezeket földgázból előállított hidrogén táplálná. Az első mozgó tüzelőanyag-elemek a szállítójárműveken és a buszokon üzemelnének, ezek éjszakánként visszatérnének egy központi telepre feltöltés céljából. A sorban következők a hidrogénfejlesztő állomások közelében dolgozók lennének. Mialatt a hivatalban vannak, az autójuk feltöltődik hidrogénnel, közben a tüzelőanyag-elem áramot termel a hálózatba. Ha ez a rendszer már működik, kifizetődővé válik átalakító- és töltőállomások létrehozása. Ha a hidrogén-infrastruktúra kiépült, át lehet térni a megújuló energiaforrásokra.

Attól függetlenül, hogy e forgatókönyv működik-e, mindenki egyetért abban, hogy a hidrogén-üzemanyagra áttérésnek valamilyen módon meg kell történnie, ha meg akarjuk szüntetni az olajfüggést. Ez kiváltképpen érvényes az autóközlekedésre. A hidrogéngazdaságot támogatói környezetkímélőnek tekintik, mert minimális mennyiségű üvegházhatású gáz és egyéb légszennyező anyag kibocsátásával jár.

Az olajfüggéstől való megszabadulás nem feltétlenül vezet a fenntartható jövőhöz; a hidrogéngazdaság működtetéséhez szükséges energiaforrás politikai döntés tárgya.

## **A megújuló energiaforrások hasznosítása Európában**

Európa részesedése a világ működő szélerőműveinek teljesítményéből 87%, ez elegendő 40 M ember áramszükségletének kielégítésére, a teljesítmény évente 40%-kal növekszik. A szélenergia ára az elmúlt 20 évben 80%-kal csökkent.

Németország élen jár a szélenergia hasznosításában, szélerőműveinek összteljesítménye 12 GW, ez elegendő 15 M ember áramellátásához.

A brit kormány bejelentette az eddigi legnagyobb beruházást a megújuló energiaforrások hasznosításába. Tengeri szélturbinatelepet létesít, melynek teljesítménye 2010-ben 6 GW lesz, ami elegendő a brit háztartások egyhatodának ellátására.

Dániában a Samsø-sziget 4500 lakosa 2007-re teljes áramigényét megújuló forrásból fogja fedezni.

Izlandon, Norvégiában és Svédországban a megújuló forrásokból nyert energia részesedése a teljes fogyasztásból nagyobb, mint bármely más országban: 72,6%, 52,8% és 31,7%.

## **Hogy csinálják az USA-ban?**

Amíg Európa a hidrogént megújuló energiaforrásokból kívánja előállítani, a Bush-kormány tervei ettől eltérőek. 86 M USD-vel kívánja csökkenteni a megújuló források kutatására és az energiahatékonyság növelésére fordított összeget és 2 Mrd USD-t kíván fordítani tiszta széntechnológiák kifejlesztésére. 60%-kal kívánja növelni azt a 62 M USD-t, amelyet az ásványi üzemanyagok elégetése során keletkező szén-dioxid leválasztásának kutatására fordítanak. A nukleáris kutatásokra fordított összegek 19%-os növelését tervezi, és bőséges támogatást nyújt az atomreaktorok új generációjának létrehozására, többek közt egy hidrogént termelő demonstrációs üzemre.

A két elgondolás közötti különbség rövid időn belül nem nagyon lesz észlelhető. Európában a megújuló energiaforrások piaci részesedése 6%, az USA-ban is körülbelül ekkora. A teljesítmény az új szélturbináknak köszönhetően gyorsan növekszik, de a teljes energiaigény is évi 2%-kal nő. A Bush által kezdeményezett nukleáris erőművek létrehozása is éveket igényel. Így az ásványi üzemanyagok részesedése az energia-

termelésben rövid időn belül nem csökken drámai módon az Atlanti-óceán egyik partján sem, a hidrogén-tüzelőanyagelemek egyelőre földgázzal üzemelnek.

Azonban a globális felmelegedés miatti aggodalom, a növekvő geopolitikai feszültségek, az olajtermelés várható csökkenése eddig nem tapasztalt mértékben ösztönöz az ásványi üzemanyagok helyettesítésére. Néhány évtized múlva szakadék keletkezhet a nukleáris energiára alapozott jövő és a szélturbinás csodavilág között.

