



**ZRÍNYI MIKLÓS NEMZETVÉDELMI EGYETEM
BOLYAI JÁNOS HADMÉRNÖKI KAR**



**NÖVEKVŐ ENERGIAIGÉNYEK A FÖLD ELTARTÓ KÉPESSÉGÉNEK
HATÁRÁN, AVAGY VAN-E JÖVŐJE AZ ATOMENERGIÁNAK?**

Készítette: Katona Ágnes XCV3F8

Konzulens: Dr. Földi László egyetemi docens

Budapest 2011

**ZRÍNYI MIKLÓS NEMZETVÉDELMI EGYETEM
BOLYAI JÁNOS HADMÉRNÖKI KAR**

**NÖVEKVŐ ENERGIAIGÉNYEK A FÖLD ELTARTÓ KÉPESSÉGÉNEK HATÁRÁN,
AVAGY VAN-E JÖVŐJE AZ ATOMENERGIÁNAK?**

**Tudományos Diákköri Pályamunka
az ITDK 2011. őszi felhívására**

Készítette: Katona Ágnes XCV3F8

Konzulens: Dr. Földi László egyetemi docens

Budapest 2011

TARTALOMJEGYZÉK:

Tartalomjegyzék.....	3. oldal
Bevezetés	4. oldal
A pályamű felépítése	7. oldal
1. Növekvő társadalmi igények, csökkenő földi teherbírás	9. oldal
2. Jelenlegi energiaszükségletünk	11. oldal
2.1. Természeti erőforrások és korlátaik	12. oldal
3. Fenntartható fejlődés és az atomenergia	16. oldal
3.1. Tények és tévhitek	18. oldal
3.1.1. A „zöld” társadalmi szervezetek hatása	21. oldal
3.2. Az atomenergia előnyei és az ún. „rejtett potenciál”	23. oldal
4. Hidrogén, a jövő energiaforrása?	25. oldal
4.1. Nukleáris energiából- Hidrogén	28. oldal
4.2. Tüzelőanyag cellák (Fuel cell)	31. oldal
5. Hazai energiakörkép	33. oldal
5.1. 2030-as Nemzeti energiastratégia	37. oldal
Befejezés	38. oldal
Mellékletek	43. oldal
Felhasznált irodalom	49. oldal
Ábrajegyzék	51. oldal
Átoltvasott irodalom	52. oldal

BEVEZETÉS

200 évvel ezelőtt a világ lakossága alig 1 milliárd fő volt, ma ez a szám több mint 6,7 milliárd, a kutatók szerint nem egész 40 év múlva pedig már csaknem 9 milliárdan leszünk.

Elképesztő és egyben drámai változások zajlanak Földünkön, mely változások okozói elsősorban mi emberek vagyunk. Miután tudósaink bebizonyították, hogy a globális éghajlatváltozás ütemgyorsulását károsanyag kibocsátásunkkal mi magunk gerjesztjük, az emberekben elindult a felismerés, a felelős gondolkodás, a jövőtől való félelem.

Az a Föld mely évezredekken át kiszolgált minket, elérkezett a tűréshatárhoz, tehát mégis „véges”. Ezen gondolatmenet alapján született meg a fenntarthatóság eszméje, az az idea, melynek célja a társadalmi jólét biztosítása a jelenlegi és a jövőbeli nemzedékek részére. Mindezt oly módon, hogy eközben megőrizzük a környezetünk minőségét, sokféleségét, fenntartható módon használjuk természeti erőforrásait.

A fenntarthatóság elvei alapján működni próbáló társadalmak legnagyobb problémája a megnövekedett lakosság energiaigényének kielégítése. Erre a problémára csak ráerősít a tény, miszerint exponenciális mértékben csökkennek a természetes ásványianyag készletek. Bizonyos, hogy a megújuló energiaforrások egyszer majd átveszik (és át is kell venniük) a világ energiaszektorán belül az uralmat, de lényegi térfoglalásuk rövidtávon véleményem szerint kivitelezhetetlen.

Mindaddig amíg el nem érkezik a megújuló energiák kora, szükségünk van és lesz legalább egy olyan jelenleg is használt energiaforrás fenntartására és további használatára, mely a leginkább megfelel a fenntarthatóság elveinek és melynek előállítása a legkevesebb CO₂ kibocsátással jár.

Ez az úgynevezett „tisza” energiaforrás pedig nem más, mint a nukleáris vagy más néven az atomenergia, mely új eljárásokkal párosítva, például a hidrogénelőállítási képessége révén forradalmasíthatja/átalakíthatja a jövő energiaiparát.

Témaválasztásom személyes indíttatású. Érdeklődésem az fenntartható fejlődés, az atomenergia összefüggései - azon belül is elsősorban a hidrogéntermelés lehetőségei iránt, egyetemi tanulmányaim alatt kezdődött és mára már „szenvédéllyé” vált.

A téma aktualitása:

A napi környezetpolitika kulcskérdésévé és egyben irányadó elvévé vált a fenntarthatóság. Konferenciák, nemzetközi tanácskozások, sőt nemzeti stratégiák születtek és születnek ma is ezen eszme szellemében. Mára kiderült, a Föld elérkezett a tűréshatárára, energiatartalékai végesek. Szükségszerű az új, előzőeket részben vagy teljesen kiváltó energiaforrások felkutatása és alkalmazása. A legtisztábbnak nevezett nukleáris energia, mint köztes energia alkalmazása hatalmas és jórészt alaptalan társadalmi ellenállást vált ki. Ma e társadalmi nyomás hatására kormányok döntenek (Németország 2011) az atomenergia országukból való teljes kivonásáról. Mindezek ellenére megdönthetetlen a tény, hogy a legtisztább energiaforrás minden tekintetben a nukleáris energia.

A legújabb kutatások szerint az atomenergia és a hidrogén előállítás konszenzusa jelentheti a jövő, fenntarthatóság elveinek maradéktalanul megfelelő energiaforrását.

A téma aktualitását mi sem tükrözi jobban, mint hogy egyetemünk adott otthont „A hidrogén tüzelőanyag cellák, mint a jövő környezetbarát energiaforrása és annak lehetséges katonai alkalmazásai”- című konferenciának 2010 decemberében.

A kutatás tézisei, főbb célkitűzések

Kutatásaim során a robbanásszerű népességnövekedést, a következményeként fellépő energiaszükséget, valamint az azt kielégítő energiaforrások tanulmányozását tűztem ki célul, amely célkitűzéseinek sikeres megvalósítása esetén remélhetőleg a pályamű élesen rávilágít majd a megújuló energiák és az atomenergia, mint a legtisztább energia alkalmazásának létjogosultságára, a hidrogén, mint erőforrás alkalmazásának jogos térnyerésére.

Hiszem, hogy a nukleáris energia „köztes” energiaként történő alkalmazása, eredményesen segítheti előre a megújuló energiák térnyerését, az energiaszükséglet kielégítését a fenntarthatóság elveinek megvalósítása mellett.

Álláspontom szerint a jövőben egyetlen fenntarthatóság elvén működő gazdaság sem nélkülözheti majd az atomenergiát!

Ismertetem a nukleáris energia előnyeit, a túlzóan negatív társadalmi megítélés okait és kiküszöbölésének lehetőségeit, valamint a jövőképét.

Bemutatom a világ 2050-re várható energiaéhségét, erőforrás tartalékait és a várható energiatermelő módozatokat, különös tekintettel az atomenergiára.

Ismertetem a hidrogént, mint a jövő energiaforrását és bemutatom a nukleáris energiával való konszenzusának előnyeit, módszereit, lehetőségeit, valamint az ebben rejlő potenciált.

Legvégül pedig hazánk energetikai állapotát, ásványanyag készletét, a 2030-as Nemzeti energiastratégiáját vizsgálom.

Egy ilyen hatalmas méreteket öltő környezeti probléma és egyben társadalmi szükségletkielégítés megoldásához, elengedhetetlenül szükséges a globális összefogás, melyből nem hiányozhat a világ egyetlen állama sem.

Véleményem szerint, ha a fenntarthatóság elveit követjük, mindenképpen és haladéktalanul át kell állnunk a „tisztá” energiák alkalmazására. Biztosítanunk és elő kell mozdítanunk a megújuló energiák térnyerését, azonban amíg ez megtörténik, haladéktalanul fel kell hagynunk a fosszilis tüzelőanyagok égetésével, mégpedig oly módon, hogy kiváltjuk őket a nukleáris, azaz a „legtisztább” energiával.

Álláspontom szerint, amennyiben nem szüntetjük be a fosszilis energiahordozókon alapuló energiatermelést a Földön és egyúttal tovább növeljük az üvegházhatású gázok, ezen belül is a szén-dioxid kibocsátását, abban az esetben a fenntarthatóság eszmélje örökre elvész, a globális klímaváltozás üteme egyre inkább felgyorsul, következményei pedig minden eddiginél nagyobb anyagi károkat és egyre több emberéletet követelnek majd.

Kutatási módszerek

Kutatásaim során alapvető szempontnak tekintettem a tudományos megalapozottságra való törekvést, a rendszerszemléletű megközelítést, az analízisekre, szintézisekre épülő következtetések kialakítását, a tudományos tételek gyakorlattal való alátámasztását.

Tanulmányoztam a témával kapcsolatos írott és elektronikus szakirodalmat, a Rendőrtiszti Főiskola, a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, (továbbiakban ZMNE) a Magyar Tudományos Akadémia Könyvtárányagát, a Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács és a Vidékfejlesztési Minisztérium (ez irányú) kutatási jelentéseit, az Európai Nukleáris Energia Fórumot, az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (továbbiakban OKF), az Országos Atomenergiái Hivatal (később OAH) irattárányagát, az Országos Széchényi

Könyvtár szakirodalmait, a Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Nemzeti Technológiai Platform, illetve a Magyar Energia Hivatal dokumentumait.

Elemeztem és értékeltem a környezetvédelmi szakemberekkel, a pedagógusokkal, a kutatóprofesszor Urakkal készített interjúkat, az adaptációs lehetőségeket.

Részt vettem a témával kapcsolatos előadásokon, konferenciákon, szakoktatáson, felhasználtam azok tapasztalatait, ajánlásait (környezetvédelem, környezetbiztonság, katasztrófavédelem, radiológia, sugárbiológia, katasztrófa egészségügyi ismeretek, polgári védelem, katasztrófavédelem nemzetközi jogi szabályozása stb.).

Elemeztem és értékeltem a napi sajtóban, a tudományos fórumokon, folyóiratokban valamint a médiában megjelenő energetika és fenntartható fejlődés témájú dokumentumokat, cikkeket.

Felhasználtam a szakmai gyakorlatomon, a konzultációkon elsajátított tapasztalatokat, a multimédia által szerzett ismeretanyagokat, igénybe vettem továbbá az Internet nyújtotta lehetőségeket.

A PÁLYAMŰ FELÉPÍTÉSE

➤ Az első fejezetben bemutatom a megnövekedett népességszámból adódó társadalmi igényemelkedést, mely exponenciális mértékben növekvő energiaéhséggel párosul. A fejezet végén választ adok arra a kérdésre, vajon a Föld képes lesz-e a ma ismert ásványanyag készleteivel kielégíteni a világ jelenlegi és jövőbeni energiaigényét.

➤ Második fejezetemben a jelenlegi energiaszükségletünk mértékét és az azt fedező erőforrásokat ismertetem. Ezen energiák kinyerhető tartalékai végesek így megmutatom a korlátaik határait, rávilágítva a fenntarthatóság elveinek leginkább megfelelő, hosszútávon alkalmazható energiaforrásra.

➤ Ezen energiaforrás nem más, mint a nukleáris energia, melynek a fenntartható fejlődéssel összeegyeztethető kapcsolatát vizsgálom a pályaművem harmadik fejezetében. Mivel az atomenergia túlzóan negatív lakossági megítélése szab leginkább gátat térnyerésének, így bemutatok néhányat a legjelentősebb tévhitek közül, ezt követően pedig az úgynevezett „Zöld” társadalmi szervezetek szerepét vizsgálom, ezen ellenállás kialakulásában.

➤ A fejezet vége az atomenergia előnyeivel és az ún. „rejtett” potenciállal foglalkozik. A negyedik passzusban fellebbentem a fátylat az ún. „rejtett” potenciálról, a hidrogénről. Vizsgálom a következő felvetést, miszerint: a hidrogén lehet-e a jövő energiaforrása?

Ugyanitt alfejezetben ismertetem a nukleáris energia és hidrogén kapcsolatát, bemutatva az erőművi hidrogén-előállítás lehetőségét, végül a hidrogén alapú tüzelőanyag-cellák előnyeit.

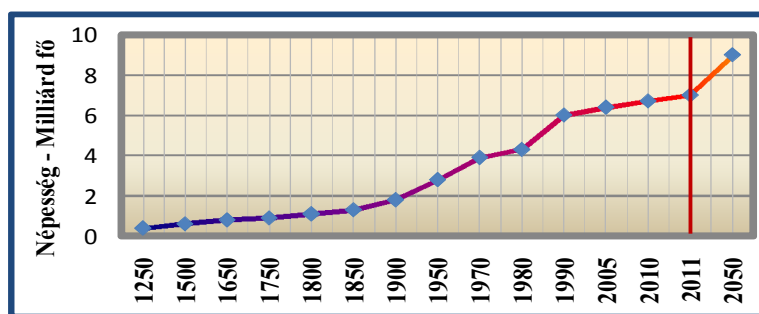
➤ 5. Fejezetben kitekintést végzek európai és hazai viszonylatban, legvégül pedig a 6. egyben utolsó fejezetben a 2030-as Nemzeti energiastratégiát hasonlítom össze, dolgozatom célkitűzéseivel, energetika-reformáló gondolataival.

➤ Ezt követően a befejezés fejezetében a kutatásom eredményei alapján összegzést végzek, következtetéseket vonok le, kérdéseket teszek fel és javaslatokat teszek a megoldásukra.

1. NÖVEKVŐ TÁRSADALMI IGÉNYEK, CSÖKKENŐ FÖLDI TEHERBÍRÁS

Nagy és elkerülhetetlen változások küszöbén állunk. Az emberiséget folyamatosan fenyegető globális klímaváltozás mellett, rendkívüli kockázatot jelent az exponenciális mértékben növekvő népesség. A népesség, mely az 1800-as évekig fokozatosan érte el az 1 milliárd főt, 1999-ben már hatmilliárdnál tartott, az idei évben pedig (2011-ben) meghaladhatja akár a hétmilliárdos létszámot is.

Kutatási eredmények bizonyítják, hogy 2050-re megközelítőleg 2,3 milliárdos növekedés várható, tehát az előrejelzések szerint negyven év múlva már csaknem kilencmilliárdan lehetünk ugyanazon a bolygón, melyen 200 évvel ezelőtt alig 1 milliárdan. (Lásd 1. ábra.)



