



SZAKDOLGOZAT



ÓE-KVK

Hallgató neve: Varga Henriett

2021.

Hallgató törzskönyvi száma: T006029/F112904/K

Modul csoport: Energetikai informatika



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Varga Henriett

Szaktervezési száma: SZD21090213459400

Törzskönyvi száma: T006029/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: villamosmérnöki (magyar nyelven) (Budapest)
Specializáció: Energetikai informatika modul
Villamosenergetika specializáció
Műszer-automatika specializáció
Számítógépes folyamatautomatizálás modul
Infokommunikációs technológiák specializáció

A dolgozat címe: Hidrogénelőállítási technológiák műszaki-, környezetvédelmi- és gazdasági elemzése

A dolgozat címe angolul:

- A feladat részletezése:**
1. Röviden mutassa be a hidrogén alapvető tulajdonságait!
 2. Részletesen mutassa be a hidrogén előállítási technológiákat!
 3. Gazdasági- és környezetvédelmi szempontok bemutatása mellett mutassa be a megújuló energiaforrásokat támogató gazdasági rendszerek (KÁT, METÁR) kapcsolódási pontjait!
 4. Mutassa be a hidrogén jövőbeni felhasználási lehetőségeit és egy elemezzen egy PV-hidrogén hibrid rendszert megtérülés alapján!

Intézményi konzulens neve: Szén István

A kiadott téma elévülési határideje: -

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

A szaktervezési: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2021. 12. 13.

P.H

.....
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

.....
belső konzulens

.....
külső konzulens



HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2021. december 13.

.....
Varga Henriett
hallgató aláírása

Hidrogénelőállítási technológiák műszaki-, környezetvédelmi- és gazdasági elemzése

Varga Henriett

témavezető:

Szén István

villamosmérnök, mérnöktanár

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar

2021. december 13.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megköszönni témavezetőmnek, Szén Istvánnak a szakdolgozatom elkészítésében nyújtott segítségét.

Tartalomjegyzék

Ábrák jegyzéke	iv
Névjegyzék	vi
1. Bevezetés	1
2. A hidrogén	2
2.1. Alapvető tulajdonságok	2
2.2. Hidrogénenergetika	3
3. A hidrogén előállítása	6
3.1. Elektrolízis	7
3.1.1. Polimer elektrolit membrán elektrolizátor	8
3.1.2. Alkáli elektrolizátor	8
3.1.3. Szilárd oxid elektrolizátor	8
3.2. Megújuló energiaforrás	10
3.2.1. Szélenergia	10
3.2.2. Napenergia	12
3.3. Biológiai előállítás révén	13
3.3.1. Biomassza	13
3.3.2. Hulladék	14
3.3.3. Biotechnológia	14
3.4. Nukleáris energia	17
4. Gazdasági és környezetvédelmi szempontok	20

5. Megújuló energia támogatási rendszere	22
5.1. KÁT (Kötelező átvételi rendszer)	22
5.2. METÁR	25
6. Hidrogén jövőbeni felhasználása	31
7. A hidrogén sokszínűsége	35
7.1. SMR technológia és a PEM cellás PV erőmű modell összehasonlítása kör- nyezeti szempontból	37
7.1.1. SMR technológia	37
7.1.2. PEM cellás PV erőmű	38
7.2. Egységes környezethasználati engedély (IPPC engedély)	41
7.3. Napelemes rendszer megtérülése	42
8. Összegzés	45
9. Summary	46
Hivatkozások	47

Ábrák jegyzéke

2.1. A hidrogén fűtőértékének összehasonlítása más energiahordozóval [21]	3
2.2. Fűtőértékek összehasonlítása [1]	4
3.1. A hidrogén előállításának módszerei [25]	6
3.2. Elektrolízis [2]	7
3.3. Polimer elektrolit membrán elektrolizátor [23]	8
3.4. Alkáli elektrolizátor [23]	9
3.5. Szilárd oxid elektrolizátor [23]	9
3.6. Szélturbinák [4]	11
3.7. Napenergia [5]	13
3.8. Chlamydomonas reinhardtii [6]	15
3.9. Stanford Egyetem, Globális Klíma és Energia Projekt [4]	16
3.10. Kén-jód (S-I) ciklus [4]	18
4.1. Hidrogén előállítási módok összehasonlítása [4]	21
5.1. KÁT rendszer felépítése [7]	23
5.2. METÁR rendszer felépítése [7]	26
5.3. KÁT és METÁR tolerancia sávok [12]	29
6.1. A hidrogén összehasonlítása [13]	31
6.2. Hidrogénautó (bal) és benzines autó (jobb) összehasonlítása [4]	32
6.3. Hidrogén tüzelőanyag-cellás járművek és az alternatív lehetőségek [4]	33
7.1. A hidrogén színei [28]	35
7.2. Hidrogéntermelési folyamatok [15]	36

7.3. A különböző eljárások százalékos eloszlása [20]	37
7.4. PEM cella felépítése [29]	38
7.5. Környezeti hatások [26]	40
7.6. Beruházás számítás [18]	44

Névjegyzék

BG Biomass gasification (biomassza gázosítás)

CCS Carbon Capture and Storage (szén-dioxid leválasztás és tárolás)

CG Coal gasification (szénelgázosítás)

HMKE háztartási méretű kiserőmű

MEA Monoethanolamine (monoetanol-amin)

PEM Proton Exchange Membrane (proton áteresztő membrán)

PV Photovoltaics (fotovoltaikus)

SMR Steam methane reforming (metán gőzreformálás)

WGSR Water–gas shift reaction (víz-gáz eltolódási reakció)

1. fejezet

Bevezetés

A szakdolgozatom témájának a hidrogénelőállítási technológiák műszaki-, környezetvédelmi és gazdasági elemzését választottam. Azért választottam ezt a témát, mert fontosnak és aktuális kérdésnek tartom, hogy a jövőben milyen módon tudja majd az emberiség helyettesíteni a fosszilis energiahordozókat.

Érdeklődési körömbbe tartozik még annak kérdése, hogy milyen egyéb megújuló és/vagy alternatív energiaforrások állnak rendelkezésre, főleg a hidrogénenergetika területén. Ezen témakörök feldolgozása során szeretném a hidrogénelőállítási technológiákat részletesen megvizsgálni és különböző szempontok alapján elemezni. A dolgozatom végére szeretném ismertetni az összes jelenleg vizsgált és tanulmányozott hidrogénelőállítási technológiát.

Célom bemutatni, hogy a rendelkezésünkre álló lehetőségekkel a hidrogént, miként tudjuk felhasználni az energiaszükségletünk érdekében, valamint a környezetünk, Földünk szennyezésének csökkentésére.

2. fejezet

A hidrogén

2.1. Alapvető tulajdonságok

A hidrogén a kémiai elemek periódusos rendszerében az első tovább már nem bontható kémiai elem. Vegyjele **H**, rendszáma (amely megmutatja a helyét a periódusos rendszerben) megegyezik a protonok számával, amelyek a neutron mellett az elem atommagját alkotják. Fűtőértéke magas, **120 MJ/kg**, ha viszont térfogatra vetítjük, akkor alacsony [21].

A hidrogén halmazállapotát tekintve gáz, ami színtelen, szagtalan és nem mérgező. Sűrűsége a levegőnél kisebb, ezért felfelé száll. A Nap és más csillagok főleg hidrogénből állnak, de a Földön elemi állapotban gyakorlatilag nem fordul elő. Viszont a vegyületeivel nagyon sok helyen találkozhatunk. Jelen van például a vízben, szinte minden szerves vegyületben, a biomasszában és minden élőlényben.

Gyakorlatilag a hidrogén korlátlan mennyiségben áll rendelkezésre, viszont csak kötött formában, a vegyületeiben. A hidrogént főként vegyipari célokra használják fel.

A hidrogénnek számos előnye van. Alacsony szén-dioxid kibocsátású üzemanyagként is használható. Ha a hidrogént tüzelőanyagként használnánk, akkor jelentősen csökkenne a környezetszennyezés.

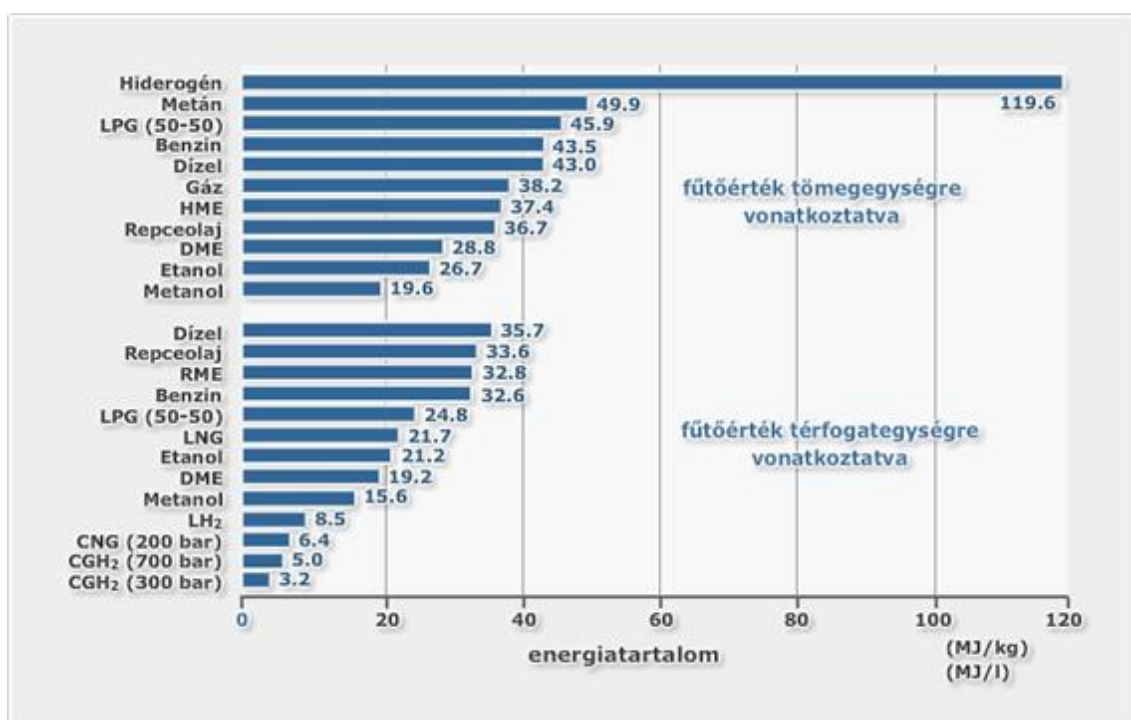
Ha egy üzemanyagcellában az oxigén és a hidrogén reakcióba lép egymással, akkor vilamosenergia keletkezik. A jövőben járművek és sok más gép meghajtására használhatják majd fel ezt az üzemanyagcellát. A hidrogén energiaforrásként történő felhasználásának egyik legnagyobb előnye, hogy az egyetlen melléktermék a hő és a víz, így üvegházhatású gázok nem kerülnek a környezetbe. Másodszor pedig a hidrogéntermelés sokféle forrásból

származhat és a hidrogént sokféle alapanyagból lehet előállítani. Az elem származhat metánból, benzinből, biomasszából, szénből vagy vízből. Mindegyikük más-más tulajdonságú és különböző mennyiségű szennyezést tartalmaz, ezért kihívást jelent műszaki és energetikai szempontból is. Harmadszor, ha a hidrogént vízből állítják elő, akkor egy fenntartható termelési rendszer hozható létre.

Jelenleg az előállított hidrogén földgázból származik, és nagy mennyiségű szén-dioxid kibocsátást generál, ezért szürke hidrogénnek nevezik. A tisztább verzió ugyanúgy földgázból származik, de a szén-dioxid kibocsátást tárolják vagy újrafelhasználják. Ezt a hidrogént kék hidrogénnek hívják. A legtisztább hidrogén neve zöld hidrogén. Megújuló forrásból és termelő szén-dioxid kibocsátásból állítják elő.

2.2. Hidrogénenergetika

A hidrogén nem energiaforrás, hanem egy másodlagos energiahordozó, tehát valamilyen elsődleges energiahordozóból vagy annak segítségével állítható elő.



2.1. ábra. A hidrogén fűtőértékének összehasonlítása más energiahordozóval [21]

Az ábrából leolvasható, hogy a hidrogén tömegegységre vonatkoztatott fűtőértéke majdnem háromszorosa a dízelének és a repceolajénak. Térfogategységre vonatkoztatott fűtő-

értéke viszont kevesebb. A metanol fűtőértékéhez viszonyítva körülbelül a fele.

A következő ábrából olvasható, hogy a hidrogénnek nagyobb a fűtőértéke (az alsó- és a felső fűtőértéke is), mint a földgázé vagy a benziné, ugyanakkor sajnos veszélyesebb fűtőanyag.

	Hidrogén	Földgáz	Benzin
Alsó fűtőérték, MJ/kg	120	50	42
Felső fűtőérték (égéshő), MJ/kg	142	57	42
Öngyulladás hőmérséklet, °C	585	540	228-501
Lánghőmérséklet, °C	2045	1875	2200
Éghetőségi összetétel a levegőben, térf. %	4-75	5,3-15	1,0-7,6
Minimális gyújtási energia, µJ	20	290	240
Gáz és levegő keverékében a robbanási összetétel határa, térfogat %	13-65	6,3-13,5	1,1-3,3
Diffúziós együttható levegőben, cm ² /s	0,61	0,16	0,05

2.2. ábra. Fűtőértékek összehasonlítása [1]

A [21] forrás alapján kijelenthető, hogy a hidrogént jelenleg számos iparág használja. Két jelentős felhasználási területe az ammónia-előállítás (vegyipar) és a kőolaj-finomítás. Számos más felhasználási területe is van. Többek között: metanol-előállítás, sósavgyártás, hegesztés. Gyógyszergyártásban felhasználják a vitaminok gyártásához, az élelmiszeriparban a telítetlen növényi olajok hidrogénezéséhez, vegyipar alapanyagaként a hidrogén-peroxid gyártásához és fémek redukciója során például hőkezelési eljárásokhoz. Már az Apolló űrprogramban is hidrogénnel működő tüzelőanyag-cella szolgáltatotta az energiát az űrhajón. A 2000-es években számos országban sikerrel valósultak meg a hidrogén tüzelőanyag-cellás busz és/vagy személyautó projektek.

