

# Nyugtalanító kérdések és bizonytalan válaszok az energetika jövőjéről [1]

Homola Viktor

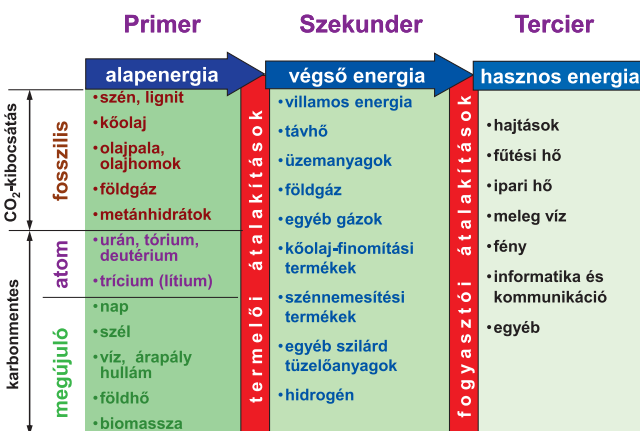
Elöljáróban – mint az energetikában hat évtizedes tapasztalattal rendelkező tervező mérnök [2] – szükségesnek tartom megjegyezni az alábbiakat:

Napjainkban mind több szó esik azokról a gondokról, amelyeket az energiatermelés és a környezetvédelem konfliktusaként lehet a legegyszerűbben körülírni. Nyomatékosan rögzíteni szükséges, hogy a környezet védelme olyan prioritás, amely – a kiegyensúlyozott fejlődés fenntartása mellett – messze megelőz minden gazdasági érdeket. A következőkben ismertetésre kerülő megfontolások nem a fejlődésre, hanem a fenntarthatósághoz vezető útra vonatkoznak [3].

Az előadás a rendkívül összetett gazdasági, társadalmi, etikai problémahalmaz alábbi részterületeit kívánta bemutatni. Az EU és a hazai energiapolitika nem volt az előadás tárgya, csak néhány ráutalás hangzott el.

## Az energiatípus meghatározása és a mértékegység

A vonatkozó hazai és nemzetközi szakirodalomban számos energia megnevezés található, ezért fokozott a jelentősége annak, hogy egyértelmű meghatározások történjenek a különböző energiatípusok komplex értékelése során. A globális vizsgálat elengedhetetlen, mert a lokális érdekekből levont általános következtetések sokszor tévesek. E körülmény fontossága napjainkban rohamosan nő a Föld energiaforrásainak kereskedelmi összekapcsolásán keresztül. A természetben rendelkezésünkre álló primer energia általában csak az 1. ábrán látható többszöri átalakítási folyamat után hasznosítható. Az átalakítás egyébként az egyik leglényegesebb energiavesztés- okozó.



**fokozottan figyeljünk az átalakításokra!**

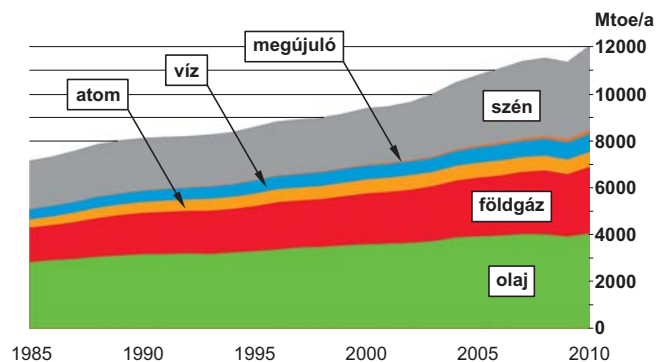
1. ábra. Az energiaátalakítás folyamata a primer energiától a hasznosított energiáig [4]

## A primerenergia-felhasználás globális mérlegei és jellemzői

Jellemző a témakör fontosságára, hogy a nemzetközi szakirodalomban nagyszámú közlemény jelenik meg e tárgyban és azokat évente frissítik.