1. ábra: A világ népességének növekedése

Lakatos István¹ a Föld népességének alakulását 2100-ra optimista becslés szerint 14 milliárd főnek, realista becslés szerint 10 milliárd főnek, pesszimista becslés szerint 7,5 milliárd főnek jelöli meg. Az adatok és következményeik döbbenetesek, hiszen a megnövekedett népességnek megnövekedett élelmiszer ellátottságra lenne szüksége. Ez azonban a jelenlegi termelési adatok ismeretében nehezen megvalósítható, különösen, ha a globális éghajlatváltozás mezőgazdasági termelésre gyakorolt hatásait is figyelembe vesszük.

Természetesen létezik az úgynevezett „másik-ellen oldal” is, hiszen a francia kutatók egyik világmodellje (mely elsősorban a napi kalóriaszükségletre épül) szerint el fogjuk tudni látni a világ 9 milliárdos népességét méghozzá fenntartható módon. Hervé Guyomard (INRA)² a kutatás egyik vezetője szerint a megoldás kulcsa a régiókra szabott megfelelő növény- és állatcultúra alkalmazása.

¹Lakatos István: Szül.:1943. A miskolci egyetemi tanár, a földtudományok doktora, az MTA rendes tagja

² INRA: Francia Nemzeti Mezőgazdasági Kutatóintézet

Véleményem szerint azonban ez ennél sokkal összetettebb feladat, ha csak a korábban említett globális klímaváltozás következményeként fellépő éghajlati eltolódásokat, vízhozam csökkenéseket és az elsivatagosodás tényét tekintjük. Minden nemzet gazdasági szerkezete kisebb-nagyobb mértékben, de változni fog vagy átalakul. *Példaként említeném hazánk agráriumát. Láng István akadémikusunk szerint hazánkat és egyben a Kárpát-medencét a fokozatosan felhúzódó mediterrán éghajlat uralja majd. Magyarország éghajlata pár éven belül Spanyolország és Olaszország mostani éghajlati viszonyaival lesz megegyező, ami egyben jelenti a mezőgazdaság átalakulását, szárazságtűrő növények előtérbe kerülését, víztárolást.*

A népességrobbanás mellett további problémákat jelent a folytatódó városiasodás (urbanizáció).

Bizonyított, hogy a gyarapodó emberiség elsősorban a városi életet helyezi majd előtérbe, mintegy 50%-uk lesz majd városlakó. Általában véve az is elmondható, hogy növekszik majd az életszínvonal, mellyel párhuzamosan pedig természetesen emelkedik az energiaigény (később már energiaéhienség) is.

A föld általunk kiaknázható ásványi anyag tartalma azonban igencsak megcsappant az utóbbi évtizedekben. Lényeges változás ez, főként a fosszilis energiahordozók, különösen az olajtartalékok csökkenésének tekintetében.

Mindenki tisztában van azzal, hogy a földkéregben (litoszféra) előforduló ásványi nyersanyagok nélkülözhetetlenek az emberi lét fenntartásához, a gazdaság, az ipar alapvető igényeinek kielégítéséhez.

Természeti erőforrásaink fenntarthatóságának kérdése a napi környezet- és gazdaságpolitika egyik legfontosabb kérdésköre, mely már bizonyítottan három fontos tényező függvénye. (Népességnövekedés, energia és élelmiszer ellátottság, globális éghajlatváltozás.)

Fenntarthatónak akkor nevezzük ezen természeti erőforrások használatát, ha az erőforrások megújuló képességét nem haladja meg a használat üteme.

Az U.S. Energy Information Administration (EIA) 2008-as International Energy Outlook című jelentése szerint mintegy 50%-kal nő majd 2030-ra a világ energiafogyasztása a 2005-ös évekhez képest.

2005-ben a világ összenergia fogyasztásának több mint 86%-a került fosszilis nyersanyagból kielégítésre, (37%-a kőolajból, 27%-a szénből, 22,5%-a földgázból). A termelt

energia mindössze 13,5%-a került tiszta energiaforrásokból előállításra, (atomenergiából 6%, megújuló energiaforrásokból pedig 7,5%).[1]

Az energiaellátás belátható időn belül továbbra is főként fosszilis energiahordozókra épül majd így a jelenlegi fosszilis energiaforrású energiaszerkezetet fenntartva, még nagyobb mértékben fogjuk a légkörbe ömleszteni a Föld mélyében lévő évmilliók alatt megkötött széndioxidot, ami az egyik legjelentősebb üvegházgáz, és amely a leginkább felelős a klímaváltozás ütemgyorsulásáért.[2]

Vajon a robbanásszerűen megnövekedett (folyamatosan növekvő) népesség és a következményeként fellépő hatalmas energiaigény kielégítésére rendelkezésre állnak-e a szükséges nyersanyagok? A 9 milliárdos lakosságot, a növekvő társadalmi igényeiket kielégítheti-e a napjainkban is fokozatosan csökkenő földi teherbírás?

Egy fejlett országban élő átlagos állampolgár, akinek várható élettartama kb. 77 év, élete során - többek között - felhasznál: [3]

- | | |
|----------------------|------------------------------------|
| • 423 kg rezet, | • 6 591 kg vasat, |
| • 43 g aranyat, | • 2 941 kg ólmot, |
| • 246 286 kg szenet, | • 274 439 l kőolajat, |
| • 1 833 kg bauxitot, | • 167 918 m ³ földgázt. |

Földünk népessége rohamosan növekszik és a feltörekvő országok lakossága (legfőképpen a városlakók) is igyekszik a fenti felhasználási paramétereket igénylő életszínvonal megteremtésére.

Azonban tudjuk, hogy a litoszférából kinyerhető ásványi anyag készletek csökkennek. Előteremtésük már ma is nehézségekbe ütközik.

Rendkívüli feladat lesz tehát egy ilyen hatalmas társadalmat, annak energia/ ásványi anyag igényét kielégíteni a jelenleg rendelkezésre álló technológiákkal, ezért egyre sürgetőbb az olyan megoldások kidolgozása, melyekkel elkerülhető a várható nyersanyagínség.

A növekvő igények természetesen növekvő energiatermeléssel járnak, de vajon milyen összetételű energiaforrásokkal kerülnek kielégítésre ezek az igények?

2. JELENLEGI ENERGIASZÜKSÉGLETÜNK

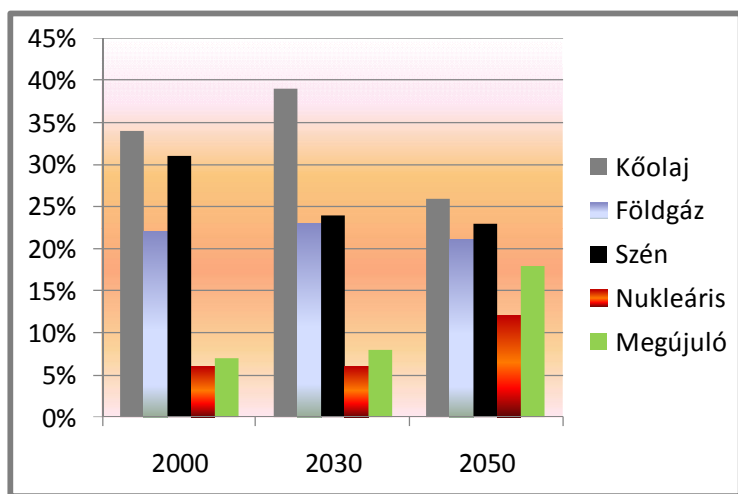
Mindennapi életünkhöz erőforrásokra és energiára van szükségünk. Úgy élteti és hálózta be Földünket az energia, mint testünket az érhálózat. Testünknek azonban nem csak vérre de átlagosan 2500-3000 kilokalóriányi tápértékű élelmiszerre is szüksége van naponta. Energiafogyasztásban mérve ez annyit jelent, mintha egy 120 wattos izzólámpa égne a lakásunkban egész nap.

Azonban nemcsak az életbenmaradáshoz van szükségünk energiára, hanem az életszínvonal fenntartásához is, hiszen világítunk, mosunk, főzünk, közlekedünk, fűtünk és sorolhatnám. Ez mintegy megnegyvenszerezi az előzőekben említett napi energiaigényt. Ellenben az is fontos, hogy pontos képet kaphassunk a várható hatásokról és a kialakuló energiaszükségletről, meg kell ismernünk a világ jelenlegi energiafelhasználását.

Napjainkra az emberiség energiaszükséglete hatalmas mértéket ért el, a világ összesített energiafelhasználása 1999-ben kereken 400 EJ volt. [4]

Honnan nyerjük mindehhez a rengeteg energiát?

Vajda György³ adatai szerint a világ primer energiafelhasználás arányai 2000-ben (kőolaj 34 %, földgáz 22 %, szén 31 %, összes fosszilis 82 %, nukleáris 6 %, összes megújuló 7 %. 2050-re ez az arány Shashi Kumar szerint a következőképpen alakul majd. A különböző változatoknál a kőolaj és a szén csökkenő, a földgáz növekvő aránnyal szerepel 2050-ig. A fosszilis energiahordozók aránya 51 és 73 % közötti becslés, a nukleáris 4 és 12 % közötti arány, a megújulók 15-20% közé esik majd. (Lásd 2. ábra)



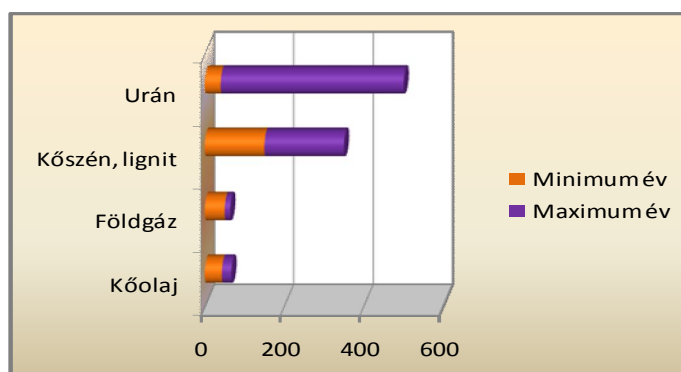
2. ábra: Az energiahordozók várható alakulása 2000-2050-ig

³ Vajda György (1927.) Állami és Széchenyi-díjas magyar gépész- és villamosmérnök, energetikus, a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja, címzetes egyetemi tanár.

2.1. TERMÉSZETI ERŐFORRÁSOK ÉS KORLÁTAIK

Ma a tudósok szerte a világon a fenntarthatóság és az emisszió csökkentés jegyében igyekeznek energiaszükségleteinket kielégíteni, új erőforrásokat felkutatni. Az energia előállítása többféleképpen és többféle ásványi anyagból lehetséges, azonban ez nem ilyen egyszerű. A világ legnagyobb környezeti problémája az éghajlatváltozás, melyet elsősorban a CO₂ kibocsátás tetőz így az energiaelőállítás egyik fő szempontja a minél kevesebb üvegházgáz termelés, más néven a „tisztá” energia. A leglényegesebb szempont viszont az ásványanyag készletek mennyisége. Beszélhetünk kinyerhető készletekről és olyan telepekről is ahonnan a jelen technikákkal egyáltalán nem, csak nagy nehezen vagy jelentős környezeti károkat okozva oldható meg a nyersanyag kiaknázás.

Bizonyítást nyert az a tény, miszerint a természetes ásványanyag tartalékok kiapadóban vannak. A különböző kutatók a világ energiahordozóinak készletét, különböző módon és különböző feltételezések mellett megbecsülve a következő időszakra tartják elegendőnek: (Lásd 3. ábra.)



3. ábra: Jelenleg ismert ásványanyag tartalékkészletek

- Kőolaj 43 - 67 év,
- Földgáz 50 - 64 év,
- Kőszén és lignit 150-200 év,
- Uránium 40 - 500

A következőkben röviden ismertetem a különböző energiák előnyeit illetve hátrányait a fenntarthatóság és ésszerűség szempontjából. Elsőként a fosszilis energiákat veszem sorra. Valójában megújuló energiaforrások ezek is, de újraképződésükhöz több ezer év szükséges.

Kőolaj, Földgáz, Kőszén

Legnagyobb és egyetlen előnyük, hogy olcsó áramot állítanak elő. Hátrányuk, hogy rendkívül környezetszennyezők, mindamellett a tüzelőanyagok kibányászása egyre drágább, készleteik bizonyítottan végesek és a maradék ásványokat is egyre mélyebbről kell felhozni. A kitermelés helyén a környezet megváltozik, esetleg teljes egészében elpusztul a korábbi

élővilág. Alkalmazásuk felelős leginkább az üvegház-hatású gázok légköri dúsulásáért, hiszen ezen energia előállítása jár a legnagyobb CO₂ kibocsátással.

Mivel ezen energiahordozók környezetkárosító hatásuk és véges készleteik révén, hosszútávon nem lesznek képesek az igény kielégítésre, szükségeszerű az új, előzőeket kiváltó energiaforrások felkutatása és alkalmazása.

A megújuló energiák, mint a szél, a víz vagy a nap rendkívül kedvezőek, folyamatos ellátottságot biztosítanak, mind azon által csekély az előállításukkor keletkező CO₂ mennyisége is.

Szélergia

A szélergia jelenleg a világ legdinamikusabban fejlődő energiaforrása, több mint 45 országban használják és ez a szám évről-évre folyamatosan növekszik. A szélerőművek nem bocsátanak ki környezetkárosító üvegház-hatású gázokat, veszélyes-hulladékot, működésük nem veszélyezteti a lakosságot. Többnyire helyi áramszükségleteket látnak el. A hálózatra földalatti kábelekkkel csatlakoznak.

Legnagyobb hátránya, hogy: hangos, és csak olyan helyre telepíthető, ahol megfelelő mennyiségű és erősségű a széljárás. A termelt áram mennyisége az időjárás és területi sajátosságok révén nehezen előre jelezhető ezáltal nagy ingadozások tapasztalhatók.

Biomassza

Olyan növények, termékek, melléktermékek, növényi- és állati hulladékok, amelyek energetikailag hasznosíthatóak. Előnyei sora hosszú, ahogy a felhasználhatósága is. A biomasszák megfelelő kezelés mellett megújuló energiaforrássá válhatnak. Lényegében a világon bárhol fellelhetők a működéshez szükséges alapanyagok. A hulladékok és melléktermékek újratermelődnek, így fenntartható a folyamatos energiatermelés. Használhatjuk áramtermelésre erőművekben, fűtésre, motorok üzemanyagaként is. Felhasználásakor nem növelik a levegő szén-dioxid mennyiségét. A mezőgazdaság számára új felvevőpiacot jelenthetnek. Megújuló energia révén csökkenti a gázimportot, hazánkban is előállítható, mely előállítás új munkahelyteremtést is eredményezhet. Hátránya a tüzelőanyag tárolásánál és égetésnél is jelentkezik. Száraz helyen kell tárolni az anyagot, mert nedvesség hatására szétesik a pellet, és nehezen kezelhetővé válik. Égetésével jelentős mennyiségű CO₂-t juttatunk a levegőbe, ezáltal környezetszennyezőbb energiatermelő módozattá válik a földgáztüzelésnél.