A hidrogén jövőbeni energetikai célú felhasználására számos tervek és megvalósításra váró projektek vannak. Igen széles teljesítménytartományban alkalmazható, amely főként a tüzelőanyag-cellás technológiákon keresztül valósulhat majd meg. A hidrogén alkalmazható lesz pl. mobiltelefonok energiaforrásként (milliwatt-tól néhány wattos tartományig), laptopoktól (néhány tíz wattos tartomány) az autókig (10–100 kW), egészen kiserőművi léptékig (MW-os tartomány). Ilyen sokrétű felhasználási lehetőség a hagyományos energia-hordozóinkra általában nem áll fenn. Vannak olyan esetek, ahol majdhogynem lehetetlen

lenne megoldani kisebb léptékben a villamos energia termelését, így szóba sem jöhet ebben az esetben a kisebb elektronikai eszközök működtetése, de még a közlekedésből is kisorsult sok évtizede, mint például a gőzmozdony.

A következő években, évtizedekben az alábbi energetikai felhasználási területeken jelenhet meg a hidrogén, illetve a különböző hidrogén-technológiák [21]:

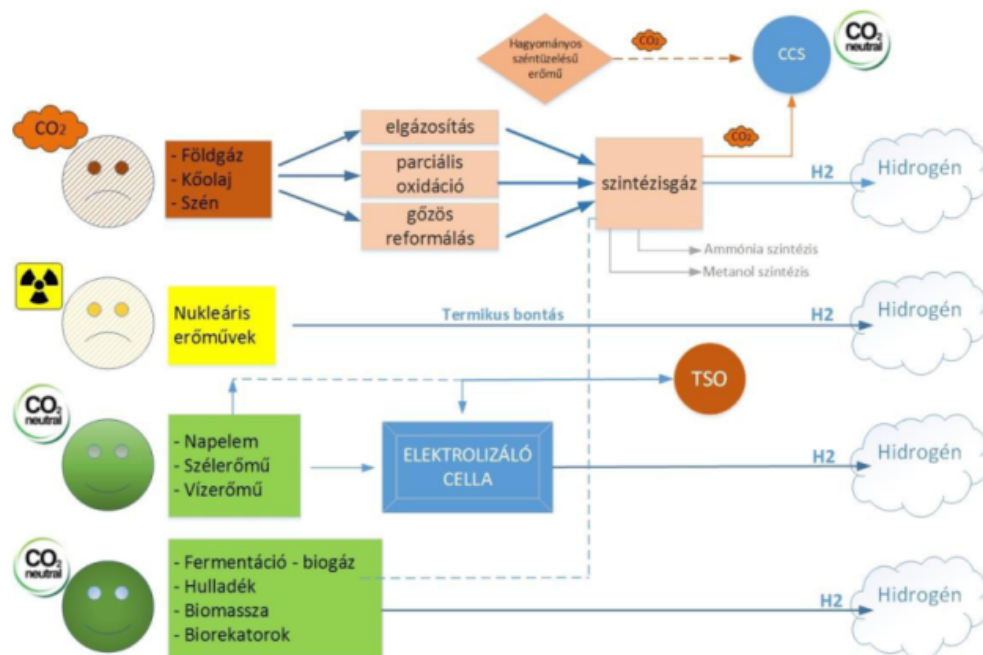
1. „közúti közlekedés (Az egyik ígéretes és nagy jelentőségű terület a személyautókban való alkalmazás. Itt lehetőség van a hidrogénnek mind tüzelőanyag-cellában történő felhasználására, ez esetben tulajdonképpen villamos üzemű autóról beszélünk; és lehetőség van a hidrogénnek hagyományos belső égésű motorban történő alkalmazására is. A számottevően nagyobb hatékonyság és egyéb előnyök miatt a jövő egyértelműen a tüzelőanyag-cellás járművéké, de az átmeneti időszakban előfordulhat belső égésű motorban való alkalmazás is.)
2. egyéb közlekedés (hajó, vasút, robogó stb.)
3. anyagmozgatási eszközök (pl. targoncák – ez már jelenleg is egy fontos piac)
4. decentralizált villamosenergia-termelés vagy kogeneráció (villamos energia és hő együttes termelése)
5. mikrokogeneráció (kisléptékű, akár háztartási léptékű villamosenergia-termelés, kb. 1–2 kWe léptékben, és a keletkező hő felhasználása fűtési és melegvíz-előállítási célokra)
6. hordozható energiaforrások (pl. katonai célokra dízel aggregátorok helyett; elemtöltők)
7. szünetmentes áramforrásokként történő használat (itt az előállított energia mennyisége nem jelentős, de ez az egyik fontos korai piaca a tüzelőanyag-cellás technológiáknak)
8. „micro power” alkalmazások (mint pl. mobiltelefon, laptop, játékok, zseblámpa, elektronikus szórakoztató eszközök)
9. részvétel a villamosenergia-rendszer szabályozásában"

3. fejezet

A hidrogén előállítása

A hidrogén előállítását négy fő módszerre bonthatjuk [25]:

1. „fosszilis energiaforrásokból,
2. nukleáris folyamatok révén,
3. megújuló energiaforrás alapon – elektrolízis segítségével,
4. biológia előállítás révén.”



3.1. ábra. A hidrogén előállításának módszerei [25]

Jelenleg a hidrogén előállításának aránya így oszlik meg [1]:

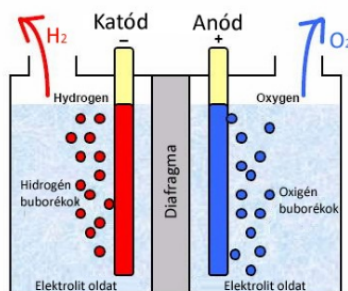
- 50% földgáz
- 30% kőolaj
- 16% szén
- 4% elektrolízis

Sajnos a jelenlegi hidrogén-előállítási módszerek környezet szennyező és környezet károsító hatásokkal bírnak közvetetten vagy közvetlenül. A másik gond pedig, hogy a módszerek fosszilis energiahordozók felhasználásán alapulnak, ami egy idő után már nem fog többé rendelkezésre állni. Így megoldást kell találni ezen problémák megszüntetésére.

A hidrogén előállításának jövője: nap-, szél-, víz- és atomenergián alapuló elektrolízis segítségével, közvetlen nukleáris folyamatok során, közvetlen napenergia révén, biomasszából, földgázból és szénből.

3.1. Elektrolízis

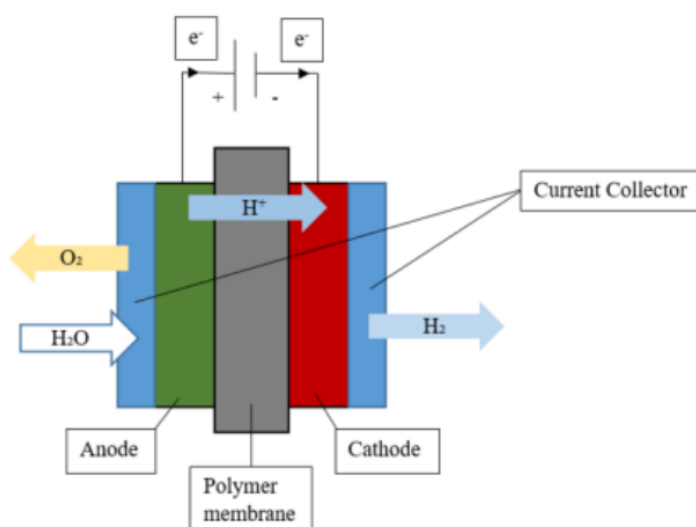
Az elektrolízis egy kémiai folyamat. Elektromos hatással kényszerítünk egy kémiailag nyugalomban lévő vegyületet, hogy elemeire bomoljon. Elengedhetetlen a folyamat végbemenetele szempontjából, hogy a vegyület folyékony legyen. A vegyületbe két elektródát teszünk. Az egyik lesz az anód, a másik pedig a katód. Az elektronokat vonzza az anód, így a vegyületből elveszi az elektront. Az elektronokat taszítja a katód, így az elektronokat visszajuttatja a vegyületbe. Ezen folyamatok hatására létrejön egyfajta elektron áramlás, amit áramnak nevezünk. A folyamat végeredménye kettő vagy több különálló elem.



3.2. ábra. Elektrolízis [2]

3.1.1. Polimer elektrolit membrán elektrolizátor

Az ilyen típusú elektrolizátorokban az elektrolit szilárd speciális műanyagból készül. A víz reakciója az anódon az oxigén- és hidrogénionok extrahálásához vezet, amelyek pozitív töltésűek. Az elektromos áram a hidrogénionokat az elektrolizátoron át a katódra mozgatja, amint az 3.3 ábrán látható. A katódnál a pozitív töltésű hidrogént az elektromos áram elektronjaival kombinálva hidrogéngáz keletkezik. Ez a folyamat körülbelül 70–90 °C-on működik [23].



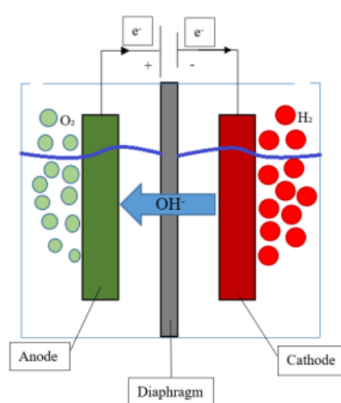
3.3. ábra. Polimer elektrolit membrán elektrolizátor [23]

3.1.2. Alkáli elektrolizátor

Ez az elektrolizátor hidroxidionok szállításával működik az elektroliton keresztül a katódtól az anód felé indulva. A katódon, az elektrolitokon továbbra is hidrogén keletkezik, nátrium- vagy kálium-hidroxid-oldatot használunk. Ez a folyamat 100–150 °C körül működik.

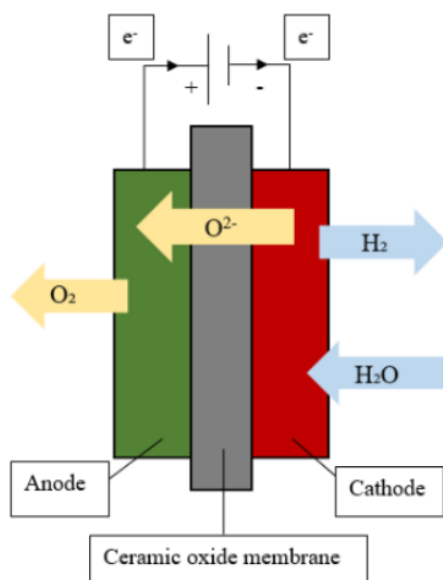
3.1.3. Szilárd oxid elektrolizátor

Elektrolitként szilárd kerámia anyagot használ. Ez negatív töltésű oxigénionokat vezet magasabb hőmérsékleten, amelyek másképpen termelnének hidrogént. Magas hőmérsékletű elektrolízis néven is ismert. A katódnál lévő vizet az elektromos áram elektronjaival



3.4. ábra. Alkáli elektrolizátor [23]

kombinálva hidrogéngáz és negatív töltésű oxigénionok képződnek. Az oxigént ezután a kerámián mozgatja, majd az anódon reagálva oxigéngázt és elektronokat állít elő a külső áramkör elektromos áramához. Ahhoz, hogy a szilárd oxid elektrolizátorok az optimális gyártás mellett működjenek, $700\text{--}800\text{ }^{\circ}\text{C}$ körüli hőmérsékleten kell működniük. Ez a fajta elektrolizátor hatékonyan használja fel a hőt ezen a hőmérsékleten, így a vízből a hidrogén előállításához szükséges elektromos energia mennyisége kisebb.



3.5. ábra. Szilárd oxid elektrolizátor [23]

3.2. Megújuló energiaforrás

3.2.1. Szélenergia

Szélerőművek segítségével a levegő mozgási energiáját mechanikai (forgási) energiává, majd generátorok segítségével villamos energiává alakítható. A megtermelt villamos energia egy részével vagy akár a teljes mennyiséggel vízbontás segítségével hidrogén állítható elő. Ez az előállítási mód az angol szakirodalomban „wind hydrogen” kifejezéssel található meg, amit magyarul „szél-hidrogén” rendszernek nevezzük [3].

Az ilyen rendszerek igen csekély károsanyag-kibocsátással tudnak hidrogént előállítani. Az a csekély, ami felmerül, az is csak az eszközök legyártása során jelentkezik [3].

A szélerőművek egyik hátránya (mivel időjárásfüggő megújuló energiaforrás), hogy a szél nem fúj minden egyes időpillanatban ugyan olyan sebességgel, így a villamos energiát időben igen változó módon állítja elő. Sajnos a VER(villamosenergia-rendszer)-nek az egyensúlyt minden időpillanatban fenn kell tartania.

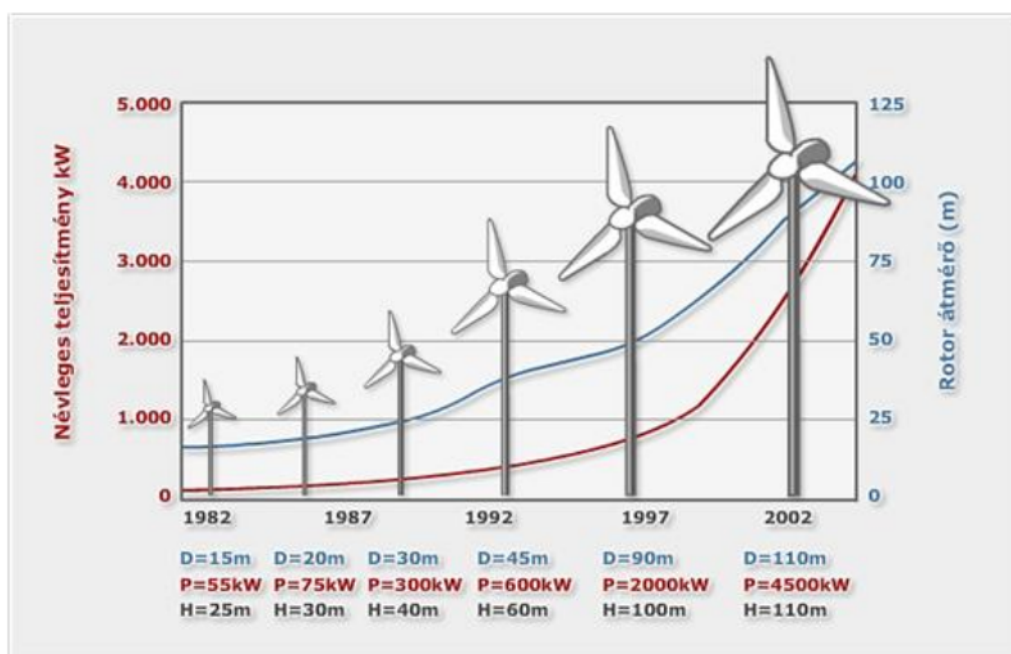
„A szélerőművek villamosenergia-termelésének éppen ezen túlzott váltakozó jellegét segíthet „kisimítani” a hidrogén(előállítás), amikor is a VER nem képes befogadni a szélerőművek által termelt villamos energiát. Ebből kiindulva a szélenergiával történő hidrogén-előállítás esetében az alábbi alternatívák merülhetnek fel” [3]:

„Szigetüzem”, amikor a szélerőmű mellé ténylegesen telepítik a vízbontó rendszert, és a szélerőmű (illetve megfelelő hidrogéntároló kapacitás), valamint a vízbontó teljesítménye megegyezik, hogy bármely időpillanatban képes legyen felvenni a szélerőműből származó villamos teljesítményt. Ilyen szigetüzemű rendszer, bár technikailag megvalósítható, gazdaságossági szempontból – speciális kivételtől eltekintve – vélhetően nem lesz életképes, főként a beruházás magas tőkeköltsége miatt [3].