A globális energiafelhasználás teljes forrását a primerenergia fajták (olaj, földgáz, szén, nukleáris, megújuló) összessége alkotja, amelynek számszerű megjelenítése az ún. olaj-egyenértékkel történik [6].

A 2. ábra jól jellemzi a primerenergia felhasználás alakulását 1985-2010 között. E fogyasztási adatok a kereskedelmi forgalomban megjelenő energiahordozókat tünteti fel, nem szerepelnek köztük az égethető növényi hulladékok, rözse, szemét stb. Feltűnő a fogyasztás folyamatos növekedése, egyedül a gazdasági válság okozott némi csökkenést az ezredforduló előtt, de ez gyorsan kiegyenlítődt. Az energia fajták egymás közötti arányában szemmel láthatóan lényegi változás nem történt: a döntő szereplő folyamatosan az olaj, a földgáz és a szén, a vízenergia és az atomenergia közel azonos súlyúak, de ezek együttesen sem meghatározók, a megújulók pedig alig érzékelhetők a világmérlegben.

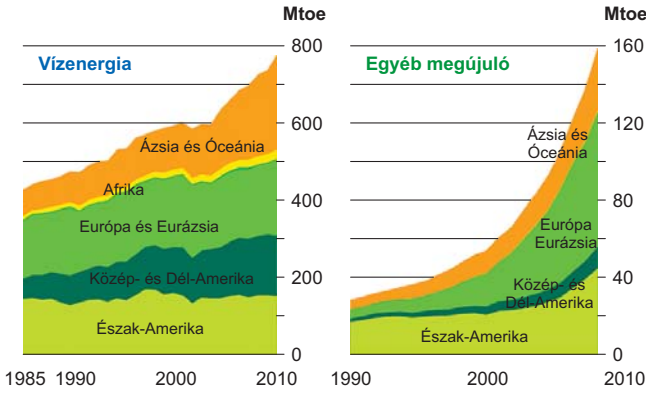


2. ábra. A világ primerenergia fogyasztása [5]

Mindezt jól mutatja a következő oldalon bemutatott 3. ábra, különösen akkor, ha megfigyeljük a 2. és 3. ábrákon látható nagyságrendi különbségeket a fogyasztásban, továbbá azt a körülményt, hogy a megújulók növelését gyakorlatilag az EU és (kisebb mértékben) Észak-Amerika generálja. A globális többi fogyasztója alig vesz részt a megújulók alkalmazásában.



[1] A PTE Pollack EXPO 2012 konferencián elhangzott előadás szerkesztett változata



3. ábra. Megújulók részvétele a primerenergia világmérlgben (Mtoe) [7]

### Az energia-feszültségek megjelenése

Közismert, sokak által tárgyalt megállapítás, hogy az emberi ség jövő fejlődésének legfontosabb meghatározói az élelmi-szer, víz és energia kielégítő rendelkezésre állása. Ezek között kiemelkedő szerepe van az energiának, mert nélküle a mási két előfeltétel sem teljesíthető. Az előadás ennek megfelelően az 1 főre jutó energiafogyasztás bemutatását tűzi napirendre. Az átfogó vizsgálathoz természetesen sok más tényezőt is figyelembe kell venni – mint pl. az elmúlt évezredek fejlődés-története, az ezek során kialakult társadalmi viszonyok és igények, vagy elutasítások stb. – ezek elemzéséhez azonban a szerző mérnöki ismeretei nem elégségesek. Ezért a jelen köz-lemény célja a figyelemfelhívás.