Geotermikus energia

Geotermikus energiának a Föld belsejéből származó hőenergiát nevezzük. Ez az energia leginkább azokon a területeken jelentős, ahol a kőzet vulkanikus vagy üledékes eredetű. A gyakorlatban sokféleképpen hasznosíthatjuk: termálvízként, öntözésre, ivóvízként, és persze épületek vagy fölhasátrak fűtésére vagy akár gyógyvízi felhasználásra, de akár ásványvízként is alkalmazhatjuk. Ez az erőműtípus sem termel környezetszennyező gázokat, ezáltal így is csökkenthető a gázimport. Kimeríthetetlen erőforrás. Szintén javítja az ellátásbiztonságot. Hátránya hogy nagyon alacsony hatásfokkal működik, áramtermelése elenyésző kísérőgáz alkalmazását igényli, mindamelllett drága is.

Vízenergia

A vízerőművek lényegében állandóan megújuló energiát hasznosítanak. Teljesítményük aszerint változik, hogy a telepítés helyénél milyenek a víz tulajdonságai energiatermelés szempontjából. Előnyei, hogy nincs szükség nyersanyagra a működtetéshez, kis létszámú személyzet gondoskodhat üzemeltetéséről, nincs káros anyag kibocsátás, javítja az ellátásbiztonságot, csökkenti a gázimportot, szabályozza a folyót, javítja a víz hajózhatóságát.

Hátrányai, hogy a felduzzasztott víz a korábbi környezetet megváltoztatja, akár súlyosan károsíthatja is. A halak vándorlásának útjában lehet, az áradás hiánya a későbbi szakaszok árterületének öko-rendszerét befolyásolja. A zsilipezés a hajózást lassítja és drágítja. Egy esetleges gátszakadás pedig mérhetetlen károkat okozhat mind a lakosságnak, mind pedig a környezetnek. További hátránya hogy létrehozása rendkívüli beruházást igényel.

Napenergia

A napenergia bárki számára elérhető, kifogyhatatlan, környezetbarát és biztonságos. Használata csökkenti a gázimportot. Előnye, hogy javítja az ellátásbiztonságot és a napelem gyártás itthon is megvalósítható.

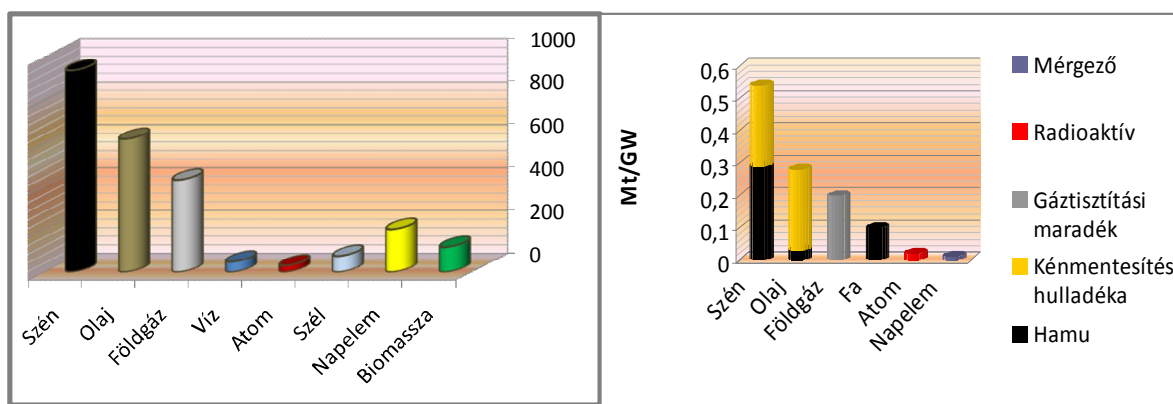
Felhasználására szinte korlátlanok a lehetőségek: a napelemeket alkalmazhatjuk többek között épületeken, autókon, repülőkön, számítógépekben, műholdak, fűrotornyok áramellátására, vízmelegítésre. A napkollektorokat pedig fűtésre, hűtésre vagy melegvíz-ellátásra.

Hátrányai, hogy napsütés nélkül nem működnek, vagyis éjszaka teljesen használhatatlanok, felhős időben is csak korlátozottan alkalmasak áramtermelésre. A többlet-

áram tárolása nem teljesen kidolgozott, számos technológiai korlátja van, még drága a telepítése és az általuk előállított áram is. További hátránya, hogy hosszú az alkalmazásra fordított befektetések megtérülésének ideje illetve szinte minden esetben egy kisegítő hőforrás alkalmazása szükséges mellé.

Ha összességében nézve ilyen kedvező előállítási feltételekkel, meg nem szűnő tartalékokkal rendelkeznek a megújulók és még környezetbarát energiák is, miért nem állnak át az egyes nemzetek csak és kizárólag a megújuló energiák alkalmazására - merülhet fel a kérdés. A válasz több szempontból is megközelíthető. Egyrészt ott van a politikai-gazdasági érdek, másrészt viszont a feltételek megteremtése és az energiaszektor átállása egyaránt idő és pénzigényes. Azt sem szabad szemelől téveszteni, hogy a megújuló energiák jelenleg a világ energiájának mindössze csak 6%-át teszik ki. Szorgalmazandó ezen energiák térnyerése az energiaszektorban, hiszen a fenntarthatóság elérésének legjobb eszközei de lényegi térfoglalásuk rövidtávon véleményem szerint kivitelezhetetlen, hiszen nagy volumenű hasznosításuk esetén energiatárolót, vagy más energiára támaszkodó háttérkapacitást kell létesíteni azon időszakokra, amikor nem süt a nap, nem fúj a szél, kevés a vízhozam, illetve nagy a fajlagos beruházási költségük.

Mindaddig, amíg el nem érkezik a megújuló energiák kora, szükségünk van és lesz legalább egy olyan jelenleg is használt energiaforrás fenntartására és további használatára, mely a leginkább megfelel a fenntarthatóság eszméjének és melynek előállítása a legkevesebb CO₂ kibocsátással jár. Nincs életszerű és gazdaságilag is elviselhető lehetőségünk a CO₂ kibocsátásának visszaszorítására, ezért törekednünk kell a legkörnyezetkímélőbb energia alkalmazására. Ez az energiaforrás pedig nem más, mint a nukleáris, más néven az atomenergia! (Lásd 4.-5. ábra)



4.-5. ábra: Ugyanakkora energia előállításakor keletkezett üvegházgáz kibocsátás mértéke valamint a keletkező hulladékok mennyisége az egyes energiaforrásoknál

3. FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS ÉS AZ ATOMENERGIA

"A fenntarthatóság az emberiség jelen szükségleteinek kielégítése, a környezet és a természeti erőforrások jövő generációk számára történő megőrzésével egyidejűleg."

NFFT (Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács)

A fenntarthatóság eszméje az utóbbi időkben a világ felelős kormányainak irányadó elvévé vált, céljuk a társadalmi jólét biztosítása a jelenlegi és a jövőbeli nemzedékek részére oly módon, hogy eközben megőrizzük a környezetünk minőségét, sokféleségét, fenntartható módon használjuk természeti erőforrásait.

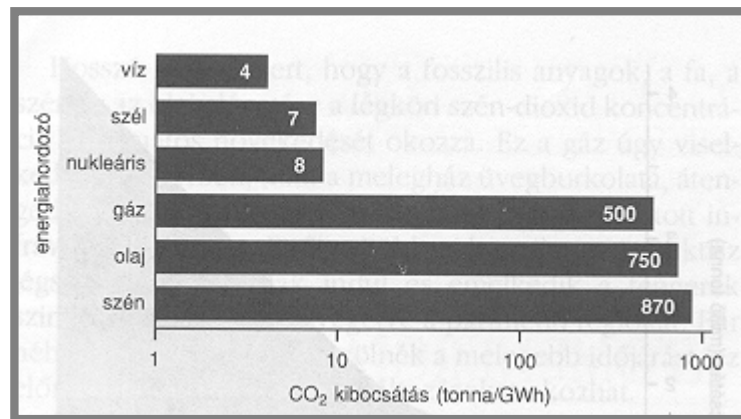
A fenntarthatóság elvei között három dimenziót különböztetünk meg.

Az első az ökológiai-környezeti fenntarthatóság, a második a gazdasági fenntarthatóság, végül a harmadik a társadalmi fenntarthatóság. E dimenziók között rendkívül szoros az összefüggés, az egymásrahatás. A fejlődés fenntarthatósága kizárólag e három dimenzió együttes megvalósításával jöhet létre. Bármelyik hiánya veszélyt jelent a földi életre.

A pályamunkám kérdése, az energiaszektorral foglalkozik, mely sajátos helyzetéből adódóan mind három dimenzió lényegi elemét szolgálja, így a téma létjogosultsága megkérdőjelezhetetlen.

Az energiabiztonság az egyik legjelentősebb feladat, hiszen a természetes, jelenleg használt és kinyerhető ásványanyagkészletek csökkennek és ami nagyon fontos, nem felelnek meg a fenntarthatóság elveinek sem (hiszen alapjuk a fosszilis energiahordozók), emelik a klímaváltozás kockázatát de a bekövetkezett olajválság és a jelenleg is egekbe szökő üzemanyagár hosszútávon tarthatatlannak bizonyul.

A fosszilis források drasztikus fogyása miatt felmerül lehetőségként, a villamos áram termelésében, illetve a teljes energiatermelésben az atomenergia növelhető szerepe. Bizonyos, hogy a megújuló energiaforrások egyszer átveszik (és át is kell venniük) a világ energiaszektorán belül az uralmat de amíg ez bekövetkezik, szükségszerű az atomenergia, mint „legtisztább” energia folyamatos és növekvő alkalmazása. Hiszen az atomerőművek környezetszennyezése bizonyítottan rendkívül csekély, akár az üvegházgázok, akár az egyéb légszennyezők, akár a radioaktivitás tekintetében.



6. ábra: Különböző energiaforrások szén-dioxid kibocsátása. (Nuclear Issues, 1995. január)

Az atomerőművek további előnye, hogy általában magas kihasználtság mellett, folyamatosan termelnek nagy mennyiségű áramot. A fosszilis erőművekhez képest lényegesen kevesebb üzemanyag kell a működésükhöz, és azt is általában a gazdaságilag stabil nemzetektől szerzik be, ezáltal az áram végfogyasztói ára sem emelkedik hirtelen és nagymértékben, így téve lehetővé az olcsó áram termelést. Ezen felül az erőművekben akár több évnyi üzemanyagot is eltárolhatnak, ami stratégiai tartalékot képez. Az atomenergia nem igényel olyan különleges tárolási eljárást, mint például a földgáz vagy a kőolaj esetleg a megújuló energiák. Sok országban az atomerőművek által termelt elektromos áram a legolcsóbb energia-előállítási módszer. Tény, hogy a fenntarthatóság és a klímaváltozás hatásmérséklő elveinek egyértelműen a megújuló energiák felelnek meg a leginkább, ezt senki sem vitatja, azonban lényegi térfoglalásuk még várat magára. Mindaddig, míg a nemzetek teljesen át nem állnak ezen energiaforrások alkalmazására, addig kiutat, köztes átmenetet jelenthet a nukleáris energia. Nem azt szeretném bebizonyítani pályamunkámmal, hogy a jövő energiaforrása a nukleáris energia, hanem azt a tényt kívánom alátámasztani, miszerint enélkül nem érhető el a cél, nem valósítható meg a fenntarthatóság.

Az atomenergia használat mára már nemcsak egy lehetőség, időközben szükségszerű tevékenységgé nőtte ki magát. A 4-5. ábra adatai is bizonyították, hogy minél messzebb tekintünk előre, annál valószínűtlenebb, hogy atomenergia nélkül ki tudjuk elégíteni az emberiség energiaigényét. Az előállításhoz szükséges uránkészleteket még kb. 500-550 évre tartják elegendőnek a egyes kutatók, ellenben több hazai és nemzetközi publikációban a szerzők azon az állásponton vannak, hogy ezen uránforrások távolról sem ismertek.

„A jelenleg feltárt uránkészleteket még csak nagy bizonyossággal sem lehet végesnek tekinteni”.-olvashatjuk Vajda György tanulmányában. (Vajda Gy. 2011) A már felfedezett és biztosan elérhető tartalékok 1.8 és 3.4 millió tonna között lehetnek, attól függően, hogy milyen költségkategóriát veszünk alapul. *(Az éves felhasználás 60-70 ezer tonna.)*

3.1. TÉNYEK ÉS TÉVHITEK

A fejlett (elsősorban ipari) és fejlődő országok nem egységesek a fenntartható fejlődés, az energetika és ezen belül az atomenergia megítélésében. A különböző nemzetközi és hazai politikai - gazdasági fórumokon intenzív vita folyik a jövő lehetséges fejlődési útjaival és ezen belül az atomenergia szerepével kapcsolatban.

Nem meglepő, hogy politikai felháborodást váltott ki Berlinben a Merkel-kormány határozata arról, hogy Németország legkésőbb 2022 végéig bezárja atomerőműveit. A német kormány úttörőként kíván fellépni a megújuló energiák alkalmazása terén. Ezt követően a döntően nukleáris energiára épülő Franciaországban is kiújult az atomvita továbbá Ausztria, Írország, Olaszország, Lettország és Norvégia környezetvédelmi miniszterei is megerősítették azon álláspontjukat, mely szerint a nukleáris energia nem egyeztethető össze a fenntartható fejlődéssel.

Minden energiaforrás alkalmazásának megvannak a hátrányai és az azt kihangsúlyozó ellenzői, azonban láthatóan az atomenergiának van a legnagyobb „ellentábora”.

Vajon mi lehet az oka az atomenergia túlzóan negatív megítélésének?

Talán Hiroshima, Nagaszaki vagy a Csernobili események hatására alakult ki az erős társadalmi ellenszenv, melyet a közelmúlt Fukushimai baleset csak megerősített?

(Az atomerőművek esetében a biztonság és a környezetvédelem kiemelkedő jelentőségű kérdések. A 20. század második felében bekövetkezett balesetek az atomerőművek biztonságát a figyelem középpontjába helyezték.)