„Vegyes termelés” esetén elsődlegesen villamos energiát termel a szélerőmű, és csak azokban az időszakokban kerül a villamos teljesítmény egy része a vízbontóra, és történik hidrogén-előállítás, amikor a VER nem tudja fogadni a villamos energiát (pl. az éjszakai mélyvölgy időszakában). Egy ilyen rendszerben tehát két termék is előáll: a villamos energia és a hidrogén. Esetlegesen előállhat olyan – ritka – eset is, amikor a vízbontó másik elektródján keletkező oxigént is fel tudják használni (ezt is számos ágazat használja), ebben az esetben elvileg három hasznos termék is lehetséges [3].

„Intelligens hálózat”: ebben az esetben nincs, vagy általában nincs fizikailag a szél-erőmű(park) mellé telepítve a vízbontással működő hidrogéntermelő berendezés, hanem a szél-erőmű a villamos hálózatra termel, és esetlegesen földrajzilag távolabb, a felhasználás helyén kerül elhelyezésre vízbontó kapacitás (pl. hidrogén-üzemanyagtöltő kutaknál), és a VER képes intelligens megoldásokon keresztül, az aktuális stabil állapotát fenntartva, távvezérléssel a szükséges villamos kapacitással hidrogént termelni, akár az ország számos pontján, decentralizált módon. Az intelligens villamos hálózatot „smart gridnek” is nevezik, és ez természetesen nemcsak a szél-erőművel termelt villamos energia, hanem bármely más megújuló (vagy éppenséggel nem megújuló) energiaforrással termelt villamos energia továbbítására, elosztására alkalmas [3].

Tehát a szélenergia-termelés kiegyenlítő energiahordozója lehet a hidrogén. Áramhiány esetén áramot lehet termelni a hidrogénből és áramtúlerhelésnél pedig hidrogént lehet termelni.



3.6. ábra. Szélturbinák [4]

Megfigyelhető, hogy a teljesítmény növelése érdekében az évek során a szélturbina magasságát és a lapátok átmérőjét megnövelték. A lapátok átmérője 2002-re elérte a 110 métert.

3.2.2. Napenergia

A napenergia is hasonló a szélenergiához, időjárásfüggő megújuló energiaforrás. Hátánya ugyan az, mint a szélenergiának, hogy váltakozó a jellege. Befolyásoló tényező az aktuális időjárásváltozás.

Előnyei közé tartozik, hogy nem fogy el, nem drágul, nem szennyezi a környezetet. Fontos szempont, hogy nem kell szállítani és kitermelni.

A napenergia segítségével történő hidrogén-előállítás három módszere:

1. villamosenergia-előállítás fotovoltaikus (PV) úton, ennek a folyamatnak a révén pedig a vízbontás,
2. naperőművek alkalmazása, a napsugárzást egy optikai kollektorrendszerrel egy pont-ra fókuszálják, itt igen magas hőmérsékletet állítanak elő. A hőmérséklet elérheti az $>1500\text{--}2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ feletti hőmérsékletet, ahol a víz(gőz) termokémiai bomlása végbe megy, azaz alkotóelemeire, hidrogénre és oxigénre esik szét.
3. fotokatalízis, A módszer lényege, hogy bizonyos katalizátorok fény hatására képesek a vizet bontani, ezáltal hidrogént termelni [3].

Fotovoltaikus (PV) úton történő villamosenergia-előállítás, majd hidrogén előállítás gazdasági szempontból az egyik legdrágább.

„Az eddig megépült kísérleti naperőművek villamos teljesítménye 5 kW – 80 MW tartományba esik, de ezek a rendszerek csak napi 4–10 órában tudnak működni, meglehetősen drágák és kockázatokat is hordoznak magukban.”

Érdemes megjegyezni, hogy fotokatalitikus folyamat révén hidrogén nem csak vízből, hanem metanolból is kinyerhető [3].

Tehát a napenergia-termelésnek is lehet kiegyenlítő energiahordozója a hidrogén. Áramhiány esetén áramot lehet termelni a hidrogénből és áramtúlerhelésnél pedig hidrogént lehet termelni.



3.7. ábra. Napenergia [5]

3.3. Biológiai előállítás révén

3.3.1. Biomassza

Biomassza: biológiai úton létrejövő szervesanyag-tömeg. Elgázosítással vagy pirolízissel, majd gőzreformálással a biomassza hidrogénné alakítható. A pirolízis és az elgázosítás termikus folyamatok.

A hagyományos égési folyamat során három tényező van jelen: éghető anyag, oxidáló anyag, hő. Ebben az esetben az éghető anyag a biomassza és az oxidáló anyag a levegő oxigénje.

Az elgázosítás körülbelül $750-1600\text{ }^{\circ}\text{C}$ között zajlik. A reakció során jelen lévő oxigén nem elegendő a teljes oxidációhoz.

Pirolízis reakció nagyjából $300-800\text{ }^{\circ}\text{C}$ között játszódik le és a reakció során nincs jelen oxigén. A reakció hőbevitelt igényel, azaz endoterm folyamat.

Az elgázosítás és a pirolízis során a szerves anyagokból első sorban szintézisgáz jön létre. Ezek a szerves anyagok lehetnek biomasszák, valamilyen szénhidrogén vagy szerves anyag tartalmú hulladékok. A szintézisgáz szén-monoxidot és hidrogént tartalmaz. Annak érdekében, hogy a folyamat végén minél nagyobb arányú legyen a hidrogénkihozatal, a szintézisgázt vízgőzzel reagáltatják. Gőzreformálásnak hívják ezt a reakciót.

A pirolízis során a biomasszában lévő oxigén eredményez CO-t, míg az oxidációs eljárásokban a bevitt oxigén a fő CO-forrás. A hidrogén és CO mellett még főként szén-dioxid keletkezik a folyamatban.

A biomassza égetésével vagy pirolízisével alapvetőleg csak annyi szén-dioxid kerül a légkörbe, amennyit a növény élete során megkötött. Azonban figyelembe kell vennünk a termesztéshez szükséges egyéb inputokat is, mint például a legtöbbször szükséges műtrágyát (amelyhez szintén sok hidrogén szükséges ammónia formájában), a víz- és energiabevitelt a termesztéshez, betakarításhoz és szállításhoz, valamint az olyan egyéb környezeti aspektusokat, mint a termőtalajra, biodiverzításra gyakorolt esetleges negatív hatások. Nem beszélve az értékes mezőgazdasági területek lefoglalásáról, ha elsődleges – energetikai célú – termékként kerül termesztésre a biomassza, amely így élelmezési célú terményeket szorít(hat) ki. Mindezek miatt rendkívül óvatosan értékelendő a biomasszából (ezen belül az intenzív energetikai célú termesztésen alapuló biomasszából) nyerhető hidrogén vagy bármely más bio-energiahordozó (pl. biodízel, bioetanol) előállításának módszere, mert életciklus-szemléletben könnyen több környezeti – és egyéb, például társadalmi-gazdasági – kárt okozhat, mint amennyi hasznot hozna [4].

3.3.2. Hulladék

Ugyanazon módszerek alapján lehet a kommunális hulladékból hidrogént kinyerni, mint ahogy a biomasszából.

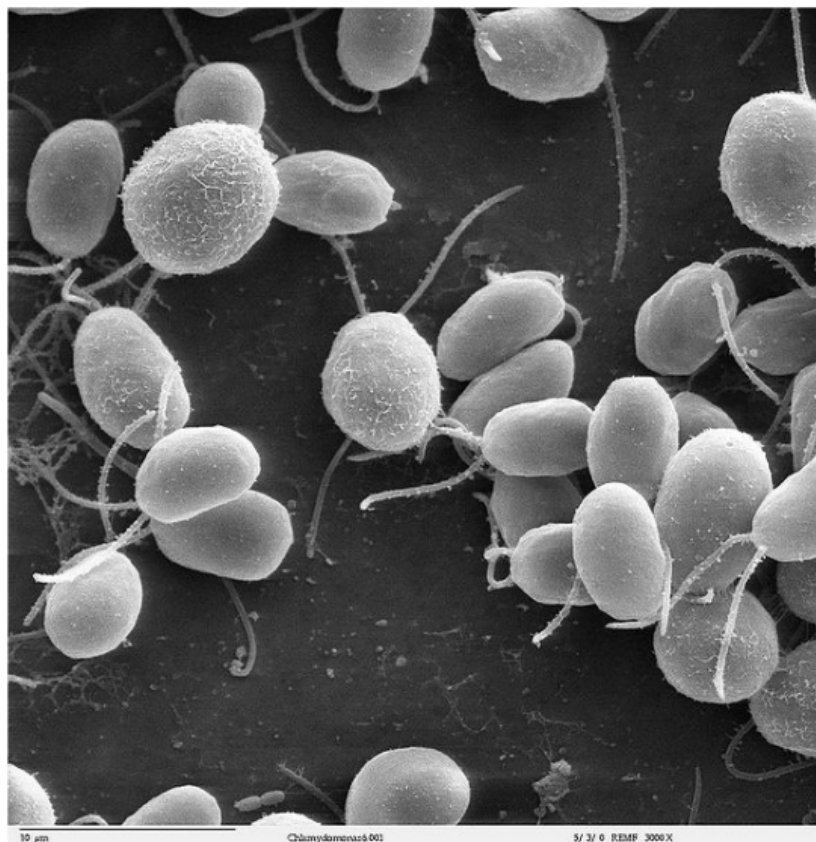
Egy másik lehetséges módszer a hulladék anaerob fermentálása, ahol oxigéntől elzárt környezetben mikroorganizmusok segítségével biogáz (magas metántartalmú (CH_4) gáz jön létre. Gőzreformálással ezt a metánt hidrogénné alakítják át. A visszamaradó biomassza pedig sok esetben komposztként használható [3].

3.3.3. Biotechnológia

Fotobiológiai (még fejlesztés alatt álló hidrogéntermelés típus):

Van néhány egysejtű élőlény, amelyek a vizet bontják a nap energiájának a segítségével, így saját maguk képesek hidrogént előállítani. Ilyenek például a baktériumok vagy a zöldalgák [3].

Létezik egy zöldalga fajta a *Chlamydomonas reinhardtii* (körülbelül 10 mikrométer átmérőjű egysejtű zöldalga), ami képes arra, hogy hidrogént termeljen biofotolízis során.

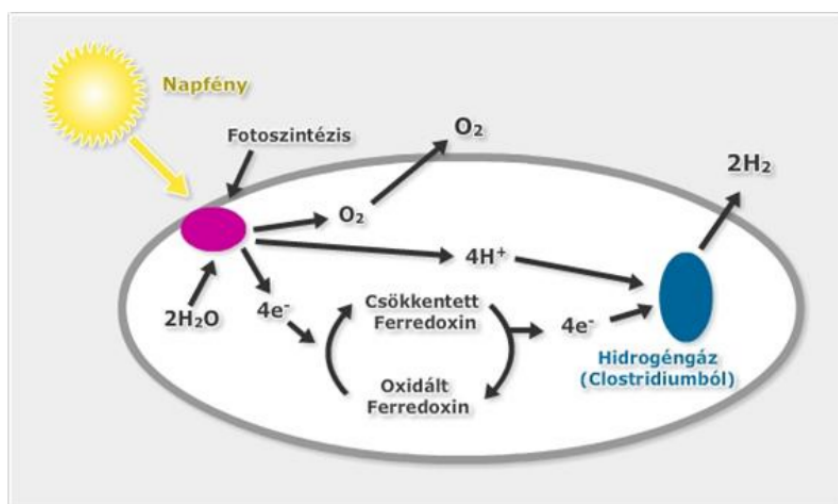


3.8. ábra. *Chlamydomonas reinhardtii* [6]

Jelenleg Magyarországon a Szegedi Tudományegyetemen zajlik egy olyan kutatás, ahol „a cél egy olyan szerkezet megépítése, amely egysejtű mikroszervezeteket foglal magába, biztosítja a szaporodásukat, fennmaradásukat, anyagcseréjüket, és e folyamatok végtermékeként hidrogéngázt nyer ki a rendszerből. Az így megszerkesztett foto-bioreaktor kis befektetéssel a nap energiáját kihasználva a jövőben esetleg olcsó hidrogént képes előállítani” [3].

Fotoelektrokémiai vízfelosztás (még fejlesztés alatt álló hidrogéntermelés típus):

Ez a fajta vízfelosztás napfényt és speciális típusú félvezetőket alkalmaz, amelyek foto-kémiai anyagok. Fényenergiát használnak a víz közvetlen hidrogénné és oxigénné történő felosztására. A félvezető hasonló a napelem panel anyagaihoz, de vízbázisú elektrolitba me-



3.9. ábra. Stanford Egyetem, Globális Klíma és Energia Projekt [4]

rül. Ennek a PEC panelnek elektródás vagy iszap alapú részecske-rendszere lenne. Az ilyen típusú gyártást azért fontolgatják, mert alacsony hőmérsékleten is hatékony és költséghatékony anyagokat használ. Még fejlesztés alatt áll, mivel a hatékonyságot még mindig növelni kell nagyobb napfény-abszorpcióval és jobb felületi katalizátorokkal, emellett tartósabbnak kell lennie, miközben olcsóbb hidrogén-feldolgozási költségeket használ.