A 4. ábra adatai és a grafikus ábrázolás jól mutatják a glo-bális primerenergia felhasználás 2008. évi fő jellemzőit:

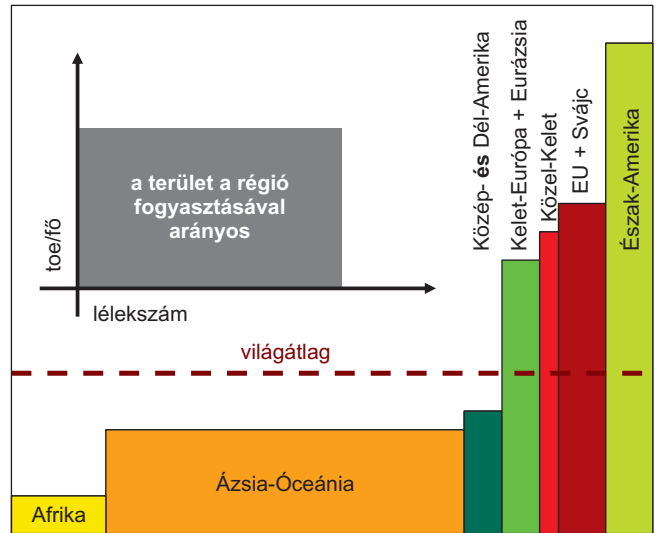
- A Föld lakosságának a fele Ázsia + Óceánia térségében a fogyasztás világtátlagának 2/3-át sem éri el, csak Afrikát előzi meg.
- Ezzel szemben a jóval kisebb lélekszámú fejlett régiók (Észak-Amerika + EU + Közel-Kelet) a világtátlag há-rom-hatszorosát fogyasztják.
- Kelet-Európa + Eurázsia (volt SzU + EU-n kívüli Európa + Törökország) fogyasztása óvatosságra int, mert ez pazarló energiagazdálkodást jelez.

Mindennek a motorja az egyenlőtlen gazdasági fejlődésben, a jóléti és szegény társadalmak közötti folyamatosan növekvő különbségekben rejtőzik. Ez a fogyasztási szintkülönbség a szerző véleménye szerint tartósan nem tartható fenn, annál is inkább, hogy a természet nyújtotta forrásnövekedés véges, a különbségek pedig rohamosan nőnek.

Míndez régóta ismert: a több mint 100 fős gazdasági, poli-tikai, társadalomtudományi szakértőből álló Római Klub már 1972-ben kiadta a „A növekedés határai” című ún. Meadows jelentését, amelynek legfőbb mondanivalója [9]:

„... a 21. század közepére globális környezeti katasztrófa léphet fel, kimerülnek a természeti erőforrások, drámai mó-don növekszik a környezet szennyezettsége, ...ha az emberi társadalom a jelenlegi úton halad tovább!”

A folyamatos növekedésre alapozott gazdasági rendszer nem fogadta el ezt a jelentést. A sajtó folyamatosan támadta, majd agyonhallgatta. Senki sem hallgatott rájuk.



régió (földrész)	lakosság M fő	fogyasztás		
		Mtoe/év	toe/fő	régió átlag
Ázsia + Óceánia	3 757	3982	1060	0,64
Afrika	983	356	362	0,22
Közel-Kelet	194	614	3165	1,9
Kelet-Európa + Eurázsia	409	1175	2874	1,72
Európai Unió + Svájc	502	1790	3566	2,14
Közép- és Dél-Amerika	475	580	1220	0,73
Észak-Amerika	452	2799	6194	3,71
globális adatok	6 771	11295	1668	

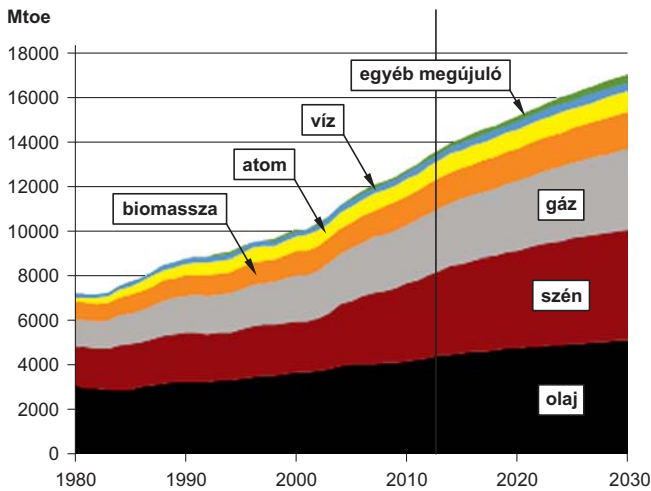
4. ábra. A földrészek részesedése a világ primerenergia fogyasztásában [8]