Az atomenergia békés célú alkalmazása az említett eseményekig forradalmi és közkedvelt energia előállítási módnak számított. Bekövetkeztükor az emberek nukleáris energiához való hozzáállása megváltozott. Az idő múlásával folyamatosan veszítette el addigi népszerűségét. Ma társadalmi nyomásra kormányok döntenek országukban az atomenergia teljes vagy részleges kivonásáról (pl. az említett Németország) ezek után nyilvánvalóvá válik, milyen hatása van a nukleáris energiát körülölelő tévhiteknek. A kormányok (legyen szó a világ bármely vezető hatalmáról) elsődleges szempontja a népszerűségük, elismertségük fenntartása. Ezen népszerűséget minél rövidebb idő alatt, minél hatékonyabb eszközökkel kívánják elérni és ennek legjobb eszköze ha engednek az ún. „társadalmi nyomásnak”. Jelen esetben az atomenergia energiaszektorból való kizárásának. Ez rövid távon politikai tekintetben kifizetődő is lehet, azonban a későbbiekben számolni kell az atom helyén fellépő energiérés azonnali pótlásáról, amely már meghaladhatja a kormányok erejét.

Egyetlen megoldás az atomenergia és atomerőművek széles körű elfogadtatására, a lakossági tudatformálásra, a teljeskörű felvilágosítás, mely nélkülözi a szaknyelvi fogalmakat, és amely a közérthetőségen alapul. A tévhitek és megalapozatlan félelmek eloszlatása a fő cél. Amint az emberek hiteles forrásból megismerik és meg is értik a nukleáris energiát, megítélése átlendülhet a pozitív oldalra.

Az a tény, hogy nukleáris erőművek mintegy hat nagyságrenddel nagyobb energiát képesek előállítani, mint a kémiai reakciók, sokakban azt az érzést kelti, hogy ez a hatalmas technológiai ugrás túlvan azon a határon, amit az emberiség még biztonságosan ellenőrzése alá tud vonni. [5]

Így nem meglepő hogy lakossági oldalról a legnagyobb véleménybefolyásoló tényező érthető módon az atomerőmű balesetek és következményeik. Második a sorban a felfegyverkezéstől és a nemzetközi politikai megítéléstől való félelem, míg harmadik a radioaktív hulladékok kezelésének ügye.

Az atomenergia egyik legnagyobb veszélyének a nukleáris proliferációt⁴ tekintik a környezetvédők. A radioaktív anyagok csempészése és „rossz kezekbe” való kerülése komoly veszélyeket tartogat. Egy erőmű ellen irányuló terrorcselekmény hatalmas katasztrófát idézne elő, bár ilyen cselekményre eddig nem voltak (nyilvánosságra hozott) kísérletek azonban végsősoron nem kizárt. A nukleáris anyagok elterjedésének megakadályozására számos egyezmény született.

Nemzetközileg szabályozott a nukleáris termékek kereskedelme. Az anyagok szállítását vagy az esetleges csempészést nyomon lehet követni például a határokon felállított ellenőrző állomásoknál. A megelőzést segítik a nukleáris és radioaktív anyagok nyilvántartása, a fizikai védelmi előírások és a nemzetközi információcsere.[6]

A nukleáris energia előállítása és annak használata természetesen nem veszélytelen, rendkívül kockázatos ezért nem szabad szemet hunynunk a hátrányai felett sem. A kiégett fűtőanyagok tárolása különleges eljárást igényel. Gondosan meg kell tervezni a sugárzó anyagok elhelyezésére szolgáló létesítményeket, a szállításukra is speciális konténereket kell alkalmazni.

Normál körülmények között az atomerőművek környezetbarátok. De egy esetleges baleset következményei hatalmas katasztrófát jelentenek. A környezeti szennyezés óriási mértéket ölthet, emberek ezreinek válhat szükségessé lakhelyének elhagyása. A kihullott sugárzó anyagok pedig évszázadokon keresztül szennyezhetnek.

⁴ polifráció: szaporodás

Gazdasági hátránya egy atomerőműnél a kezdeteknél jelentkezik. A létesítése óriási költségeket emészt fel, az építkezés több évig is eltarthat. Egy-egy erőmű építését komoly megfontolás és kockázatelemzések sora előzi meg.

3.1.1. A „ZÖLD” TÁRSADALMI SZERVEZETEK HATÁSA

Az ember alapvető tulajdonsága, hogy bizalmatlan. Bizalmatlan mindennel és mindenki vel aki és ami egyszer negatív élményt okozott neki, negatív hatást váltott ki belőle. Nincs ez másként az atomenergiával sem. Az atomkatasztrófák óta a világ elpártolni látszik a nukleáris energia mellől.

Az előző fejezetben bemutattam a legnagyobb lakossági félelmeket és tévhiteket kiváltó okokat, illetve természetesen igyekeztem eloszlatni őket. Ezen félelmek jogosak ugyan, kivétel nélkül mind, azonban sokszor túlzóak és leginkább a tudatlanság, az ismerethiány vagy a sikeres atomellenes propaganda „termékei” melyeket elsősorban a zöld társadalmi szervezetek, azon felül is a Greenpeace generál. Radikálisan ellentétes nézeteikkel, figyelemfelkeltő lakossági demonstrációikkal kétségtelenül nagyobb meggyőzőerőt képviselnek az emberek körében, azáltal hogy emberközelibbek, megszólítanak és minden korosztály felé közérthető nyelven kommunikálnak.

Korábban említettem a fenntarthatóság három fő dimenzióját, mely csak akkor működhet optimálisan és sikeresen, ha e három dimenzió együttesen valósulhat meg. Egyes „Zöld” társadalmi csoportok csak és kizárólag az ökológiai fenntarthatóságot hangsúlyozzák, véleményem szerint ebben rejlik a probléma gyökere.

„Az atomipar szemmel láthatóan a zöld szervezetek egyik fő célpontja, mert politikai sikereik egyik biztosítékát látják az atomipar elleni fellépésben.” (Gadó J. 2007)⁵

Pálinkás József, az MTA elnöke szerint: *„Mára teljesen világossá vált, hogy az emberiség jelenlegi jóléti szintjének fenntartásához a nukleáris energia felhasználása nem megkerülhető. Nem csupán az a cél, hogy az emberekkel elfogadtassuk: szükségük van erre az energiára, hanem az is, hogy a társadalom támogatását megnyerjük.”*

E támogatás pedig csak és kizárólag a lakosság hiteles és közérthető tájékoztatásával, a kormányok és zöld szervezetek együttműködésével lenne megoldható de legalábbis eredményes.

Mindazok ellenére, hogy a „zöldeket” felelősnek látom a társadalmi ellenállás kialakulásában, kiemelném, hogy ezen szervezetek munkája rendkívül fontos a világ környezetének védelmében, a társadalmi tudatformálásban, a környezetpolitika alakulásában, továbbá a környezetvédelmét elősegítő globális döntések meghozatalában.

⁵ Idézve Gadó János, (az MTA doktora, igazgató, MTA KFKI Atomenergia Kutatóintézet) A maghasadáson alapuló energiatermelés jövője című munkájából (Magyar Tudomány, 2007/01, 31. o.)

A fenntarthatóság eszméjének megvalósítása, a globális klímaváltozás következményeinek csökkentése, illetve nem utolsósorban az eredményes szakpolitika alkalmazása, kizárólagosan a kormányzati, valamint a zöld szervezetek együttműködésében rejlik, még akkor is ha ellentétesek a nézeteik. Így ugyanis motiváló tényezőként hatnak egymásra.

Az atomenergia térnyerése, széles spektrumú alkalmazása, az idő előrehaladtával, a fosszilis energiák, főleg az olaj árának megfizethetlenségig történő emelkedésével, (a fenntarthatóság elveinek megvalósítási kényszere mellett) elkerülhetetlenné és kiválthatatlanná válik. Rövid időn belül megindul az ún. „nukleáris reneszánsz” kora, a társadalmi nyomás ellenére is, hiszen a korábban felsorakoztatott célok megkövetelik ezt.

Miután e fejezetemben bebizonyítottam, hogy az atomenergia alkalmazás legfőbb ellensége a lakosság ismerethiányán - téves információin alapuló félelme, ennek érdekében az ipar legfőbb és legsürgetőbb feladata a társadalom felé, a közérthető kommunikáció valamint a minden eddigieket meghaladó, minden lehetséges kockázatra felkészített biztonsági rendszer bevezetése.

3.2. AZ ATOMEREGIA ELŐNYEI ÉS AZ ÚN. „REJTETT POTENCIÁL”

A világon három energiatermelési lehetőség áll az emberiség rendelkezésére: a fosszilis energia (szén, gáz, kőolaj) a megújuló energiák (víz-, szél-, napenergia) és természetesen az atomenergia.

Az atomenergia alapanyagát, az uránt korábban teljesen haszontalan anyagnak tartották, radioaktív tulajdonságára először 1906-ban figyeltek fel. A világ uránérc készletei igen nagyok, hosszú időre biztosíthatják az emberiség energiaellátását.

„Legalább 100 évre elegendő a világ ismert uránkészlete a világ ma üzemelő nukleáris flottájának jelenlegi fogyasztása mellett” - áll a világ uránkészletéről szóló "Vörös Könyv" (Red Book) 2008. június 3-án megjelent kiadásában.

A nukleáris energia egyik legnagyobb előnye, hogy alapvetően környezetbarát. Azonos mennyiségű energia termeléséhez az atomerőműben tíz-húsz milliószor kevesebb üzemanyag szükséges, mint például a szénerőműben és ugyanez az arány vonatkozik a keletkezett hulladék mennyiségére is.[7]

A dolgozatban korábban közölt adatok is alátámasztják, (11. oldal) hogy ugyanakkora energia előállításakor keletkezett üvegházgáz kibocsátás mértéke az egyes erőforrásoknál (szén, kőolaj, földgáz, nap, víz, szél és atom) valamint a keletkező hulladékok mennyisége minden esetben a nukleáris energiánál a legkisebb.

„A világon jelenleg mintegy 430 reaktor működik, amellyel közel 1.800 millió tonna CO₂ kibocsátást takarítanak” meg: széntüzelésű erőművekkel ennyi lenne a kibocsátás. Ez az éghető tüzelőanyagokból származó 20 000 millió tonna CO₂ kibocsátásnak 9 %-át jelenti. Azaz: a nukleáris energia már ma sem jelentéktelen faktor”.- Hans Blix főigazgató, Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (1992)

Így nem meglepő az a tény sem, hogy egy normál kapacitású szénerőmű több radioaktív anyagot bocsát a környezetébe, mint egy atomerőmű. Azonban a legnagyobb előnye, hogy maghasadás során sokkal nagyobb a felszabaduló energia, mint a fosszilis tüzelőanyagok tekintetében. Ez kevesebb nyersanyag kitermelését tesz szükségessé.

A hasadóanyagot emellett a tüzelőanyagnál könnyebben lehet tárolni és szállítani is, mindamelllett a beszerzési költsége is csekély.

Összefoglalva az atomenergia előnyei a következők: [8]

- nincs légköri káros anyag kibocsátás – szennyezés, így megfelel a fenntarthatóság legfontosabb ökológiai elvének, csökkentve ezáltal a klímaváltozás ütemgyorsulását

- nincs vízi szennyezés
- kevés területet használ
- a szerves anyagok megőrzése nyersanyagnak
- súlyos balesetek csekély kockázata
- kevés, biztonságosan kezelt hulladék
- nincs üvegházhatás
- internalizált külső költségek

A fosszilis energiahordozók kimerülésével a világ energiaéhségét nem lehet csak megújuló energiaforrásokkal csillapítani. A XXI. század legkényszerítőbb morális és etikai kérdése a szegényebb országoknak a jó életszínvonalért való küzdelme lesz. Gazdasági, szociális és politikai változások söpörnek végig a világon. A tudomány és a technika minden ágában radikális és gyors fejlődés várható. E világ változását az energiaéhség generálja majd tovább.

A világ teljes energia és áramszükségletei a következő 30 évben jelentősen megemelkednek, a népesség növekedése és a gazdasági fejlődés-átalakulás eredményeként. A nukleáris energia lesz a kulcs, az egyre növekvő energiaigények kielégítésében.

A legújabb technológiával épülő atomerőművek lényegesen hatékonyabban, biztonságosabban lesznek képesek energiát szolgáltatni. Ezen új reaktorokat más néven „negyedik generációs” atomerőműi gyorsreaktoroknak nevezzük.

Az új generáció többféle innovációt hordoz magában, azonban számunkra most a legfontosabb tulajdonsága – az ún. „rejtett potenciál”, nem más, mint hogy a magas üzemi hőmérsékletet kihasználva képesek termokémiai reakcióval hidrogént előállítani a vízből, a kénsavat és a jódot katalizátorként használva.

4. HIDROGÉN, A JÖVŐ ENERGIAFORRÁSA?

A Nemzetközi Energiaügynökség szerint, akár 40 százalékkal is növekedhet 2030-ig az energiafogyasztás, ha a világvezető gazdasági térségei nem változtatnak energiapolitikájukon. Bizonyított, hogy a világ energiaigénye 2050-re csaknem megháromszorozódik majd a második ezredfordulóhoz képest, azonban még ennek tudatában sincs tökéletes megoldás, amely feloldaná a kereslet és a kínálat közti különbséget.

„A globális primer energiaigény több mint 80 százalékát a fosszilis energiaforrások adják, melyek mellett a nukleáris energia, illetve megújuló energiaforrások részesedése elenyészőnek hat, holott éppen a karbonkibocsátástól mentes erőforrások szolgálhatnának megoldással a jövő energetika igényeire. - Kovács Pál energetikai helyettes államtitkár (Budapest 2011.)

A legfőbb kérdés a következő: Vajon honnan szerezzük be/ teremtyük elő azt az energiaforrás mennyiséget, mely képes lesz kielégíteni a megháromszorozódott energiaigényt?

Hiszen takarékoskodással, az energia hatékonyabb felhasználásával legfeljebb 20 százalékos keresletcsökkenés érhető el. A hagyományos energiatermelés erőltetett ütemben is legfeljebb 50 százalékkal növelhető. Fontos megemlíteni a tényt, hogy a Föld fosszilis készletei fogynak és a megújuló energiák térnyerése is várat még magára.

Az optimális energia/szakpolitika kialakításakor alapvető, hogy miként lehet összeegyeztetni a biztonságos és megfizethető, kellő mennyiségben rendelkezésre álló és elérhető áron történő energiaellátást a globális éghajlatváltozás ellen vívott harc, valamint a fenntarthatóság elvei alapján működő gazdaság követelményeivel.