Termokémiai vízfelosztás (még fejlesztés alatt álló hidrogéntermelés típus):

A termokémiai vízfelosztás koncentrált napenergiát vagy atomerőmű-reakciókból származó hőt használ fel a vízből származó hidrogén és oxigén felosztásához. 500–2000 °C-ra van szüksége, ahhoz, hogy lehetővé tegye a kémiai reakciók sorozatának hidrogéntermelését. A jelenlévő vegyszereket katalizátorként használják fel újra. Ennek kihívása a használt vegyszerek tartósságának és hatékonyságának javítása. A reaktor kialakítását javítani kell, hogy kompatibilis legyen a magas hőmérsékletekkel és a hőciklusokkal. A napelemes változat esetében le kell engedni a szükséges tükrök árát.

A metán hőbomlása (TDM) (még fejlesztés alatt álló hidrogéntermelés típus):

A metán termikus bomlása magas hőmérsékleten hidrogént eredményez metánforrásból, például földgázból. A katalizátor nélküli TDM-hez legalább 1027 °C hőmérsékletre van szükség. Ennek a hőmérsékletnek az eléréséhez a reaktort rendkívül magas hővel vagy vilámos energiával kell ellátni. A TDM azért jobb, mint a többi hidrogéntermelési módszer,

mert a TDM szilárd szenet termel, nem pedig CO_2 -t. Ez nagyszerű módja lenne a földgázból hidrogén előállításának, anélkül, hogy folyamataiban közvetlenül CO_2 keletkezne, ellentétben a szürke és a kék hidrogénnel. A szilárd szén értékesíthető a hidrogéntermelés árának további csökkentése érdekében. Az, hogy mennyi CO_2 szabadul fel ebben a folyamatban, csak attól függ, honnan származik az áram / hő. Jelenleg a TDM csak kis és közepes méretű ipari termelésre alkalmas. A földgáz bőséges, és a TDM felhasználható lenne a kereslet által vezérelt helyzetekben. A reaktor kialakítását javítani kell, mielőtt az kereskedelmi forgalomba kerülhet. A TDM tovább javítható katalizátorok bevezetésével, amelyek csökkentik az aktivációs energiát. Olyan vizsgálatokkal, amelyek $600\text{ }^\circ C$ -on szilárd szén képződését mutatják Ni-Cu Raney típusú katalizátor alkalmazásával, és metán bomlását $500\text{ }^\circ C$ -on, Ni / SiO_2 katalizátor alkalmazásával.

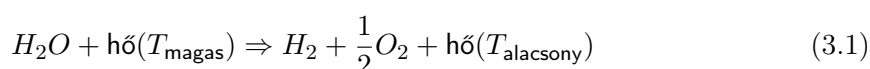
3.4. Nukleáris energia

Nukleáris energiával történő hidrogén-előállítás leggyakoribb módja, hogy a nukleáris erőműben előállított villamos energia segítségével, vízbontás révén történik a hidrogén előállítása.

További három módszerrel lehetséges hidrogént előállítani nukleáris energia segítségével:

1. termokémiai módszerek,
2. magas hőmérsékletű elektrolízis,
3. hibrid folyamatok.

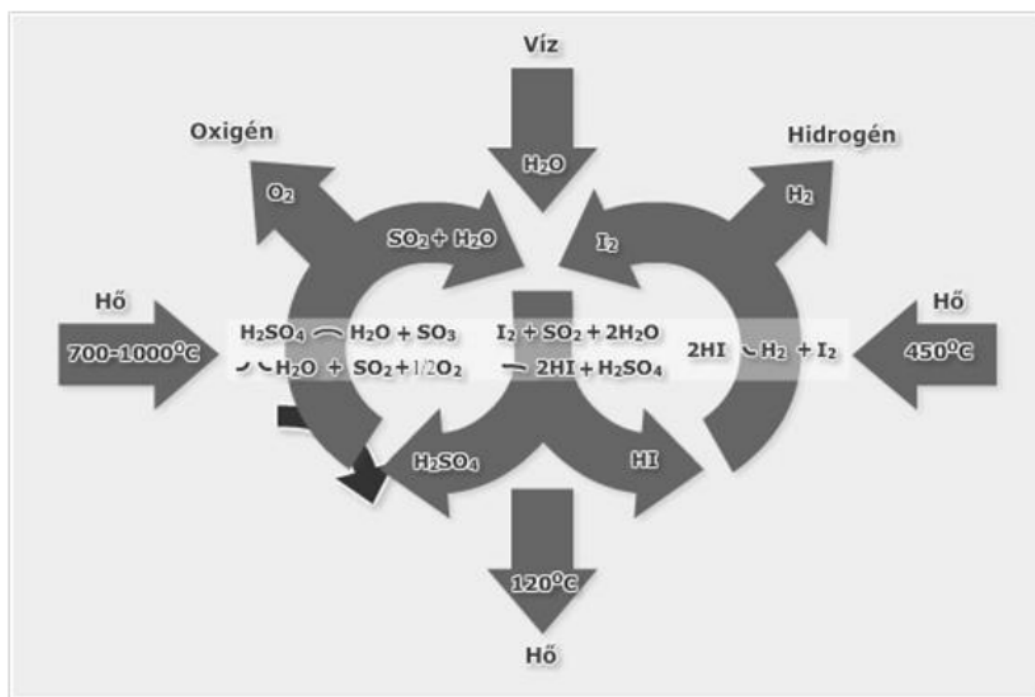
„A termokémiai módszer során a vízgőz (hő hatására történő) bontása megy végbe, amely az elsődleges eljárás a hidrogén nagy mennyiségben és nukleáris energiával történő előállítására. Egyetlen reakcióegyenletbe foglalva az összes lépést a folyamat a következők szerint írható le” [4]:



ahol: H_2O a víz, T a hőmérséklet, H_2 a hidrogén, valamint O_2 az oxigén. Ez a folyamat

direkt módon is végbemehetne 2500-3000 °C-on, de sajnos a ma ismert nukleáris reaktorok egyike sem képes erre.

A fent említett reakció termokémiai ciklusok révén zajlik le. Ilyen termokémiai ciklus a kén-jód ciklus, amely a következő ábrán látható.



3.10. ábra. Kén-jód (S-I) ciklus [4]

„Ebben az esetben a legmagasabb szükséges hőmérséklet 700–1000 °C közötti, ami viszont már megoldható több reaktortípusnál is. Az ábrán a bal oldali, magas hőmérsékletű reakcióban kénsav bomlik el kén-trioxidra és vízre, majd tovább kén-dioxidra, vízre és oxigénre. A jobb oldali, alacsony hőmérsékletű reakcióban a jód, a víz és a kén-dioxid reakciójából hidrogén-jodid keletkezik, aminek elbomlásával hidrogéngáz nyerhető ki a folyamatból (a kén-dioxidból kénsav keletkezik, amely visszakerül a magas hőmérsékletű reakcióba; valamint a hidrogén-jodid bomlásából keletkező jód is visszakerül a reakcióba)” [4].

A folyamat előnye, hogy csak a hidrogén és az oxigén lép ki a folyamatból, az összes többi résztvevő vissza van forgatva a folyamatban. A kísérletek alatt bebizonyosodott, hogy a folyamat működik laboratóriumi körülmények között.

1000 °C hőmérsékleten a folyamat hatásfoka körülbelül 60%.

Az USA Energiaügyi Hivatalának „Nukleáris Hidrogén K+F” projektjében a hidrogént egy 600 MWt-os nukleáris reaktorról szeretnék termelni, ami 200 tonna/nap mennyiségű hidrogént tudna előállítani.

A magas hőmérsékletű elektrolízis körülbelül 800 °C-on termeli a hidrogént a nukleáris energia segítségével. A folyamatban részt vevő két egység a hőcserélő rendszer és az elektrolizáló cella. A folyamat során vízgőzt bontanak hidrogénre és oxigénre. A cellából kilépő két termékáram a hidrogén és az oxigén.

A hibridfolyamat az előző kettő módszer kombinációja. Ezt a módszert még fejleszteni kell ahhoz, hogy alkalmazható legyen.

A nukleáris energia több ok miatt ijesztő az emberek számára. A sugárzást érzékszerveink nem érzékelhetik. Az érzékelés hiánya miatt az emberek még jobban tartanak tőle. A sugárzás rákot okoz, ami fájdalmas és kínzó. Minél több fájdalmat és szenvedést okoz valami, annál jobban félnek az emberek tőle. Az atomerőművek meghibásodhatnak és baleset történhet. A társadalom nem bíz a nukleáris iparban vagy a nukleáris szabályozásban.

Az atomenergia biztonságos és rendkívül egyszerű lehetőség az energiatermelésre. Az emberek félnek egy atomerőmű sugárzásától, pedig kevesebb sugárzást produkál, mint egy szénérőmű.

4. fejezet

Gazdasági és környezetvédelmi szempontok

A hidrogén nagy mennyiségben és számos formában található meg a természetben. Ennek köszönhetően elméleti szempontból az előállításának igen sok lehetősége van. A hidrogén lehet centralizált és decentralizált, így előállítható a felhasználás helyén is.

Jelenleg a hidrogént főleg fosszilis energiaforrásokból állítják elő, mert ez a legolcsóbb eljárás jelenleg. Előre látható módon a fosszilis energiahordozók ára növekedni fog a közeljövőben, így a fosszilis energiaforrásból nyert hidrogén ára is növekedésnek fog indulni.

A jelenlegi fosszilis alapú előállítási módok igen káros hatással vannak a környezetre főleg a magas szén-dioxid kibocsátás szempontjából. Bár a villamos hálózatról történő elektrolízis során ott helyben nem történik környezetkárosító hatás, de ha a villamos energia termelése fosszilis alapon történik, akkor annak viszont van környezetkárosító hatása.

Megannyi más hidrogén-előállítási technológia, eljárás létezik, ami környezetvédelmi szempontból sokkal előnyösebb, viszont gazdasági szempontból sokkal költségesebb az alkalmazásuk. Néhány esetben ezek a módszerek még további kutatást és vizsgálódást igényelnek.

A hidrogén-technológiák képesek közel nulla vagy számottevően kisebb üvegházhatású gáz kibocsátással működni, tüzelőanyaguktól és ezek előállítási módjától függően. Elmondható, hogy ha a hidrogént megújuló energiaforrások vagy más alacsony széntartalmú technológiák révén állítják elő, akkor nulla közeli kibocsátási szint érhető el. A hidrogén-

technológiák nagyon csekély zajkibocsátással működnek. A leginkább alkalmazható módszer jelenleg a szélenergiával történő elektrolízis, vagyis a "szél-hidrogén" eljárás. Néhány tapasztalat már rendelkezésre áll, amelyből megállapítható, hogy az ára középtávon kifejezetten versenyképes szintre csökkenhet.

Sajnos a többi alternatív előállítási technológia még nem ennyire kiforrott, de számos törekvés irányul a többi módszer gyakorlatba történő átültetésére.

Az ábrán látható táblázatban lévő hidrogén előállítási módok különböző adatai csak tájékoztató jellegűek.

H ₂ előállítási mód	Költség	Időpont	Forrás
Szén elgázosítás (nagy, centralizált rendszerben)	~1 USD/kg	2006.	Oláh Gy.: Beyond Oil and Gas – The Methanol Economy
Biomassza (kis- és közepes rendszerben, elgázosítással/pirolízissel, majd gőzreformálás)	3–7 USD/kg	2006.	
Elektrolízis, szélenergia nyert villamos energiával és tárolással	6–7 USD/kg ~ 3 USD/kg	2006. középtáv	
Elektrolízis, fotovoltaiikus energiával és tárolással	28 USD/kg 5–6 USD/kg	2006. középtáv	
Földgáz gőzreformálása (kisebb léptékben)	1,4–2,1 USD/kg 1,4 USD/kg	2010. 2030.	roads2hy.com
Elektrolízis megújuló energiaforrások alkalmazásával	4,7 USD/kg 2,5 USD/kg	2010. 2030.	
Elektrolízis, szélenergia nyert villamos energiával	2,9 USD/kg	2010.	US DOE (Hydrogen Posture Plan)
Nukleáris energiával végzett magas hőmérsékletű elektrolízis (HTE)	2–3 EUR/kg	2008.	Rivera R. Mansilla C.

4.1. ábra. Hidrogén előállítási módok összehasonlítása [4]

Megfigyelhető, hogy a jövőben csökkenni fog a hidrogén előállításának költsége. Például: Az "elektrolízis, szélenergia nyert villamos energiával és tárolással" módszer költsége akár a felére is lecsökken. Az "elektrolízis, fotovoltaiikus energiával és tárolással" módszernél még a felénél is kisebbre csökkenthető a költség.

Ahhoz, hogy tényleges összehasonlítást kapjunk, figyelembe kell vennünk a benzin és a dízel üzemanyag vagy más terméknek az aktuális árát és ezen árakhoz kellene a mi termékünk árát viszonyítani. Az árakat célszerű egységesen megadni például energiatartalomra USD/MJ.