Ugyanezt fejtette ki 34 évvel később az USA-ban T. L. Friedman [10], a globalizáció liberális apostola:

„...,ne áltassuk magunkat tovább azzal, hogy három milliárd új fogyasztó megjelenésével megvalósítható az amerikai álmom, ”... „ha az energiafelhasználás és megőrzés területén nem találunk új megoldást” ... „környezetvédelmi és geopolit-ikai förgeteg veszélyének tesszük ki magunkat.”

A globális feszültség jól érzékelhető a mai világpolitikai palettán az energiaforrások kihasználhatóságába fektetett gazdasági és katonai erő területén (az orosz földgáz térnye-rése Európában, Észak-Afrika társadalmi felbomlása, olaj-embargó fenyegetés a Hormuz-szorosban, a BRIC országok – esetenként földrészek – rohamos felzárkózása és így tovább).

Napjaink globális világgazdasága ezzel szemben hangsú-lyozza ugyan a környezet védelem szükségességét, a klíma-változás miatt széndioxid riadót fűj, e téren 1992 óta sikerte-len konferenciák sorát szervezik kormány szinten (legutóbb Koppenhágában futott zátonyra ez a hajó), de továbbra is a termelés és fogyasztás monoton növelését veszi célba, miként az 5. ábrán látható.



5. ábra. Egy előretekintés 2030-ig a sok közül [11]

Pedig a globális egyensúly egyedül lehetséges útja az önkormányozás a népesség növekedés, az erőforrás felhasználás és az ipari termelés és fogyasztás területén. Ez a felfogás jól érzékelhető az EU-ban, amely a jövő útját elsődlegesen az igen költséges megújulók szerepének növelésében és nem a fogyasztás csökkentésében látja, a globális energiafogyasztás mintegy 85%-át igénylő többi régióval szemben, amelyek a fosszilis energiahordozókra építik a jövőjüket.

## Lesz-e elég energia a Földön?

### A szerző személyes véleménye

#### A közeljövő

A globális fosszilis korszak előbb-utóbb véget ér, de a XXI. században még továbbra is a fosszilis primerenergia lesz a főszereplő. Az olaj-földgáz-szén felhasználás növelése hatalmas ütemű, még nem tartunk a kimerülésnél. A folyamatos kutatások mind újabb készleteket tárnak fel. Ennek egyik látványos példája az olajpala, amelynek kihasználásához most kezdenek hozzá.

A fosszilisok területén a biomassza tartósan fennmarad, hiszen újratermelődik a napsugárzásból.

A megújulók közül egyedül a vízenergia jut jelentős szerephez, de nem Európában, hanem a BRIC országokban várható jelentős vízerőmű kapacitásnövekedés.

Az EU által szorgalmazott sokoldalú megújuló program nem kap támogatást a globális szándékoktól és nagyságánál fogva a világméretre sem tud érzékelhető hatást kifejteni.

A napenergia hasznosítása két csoportra bontható:

A közvetlen szolár villamosenergia-termelés mind szélesebb körben terjed, bár meg kell jegyezni, hogy a glóbusz nagy napsugár intenzitással rendelkező részei sokszor politikailag instabil régiók. Az igazi elterjedéshez meg kell oldani a nappal-éjjel változó termelési intenzitás kiegyenlítését tárolókkal. Idehaza ezt a fejlődést még akadályozza a szolár cél-lak magas ára.