Pályamunkám célja, bemutatni az atomenergia, mint legtisztább energia alkalmazásának előnyeit, módjait és lehetőségeit. Kétség sem férhet ahhoz, hogy a megújulók térnyeréséig egy köztes-áthidaló energiaforrás alkalmazása szükséges. A levezetett adatok rávilágítottak arra, hogy a jelenleg ismert energiaforrások közül erre a célra a nukleáris energia a legmegfelelőbb. Legnagyobb hátránya, hogy a megtermelt energiát nem tudjuk hosszabb időre eltárolni. Ezirányú kutatásaim alatt találkoztam először a negyedik generációs erőművek kínálta lehetőséggel, mégpedig az ún. termokémiai reakcióval. Itt a reaktor hőjét felhasználva hatékonyabban lehetséges a hidrogén előállítása. Miért fontos ez?

Azért elsősorban, mert a legújabb tudományos kutatások a tüzelőanyag-cellákban elhasznált hidrogént tekintik a jövő energiahordozójának a fosszilis tüzelőanyagok, vagyis a kőolaj, a földgáz és a szén tekintetében.

A hidrogén (H_2) a Földön a legnagyobb mennyiségben rendelkezésünkre álló természeti elem. Normál állapotában: színtelen, szagtalan, íztelen nem fémes, egy vegyértékű, igen gyúlékony gáz. Nagyon jó hővezető. A legkönnyebb elem az univerzumban. A periódusos rendszer első kémiai eleme, vegyjele H, rendszáma 1. A normálállapotú levegőnél sűrűsége 14,5-ször kisebb. Jelen van a vízben, szinte minden szerves vegyületben és minden élőlényben. Tulajdonságai sok szempontból kedvezőek: nem toxikus, nem korrozív, nem rákkeltő, nem radioaktív, nem üvegházhatású, (a tudomány jelen állása szerint) környezetbe való véletlenszerű kijutása során nem okoz semmilyen visszamaradó környezetszennyezést. Energiatermelésre alapvetően két módon használható. A hidrogéngáz és az oxigéngáz keveréke durranógázt alkot; ha meggyújtjuk, csattanó hanggal felrobban, ennek következtében a tiszta hidrogén csendes lánggal vízzé ég el. Másik energiatermelő módja az üzemanyagcella, amelyet Sir William Grove fejlesztett ki 1839-ben Angliában.

Előnyei többek között, hogy rendkívül sokféle energiaforrásból, többféle módon, költséghatékonyan előállítható. Az előállítás során alkalmazott technológiát figyelembe véve rendkívül tiszta energia, hiszen melléktermékeként víz keletkezik. Felhasználása áramforrásként sokrétű, elsősorban olyan helyen ahol az elemet, akkumulátort, vagy áramfejlesztőt helyettesít, de hő- és áramtermelő berendezésekben is, ahol a villamoshálózatra termeli az áramot. Sikerrel alkalmazzák ma már az űrkutatásban, a közlekedésben illetve az egyes erőművekben is.

A legtöbb elképzelés szerint a hidrogén elsősorban, mint energiahordozó fog szerepet játszani a hidrogéngazdaságban. Az elektrolízis, szén-dioxid redukciója vagy más módon létrejött hidrogén gáz és cseppfolyós halmazállapotban is tárolható, és a megfelelő időben és helyen elégethető. A hidrogén alkalmazása a legelőrehaladottabbnak a közlekedés szektorban a gépjárművek viszonylatában tekinthető, ahol a hidrogén, mint belső égésű motorok tüzelőanyaga, hiszen fűtőértéke három-négyszerese a benzinének.

„A legegyszerűbb kémiai szerkezettel rendelkező molekulára, a hidrogénre (H_2), ma már világszerte úgy tekintenek, mint olyan energiahordozóra, amely az emberiség fenntartható fejlődése érdekében képes lesz kiváltani a fosszilis energiahordozókat.” - Kovács Kornél (2005)

A hidrogén felhasználása környezetbarát, mivel energiatermelés közben tiszta vízzé alakul. Hátránya, hogy a természetben kötött formában van jelen, ezért az alapanyagot hidrogénné és más anyaggá bontó ún. konverziós technológiákra (elektromos áramra) van szükség.

Hidrogén felhasználás esetén az energia nem lesz a lelőhelyhez koncentrálva, nem kell távoli földrajzi helyről beszerezni. Amennyiben a hidrogén előállításához megújuló energiát esetleg atomenergiát használnak, a széndioxid-kibocsátás csökkenhet.

A hidrogén villamos energiával végzett előállításának legjobb módja a felhasználás helyéhez közel elvégzett hagyományos elektrolitikus vízbontás, melyhez a villamos áramot lehetőség szerint nukleáris energiából kell termelni. Természetesen előállíthatnánk megújuló forrásokból is, ám az időjárás viszonyosságait figyelembe véve, ezen erőforrások nem termelnek folyamatosan, tehát a szélsőséesebb, borúsabb időszakokban kiegészítő erőforrásra lenne szükség. Ellenben a nukleáris energiával... de nézzük csak pontosabban:

Hidrogén előállítására többféle módszer létezik.[9]

- Vízbontás (hidrolízis) – erőművekben termelt árammal lehetséges, de az előállítás költséges, és az eredeti funkció, a 0 emisszió is elveszik, ha hőerőművekkel állítják elő. Atomreaktorokban termelt árammal is, csak csúcsidőszakon kívül érdemes előállítani.
- Földgázból is előállítható hidrogén, de nem használják.
- Szintézisgázból való előállítás, szintén nem használják nagy mennyiség előállítására.
- Legújabban atomreaktorokban való előállítás a legmegfelelőbb mód. Előnye az előző módszerekkel szemben, hogy nem keletkezik szén-dioxid, így valóban megvalósítható a 0 emisszió, míg a hátránya, hogy nem minden atomreaktor alkalmas rá. A módszert „jódkén módszernek” hívják, és a lényege, hogy az atomerőmű hőjét kihasználva jódd és kénsav hozzáadásával bontják a vizet. Mivel a reakciók során a kén és a jód visszanyerhető, így csak a reakció közbeni „kopást” kell pótolni, tehát a kiinduló vízből, hidrogén és oxigén keletkezik.

A hidrogén üzemanyagként való alkalmazásának ötlete nem újkeletű, hiszen írásos nyoma már 1874-ben keletkezett, mégpedig a híres szerző, Jules Verne tollából:

"Azt gondolom, hogy majd egy nap a vizet használják üzemanyagként, és alkotóelemei, a hidrogén és az oxigén együtt vagy külön-külön kimeríthetetlen forrásai lesznek a melegnek és fénynek."

4.1. NUKLEÁRIS ENERGIÁBÓL- HIDROGÉN

Tény, hogy a villamosenergia-ellátás legnagyobb problémája az energiatárolás. A megtermelt villamos energiát nem tudjuk elraktározni és később felhasználni azt. Mindig csak annyit termelünk, amennyit rövid időn belül fel is használnak a fogyasztók.

Az atomerőművek egyetlen hasznos végterméke jelenleg a villamos energia. A cél a kettős rendeltetésűvé alakításuk, mégpedig oly módon, hogy az átalakítás után azok a hőszolgáltatásba, főleg az ipari folyamathő-termelésbe is bekapcsolódjanak. Ez pedig egyetlen jelent a hidrogéntermelésbe való bekapcsolódással.

Balogh Ernő szerint a hidrogén és az elektromosság egymás kiegészítői, termelésük és felhasználásuk felcserélhető.

„Arról van szó, hogy a hidrogén egy nagyon kellemes tüzelőanyag, miután az égésterméke víz. Viszont nagyon bonyolult kezelni a hidrogént. Maga a hidrogéntermelés is egy nagy gond, mert a földön nincs szabad hidrogén a bioszférában, vegyületekből kell előállítani, vagy vízből, vagy szénhidrogén molekulákból. Ehhez viszont jóval több energiát kell befektetni, mint amennyi a hidrogén égésénél a reakcióhőben felszabadul. Ezért az ígéretes módja a termelésnek valószínű az lesz, hogy vízből állítják elő, magas hőmérsékletű kémiai reakcióval bontják a vizet, atomerőművek segítségével.”-(Vajda György⁶)

A világ hidrogénfogyasztása jelenleg mintegy 50 millió tonna évenként, de a termelési kapacitás felfutási üteme 10%/év [10].

Az emisszió-kibocsátás csökkentés elérése és a fenntarthatóság elveinek szem előtt tartása okán a korábban felvázolt hidrogén előállítási módok közül csak és kizárólag a vízből nyert hidrogén módszere lehet a célravezető, amelynek mellékterméke kizárólag tiszta oxigén.

Az előző fejezet végén rámutattam, hogy véleményem szerinti legoptimálisabb megoldás a vízbontás termokémiai folyamat révén. Tény, hogy a ma létező termokémiai folyamatok igen magas hőmérsékletű hőforrást igényelnek, mely főforrás előállítása (környezet és klímavédelmi okokból kifolyólag is) nukleáris erőművekben kell, hogy történjen, hiszen a reakciók lejátszódásához 700-1000 °C forróság igényeltetik, mely elsősorban magas hőmérsékletű atomreaktorral biztosítható. Így azon erőművek kettős

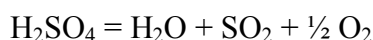
⁶ Vajda György professzorral készített interjú a Nethírlap az energiahelyzetről. A teljes interjú megtekinthető a mellékletben, a 44. oldalon.

rendeltetésűvé válnának. Ez az egyik legköltséghatékonyabb és legkörnyezetkímélőbb megoldások egyike.

A termokémiai eljáráshoz magas hőmérséklet mellett arra van szükség, hogy a kémiai üzembiztonsági okokból izolálva legyen magas hőmérsékletű atomreaktortól.[11]

Röviden bemutatom a termokémiai vízbontás lépéseit:

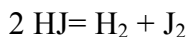
1. lépés: Magas hőmérsékletű (700-1000 °C), alacsony nyomású endoterm kénsavbontás vízzé, oxigénné és kén-dioxiddá:



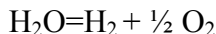
2. lépés: A jódot az első lépésben keletkező SO_2 -vel és vízzel reagáltatva hidrogénjodid előállítás (120°C):



3. lépés: A második lépésben keletkező hidrogénjodid disszociáltatása 350-450 °C-on nagy nyomású hidrogénné és jóddá:

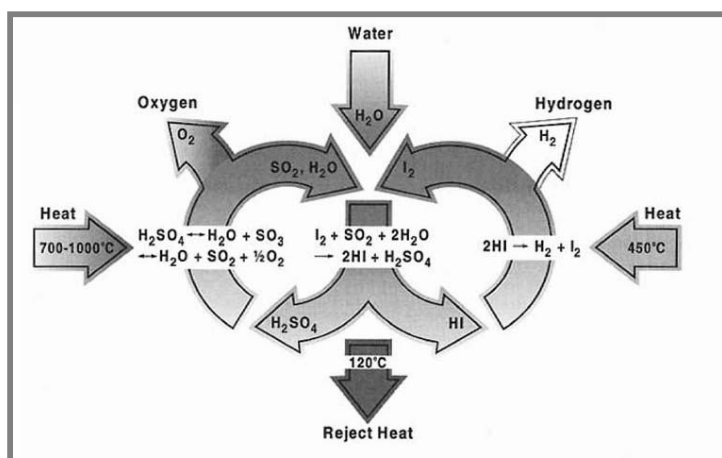


Végeredményben a reakció a következőképpen alakul:



A hidrogén előállítás természetesen anyagi ráfordítást igényel, mely mérőszáma függ a használt módszer hatásfokától. (Energia befektetés és energianyerés hányadosa.)

Termokémiai folyamatokra a teljes hatásfok nagyobb, mint 50%. A hidrogént és villamos energiát termelő kombinált ciklusú atomerőműveknél pedig akár 60-60%.



7. ábra: A többlépcsős termokémiai hidrogéntermelés folyamatábrája

Atomerőművek, melyek alkalmasak hidrogén előállítására: [12]

- Magas hőmérsékletű gáz-hűtéses reaktor (HTGR)
- Fejlett magas hőmérsékletű reaktor (AHTR) fluorid só adalékhűtéssel, a fluorid sók magas hőmérsékleten cseppfolyósak
- Ólom (folyékony állapotban) hűtésű reaktor (orosz BREST típusú)
- A legújabbat pedig Dél Koreában készülnek megépíteni, amely alkalmas hetente 30000 tonna hidrogén előállítására.

4.2. TÜZELŐANYAG-CELLÁK (FUEL CELL)

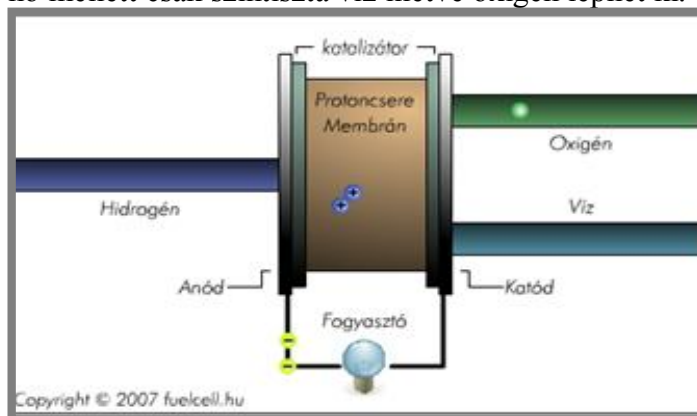
A hidrogén fő felhasználási területe az ún. tüzelőanyag-cellákban történő alkalmazás, amely során a kémiai energia elektromos-, illetve hőenergiává alakul át.

Működési elve tulajdonképpen az elektromos árammal történő vízbontás megfordítása, mely során a cellákban az üzemanyag kémiai energiája közvetlenül alakul át villamos energiává. Ezen üzemanyagcellák általában két elektródából (anódból és katódból) és a közöttük lévő elektrolitból állnak.

A folyamat során katalizátor (általában platina) segítségével a hidrogénmolekulák protonokra és elektronokra szakadnak szét. A protonok az elektroliton haladnak keresztül, az elektronok pedig elektromos áram formájában hasznosíthatók. A katódra érkező elektronok a katalizátor segítségével egyesülnek a protonokkal és az oxigénnel, és így víz jön létre. [13]

Itt tartom fontosnak kiemelni, hogy a tüzelőanyag- cellák üzemanyaga rendkívül sokféle lehet, a különböző fosszilis energiahordozókon át egészen a hidrogénig sok minden szóba jöhet, de reményeim szerint az utóbbi, azaz a hidrogén lesz az a „tüzelőanyag”, mely a nukleáris energia felhasználásával, a legkörnyezetkímélőbb, legbiztonságosabb és egyben legköltséghatékonyabb módon képes energiafejlesztésre és raktározásra.