## **A hidrogéngazdaság bizakodó és szkeptikus értékelése**

„Igen, barátaim, meggyőződésem, hogy egy napon a vizet fogják használni fűtőanyagként, alkotóelemei a hidrogén és az oxigén kiapadhatatlan forrása lesz a hőnek és a fénynek... A víz lesz a jövő szene.”

Ezek Pencroft mérnök szavai Jules Verne 1874-ben írott tudományos fantasztikus regényében, a *Rejtelmes Szigetben*. Ma újra aktuális ez az elképzelés. A hidrogén hívei szerint az új üzemanyag megszünteti az emberiség szénhidrogén-üzemanyagok iránti kötődését, az energia-termelést decentralizálja – a folyamatot ők „alulról felfelé végbemenő reglobalizációnak” nevezik.

„Az új energiarendszerek és az új kommunikációs rendszerek egyesülése döntő szakaszába jutott” – állítja Jeremy Rifkin, a Washinton DC székhelyű Gazdasági Trendek Alapítvány elnöke, a hidrogénre alapozott gazdaság neves szószólója. A távíró megjelenése és az olaj felhasználása párhuzamosan ment végbe az USA-ban, és ez forradalmi változásokat hozott. A világ Rifkin szerint a világháló megjelenésével újabb forradalmi változások küszöbén áll, a világhálónak megfelelő energiahordozó pedig a hidrogén. Az új eszme hirdetői szerint a megújuló források és a hidrogén energiahordozóként való felhasználása azzal az előnnyel jár, hogy az áramtermelést decentralizálja. Az elektromos energiát ott lehet megtermelni, ahol szükség van rá, nem lesz szükség infrastruktúrára az áram nagy távolságokra továbbításához.

A kis termelők hálózata fontos része Rifkin látomásának. Az autókat a jövő kerekeken gördülő áramtermelőinek tekinti. Mialatt az autó a garázsban van, tüzelőanyag-eleme a hálózat részére termel áramot, így pénzt keres gazdájának.

Ha az USA 200 millió járművét átalakítják tüzelőanyag-elemmel működővé és bekapcsolják a hálózatba, a jelenleginél négyszer nagyobb teljesítményt nyernek. Hasonló forgatókönyvet vázolnak az Egyesült Királyság kormánya által tavaly publikált fehér könyvben.

A hidrogéngazdaság nagy nyertese a fejlődő világ lehet. Ott az emberek nem rendelkeznek elektromos energiával. A globalizáció számukra kudarc, ez bolygónkon öt ember közül csak egyet érint. A hidrogén és a hálózati kommunikáció kombinációja elvezethet egy olyan világba, amelyik inkább az egyenlőségen alapszik, amelyben az energiát helyben termelik és helyben birtokolják.

Ez megragadó jövőkép, de mindenesetre ettől évtizedek választanak el bennünket. Számos megfigyelő szerint a hidrogén lehetőségeinek ilyen túlbecslése csak kiábránduláshoz vezethet. „Lehetséges, hogy a hidrogén csupán hit, de nem tudományos kérdés” – jegyezte meg egy német kutató. Hasonlóan vélekedik a londoni székhelyű Európai Környezetpolitikai Intézet igazgatója: „A hidrogén önmagában nem hoz létre decentralizált rendszert. El kell kerülnünk a hidrogén általános csodaszerként való túlértékelését.”

**Összeállította: Schultz György**

Randerson, J.: The clean energy dream. = New Scientist, 179. k. 2408. sz. 2003. p. 8–11.

Berntsen, G.: Highly automated capable competitor. = InTech, 50. k. 9. sz. 2003. p. 34–37.

Evers, A. A.: Go to where the market is! Challenges and opportunities to bring fuel cells to the international market. = International Journal of Hydrogen Energy, 28. k. 7. sz. 2003. p. 725–733.

Kruger, P.; Blakeley, J.; Leaver, J.: Potential in New Zealand for use of hydrogen as a transportation fuel. = International Journal of Hydrogen Energy, 28. k. 8. sz. 2003. p. 795–802.