A vízmelegítő napcellák sem olcsók, de helyenként már megjelennek itthon is.

A földhő (geotermális energia) képezi a legnagyobb természetes energiapotenciált a Földünkön. A WGA közlése szerint a földhő potenciál több mint háromszorosa a szolárisnak, és nem hely-, vagy napszakfüggő [12]. Már most széles körben terjed a hőszolgáltatás keretében. Ennek dinamikus fejlődő formája a hőszivattyú, amely villamos energiával hajtott kompresszor segítségével az igényelt hőfokszintre képes juttatni a talajból/környezetből nyert hőáramot.

A villamosenergia-termelés földhőből jelenleg csak ott lehetséges számottevő mértékben, ahol az nagy hőmérsékleten természetes úton tör felszínre (pl. Izland). Ma már tekintélyes K+F tevékenység folyik a világban a több ezer méter mélységben fekvő 200 °C feletti hőmérsékletű közegek energia-tartalmának kihasználására.

Az atomerőművek fissziós hasadóanyagának rendelkezésre állása szintén véges, de nem közeli a kimerülése. Ennek időpontját eltolhatjuk, ha megkezdjük a kimerült fűtőelemek újrahasznosítását, de ez még messze van. Az újrahasznosítás egyúttal mentesítené az évszázados időterjedelmű költséges megőrzési feladatoktól az utánunk következő generációkat.

#### Közele energia forráshiányról tehát nem kell beszélnünk!

De rendkívül jelentős a meglévő készletek minél nagyobb mértékű megőrzése és ennek egyik legfontosabb eszköze az energiahatékonyság növelése. Néhány általam kiemelt téma a mérnöki munkák területén:

A primer energiafajták átalakításánál van a legnagyobb pazarlás, amely az erőművek hatásfokának növelésével drasztikusan csökkenthető. Világszerte hatalmas erőmű parkok 30 – 40 év előtti technikai színvonalon termelik a villamos energiát (30 – 35% hatásfokkal), amikor például az új Gönyű Erőmű hatásfoka (gáztüzeléssel) eléri az 58%-ot! A még működőképes régi erőművek lecserélése új korszerű technológiára azonban nagyon tökéletes feladat, amit a tulajdonosok nem kívánnak vállalni, ezért ez a folyamat csak állami beavatkozással fog megtörténni.

Az EU erre sajnos nem ad támogatást, csak a megújulóakra, pedig jelentősebb CO<sub>2</sub>-csökkenés volna elérhető vele, mint jelenleg támogatott eljárásokkal.

Különösen fontos az épületek, épített létesítmények energiatakarékos kialakítása, hiszen pl. hazánkban a teljes primerenergia-áram közel fele ezeken keresztül jut vissza a természetbe. Tartózkodjunk az esztétikai okokra visszavezethető olyan gyakorlattól, mint az üvegpalaták építése. Itt sok lehetősége van az épület és azon belül az épületgépészet tervezőjének, kivitelezőjének. A klimatizált épületek elterjedése súlyos energiahányt gerjeszt (ma már nyáron van a legnagyobb villanyfogyasztás).

Riasztó a vasúti szállítás elsorvadása és a közutak túlterhelése. A személy- és áruszállítást korlátok közé kell szorítani.

#### A hosszútáv

A hosszú távú jövőkép nem határozható meg, csupán jóslásokba lehet bocsátkozni. Ennek egy példáját mutatja be a Goldman Sachs Group (USA) GDP prognózisa a globális

gazdaság korlátlan fejlődéséről 2050-ig [13], amelyben a BRIC országok (Brazília, Oroszország, India és Kína) domináns gazdasági potenciállal fognak rendelkezni a Föld első 10 országa között. Itt egyedül az USA fogja tudni megőrizni a második helyet. Az EU-ból Anglia és Németország a 9. és 10. a sorrendben.