Míg a fosszilis erőforrás felhasználásakor a környezeti előnyök túlnyomó részét elveszítjük, addig a hidrogén technológiájú tüzelőanyag- cellákból a számunkra hasznos villamos energia vagy hő mellett csak széntiszta víz illetve oxigén léphet ki.



8. ábra: A protoncsere-membrános üzemanyagcella működése

Hidrogén cellás tárolás:

Előnye, hogy a folyamat egyedüli mellékterméke a víz és kismennyiségű hő. Mindkettő újrahasznosítható. Az eljárás semmilyen zajjal nem jár, továbbá az

üzemanyagcellák sokféle méretben készülhetnek, így számos különböző célra felhasználhatók.

Hátránya, (a fenntarthatóság elveit követve) hogy a cellák hidrogént használnak üzemanyagként, amely viszont nem megújuló energiaforrások felhasználásával is előállítható. Jelenleg az üzemanyagcella ára 1 nagyságrenddel drágább, mint a belső égésű motoroké. A katalizátorhoz szükséges platina mennyisége korlátozott. Legnagyobb hátránya pedig, hogy rendkívül gyúlékony, nagyon könnyen robban.

Véleményem szerint, ha a hidrogén üzemanyag teljes mértékben felváltaná például a kőolaj származékokat, akkor azzal a következménnyel is kellene számolni, hogy a hidrogén 10-20 százaléka kiszivárog a tároló létesítményekből, valamint az erőművekből.

Mivel a hidrogén kiszabadulást követően a fajsúlyánál fogva a légkör felsőbb rétegei felé tart, egyes kutatók becslése szerint növekvő felhasználása következtében megháromszorozódhat a sztratoszférába kerülő hidrogén molekulák száma, ahol oxidálódnak és vízzé alakulnak. Ez lehűti az alsó sztratoszférát és felboríthatja az ózonháztartást. [14]

Az üzemanyag cellát ma már széles körben alkalmazzák az említett villamosenergia előállításra a mobiltelefontól a városi villamosműig. Áramforrásként, olyan helyen ahol az elemet, akkumulátort, vagy áramfejlesztőt helyettesítheti, pl. laptopokban, de hő- és áramtermelő berendezésekben is, ahol a villamoshálózatra termeli az áramot. A legjelentősebb eredmények a közlekedésben a hidrogén-meghajtású gépjárművek terén keletkeztek de a NASA űrhajóinak technológiájában is találkozhattunk ezen üzemanyagcellákkal. Ugyan az energiák alkalmazásának egyik legfontosabb kérdésköre a biztonság, a békés célú felhasználás, mégis ki kell emelni a hidrogén szerepét a harcászatban. *„A tüzelőanyag-cellák katonai célú alkalmazása a jövőben igen fontos terület lehet. Erre utalnak a technológiailag fejlett országok idevonatkozó adatai is.....célszerűnek tűnik a jelenleg használatos akkumulátorok fokozatos kiváltása különböző típusú és teljesítményű tüzelőanyag-cellákkal. Szükséges továbbá a kis kapacitású akkumulátortöltők átállítása tüzelőanyag-cellás áramforrásokra.” [15]*

Jeremy Rifkin, a hidrogén gazdaság egyik fő pártolója szerint “amikor áttérünk egy új energiaforrásra el kell fogadnunk, hogy annak megvannak a környezeti hatásai, a hidrogén *azonban a jövőnk reménye.*”⁷

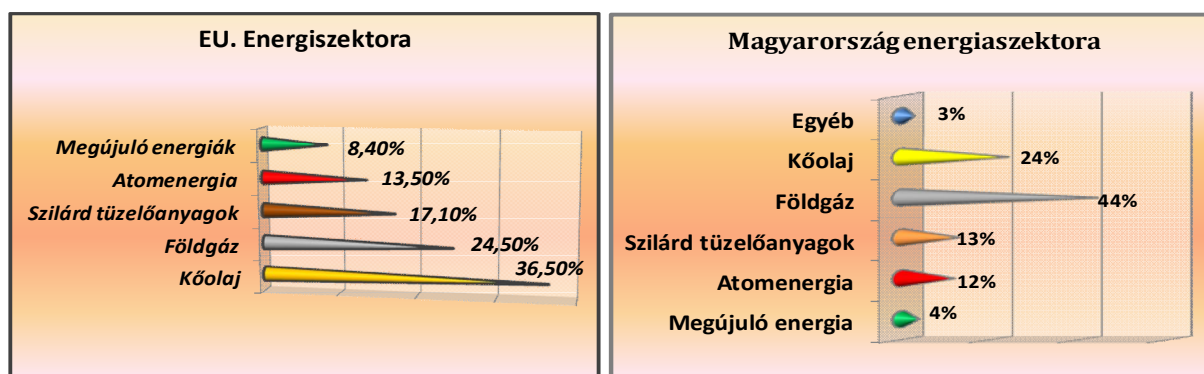
⁷ Hidrogén a jövő energiaforrása?-A Science Caffé oldalán megjelenő tudományos cikk a mellékletben a 47. oldalon olvasható.

5. HAZAI ENERGIÁKÖRKÉP

Mára már egyetlenegy ország sem engedheti meg magának azt a „luxust”, hogy elszigetelhesse magát a globális társadalmi, környezeti történések hatásaitól, az ellenük való védekezés feladataiból. A Föld lakosságának sorsa, védelme ma már közös érdek, hiszen mindenkit összeköt a globalizáció, nem mellesleg pedig az oszthatatlan környezet.

Minden nemzet felelős saját népéért, ahogyan minden ember felelős környezetének védelméért, jelen állapotú megőrzéséért. Azonban e tevékenységek sikere, tetteiben és eredményeikben mérhető, így elérkezett a szakpolitikai cselekvés pillanata.

Röviden ismertetem hazánk primer energiaszerkezetét az éves összes energiafelhasználás tekintetében. (Általános éves felhasználás 1088PJ) Szilárd tüzelőanyagok 13%, szén 13%, olaj 24%, gáz 44%, nukleáris 12%, megújuló energiák 4%, egyéb 3%. (Lásd 9-10 ábra.)



9-10.ábra: Az EU és hazánk energiaszektorának erőforrás megoszlása-összehasonlítása

Magyarországnak energetikai kérdésben sürgősen lépnie kell, főleg a fosszilis energiahordozók tekintetében, hiszen országunk alap-energiaforrását alkotják és a felhasznált mennyiség-igény tekintetében behozatalra szorulunk.

Hazánk energiaimport terén erősen kiszolgáltatott és emiatt gazdaságilag rendkívül sebezhető. A sebezhetőség kritikus pontjai a következők: [16]

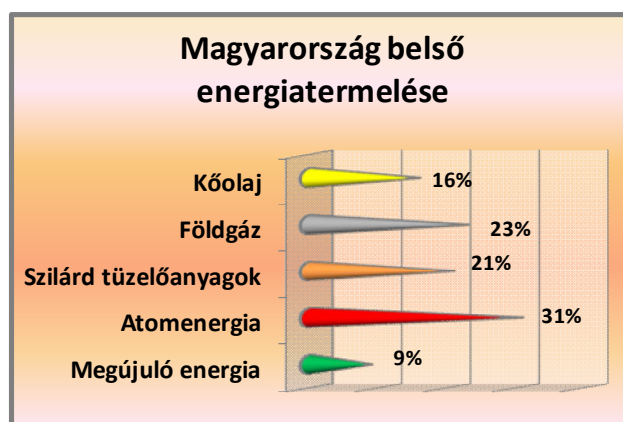
- Fosszilis energiahordozók importjából fedezzük energiaszükségletünk 62%-át
- Ezen belül a földgáz szükségletünk 82%-a import
- Erőműparkunk előregedő, többségében alacsony hatásfokú egységekből áll

- a tűzifa együtt tüzelésből származik (e nélkül a hazai megújuló részarány 2-2,5% lenne!)
- Megújuló - energia hasznosításunk mindössze 7,3% és ennek is több mint 50% -
- Épületeink és műszaki berendezéseink energiafelhasználása pazarló
 - Nincs energetikai szempontok szerint átgondolt közlekedés-fejlesztési stratégiánk
- Illetve én személy szerint hozzátenném a lakosság környezettudatos, energiatudatos életmódhoz való hozzáállásának hiányát. (Összehasonlítva a nyugati államokkal, ezen a téren igen csak elmaradott országnak számít hazánk.)

Láthatjuk, hogy elsődleges feladatunk a külföldi függés megszüntetése, de legalábbis a szükséges minimumra való csökkentése.

Ennek az önállóságnak a megvalósítását célzó eszközeit a következőkben látom:

- Energiatakarékos életmód kialakítása- a lakosság ezirányú belső igényének kialakítása.
- A megújuló energiák térnyerésének biztosítása de legfőképpen a nukleáris energia, illetve a hidrogén széleskörű alkalmazása mellett.



11. ábra: Magyarország belső energiatermelése

- Az atomenergia biztonsági faktorának növelése, a legmagasabb szintű védelem szavatolása

„Az ezredfordulóra néhány országtól eltekintve Európa-szerte mélypontra jutott az atomenergia politikai és társadalmi megítélése. A klímaváltozás elleni cselekvési kényszer, Európa energiaellátás-biztonságának megingása és importfüggőségünk növekedése azonban

hamar visszafordította a folyamatot: napjainkban az atomenergia ismét egy ígéretes technológiának minősül.”(Herczog E., Solymosi J.)[17]

Az Unió villamos energia termelésének 30%-át atomerőművek adják. Ennek fényében és a pályamunkám eredményeinek ismeretében nem meglepő a tény, miszerint az EU tanács jelentős szerepet tulajdonít a nukleáris energiának a klímaváltozás elleni küzdelemben. Nem befolyásolja Uniójának államait, a döntést minden nemzet szakpolitikájára bízva, azonban véleményt nyilvánít.

A 27 európai uniós államból 15 ország használ nukleáris energiát villamosenergia-igényének kielégítésére. Összesen 148 atomerőmű működik az unióban, amelyek összteljesítménye Európa áramigényének mintegy harmadát képes fedezni. Az EU villamos energia termelésének 30 %-a nukleáris. 2008-ban a világon 438 működő és 44 épülő atomerőműről tudtunk. *(Ez a szám azóta változhatott, ettől eltérő adatot erre vonatkozólag nem találtam.)*

A paksi atomerőmű a magyar energiaszektor meghatározó és pótolhatatlan eleme. Ezen energia-előállítási mód nemcsak, hogy biztonságos, olcsó és tiszta energiaforrást jelent de kizárólag gazdaságilag stabil államoktól importál, ezzel megszakítva a külföldi energiafüggést.

A statisztikai adatok (elsősorban a fenti ábra) alapján a paksi üzem fedezi a hazai elektromosenergia-igény mintegy 30-40%-át.

(A közvélemény-kutatások szerint Magyarország lakosságának mintegy 65-70%-a elfogadja és támogatja az atomenergiát.)

A Paksi Atomerőmű tervezett és engedélyezett üzemideje 30 év, ami 2012-2017 között jár le.
[18]

- Az üzemeltetési engedély megújítható, ennek adottak a jogi feltételei, biztonsági, műszaki és gazdasági szempontból pedig megvalósítható:
- Az erőmű állapota jó
- Az erőmű biztonságos
- A hosszú távú környezeti hatások az elmúlt húsz év tényadatai alapján elhanyagolhatók
- Gazdaságilag célszerű
- Politikai konszenzus, kiemelkedő helyi és erős nemzeti támogatás

(A 25/2009. (IV. 2.) OGY határozat értelmében, az Országgyűlés előzetes, elvi hozzájárulást adott ahhoz, hogy a paksi atomerőmű telephelyén új blokk (ok) létesítésének előkészítését szolgáló tevékenység megkezdődhessen. Ennek értelmében az Energiastratégia számol az üzemidő hosszabbítás után kieső kapacitások pótlásával, mely a paksi telephelyen még 2030 előtt megvalósulhat.)

5.1. 2030-AS NEMZETI ENERGIASTRATÉGIA

Az Európai Unió 2020-as stratégiája, előszele volt a hazai 2030-as Nemzeti Energiastratégiának. A globális klímavédelmi kihívások, a fenntarthatóság elveinek betartatása, a csökkenő fosszilis energiatartalékok, és az egekbe szökő olajárak mind előirányozták e stratégia megszületését.

Az energiastratégia elsődleges célként hosszú távú szempontok alapján optimalizálja az ellátásbiztonság, a versenyképesség és a fenntarthatóság együttes érvényesülését. A határozat szerint a célok megvalósításához csökkenteni kell az energia importfüggőséget, részben a források és az útvonalak diverzifikációjával, erősíteni kell az állami szerepvállalást, mérsékelni kell a lakosság energiaszegénységét, és ösztönözni kell a kapcsolódó iparágak hazai fejlesztését. [19]

A dokumentum a megújuló energiaforrások felhasználásának növelését, az atomenergia jelenlegi kapacitásainak megőrzését, a regionális energetikai infrastruktúra fejlesztését, új energetikai intézményrendszer kialakítását, valamint az energiahatékonyság és energiatakarékosság fokozását kezdeményezi.

A stratégia forgatókönyve 2010 és 2050 között kétezer megawatt új atomerőműi blokk telepítésével, 440 megawattnyi szénerőművel és azzal számol, hogy a megújuló energiaforrások aránya elérheti a 15 százalékot 2030-ra és a 20 százalékot 2050-re. (Célkitűzéseiben megegyezik az Unió 2020-as stratégiájával.)

Mondhatnánk, hogy e szabályozások nem elég drasztikusak és hosszútávon igazunk is lenne, azonban ez az a maximális érték, melyet minden gond nélkül meg lehet valósítani, mindamellet ez csak a kezdet.

Ez a vállalás teljesíthető, ha az értékek a reális, gazdaságilag elfogadható megvalósítás szintjén maradnak.

Ez csak az első, ám jelentős lépés a cél felé vezető hosszú úton. E stratégia rendkívül felvilágosult, progresszív és minden tekintetben kivitelezhető.

Oly módon csökkenti a klímaváltozás következményeinek kockázatát, hogy elősegíti a fenntartható gazdaság kialakulását, energiahatékonyságának növelését.

A Nemzeti Energiastratégiáról bővebben olvashatnak a következő internetes oldalon:
<http://www.kormany.hu/download/3/58/30000/ESTRAT2030%2020110513.pdf>

BEFEJEZÉS

Több ezer neves kutató, több millió kutatással eltöltött óra, megszámlálhatatlan energetikai dokumentum, megállapodások, tudományos konferenciák sorozata, mind egy cél érdekében, mely nem más, mint a drasztikusan megnövekedett népesség, egyre emelkedő energiaéhienségének kielégítése olyan energiaforrás alkalmazásával, és amely megfelel a fenntarthatóság elveinek, megakadályozza a káros anyag kibocsátás növekedést ezáltal csökkentve a klímaváltozás ütemgyorsulásának kockázatát.