5. fejezet

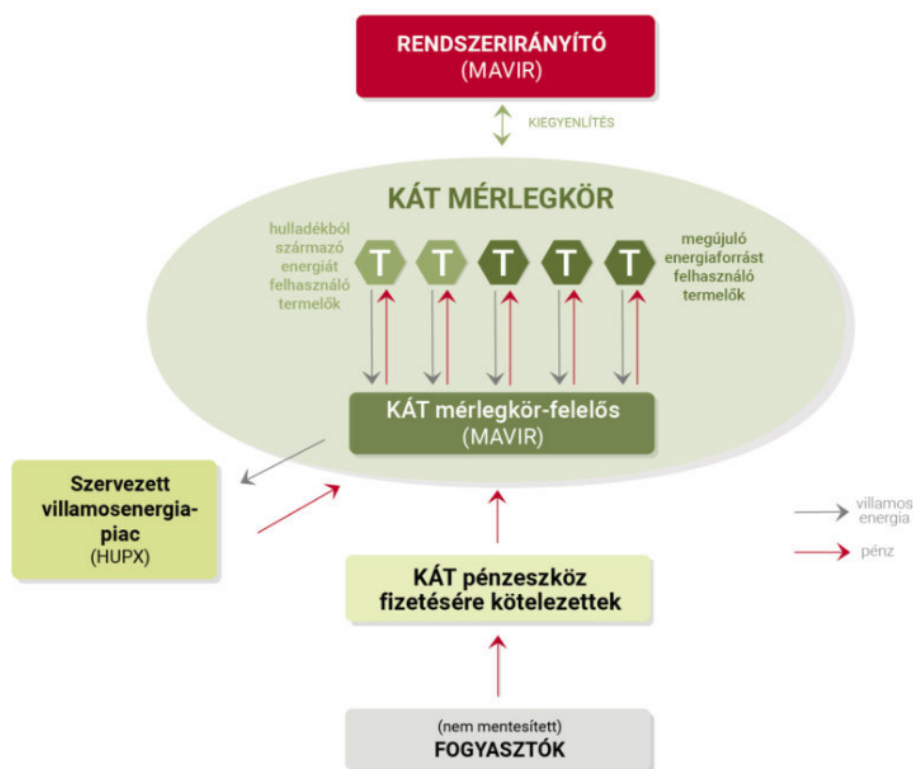
Megújuló energia támogatási rendszere

„Megújulóenergia-támogatási rendszer: jogszabállyal létrehozott olyan intézkedés, eszköz, rendszer vagy mechanizmus, amely a megújuló energiaforrásokból előállított energia felhasználására ösztönöz ezen energia költségének csökkentésével, az ezen energiát előállítók bevételeinek emelésével, vagy a megújuló energiaforrásokból előállított energia megvásárolt mennyiségének - a megújuló energiával kapcsolatos kötelezettség bevezetése révén vagy egyéb módon való - növelésével, ideértve a közvetlenül vagy közvetve nyújtott beruházási és működési támogatásokat, valamint a megújuló energiaforrások alkalmazását elősegítő közvetlen ártámogatásokat, adókedvezményeket, adó-visszatérítéseket, megújuló energiaforrások alkalmazására, annak kötelező átvételére vonatkozó előírásokat is. [19]”

A támogatás célja, hogy ösztönözzék a megújuló energiaforrások, illetve a hulladék, mint energiaforrás felhasználását. Fontos szempont a klímavédelem, vidékfejlesztés, munkahelyteremtés, energiahatékonyság növelése, illetve az energiaimport csökkentése.

5.1. KÁT (Kötelező átvételi rendszer)

KÁT: Kötelező átvételi tarifa (megújuló energia díj) A KÁT rendszer alapja, hogy a megújuló energiaforrásokból és hulladékból származó energiát jogszabályban meghatározott fix áron (az ár magasabb, mint a villamos energia piaci ára), kötelező jelleggel átveszi a MAVIR (Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító) és értékesíti a villamos-



5.1. ábra. KÁT rendszer felépítése [7]

energiapiacra. A támogatás addig tart ameddig a beruházás meg nem térül. A megtérülés után már nem adható el az energia magasabb áron, hanem már csak az aktuális piaci áron eladni, ameddig meg nem térül a beruházás. A jogszabályok változása miatt 2016. december 31-e után benyújtott kérelmek már nem kaptak KÁT támogatást, de akik benyújtották a kérelmüket 2016. december 31-e előtt, azok a KÁT rendszer keretében támogathatóak. A KÁT rendszer 2017. január 1-jétől felváltotta a METÁR támogatási rendszert, de a már kiadott KÁT támogatásokat nem érinti. A támogatást a MEKH (Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal) bírálja el. A KÁT támogatás megszűnik, ha a kérelemben meghatározott dátumhoz képest három éven belül nem kezdődik meg a villamos energia termelése. A napelemes erőművek (2016. január 1-jét követően benyújtott) esetében egy éven belül. A KÁT rendszer alapja 2008 januárjától a KÁT-mérlegkör. A KÁT-mérlegkört a VET (a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény) és az Allokáció (a KÁT és prémium pénzeszköz elosztási rendje) rendelete szabályozza. A rendszerben egy külön mérlegkört alkotnak azok az erőművek, melyek értékesítik a villamos energiát. Ezért a

mérlegkörért a MAVIR felel.

MAVIR feladata, mint Befogadó:

1. villamos energia átvétele,
2. mérlegkör működtetése,
3. eltérések (menetrendtől) kiegyenlítése,
4. átvett villamos energia értékesítése,
5. átvett villamos energia elszámolása.

A MAVIR Zrt. tagsági szerződést köt az Értékesítővel (az átvételi kötelezettség alá eső villamos energia termelője), majd a mérlegkörbe érkező villamos energiáért az értékesítőnek kifizeti az átvételi árat. Az átvett villamos energiát a MAVIR Zrt. a hazai villamosenergia-piacon (HUPX) értékesíti. [8] A mérlegkör tagjai kötelesek napi termelési menetrendet készíteni a hónap minden napjára (12 hónapra). A tagoknak lehetőségük van a napon belüli módosításra. A tagoknak törekedniük kell a kiegyenlítésre, ha eltérnek a menetrendtől. A MAVIR Zrt., mint befogadó határozza meg a fizetendő pótdíjat a KÁT termelő menetrend eltérése alapján. A mérlegkör tagjainak a termelési adatait a befogadó minden hónapban közzéteszi. A rendszer felépítése a 5.1 ábrán látható.

"A megújuló energiaforrásból nyert energiával termelt villamos energia esetén az alábbi kategóriákat különbözteti meg a törvény:

- nap- és szélenergiaforrásból termelt
- nem nap- és szélenergiaforrásból termelt
- 20 MW vagy annál kisebb napenergiaforrásból termelt
- 20 MW vagy annál kisebb energiaforrásból termelt (kivéve napenergiaforrás)
- 20 MW-nál nagyobb, de legfeljebb 50 MW-os energiaforrásból termelt (kivéve: szélenergiaforrás 2008 nov. 30-tól)
- 20 MW-nál nagyobb, de legfeljebb 50 MW-os szélenergiaforrásból (2008 nov. 30-tól) termelt
- 5 MW-nál nagyobb vízenergiaforrásból, 50 MW-nál nagyobb egyéb energiaforrásból termelt

- hulladékból nyert energiával termelt villamos energia
- használt berendezést is tartalmazó erőműben termelt" [9]

Emellett fontos, hogy az adott villamos energia a nap mely szakaszában lett kitermelve. Magyarországon az alábbi kategóriák szerint határozzák meg:

"Csúcsidőszak:

- téli időszámítás: 06:00-22:00
- nyári időszámítás: 07:00-23:00

Völgyidőszak:

- téli időszámítás: 22:00-01:30 és 05:00-06:00
- nyári időszámítás: 23:00-02:30 és 06:00-07:00

Mélyvölgy időszak:

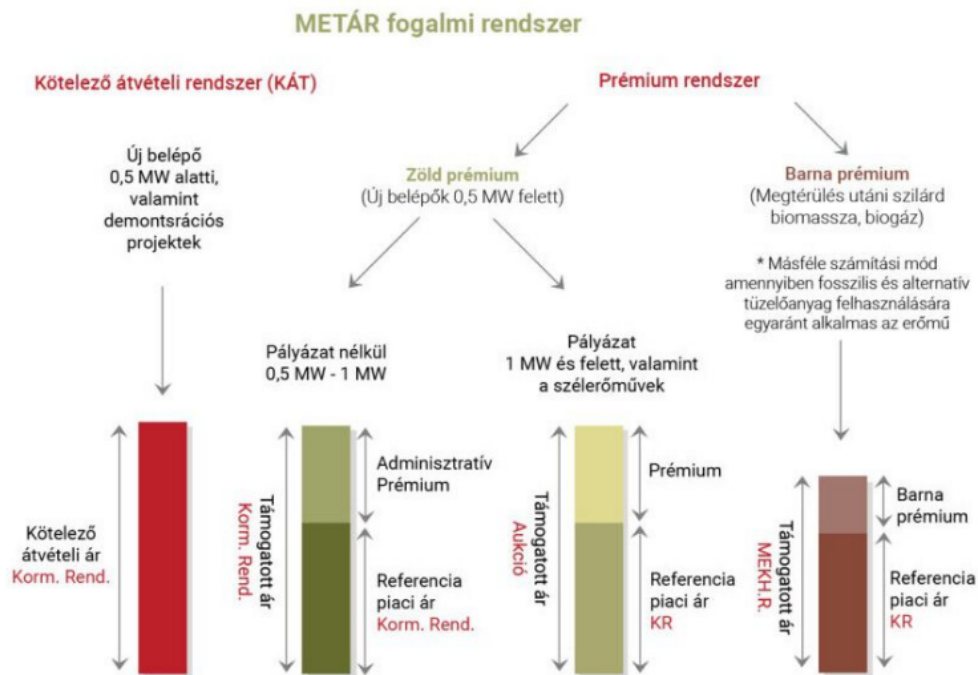
- téli időszámítás: 01:30-05:00
- nyári időszámítás: 02:30-06:00" [9]

5.2. METÁR

Ez a rendszer hasonlít a KÁT rendszerhez, itt is van egy adott támogatott ár, viszont az energiát nem a MAVIR értékesíti, hanem azt a termelőnek kell a piacon értékesítenie. A támogatást az eladott energia mennyisége után kapja a termelő. A támogatás a meghatározott támogatott ár és a piaci ár különbsége.

Az új rendszertől azt remélik, hogy kiegyensúlyozottabbá teszi majd a hálózat működését. Arra számítanak, hogy a termelők figyelembe veszik a villamos energia árát és akkor termelnek, amikor magas az ár (vagyis szükség van az energiára), viszont amikor alacsony az ár (vagyis nincs szükség az energiára), akkor nem termelnek akkora mennyiségben.

A támogatási összeget és feltételeket, valamint a fix átvételi időt és átvételi árakat jogszabályba rögzítik.



5.2. ábra. METÁR rendszer felépítése [7]

"A bázis átvételi árak technológia típusonként illetve méretkategóriánként kerülnek differenciálásra, igazodva az eltérő beruházási és üzemeltetési költségekhez." [7]

A METÁR rendszerében a fix támogatási idő 15 év, így a támogatás mértékének meghatározásánál figyelembe veszik ezt a 15 évet.

A támogatásban új vagy a támogatás benyújtásakor még meg nem kezdett kivitelezésű beruházás részesülhet. A támogatást a vegyes tüzelésű vagy hulladékot égető erőművek csak a megújuló energiaforrásnak minősülő részre kaphatnak.

"A METÁR rendszerben az új beruházásra támogatást jelenleg csak pályázati eljárás keretében kiosztott zöld prémium típusú jogosultság formájában lehet igényelni." [10]

A biomassza vagy biogáz felhasználásával történő villamos energia termelése esetén igényelhető támogatást (barna prémium) a MEKH-től (Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal) lehet igényelni öt évre és nem szükséges hozzá pályázat.

A rendszer felépítését a 5.2 ábra mutatja.

Támogatási kategóriák [7]:

- <500 kW: A legkisebb, 0.5 MW kapacitás alatt ugyanaz a kötelező átvételi rendszer

(KÁT) vonatkozik az erőművekre, mint eddig, kivételt a szélerőművek jelentenek.

- 500-100 kW: A 0.5 és 1 MW közötti termelők a METÁR speciális, egyedi támogatásokkal ellátott rendszerébe tartoznak. Az ebbe a kategóriába tartozó zöld energia-termelők prémium típusú támogatást kapnak, de ezt pályázat nélkül is megszerezhetik, a szélerőműveket kivéve. A támogatott árat esetükben kormányrendelet határozza meg, hasonlóan a jelenlegi KÁT-árakhoz. A támogatás alá eső maximális villamos energia-mennyiséget a MEKH határozza meg.
- 100 kW<: Az 1 MW feletti, megújuló energiákat hasznosító erőművek szintén a prémium támogatási rendszerbe tartoznak. Pályázniuk kell a támogatásra. A támogatás pályáztatása a legalább 1 MW-os erőművekre és a szélerőművekre kötelező.

A szükséges engedélyek [7]:

1. 50 kW- 500 kW névleges teljesítményig:

- Építési engedély a Magyar Kereskedelmi Engedélyezési Hivataltól (MKEH), (500 kW-ig a szigetüzemű rendszerek nem igényelnek építési engedélyt, csak ha Natura 2000 területre épülnek).

2. 500 kW-tól 5000 kW névleges teljesítményig:

- Építési engedély a MKEH-től
- Kiserőművi összevont engedély MEKH-től

3. 5000 kW-tól 50.000 kW névleges teljesítményig vagy 120 kV-on történő csatlakozáskor:

- Építési engedély a MKEH-től
- Kiserőművi összevont engedély MEKH-től
- MAVIR Rt.-től külön engedély
- Megvalósíthatósági tanulmányt kell készíteni és elfogadtatni az elosztói engedélyessel.

Az engedélyeztetés folyamata nagyon szigorú. Minden esetben be kell nyújtani a tervdokumentációt.

Az alábbi tervdokumentációk szükségesek:

Engedélyes terv [7]:

- Villamos tervfejezet
- Tűzvédelmi tervfejezet
- Régészeti tervfejezet (ha a hatóság kéri)
- Környezetvédelmi tervfejezet
- Környezetvédelmi hatástanulmány (hatóságfüggő)
- Építészeti tervfejezet (ha közepesfeszültségű kapcsolóállomás szükséges)
- Termelői vezetékek terv
- Kiviteli terv
- Csatlakozási terv

2019 végén több módosítás lett bejelentve a KÁT és METÁR támogatási rendszerekkel kapcsolatban. A módosítások a már megépült erőművekre is vonatkoznak.

Az egyik ilyen módosítás a menetrend megadásával kapcsolatos. A korábbi menetrend megadásánál sokkal pontosabban kell ezek után a menetrendet megadni. A fő oka, hogy megszűnnek a tolerancia sávok, amelyek korábban engedélyeztek egyfajta százalékos eltérést a menetrendtől.

„minden piaci szereplőnek felelősséget kell viselnie az általa a rendszerben okozott kiegyenlítetlenségekért. Ennek érdekében a piaci szereplőknek vagy maguknak kell betölteniük a mérlegkörfelelős szerepét, vagy ezt a felelősséget szerződéses úton át kell ruházniuk egy általuk kiválasztott mérlegkörfelelősre. Minden egyes mérlegkörfelelős pénzügyi felelősséggel tartozik kiegyenlítetlenségeiért, és törekszik az egyensúlyra vagy elősegíti a villamosenergia-rendszer kiegyensúlyozottságát.” [11]

A tolerancia sávtól való nagyobb eltérés esetén pótdíjat kell fizetni. A tolerancia sávok attól függően változnak, hogy a villamos energiát milyen erőművel termelik meg.

KÁT Rendelet		Tolerancia sáv
1.	5 MW-nál kisebb teljesítőképességű biogázból vagy hulladéklerakóból, illetve szennyvízkezelő létesítményből származó gázból nyert villamos energiát termelő erőmű	+/- 20%
2.	szélerőmű, naperőmű vagy 5 MW-nál kisebb névleges teljesítőképességű vízerőmű	+/- 50%
3.	az előbbiektől nem tartozó, engedélyes KÁT termelő	+/- 5%
4.	5 MW névleges teljesítőképességet elérő vízerőmű	+/- 25%
METÁR Rendelet		Tolerancia sáv
1.	naperőmű vagy vízerőmű	+/- 50%
2.	naperőmű vagy vízerőmű kategóriába nem tartozó KÁT termelő	+/- 25%

5.3. ábra. KÁT és METÁR tolerancia sávok [12]

A tolerancia sávok százalékos meghatározása az alábbi táblázat szerint:

A fenti táblázatban szereplő tolerancia sávok feletti eltérés esetén minden kWh-ként a termelőnek az adott napra pótdíjat kell fizetnie a Befogadónak.

A METÁR KÁT és az engedélyes KÁT termelőknek van arra lehetőségük, hogy csökkentsék a pótdíj összegét abban az esetben, ha a villamos energia-ellátási szabályzatoknak megfelelő napon belüli mentrendet nyújtanak.

"A szabályozási pótdíj napi összege az alábbi feltételek szerint csökken:

- szabályozási pótdíj csökkentés alapja: a KÁT termelő tényleges termelésének napi menetrendtől és napon belüli menetrendtől való abszolút eltéréseinek különbsége,
- szabályozási pótdíj csökkentés mértéke: a szabályozási pótdíj napi összegének és a KÁT termelő tényleges termelésének napi menetrendtől vett abszolút eltérései napi összegének hányadosa,
- szabályozási pótdíj csökkentés összege: a fenti két pont eredményeinek szorzata." [11]

"A KÁT Rendelet vagy a METÁR Rendelet szerinti kötelező átvételi rendszerben értékesíthető villamos energia elszámolására 2020. január 1-jétől a KÁT mérlegkörön kívül, nem KÁT hatósági ár alapján kerül sor, amennyiben a villamos energia az átviteli rendszerirányító részére kerül értékesítésre a rendszerszintű szolgáltatások biztosítása keretében. Az elszámolás az átviteli rendszerirányítónak a villamosenergia-rendszer szabályozásával összefüggő költségei között történik." [11]

A következő módosítás, hogy az önfogyasztásban nem kell beleszámítani a villamos energia-tárolásra felhasznált villamos energiát. A tárolók alkalmazása megkönnyíti a menetrend betartását. A régi KÁT, valamint az új METÁR rendszerben is támogatható a saját termelésű villamos energia tárolóba való betáplálás, majd a közcélú hálózatra való továbbítása.

A módosítások ellenére továbbra is lehetséges a telephely módosítása a METÁR rendszerben, viszont alkalmazni kell az összeszámítási szabályt.

6. fejezet

Hidrogén jövőbeni felhasználása

A leggyakrabban előforduló környezetszennyező folyamat a szén-dioxid kibocsátás. A mindennapi közlekedés során rengeteg szén-dioxidot bocsátanak ki a belső égésű motoros járművek. A környezet és az egészség megóvásának érdekében ezzel a problémával foglalkozni kell, találni kell rá valamilyen megoldást.

Ennek a problémának a megoldására lenne alkalmas a hidrogén alkalmazása, mint üzemanyag.

Elektromos hajtású járműveket már látunk az utakon, annak ellenére, hogy a hatótávolságuk kisebb, mint egy belső égésű motoros járművé és a feltöltésük is több időt vesz igénybe. Teherszállító járműveket még ezen okokból kifolyólag nem látni közlekedni az utakon.

	Mértékegység	Hidrogén	benzín	gázolaj
Égéshő	MJ/kg	141,974	45,217	44,715
Fűtőérték	MJ/kg	119,617	42,035	41,843
Égéstermék		H ₂ O	H ₂ O, CO ₂ , CO	H ₂ O, CO ₂ , CO

6.1. ábra. A hidrogén összehasonlítása [13]

A hidrogén jobb megoldást jelentene, mert tulajdonképpen karbonsemleges energia. A másik előnye, hogy általa csökkenne a töltési idő, csak pár percet venne igénybe a hidrogéntartály feltöltése sűrített gázzal, ami a járművekben van elhelyezve. Ez a hidrogén segít az energia előállításában az üzemanyagcellákban. Az egyetlen melléktermék a víz.

Egy átlagos személyautó 1 kg sűrített hidrogénnel akár 100 km-t is meg tud tenni. Egy tehergépjárműnek ami tételezzük fel 40 tonna, annak 100 km megtételéhez 7 kg sűrített hidrogénre van szüksége. Tehát az üzemanyagcellás járművek megközelítik a hagyományos motorokkal szerelt járművek hatótávolságát.

A fékezéskor visszanyert energia a tárolás után felhasználható.

Az üzemanyagcella a teherszállításban nyújthat megoldást.

Sajnos a hidrogén-töltőállomás hálózata még nincs kiépítve.

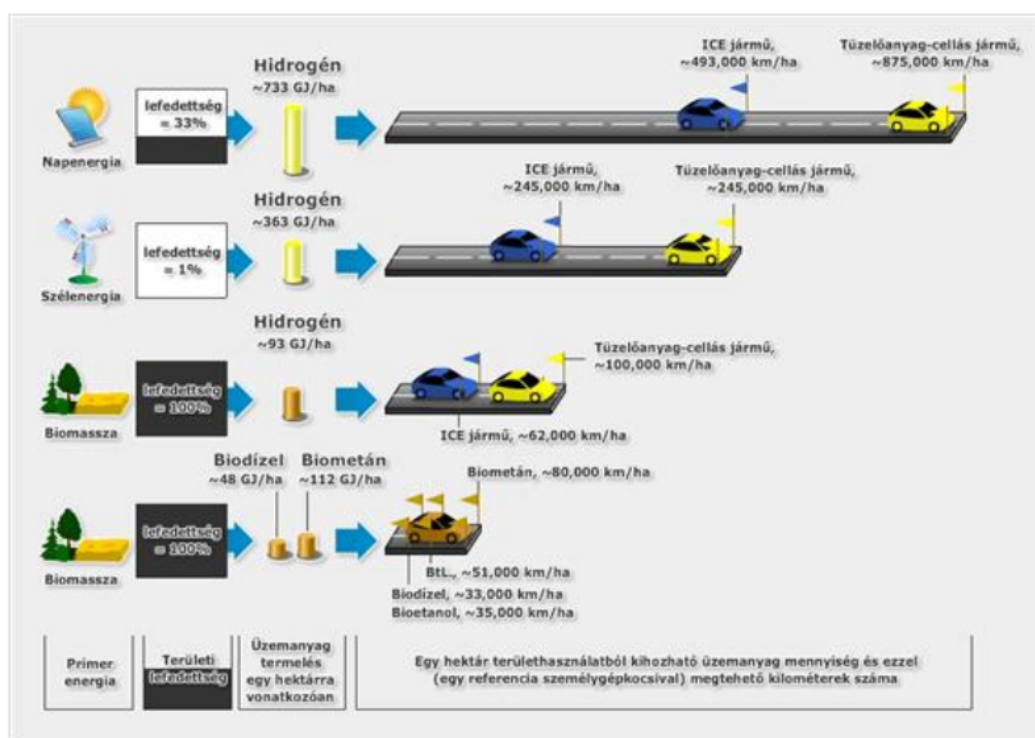
A hidrogén használata a járművekben nem veszélyesebb, mint a jelenlegi üzemanyagok. Elméletileg a hidrogén és oxigén egymással történő reagálása robbanáshoz vezet, de a hidrogén könnyebb, mint a levegő, így gyorsabban emelkedik és ez által nem tudnak reakcióba lépni egymással.



6.2. ábra. Hidrogénautó (bal) és benzines autó (jobb) összehasonlítása [4]

A 6.3 ábrán 4 alternatíva látható. A kiindulási alap 1 hektár terület használata.

Látható, hogy a legelső opciónál a napenergiánál az 1 hektár lefedettsége 33 %, míg a



6.3. ábra. Hidrogén tüzelőanyag-cellás járművek és az alternatív lehetőségek [4]

szélenergiánál csak 1 %-os. A maradék területen lehetőség van termelni élelmiszer-növényeket vagy akár takarmányt. Jól látható, hogy ez a lefedettség a biomassza esetében eléri a 100 %-ot, tehát elfoglalja az egész területet.

A megtermelt energia mennyisége: napenergia > szélenergia > biomassza

Az ábrán látható egy belső égésű motor (ICE) és egy tüzelőanyag-cellás (HTC) autó összehasonlítása. Egységnyi területhasználat mellett, melyik hány km-t képes megtenni évente. Jól látható, hogy minden esetben a tüzelőanyag-cellás autóval nagyobb távolságot lehet megtenni.

A megújuló energiaforrásokkal megtermelt áram mennyisége nem mindig ugyanannyi, hiszen a nap nem süt mindig ugyan olyan erősséggel és a szél sem fúj mindig ugyan olyan szélsébséggel. A rendszer gazdaságosabb működése érdekében energiatárolókat kell alkalmazni, így amikor a fogyasztás kevesebb, mint a megtermelt villamos energia, akkor azt a felesleges villamos energia mennyiséget a tárolók tárolják. Abban az esetben pedig, amikor naplemente van vagy felhős az ég és több a fogyasztás, mint a megtermelt energia mennyisége, akkor ezekből a tárolókból nyerjük vissza az energiát.

A napelemmel vagy szélturbinával fejlesztett elektromos energiával vízből előállított

hidrogént stabil tüzelőanyag-cellában vagy akár klasszikus hőerőműben a hidrogénből bármikor ismét elektromos energia fejleszthető.

A hidrogéntartályok, a tüzelőanyagcella és egy kis puffer akkumulátor együttesen olcsóbb és praktikusabb megoldás, mint egy óriási lítium-akkumulátor.

A jövőben nem elképzelhetetlen, hogy a legtöbb háztartásnak lesz saját napeleme vagy szélturbinája és ezeknek a segítségével állítanak elő hidrogént, amit majd beletöltenek a hidrogéntautójukba. A felesleges hidrogént, pedig eltárolják vagy elégetik.

Egyelőre sokba kerülne hidrogénnel autózni, ugyanis [14]:

100 km egy mai átlagos, 100 kW-os benzines középkategóriás autóval forintban: $71/100 \text{ km} \times 400 \text{ Ft/l} = 2800 \text{ Ft}$

100 km egy mai átlagos, 100 kW-os elektromos középkategóriás autóval forintban: $18 \text{ kWh}/100 \text{ km} \times 43 \text{ Ft/kWh} = 774 \text{ Ft}$

100 km egy hidrogéntautóval (a Mirai és az FCX is 100 kW-os): $1 \text{ kg}/100 \text{ km} \times 9,5 \text{ EUR/kg} = 9,5 \text{ EUR} = 3040 \text{ Ft}$

Sajnos egyelőre a hidrogéntautók is drágák és ez addig nem is fog változni, ameddig nem lesz sokkal, de sokkal több hidrogéntautó és töltőállomás.

7. fejezet

A hidrogén sokszínűsége

A hidrogén termelésének különböző módja, technológiája van. Attól függően, hogy milyen eljárással hoztuk létre a hidrogént, beszélhetünk zöld, kék, szürke, lila, türkízkék, barna/fekete, sárga és fehér hidrogénről. A 7.1 ábra összefoglalja a hidrogént színek szerint.



7.1. ábra. A hidrogén színei [28]

A [27] forrás és a 7.1 ábra alapján kijelenthető, hogy a színek nem a hidrogén színére értendők, hanem a kinyerésére használt energiaforrás vagy az eljárás üvegházhatású gázok kibocsátási profiljának felel meg. A világosabb színek (pl.: zöld, kék) az alacsonyabb károsanyag kibocsátásra, míg a sötétebb színek (pl.: barna, fekete) a magasabb károsanyag kibocsátásra utalnak.

Zöld hidrogén: Ennél a hidrogénnél az előállítása során nincs üvegházhatású gáz kibocsátás. A leggyakrabban elektrolízist alkalmaznak, ami a víz bontása hidrogénre és oxigénre. Azért is környezetbarát megoldás, mert az elektrolízátort megújuló energiaforrással (napenergia vagy szélenergia) előállított villamosenergiával hajtják meg.

Kék hidrogén: Előállításánál gőzzel választják el a földgáztól a hidrogént. Sajnos ez a módszer során termelődik üvegházhatású gáz, de a szén-dioxid-leválasztási és tárolási technológiák rögzítik és tárolják ezeket a kibocsátásokat.

Szürke hidrogén: Az előállítási mód hasonló, mint a kék hidrogén esetében. Az egyetlen különbség az a termelődő üvegházhatású gáz kezelése. Sajnos a kibocsátást nem rögzítik, sem tárolják, így a légkörbe kerül.

A barna és a fekete hidrogén: A barna barnaszénből a fekete feketeszénből gázosítással állítják elő. Az eljárás során a szénben gazdag anyagot hidrogénné és szén-dioxiddá alakítják át. Sajnos ennek a módszernek is a végén a légkörbe kerülnek a káros melléktermékek.

Lila hidrogén: Elektrolízissel állítják elő, amihez atomenergiát használnak fel.