Különösen nehéz harcot vív a mai tudomány, hiszen olyan tiszta energiaforrás felkutatása a cél, amely a legkisebb anyagi ráfordítással, emissziós kibocsátással, legkevesebb keletkezett hulladékkal képes a legnagyobb energia leadásra. Nem csak, hogy meg kell találnunk ezen erőforrást, de el is kell fogadtatniuk a gazdaságilag stabil (elsősorban fosszilis energiahordozókra épülő) országokkal, azok vezető politikusaival is.

Az atomenergia népszerűsége az emberek szemében Csernobil óta drasztikusan és folyamatosan csökken, pedig a szaktudomány a „legtisztább” energiaként tartja számon, ráadásul a reaktor-átalakítások révén, megvalósíthatóvá válik benne a jövő energiaforrásának, a hidrogénnek az előállítása is. A legoptimálisabb az lenne, ha megvalósíthatóvá válna a hidrogén erőműi előállítása, ha támogatást nyerne a hazai fejlesztés, ha a hidrogéncellákon alapuló energiaellátás minden eddiginél gyorsabb térnyerése következne be.

Összegzés

Kutatásaim során a robbanásszerű népességnövekedést, a következményeként fellépő energiaszükséget, valamint az azt kielégítő energiaforrások tanulmányozását tűztem ki célul, különös tekintettel a hidrogénre, annak erőműi előállítására, amely célkitűzéseinek sikeres megvalósítása esetén remélhetőleg a pályamű élesen rávilágít majd az atomenergia, mint a legtisztább energia további folyamatos, illetve bővített alkalmazásának létjogosultságára.

Hiszem, hogy a nukleáris energia „köztes” energiaként történő alkalmazása, eredményesen segítheti előre a megújuló energiák térnyerését, egyben az energiaszükséglet kielégítését a hidrogén előállítás révén, természetesen a fenntarthatóság elveinek megvalósítása mellett.

Ismertettem a nukleáris energia előnyeit, a túlzóan negatív társadalmi megítélés okait és kiküszöbölésének lehetőségeit, valamint a jövőképét.

Bemutattam a világ 2050-re várható energiaéhségét, erőforrás tartalékait és a várható energiatermelő módokat, különös tekintettel a már korábban említett atomenergiára, illetve hidrogénre.

Vizsgáltam a hidrogén erőműi előállításának lehetőségeit, elsősorban a termokémiai vízbontás folyamatát és lehetőségeit.

Legvégül pedig hazánk energetikai állapotát, ásványanyag készletét, a Nemzeti 2030-as Energiastratégiáját ismertettem.

Tanulmányoztam a témával kapcsolatos írott, elektronikus szakirodalmat, multimédiás anyagokat.

Elemeztem és értékeltem a környezetvédelmi, környezetbiztonsági, energetikai, radiológiai szakemberekkel, oktatókkal készített interjúkat, a szakmai gyakorlatokon, konzultációkon szerzett tapasztalatokat.

Megismertem, összehasonlítottam, több hazai neves kutatóprofesszor véleményét, kutatási eredményeit.

Igénybevettem továbbá az internet nyújtotta lehetőségeket.

Következtetések

A fent említettek ismeretében elmondható, hogy fenntartható megoldást a nukleáris energia békés célú felhasználása, a reaktorok kettős rendeltetésűvé alakítása, a hidrogén erőműi előállítása, a hidrogéncellás üzemanyagcella elterjedése jelentené, a fenntarthatósági szempontokhoz való alkalmazkodás támogatása mellett.

A hazai hidrogéngazdasági politika nem elég széleskörű. A nukleáris energia alkalmazásnak pedig rendkívül rossz a lakossági megítélése, mely elsősorban az ismerethiányon alapul.

A világ energiaszektora még most is a fosszilis energiahordozókra épül legfőképpen, így bárminemű változáshoz (gazdasági szerkezet átalakuláshoz) csak és kizárólag nemzetközi összefogás révén juthatunk.

A megnövekedett népesség energiaigényét már most is nehezen, de a jövőben nem tudjuk majd a fosszilis energiahordozókból, azok készletkimerülései, illetve az égetésükkel keletkező üvegházgáz kibocsátás miatt sem kielégíteni.

A hazai – Európai Unió energiastratégia rendkívül progresszív és innovatív, a fejlesztések megvalósíthatóak és szükségesek, de a jelenlegi anyagi ráfordítás nem elégséges.

Javaslatok

Mindenképpen folytatni, szorgalmazni kell az atomenergiára épülő energiapolitika alkalmazását, az atomerőművek biztonsági faktorának növelését, a lakosság ismereteinek ez irányú bővítését.

A világvezető politikusainak nagyobb gondot kellene fordítani a fosszilis energiahordozók alkalmazásra, a káros anyag kibocsátás következményeire, és meg kellene fontolniuk gazdasági szerkezetük átalakítását egy környezetkímélőbb erőforrás központba helyezésével. Elő kell segíteni a hazai vízügyi szakemberek kiváló fejlesztési javaslatainak megvalósítását.

El kellene gondolkodni, a nukleáris energia nyújtotta lehetősége kiaknázásán, az erőművek kettős rendeltetésűvé alakításán, a hidrogén erőforrásként való alkalmazásán, valamint erőműi előállításán.

Meg kell teremteni a hidrogéngazdaság térnyerését, illetve elő kell mozdítani a Magyarországi gyakorlati alkalmazási lehetőségét.

Nemzetenként rendkívüli, környezettudatosabb szemléletváltásra volna szükség, mely az egyes régiók, országok sajátosságait szem előtt tartva, a jelenlegi tudományos kutatási eredmények birtokában, széleskörű ismeretterjesztéssel, a különböző kommunikációs csatornák igénybevételével, valamint az oktatásba való beépítéssel kellene megvalósítani.

Remélem dolgozatommal sikerült bebizonyítanom mekkora szükség, van a megnövekedett népesség energiaigényének környezetkímélő erőforrással való kielégítésére, az atomenergia bővített és kiterjesztett alkalmazására, az erőművek kettős rendeltetésűvé tételére, a hidrogén erőműi termokémiai vízbontással történő előállítására, a hidrogén tüzelőanyag cellák csak úgy, mint maga az elem erőforrásként való alkalmazásának térnyerésére, az előállítás, illetve az atomerőművek biztonságának fokozására, a baleseti

események visszaszorítására, a lakosság ismereteinek bővítésére, felvilágosítására, valamint az energiaszektor (fenntarthatóságot szem előtt tartó) reformálására.

Célom pályamunkámmal a figyelem felkeltése, egy olyan problémára, melynek mielőbbi orvoslása (nemcsak) az energiaszektorban dolgozó emberek érdeke és egyben rendkívüli feladata!

A téma választását alapvetően nem egy új feladat megjelenése indokolta, hanem egy szükséges tevékenység kiegészítése, mely bővíti a társadalmi, technikai, gazdasági, szociális áttrendeződésekből, fejlődésből adódó lehetőségeket és mely alkalmazkodik a megnövekedett népesség okozta megváltozott körülményekhez, szem előtt tartva a fenntarthatóság elveit, kielégítve a felmerülő energiaéhséget.

Ajánlások

Pályamunkámat ajánlani szeretném gyakorlati felhasználásra elsősorban a közoktatásban, az egyetemisták ismereteinek bővítésére, kivonatos formában vagy akár egész terjedelmében egyetemi tantárgysegédletként, a környezetvédelem, környezetbiztonság tantárgyakhoz, míg részeiben ismeretterjesztő anyagok alapanyagaként felhasználásra.

Ajánlom továbbá a jogalkotóknak, az illetékes szaktárcáknak, a napi szinten ezzel foglalkozóknak, illetve bárkinek, aki érdeklődéssel tekint e témára.

További kutatási lehetőségek:

Jelen pályamunkámban nem tértem ki részletesen az atomenergia biztonsági kockázataira, nem ismertettem a hidrogén előállítás egyéb módjait, azok előnyeit-hátrányait, továbbá nem végeztem mélyreható kutatást a termokémiai vízbontás révén keletkezett hidrogén erőműi előállításának - erőműi átállásnak az anyagi vonzatát illetően. Ezen területek további, mélyebb kutatási munkákat igényelnek.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnék mondani mindazoknak, akik tevékenyen segítettek munkám megszületését. Közülük a legnagyobb hálával tartozom konzulensemnek, ***Dr. Földi László mk. alezredes*** Úrnak.

További köszönettel tartozom az egyetem engem oktató tanárainak amiért idejüket nem kímélve, kitartó és önzetlen munkájukkal segítették a tanulmányom megszületését és bízattak annak megírására.

A pályamű lezárásra került: 2011-10-30-án.

Katona Ágnes (Eger 2011)

MELLÉKLET

NETHÍRLAP:

Vita a világ energiahelyzetéről

Forrás: <http://www.nethirlap.hu/printme.php?cikk=18338>

A Magyar Tudományos Akadémia Gazdaság- és Jogtudomány Osztálya, valamint a Világgazdasági Kutatásokért Alapítvány közös szervezésében egy vitasorozat részeként a világ energiahelyzetéről folytatott eszmecsere két akadémikus és egy nagyvállalat képviselője. Szentgáli Edit interjújából a többi között kiderül, hogy állítólag a korábbi ellenérzésekkel szemben mostanság már elfogadják az emberek a nukleáris energiatermelést, de valójában legjobban akkor járnánk, ha hidrogén égetnénk, annak a végterméke ugyanis víz.

- Ön azt mondta az előadásában, hogy a világ energiaigényének 80 százalékát az olyan ásványi anyagok biztosítják, mint a szén, a kőolaj, a földgáz. Az előadáson elhangzott, hogy az olajkorszaknak nem azért lesz vége, mert elfogy az olaj, hanem azért, mert olyan drága lesz, hogy nem lesz már érdemes megvenni.

Vajda György akadémikus:

- Így van. Óhatatlan az árak emelkedése, ahogy a legkedvezőbb előfordulások kimerülnek, költségesebb, drágább előfordulások kiaknázására kell áttérni, és ez megy fölfelé, úgyhogy egy idő múlva a konkurens energiaforrások átveszik a szerepet.

- A kérdés az, hogy hosszú távon létezik már ezek pótlására bármiféle elképzelés. Vegyük sorba a pótlási lehetőségeket.

Vajda György:

- Olajat most úgy termelünk, hogy megfúrjuk a földet és kifolyik belőle, de vannak olyan lehetőségek, hogy kőzetekhez kapcsolódó olajat kivonjunk és hasznosítsuk. Ezekből a vagyon nagyobb is, mint a hagyományos kőolajforrásokból. Ezen kívül különböző anyagokból lehet szintetikus kőolajat előállítani, illetve kőolajfrakciókat, üzemanyagokat magyarán. A szén esetében olyan nagyok a vagyonok, hogy egyelőre nincs napirenden, hogy pótolni kellene, de hosszú távon több körülmény meg fogja akadályozni, hogy ezek legyenek a meghatározó energiahordozók, egyrészt az árak, másrészt a környezetszennyezés, harmadrészt a fenntartható fejlődés elve és egyéb körülmények. Úgyhogy egyrészt a megújuló energiák, másrészt az atomenergia számára ez teret nyit. Egyelőre a megújuló energiák ritkán

versenyképesek, általában állami támogatással lehet csak hasznosítani. És itt van az atomenergia, ahol óriási potenciál van, amit ki lehetne használni. Természetesen ahhoz az kell, hogy a társadalom ezt a technológiát befogadja.

- *Professzor úr is osztja azt a véleményt, hogy a nagy esélyes a hidrogén lehet?*

Vajda György:

- Ez ma még nem dőlt el, de lehet, hogy a hidrogéngazdaság fogja a szerepet átvenni, ehhez azonban még nagyon hosszú, néhány évtizedes kutatómunka szükséges, hogy a hidrogéntechnológia problémáit megoldják a fejlesztéstől kezdve a tárolás, szállítás, felhasználás módjára.

- *Miről van itt szó tulajdonképpen?*

Vajda György:

- Arról van szó, hogy a hidrogén egy nagyon kellemes tüzelőanyag, miután az égéstermék víz. Viszont nagyon bonyolult kezelni a hidrogént. Maga a hidrogéntermelés is egy nagy gond, mert a földön nincs szabad hidrogén a bioszférában, vegyületekből kell előállítani, vagy vízből vagy szénhidrogén molekulákból. Ehhez viszont jóval több energiát kell befektetni, mint amennyi a hidrogén égésénél a reakcióhőben felszabadul. Ezért az ígéretes módja a termelésnek valószínű az lesz, hogy vízből állítják elő, magas hőmérsékletű kémiai reakcióval bontják a vizet, atomerőművek segítségével.

- *Ön hisz abban, ami itt az előadáson elhangzott, hogy ehhez azonban, hogy a hidrogén valóban átütő szerephez juthasson az energiaellátásban, egy olyan mérvű teljes, totális technológiai forradalomnak kell bekövetkeznie, mint amilyen bekövetkezett annakidején a számítástechnikában?*

Vajda György:

- Ezt nem hiszem. Nehéz problémák várnak megoldásra, de nem forradalmian új dolgokról van itt szó. Ezek előrehaladott kutatások, időt kell hagyni nekik és meg fognak érni.

- *Van, aki azt mondja, hogy az olajár emelkedés javítja az atomenergia esélyeit, sőt, van aki*

azt mondja, hogy egyfajta nukleáris reneszánszunk elébe.

Vajda György:

- Ez igaz, hogy a fejlemények az atomenergia pozícióját lényegesen javították és világszerte tapasztalhatók olyan jelek, amelyek ezt támasztják alá. Részben a nemzetközi szervezetek is sokkal pozitívabban foglalnak most állást az atomenergiával kapcsolatban. Több ország enyhítette az atomenergia-ellenes politikáját és különösen nagy változás következett be az Egyesült Államokban, ahol három évtizede volt egy nagy üzemzavar, azóta az atomenergiát megtúrt energiának tekintették, most pedig az állami energiapolitika legfontosabb pillérévé lépett elő. Az ott működő nagyon nagyszámú üzemben lévő atomerőmű élettartamának a meghosszabbítása tömegessé vált, új erőművek létesítését állami támogatással irányozták elő és nagy kutatási programok indultak olyan erőmű típusok kifejlesztésére, amelyek okafogyottá teszik azokat az aggályokat, amiket az atomenergiával kapcsolatban gyakran lehet tapasztalni.

SCIENCE CAFFE:

A hidrogén a jövő energiaforrása?