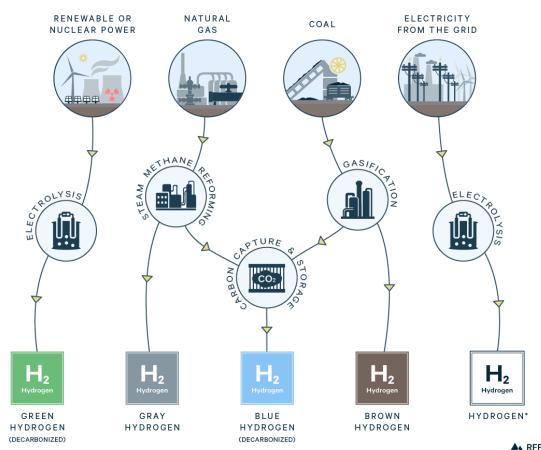
Türkizkék hidrogén: A metán termikus hasításával (metán pirolízis) előállított hidrogén. A szén-dioxid helyett szilárd szén keletkezik.

Sárga hidrogén: Különböző forrásokból (azaz megújuló és fosszilis tüzelőanyagokból) származó hálózati villamos energia felhasználásával elektrolízissel előállított hidrogén.

Fehér hidrogén: Az ipari folyamatok melléktermékeként előállított hidrogén. A (ritka) természetes formájában előforduló hidrogénre is utal.

A hidrogén csak akkor éri el célját, hogy tiszta energiaforrás legyen, ha az előállítása során nem termelődik károsanyag.

A 7.2 ábra összefoglalja néhány hidrogén termelésének folyamatát.



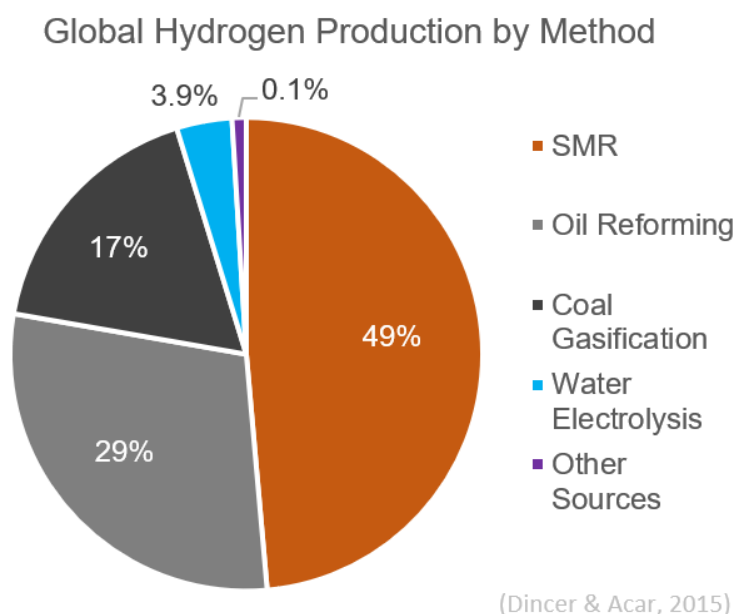
7.2. ábra. Hidrogéntermelési folyamatok [15]

7.1. SMR technológia és a PEM cellás PV erőmű modell összehasonlítása környezeti szempontból

7.1.1. SMR technológia

SMR technológia alatt a metán gőzreformálását értjük.

Az **SMR** (gőzreforming vagy a metángőzreformálás) olyan módszer, amely szintézisgázt (hidrogént és szén-monoxidot) állít elő szénhidrogének vízzel való reakciójával. Általában a földgáz az alapanyag. Ennek a technológiának a fő célja a hidrogén előállítása. [26]

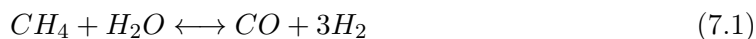


7.3. ábra. A különböző eljárások százalékos eloszlása [20]

A 7.3 ábrán is látható, hogy a világ hidrogénjeinek nagy részét az SMR technológiával állítják elő.

A jelenleg évente előállított 60 millió tonna hidrogénnek a 96%-a tüzelőanyag-alapanyagok reformálásából származik (49% földgáz, 29% folyékony szénhidrogén és 18% szén), ami magas közvetett szén-dioxid kibocsátást eredményez. A fennmaradó 4%-ot víz elektrolízisével állítják elő.

Az SMR folyamat egy kétlépéses folyamat, amint azt az egyenletek mutatják. 7.1 és 7.2:





A földgáz az SMR fő nyersanyaga, amely többnyire metánból áll, különféle szénhidrogénekkel és szén-dioxiddal keverve. A reformálás során az alapanyag magas hőmérsékletű gőzzel reagál. Ezt a folyamatot a 7.1 egyenlet írja le. Ezt követően a nem reagált földgázzal együtt szén-monoxid (CO) és hidrogén keletkezik.

Ezután további gőzt vezetnek be, hogy reagáljanak a CO-val, így további hidrogént tudnak vissza nyerni. A szén-monoxidot szén-dioxiddá alakítják a víz-gáz eltolódási reakcióban 7.2 egyenlet.

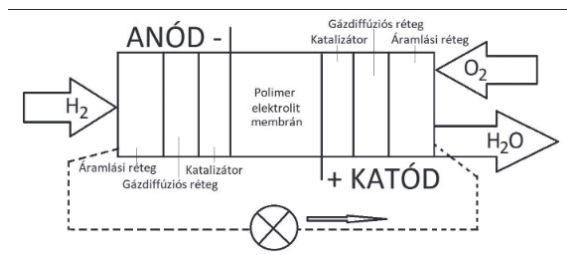
A teljes folyamat hatékonysága megközelítőleg 76%.

Az SMR eljárás nagy mennyiségű szén-dioxidot bocsát ki, ami csökkenthető egy szén-leválasztó és -tároló rendszer beépítésével, ahol a füstgázokat eltávolítják és leválasztják a termékáramból. Ezt követően a szén-dioxid 90%-át amin oldószerrel (monoetanol-amin - MEA) abszorbeálják. A kezelt füstgázáramot a légkörbe vezetik. A szén-dioxidot ezután termikusan deszorbeálják és tárolás céljából 110 bar nyomáson összenyomják.

Az SMR + CCS energiahatékonysága 68%, főként a MEA regenerálásához szükséges energia és a kompresszióhoz szükséges villamos energia miatt.

Mindkét esetben (CCS-sel és anélkül) a hidrogént tovább tisztítják 99,99% a WGSR után egy nyomáslengő adszorpciós egységben, ami a szénelgázosítás (CG) és a biomassza elgázosítás (BG) technológiákban is használatos. [26]

7.1.2. PEM cellás PV erőmű



7.4. ábra. PEM cella felépítése [29]

A működését a 7.4 ábra alapján meg lehet ismerni. A nagy nyomású hidrogén az anódra

kerül, ahol a katalizátor hatására leadja az elektronjait. A protonok áthaladnak a membránon, majd a katódon a levegő oxigénjével és saját elektronjaikkal vízzé oxidálódnak. A vízmolekula energiaszintje alacsonyabb, mint a hidrogén és az oxigén molekuláké együttesen. A két energiaszint közötti különbség pedig a membránon kívül áramló elektronok által végzett munka [29].

A fotovoltai (PV) a fény elektromos árammá alakítása olyan félvezető anyagok felhasználásával, amelyek fotovoltai hatást mutatnak. A fotovoltai hatást a villamosenergia-termelésre és fotoszenzorként használják. A fotovoltai rendszer napelem modulokat alkalmaz, amelyek mindegyike több napelemet tartalmaz és elektromos energiát termelnek. A napelemes berendezések lehetnek földre, tetőre, falra szerelhetők vagy úszók. A tartó rögzíthető vagy napelemes nyomkövetővel követheti a napot az égen [30].

Környezeti hatásaik [26]

A 7.5 ábrán látható a technológiák összehasonlítása az emberi egészségre, az ökoszisztéma minőségére és az erőforrások kimerülésére kifejtett hatásuk alapján.

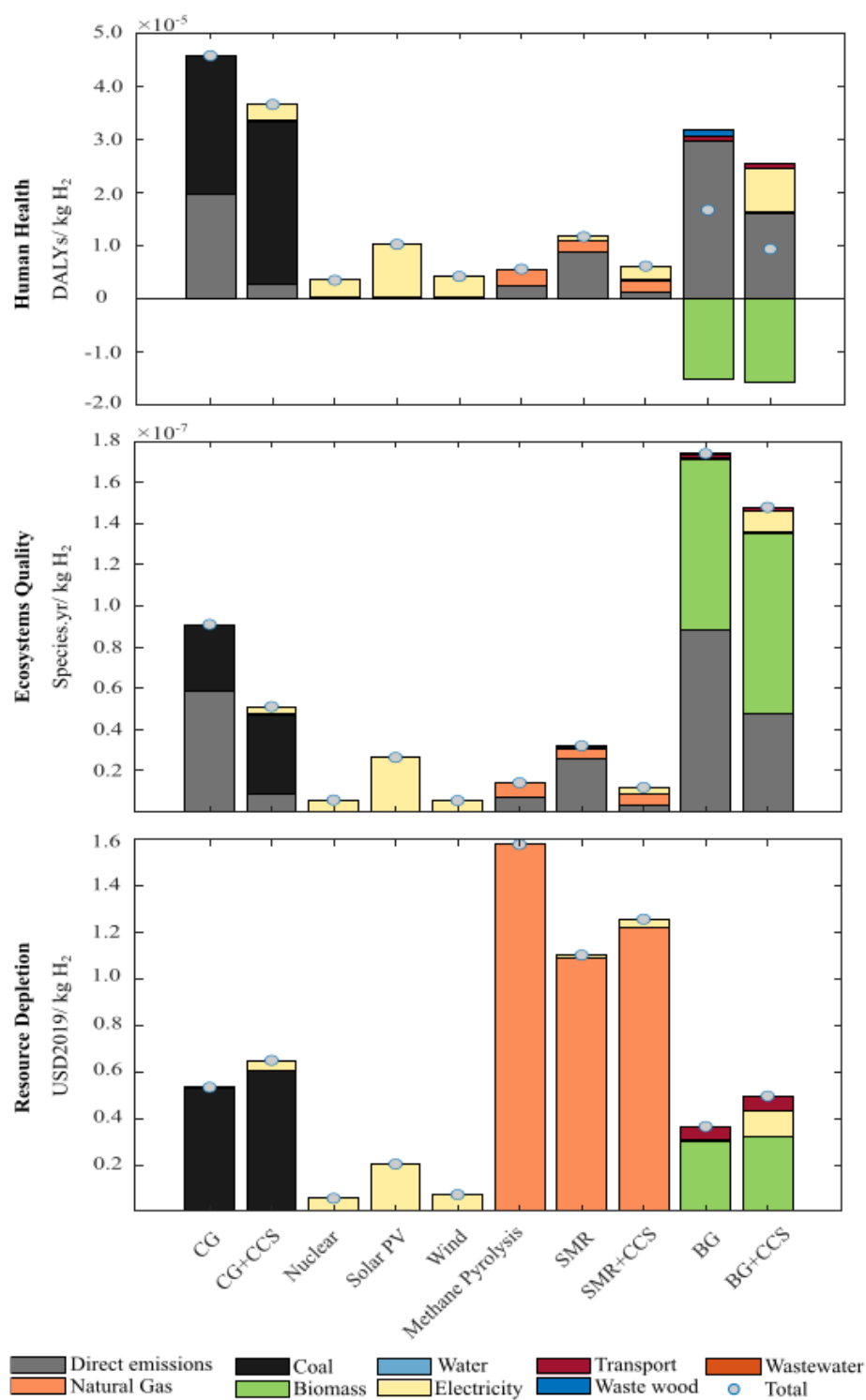
Az emberi egészségre gyakorolt legnagyobb hatást a csillapítás nélküli szénelgázosítás mutatja, ezt a szén elgázosítása követi szén-leválasztással és -tárolással, majd ezt követi az SMR, napelemes PV, biomassza-elgázosítás szén-leválasztással és tárolással, SMR szén-leválasztással és tárolással, metán-pirolízis, és végül a szél- és nukleáris technológiák.

Tehát ha csak az SMR és a PV technológiát vesszük figyelembe, akkor az emberi egészségre a PV technológia a kevésbé káros.

Az ökoszisztéma minőségét tekintve a biomassza elgázosítása mutatja a legnagyobb hatást, amelyet szorosan követ a biomassza-elgázosítás szén-leválasztással és -tárolással, a szénelgázosítás, a szén elgázosítása szén-dioxid-leválasztással és -tárolással, az SMR és a napenergia. Ezután metán pirolízis, SMR szén-dioxid leválasztással és tárolással, nukleáris és szél technológiák.

Ennél az összehasonlításnál is kijelenthető, hogy az SMR technológia károsabb, mint a PV technológia.

Végül a fosszilis hasznosítású technológiák, különösen a földgáz, az amik a legnagyobb mértékben kimerítik az erőforrásokat, míg a szél és a nukleáris elektrolízis okozza a legkisebb erőforrást kimerítő hatást.



7.5. ábra. Környezeti hatások [26]

Ha a PV technológiát összekötöm PEM cellával, akkor a PEM cella hátrányait is figyelembe kell venni. Sajnos a PEM cellák tömege igen nagy és drágák is a platina miatt. Sajnos a vegyi reakciók során idővel a cellák teljesítménye is csökken.

7.2. Egységes környezethasználati engedély (IPPC engedély)

Az egységes környezethasználati engedély köteles tevékenységeket a 314/2005. (XII. 25.) Kormány rendelet 2. mellékletében vannak feltüntetve.

A [24] forrás alapján egységes környezethasználati engedély köteles tevékenységek:

- Energiaipari létesítmények (tűzelőberendezések)
- Fémtermelés és feldolgozás létesítményei (pörkölés, szinterelés, öntés, hengerlés, stb.)
- Építőanyag-ipari létesítmények (cementgyár, üveggyár, ásványi szál gyártás, kerámiagyár, azbeszt gyár)
- Vegyipari létesítmények
- Hulladékkezelés
- Papíripari létesítmények
- Textilipari, bőripari létesítmények
- Élelmiszeripari létesítmények
- Nagy létszámú állattartás
- Gépipari, fémfeldolgozási létesítmények
- Bányászati létesítmények

A [24] forrás alapján az egységes környezethasználati engedély tartalmazza:

- az engedélyes (környezethasználó) megnevezését, címét, fontosabb adatai
- a tervezett tevékenység helyét, rövid leírását
- az engedély érvényességi idejét
- környezetvédelmi előírásokat (minden környezeti elemre)
- a rendszeres környezetvédelmi ellenőrző és mérő rendszer kialakítását
- jogszabályi feltételek fennállása esetén egyes határértékeket

- szakhatósági állásfoglalásokat
- egyéb előírásokat, jogkövetkezményeket
- környezetvédelmi engedély kiadását követően esetlegesen szükséges további engedélyek megszerzése való kötelezést
- elérhető legjobb technika alkalmazására vonatkozó rendelkezéseket
- indoklást

"Az egységes környezethasználati engedélyezés tulajdonképpen egy keretszabályozás, amely szakterületi részletszabályozásokat nem tartalmaz" [22].

Az egységes környezethasználati engedély (IPPC engedély) nem tesz különbséget a hidrogén termelésének módjai/technológiái között. Nem különbözteti meg például a barna és a zöld hidrogént.

A jövőben akár ki lehetne dolgozni egy rendszert, ami alapján különbséget tesznek a hidrogén termelési technológiák között. Lehetséges lenne, hogy a zöld hidrogén termelésénél nem is lenne szükség az IPPC engedélyre.

7.3. Napelemes rendszer megtérülése

"A villamosenergia-ellátás egyik legfontosabb követelménye a hálózati frekvencia állandó értéken (50 Hz) tartása. Ha a rendszer energiaegyensúlya megbomlik, a frekvencia mindaddig változik, amíg az egyensúly helyre nem áll." [16]

Ennek az egyensúlynak az eléréséhez három szabályozási módszer van: primer, szekunder és a tercier szabályozása.

A primer szabályozás alapelve: A hatásos teljesítmény csökkenésekor a frekvencia csökkenésének a megállítása azonnali arányos beavatkozással.

A szekunder szabályozás alapelve: Miután a szinkronterületen a frekvenciaeltérés aktiválja a primer szabályozást, az egyensúly beáll, de nem az előírt frekvencián. Az egyes szabályozási területeken az egyensúlyhoz a hibát a szekunder szabályozással kell kiküszöbölni.

A tercier szabályozás: Az értékes szekunder tartalékok aktivált részének mielőbbi és tartós felszabadítása és kiváltása.

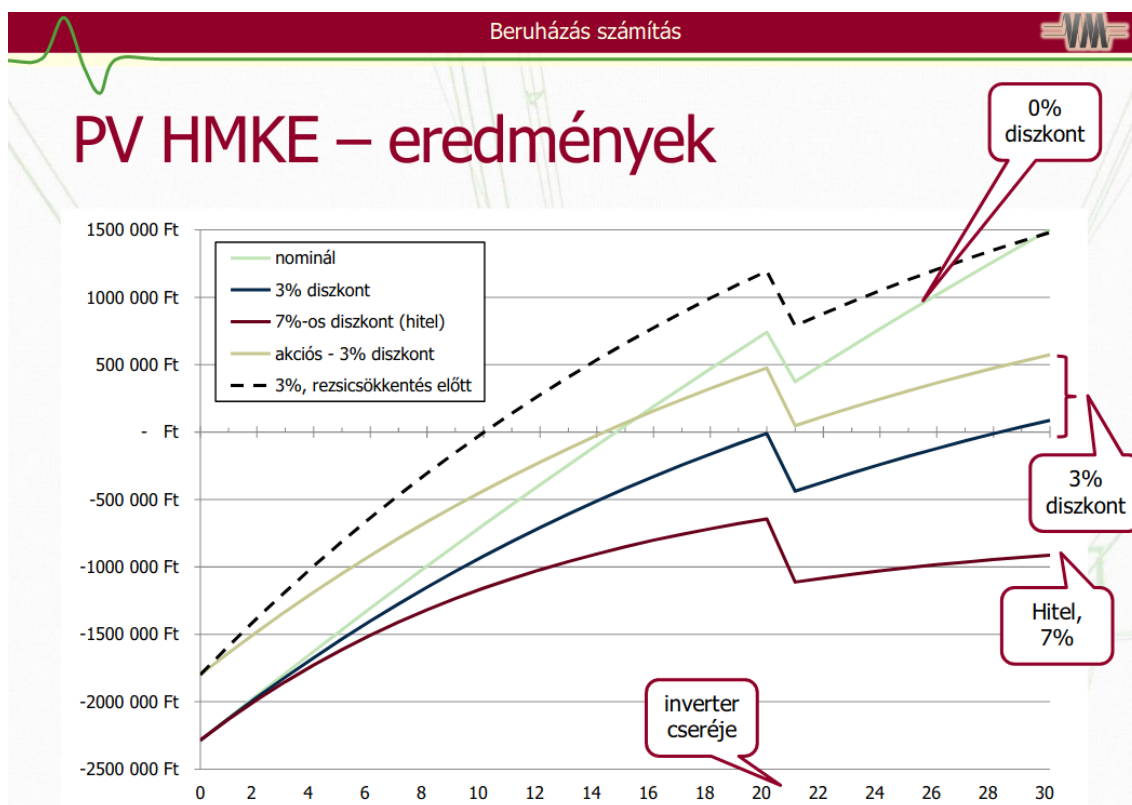
"Az időjárásfüggő termelők termelése hatalmas ingadozásokat mutathat, nehezen előre jelezhető, az ebből fakadó tervezési pontatlanságok pedig egyre nagyobb feladatot róznak a rendszerirányítóra, akinek az esetleges termelési hiányt pótolnia kell a tartalék kapacitások bevetésével, a többletet pedig más erőművek leszabályozásával kell kezelnie." "A fotovoltaikus termelés problémás tervezhetősége, a menetrendtől való ugrásszerű eltérésre való hajlama az egész villamosenergia-rendszert képes "megrángatni". "A magyar villamosenergia-rendszer meglehetősen egyoldalúan változik, hiszen a fotovoltaikus termelői kapacitás rendkívül dinamikusan bővül, nem utolsósorban a különféle támogatásoknak köszönhetően. A mintegy 80 ezer háztartási méretű, 50 kW alatti teljesítményű, nem engedélyköteles háztartási méretű napermű (HMKE) beépített teljesítménye már 2020 harmadik negyedének végén 640 MW-ot tett ki." [17]

"A szakember szerint az előrejelzések (időjárás, terhelés, termelés stb.) és valós időhöz közeli mérések által nyújtott adatok területén nagyon jelentős fejlesztések szükségesek. Addig ugyanis, amíg a másnapi időjárás sem jelezhető pontosan előre, és a rendszerirányító, illetve a piaci szereplők nagymértékben pontatlan adatok alapján kénytelenek tervezni, a rendszer egyensúlyának biztosítása rendkívül nehéz. További probléma, hogy a naperművek, különösen a HMKE-k termelésének és az adott ingatlanok fogyasztásának alakulásáról ma senki nem rendelkezik a valós idejű legalább megközelítő mérésekkel." Gyorsan növekvő állomány különösen nagynak számít, a trend pedig rendszerirányítási szempontból nem tűnik fenntarthatónak. A magyar rendszer jobb szabályozhatósága érdekében nagyon fontos, hogy a kereskedési időtávok nálunk is jelentősen lerövidüljenek a valós időhöz képest, ahogyan az is, hogy mi is hozzá tudjunk férni a külföldi tartalékokhoz, akár szabályozási energia formájában. A jó hír az, hogy az európai rendszerirányítók már dolgoznak ezen a különböző piacintegrációs projektek keretében. Egy ilyen összeköttetés több szempontból is jelentősen javítja a hazai átviteli rendszerirányító pozícióját, akár az igénybe vehető tartalékszolgáltatások, akár az import, akár pedig az export ezáltal bővülő lehetőségeire gondolva, melyek mind fontosak a növekvő magyarországi napermű kapacitás miatt is." [17]

Napelemes rendszer (PV HMKE) telepítése 2014-es árakkal:

Kiindulási adatok [18]:

- háztartási fogyasztó, 4500 kWh mértékadó éves fogyasztással
- 4kWp csúcsteljesítményű PV rendszer optimális elhelyezéssel kb. 1100 kWh/kWh/év
- degradáció a névleges teljesítmény 1%-a/év
- a teljes rendszer ár kb. nettó 450 eFt/kWp, összesen: 2,3 millió Ft
- inverter (kb. 20 éves élettartam): kb. 600 eFt
- átvétel (nettó) 4000 kWh-ig 38 Ft/kWh



7.6. ábra. Beruházás számítás [18]

A 7.6 ábrából is jól leolvasható, hogy a megtérülés 15 év után valósul meg. Ahhoz, hogy a beruházásunk profitot is termeljen, sokkal több idő kell. 30 év elteltével lesz a haszon 1,5 millió Ft.

8. fejezet

Összegzés

Napjaink egyik fontos feladata a megnövekedett energiaigény kiszolgálása. Észrevehető, hogy az eddig használt fosszilis energiaforrások kimerülőben vannak. Fontos feladat ezen energiaforrások helyettesítése úgy, hogy az ne legyen káros sem a környezetünkre, sem pedig magunkra. Ezen felmerülő problémának az egyik lehetséges megoldását vizsgáltam a szakdolgozatom elkészítése során, amely témájának a hidrogénelőállítási technológiák műszaki-, környezetvédelmi és gazdasági elemzését választottam.

A hidrogénelőállítási technológiák részletes tanulmányozása során számos lehetséges megoldást ismerttettem meg. Dolgozatomban kitértem a hidrogén sokszínűségére, a lehetséges előállítási módszerekre, valamint a jövőbeli felhasználási lehetőségekre. Célom a lehető legjobb módszer, technológia megtalálása volt. Egyértelműen nem lehet kijelenteni, hogy melyik hidrogénelőállítási módszer a legjobb, de a legtöbb potenciált a zöld hidrogén termelésében fedeztem fel.

9. fejezet

Summary

One of the important tasks today is to serve the increased energy demand. It is noticeable that the fossil energy sources used so far are being depleted. It is an important task to replace these energy sources so that they are not harmful to our environment or to ourselves. I examined one of the possible solutions to this problem during the preparation of my dissertation, the topic of which was the technical, environmental and economic analysis of hydrogen production technologies.

In the detailed study of hydrogen production technologies, I have described several possible solutions. In my dissertation I covered the diversity of hydrogen, the possible production methods, and the future uses. My goal was to find the best possible method and technology. It is not clear which method of hydrogen production is best, but I have discovered the most potential in the production of green hydrogen.

Hivatkozások

- [1] URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Energetika/ch06.html.
- [2] URL: <https://www.hfc-hungary.org/elektrolizis/>.
- [3] URL: <https://www.kontakt-elektro.hu/tuzeloanyag-cellak/hidrogen-energetika/>.
- [4] URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017_31_hidrogen_es_metanol/ch01s02.html.
- [5] URL: <https://napelemtanacsok.hu/napenergia-elony-hatrany/>.
- [6] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Chlamydomonas_reinhardtii.
- [7] URL: <https://solarkonstrukt.hu/befektetoknek/kat-metar-ismerteto/>.
- [8] URL: <http://www.mekh.hu/download/d/5e/b0000/kattajekoztato201909.pdf>.
- [9] URL: <https://www.mnnsz.hu/kat-jelentese/>.
- [10] URL: <http://www.mekh.hu/megujulo-tamogatasi-rendszer-metar>.
- [11] URL: <https://blogs.dlapiper.com/advocatus/2020/01/jelentos-valtozasok-a-megujulo-energia-tamogatasi-rendszerekben/>.
- [12] URL: <https://blogs.dlapiper.com/advocatus/2020/01/jelentos-valtozasok-a-megujulo-energia-tamogatasi-rendszerekben/>.
- [13] URL: <http://mernokvagyok.hu/blog/2019/12/12/hidrogen-a-jovo-uzemanyaga/>.
- [14] URL: <https://www.vezess.hu/magazin/2019/04/22/hatalmas-robbanas-elott-a-hidrogenipar/>.

- [15] URL: <https://www.rff.org/publications/reports/decarbonizing-hydrogen-us-power-and-industrial-sectors/>.
- [16] URL: http://energiaakademia.lapunk.hu/tarhely/energiaakademia/dokumentumok/202005/egy_kis_szabadegyetem.pdf.
- [17] URL: <https://www.portfolio.hu/gazdasag/20210319/alaposan-megrangattak-a-naperomuvek-a-magyar-villamosenergia-rendszert-474728>.
- [18] URL: https://vik.wiki/images/d/da/Villpiac_2015osz_ea_merged.pdf.
- [19] 2007. évi LXXXVI. Törvény a villamos energiáról, 45b bekezdés.
- [20] Ibrahim Dincer; Canan Acar. „Review and evaluation of hydrogen production methods for better sustainability”. *International Journal of Hydrogen Energy* 40.34 (2015), 11094–11111. old. ISSN: 0360-3199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2014.12.035>. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319914034119>.
- [21] Mayer Zoltán; Kriston Ákos. „Hidrogén és metanol gazdaság”. (2011). URL: <https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/handle/123456789/11903>.
- [22] „Az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás”. (2021). URL: <https://ippc.kormany.hu/az-egyseges-kornyezethasznalati--engedelyezesi-eljaras>.
- [23] Amir Zafri Bin Azwa. „Hydrogen as a future energy source”. *Thesis - CENTRIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES* (2020). URL: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/343162/Azwa_Amir.pdf?sequence=2&isAllowed=y.
- [24] „Egységes környezethasználati engedély - IPPC engedély”. (2021). URL: <http://www.kornyezeti-hatasvizsgalat.hu/engedelyek/egyseges-kornyezethasznalati-engedely>.
- [25] Szén István. „Hidrogén alapú energetika”. *Óbudai Egyetem: XII. Energetikai Konferencia* (2017).
- [26] Amjad Al-Qahtani és tsai. „Uncovering the true cost of hydrogen production routes using life cycle monetisation”. *Applied Energy* 281 (2021), 115958. old. ISSN: 0306-2619. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115958>.

- [27] Fiona Brown; Daniel Roberts. „Green, blue, brown: the colours of hydrogen explained”. (2021). URL: <https://blog.csiro.au/green-blue-brown-hydrogen-explained/>.
- [28] Joshua Castigliego; Tanya Stasio. „The "Colors" of Hydrogen”. (2021). URL: <https://aeclinic.org/aec-blog/2021/6/24/the-colors-of-hydrogen>.
- [29] István Végvári Zsolt; Ocskay. „A hidrogén üzemanyagcellák katonai célú felhasználásának lehetőségei”. *HADITECHNIKA* 53.2 (2019), 14–19. old. ISSN: 0230-6891. DOI: <https://doi.org/10.23713/HT.53.2.03>.
- [30] Wikipédia. „Photovoltaics”. (2021). URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaics>.