Forrás: <http://www.sciencecaffe.com/sciencecaffe/hu/szabad-kulcsszavak/hidrg%C3%A9n-j%C3%B6v%C5%91-energiaforr%C3%A1sa.html>

Az univerzumban a legmagasabb arányban előforduló elem a hidrogén. Így logikusnak tűnhet, hogy szélesebb körben is kiaknázza az ember ezt a forrást. Már több mint 100 éve használja a vegyipar, leginkább az ammóniagyártás és kőolaj-finomítás céljára, de más vegyipari területeken is alkalmazzák. Az utóbbi időszakban a hidrogénre, mint alternatív energiaforrásra tekint a világ.

A kőolajszármazékokkal - szén, olaj és földgáz - ellentétben, melyek az energia mellett számos levegőszennyező anyagot termelnek nem is beszélve az üvegház gázokról, egy hidrogén üzemanyagcella energiatermeléskor csak vizet hoz létre melléktermékként. A jelenleg használt előállítási módok nem éppen környezetbarát technológián alapulnak. Kb. 95% a fosszilis energiahordozókból való előállítás. A teljes hidrogén-előállításon belül is kb. 50%-ot képvisel a földgázból, pontosabban metánból való előállítási mód. Emellett számottevő még a kőolajból (30%), valamint szénből (16%) történő előállítás. Ezek közös jellemzője, hogy centralizált, nagy üzemek, igen jelentős szén-dioxid kibocsátással. Előnyük ezeknek a hagyományos előállítási módoknak, hogy jelenleg ezek a legolcsóbbak. Hidrogén-előállításra kis mértékben (kicsit több mint 4%) jelenleg is alkalmaznak hidrolízist, azaz vízbontást, de ennek is igen nagy az energia igénye és kulcskérdés, hogy milyen forrásból származik az energia, amivel a vízbontást végezzük.

Az alternatív előállítási módok sora szerencsére egyre nagyobb. A szélenergiával termelt villamos energia segítségével vizet bontanak, így nyerik a hidrogént. Napenergiával három technológia is rendelkezésre áll. 1. napelemekkel történő villamosenergia-termelés, majd vízbontás, 2. naperőművekben, termokémiai vízbontás, 3. katalitikus fotolízis. Sajnos az eljárások költségei igen magasak. A biomasszából történő előállítás során szóba jöhetnek mezőgazdasági hulladékok, mezőgazdasági melléktermékek, energia ültetvények, tengeri algák. Biotechnológia módszerek: bizonyos egysejtű mikroszervezetek anyagcseréjük végtermékeként hidrogént termelnek és ezt megfelelő technológiával fel lehet használni. Ahhoz, hogy a hidrogén jelentős szerepet kapjon a mindennapokban, még sok problémát kell megoldani. A hidrogén igen illékony, robbanásveszélyes gáz, aminek tárolása és a

fogyasztókhoz való eljuttatása nehéz, veszélyes és költséges (magas nyomás szükséges például és egy teljesen új, nem létező infrastruktúra megteremtése).

Továbbá csak most kezdődtek azok a kutatások, amelyek a környezetre gyakorolt esetleges káros hatásokat vizsgálják a gyártás, a szállítás és a felhasználás során. Miközben a hidrogénre tiszta üzemanyag forrásként tekintünk, várva, hogy felváltsa a kőolajszármazékokat, egy tanulmány szerint széleskörű felhasználása növelheti a Földet az ultraibolya sugárzástól védő ózonréteg károsodását. A Science cikkében a Caltech kutatói felvetik a lehetőséget, hogy egy hidrogéngazdálkodási rendszer sem feltétlenül lenne teljesen környezetbarát. Tanulmányuk szerint, ha a hidrogén üzemanyag teljes mértékben felváltaná a kőolaj származékokat, akkor azzal kellene számolni, hogy a hidrogén 10-20 százaléka kiszivárog a csőrendszerekből, tároló létesítményekből, feldolgozó telepekről és a járművek üzemanyagcelláiból, valamint az erőművekből. Mivel a hidrogén gyorsan az ég felé veszi útját, a kutatók becslése szerint növekvő felhasználása következtében megháromszorozódhat a sztratoszférába kerülő hidrogén molekulák száma, ahol oxidálódnak és vízzé alakulnak. "Ez lehűti az alsó sztratoszférát és felboríthatja az ózon háztartást" - írják a kutatók, melynek eredményeként nagyobb és hosszabban tartó ózonlyukak alakulhatnak ki az északi és a déli sarkvidékek fölött. Becsléseik szerint az ózonréteg csökkenése akár 8 százalékos is lehet. Az ózonréteg elvékonyodását sikerült megfékezni a CFC-k nemzetközi tilalmával, a Caltech kutatói szerint azonban a sztratoszféra hidrogén koncentrációjának jelentős növekedése "lényegesen lassítja az ózonréteg visszaállítását", még ha a hidrogéngazdálkodás évtizedekre van is. John Eiler, a Caltech geokémia professzora, a tanulmány egyik írója elismeri, hogy sok minden van, amit nem ismernek pontosan a hidrogénkörforgással kapcsolatban. Például a kiszivárgó hidrogén jelentős része elnyelődhet a talajban ahelyett, hogy az ég felé sodródna. "Ha a talajba kerülés van túlsúlyban, akkor minimális hatása lehet a környezetre. Ha azonban az atmoszférába kerül, a sztratoszféra lehülése és az ózon pusztulása elkerülhetetlen" - magyarázta Eiler. Kutatótársa elmondása szerint nem a hidrogén ellen kampányolnak, hanem azért, hogy a jövő hidrogén energia infrastruktúráját úgy alakítsák ki, hogy a szivárgás ellenőrzése kiemelt figyelmet kapjon.

Nejat Veziroglu, a Nemzetközi Hidrogén Energia Szövetség elnöke szkepticizmusát fejezte ki a Caltech tanulmányával szemben. "A szivárgás lényegesen kisebb lesz, mint amit ők számításba vettek" - mondta. Jeremy Rifkin, a hidrogén gazdaság egyik fő pártolója szerint "amikor áttérünk egy új energiaforrásra el kell fogadnunk, hogy annak megvannak a környezeti hatásai, a hidrogén azonban a jövőnk reménye.

FELHASZNÁLT IRODALOMJEGYZÉK

- [1]: Panyi Miklós: Növekvő energiaéhség: marad mégis a karbonszagú jövő (2009)
http://kitekinto.hu/hatter/2009/03/15/novekv_energiaehseg_marad_megis_a_karbonszagu_jov
- [2]: Schmidt Petra: A szén-dioxid klímaalakító hatása, kibocsátásának csökkentési lehetőségei, különös tekintettel a Kiotói egyezmény magyarországi vonatkozásaira (2009)
TDK pályamunka, ZMNE
- [3]: Földünk ásványi nyersanyagtartalmakai - ismeretlen szerző
http://www.jovo_techikaja.abbcenter.com/?id=110286&cim=1
- [4]: Vajda György (2001) Energetika és fenntartható fejlődés, 2001.
<http://www.termeszetvilaga.hu/tv2001/tv0108/vajda.html>
- [5]: Pálincás József: az MTA elnökének nyilatkozata az Atomenergia Európában: az elfogadástól a támogatásig - című kétnapos nemzetközi energiapolitikai konferencián (2010)
- [6]: Muntyán Ferenc: Ha leáll Paks... Az atomenergia hiánya és helyettesítési lehetőségei Magyarországon, OTDK pályamunka (2009)
- [7]: Vidovszky István: Az atomenergia előnye és kockázatai - Fizikai Szemle 2003/8. 272.o.
<http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0308/vidov0308.html>
- [8]: Rónaky József: Az atomenergia szerepe hazánk és a világ energiaellátásában, Nukleáris újságíró akadémia OAH, Budapest 2010
[http://www.haea.gov.hu/web/v2/portal.nsf/att_files/eloadasok/\\$File/mtarj.pdf?OpenElement](http://www.haea.gov.hu/web/v2/portal.nsf/att_files/eloadasok/$File/mtarj.pdf?OpenElement)
- [9]: Kósa Zsigmond: A hidrogén üzemanyagcella <http://info-port.uw.hu/elektronika.html>
- [10]-[11]: Dr. Csom Gyula: 4. Atomerőművek, Budapest 2004.
www.atomforum.hu/pdf/04%20atomeromuvek.pdf
- [12]: Kósa Zsigmond: A hidrogén üzemanyagcella <http://info-port.uw.hu/elektronika.html>
- [13]: Tüzelőanyag elemek, Forrás: <http://www.fuelcell.hu/index.php/hu/tuezelanyag-elemek>
- [14]: <http://www.diverziti.hu/765/hidrogen-megoldas-az-olajkrizisre/>
- [15]: Földi László - Halász László: A hidrogén tüzelőanyag cellák lehetséges katonai alkalmazásai, Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Nemzeti Technológiai Platform megvalósítási terv 2010.
Forrás: http://www.nih.gov.hu/%2Finnovaciopolitika%2Fstrategiai-megvalositasi%2Fhidrogen-tuzeloanyag&ei=pTKnTq2GHMyeOoX32BE&usg=AFQjCNF3g43tw37_vYSWiCrgsUA_rCVBRQ&cad=rja (2010)

[16]: Bencsik János: Függetlenedés a függőségtől - előadás, IV. Közép-Európai Gázkongresszus, Budapest, 2011. június 15.

www.gazkonferencia.eu/dl/share/mp_gk_Bencsik_Janos_HUN.pdf

[17]: Herczog Edit-Solymosi József: Nukleáris reneszánsz az európai nukleáris kutatás tükrében: az euratom hetedik kutatási keretprogramja (2007-2011)

Forrás: http://hadmernok.hu/archivum/2008/1/2008_1_herczog.html

[18]: Országos Atomenergiái Hivatal: Az atomenergia szerepe hazánk és a világ villamos energia ellátásában, Forrás:

[http://www.oah.hu/web/v2/portal.nsf/att_files/eloadasok/\\$File/nua_rj.pdf?OpenElement](http://www.oah.hu/web/v2/portal.nsf/att_files/eloadasok/$File/nua_rj.pdf?OpenElement)

[19]: Elfogadta az Országgyűlés a Nemzeti Energiastratégiát Forrás:

<http://zoldtech.hu/cikkek/20111003-energiastrategia>

Anyagok letöltve: 2011.06.23-2011.10.30. között.

ÁBRAJEGYZÉK:

1. **ábra:** Készítette: Katona Ágnes, forrás: ENSZ World Population Prospects: The 2006 revision
2. **ábra:** Készítette: Katona Ágnes, forrás: Füst Antal és Hargitai Róbert: A jövő potenciális energiaforrásai (2007)
3. **ábra:** Készítette: Katona Ágnes, forrás: Hartai Éva: Meddig ér a Takarónk - című előadása (2011.)
- 4- 5. **ábra.** Készítette: Katona Ágnes, forrás: Vajda György: Energetika és fenntartható fejlődés - című tanulmánya (2011)
6. **ábra:** Készítette ismeretlen. Forrás: Peter E. Hodgson: Globális felmelegedés és az atomenergia, Fizikai Szemle 1999/6. 237.o.
7. **ábra:** Készítette: Csom Gyula. Forrás: 4. Atomerőművek (2004)
<http://www.atomforum.hu/pdf/04%20atomeromuvek.pdf>
8. **ábra:** Készítette: FuelCell.hu Forrás: Tüzelőanyag elemek (2011)
<http://www.fuelcell.hu/index.php/hu/tuezelanyag-elemek>
9. **ábra:** Készítette: Katona Ágnes, Forrás: Európai Bizottság.
http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/factsheets/country/hu/mix_hu_hu.pdf
10. **ábra:** Készítette: Energy Policies of IEA Countries, 2000 Review, OECD/IEA. Paris, 2000. Forrás: Magyarország primer energia felhasználása 1990 - 2015
<ftp://ftp.energia.bme.hu/pub/bsc/BEVEZ-ADAT.DOC>
11. **ábra:** Készítette: Katona Ágnes, forrás: Európai Bizottság: Általános jelentés az Európai Unió tevékenységeiről 2010, (2011) ISBN 978-92-79-17470-4

Ábrák és törzsanyaguk letöltve: 2011.06.23-2011.10.30. között.

ÁTOLVASOTT IRODALOM

- **Prof. Dr. Solymosi József:** A klímaváltozás várható nemkívánatos hatásai, kritikus szektorok és a katasztrófavédelmet érintő indikátorok vizsgálata, kidolgozása-című tanulmány. Forrás: <http://vedelem.hu/letoltes/tanulmany/tan166.pdf>
- **Bosch szerzői kollektíva:** Hibridhajtások, tüzelőanyagcellák és alternatív tüzelőanyagok, Maróti Könyvkiadó, 2009 ISBN: 9639005983
- **Halász László - Hanka László - Vincze Árpád:** A nukleáris erőművek negyedik generációjának és egy korszerűbb reprocesszási eljárás jövőbeli alkalmazásának lehetősége a nukleáris hulladékok növekvő mennyiségének és elhelyezési problémájának tükrében Forrás: http://hadmernok.hu/archivum/2008/3/2008_3_hanka.html
- **Európai Bizottság:** Általános jelentés az Európai Unió tevékenységeiről 2010 Forrás: http://europa.eu/generalreport/index_hu.htm
- **KvVM-MTA-„VAHAVA”** Projekt összefoglalása: A magyarországi klímapolitika alapjai, Budapest, 2006 <http://klima.kvvm.hu/documents/14/VAHAVAosszefoglalas.pdf>
- **Vincze Árpád:** Radiológia I. Egyetemi jegyzet, Budapest: Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2007
- **Mika János:** Éghajlati forgatókönyvek - in: Változások a légkörben és az éghajlatban. (Mika J., szerk.) - Természet Világa Különszám, 69-74, 1996.
- **Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia, 2008-2025** Forrás: www.kvvm.hu/cimg/documents/nes080214.pdf
- **BMF KKV VEI:** Tüzelőanyag cella, Budapest, 2006. november Forrás: <http://vei.kvk.uni-obuda.hu/meresek/fuelcell.pdf>
- **Földi László, Halász László:** Környezetbiztonság (2009) egyetemi jegyzet, Budapest 2009, CompLex Kiadó, ISBN: 9789632950204
- **Bakos Ferenc:** Idegen szavak és kifejezések szótára (1973) Akadémiai kiadó, Budapest ISBN 963-05-3178-X
- **Horváth Kristóf:** Éghajlati paraméterek szerepe az atomerőművek üzemeltetésében, Magyar Energetika, 2005/4. szám, 2005
- **Vajda György:** Energiaellátás ma és holnap, MTA Társadalomkutató Központ, 2004. ISBN: 9789635084241
- **Gyulai Iván:** Kérdések és válaszok a fenntartható fejlődésről, Természetvédők Szövetsége, Budapest. 2008 ISBN 978-963-9802-03-2