Az *energiaellátás globális távlatával* sok nemzetközi szervezet, kutató intézmény foglalkozik. Ezek közül 3 területet említek meg:

1. A metanollal működő tüzelőanyag cellák Oláh György Nobel-díjas kémikus nevéhez kapcsolódnak, aki olyan *karbonciklust* mutatott be Budapesten 2009-ben az MTA előadásában, amely a levegőben lévő CO<sub>2</sub> leválasztása után H<sub>2</sub> hozzáadásával metanolt hoz létre. Mindehhez szoláris energiát használ fel. Mint mondotta, megkísérli utánozni a természetben a növényvilág életciklusát. Amennyiben ez sikerül, örökre megszűnne az energiahiány veszélye [14].
2. Ugyancsak végleges megoldást ígér a *fűzés atomerőmű*, amelynek kimeríthetetlen üzemanyagkészlete a vízben lévő hidrogén lesz – a távoli jövőben, ha sikerül. E reaktor kifejlesztéséhez a legoptimálisabb prognózis szerint is fél évszázadra van szükség.
3. Itt kell megemlíteni a *biomasszát*, amely ugyancsak lokális igényeket tud ellátni, de előnyös tulajdonságai miatt a napenergia hasznosítás egyik fontos útja lesz. Jelentős hasznot hoz a bioanyagok természetszerű lebomlásának ellenőrzött levezetése. A hazai körülmények (a települések ~90%-a vezetéken kapja a földgázt) nem teszik könnyűvé az átállást a biotüzelésre [15].

### Rövid konklúzió

A természet és az emberi társadalom riasztó jeleket küld. A Föld potenciálja nem képes kielégíteni a jövő energiaigényeit, ha a jelenlegi úton haladunk tovább. A globális kibontakozás elérhető, de időre van szükség az új források és eljárások beiktatásához. A fejlesztéshez szükséges idő a fejlett régiók

kiugróan magas energia fogyasztásának önkorlátozásával érhető el. Ez bizony nehéz időszak lesz. Ha nem teszünk semmit, csak fokozzuk az igényeinket, bizonytalan jövő vár utódainkra.

### Jegyzetek, hivatkozások

- [2] A szerző munkahelyei: 1952-53 MTA Műszaki Tudományok Osztály energiaügyi előadó; 1953-1992 ETV-ERÓTERV, kezdetben tervező mérnök; majd az erőmű szakág főmérnöke; 1992-2011 egyéni vállalkozó (energetikai tanácsadás, tervezés)
- [3] A szerző előadása az ENELKO Konferencián 2005 Kolozsvár
- [4] *Forrás: www.bmva.de / Stróbl Alajos közleménye*
- [5] *Forrás: www.BP Statistical Review of World Energy Full Report 2011 p. 42*  
A mértékegység: 1 toe = 1 tonna olaj fűtőértéke = 41,868 GJ, 1 GJ = 10<sup>9</sup>J
- [6] A nukleáris és megújuló energiafajták olajjegyénértékét az azokból termelhető villamos energiából számítják vissza 38% hatásfokkal a BP az energiámérlegében (lásd p. 44). Ugyanakkor ismert, hogy ez a számítási módszer nem egységes, az IEA Nemzetközi Energia Ügynökség kis eltéréssel végzi az átszámítást
- [7] *Forrás: www.BP Statistical Review of World Energy Full Report 2011 p. 37*
- [8] *Forrás: GeoHiv Global Statistics 2008, http://www.geohive.com, BP Statistical Review of World Energy Consumption http://www.usaee.org*
- [9] *Forrás: Magyar Virtuális Enciklopédia*
- [10] *Forrás: Thomas L. Friedman: Mégis lapos a Föld, HVG kiadó, Budapest 2006 p332*
- [11] *Forrás: IEA World Energy Outlook 2008*
- [12] *Forrás: L. Rybach: Status and Prospect of Geothermal Energy, World Geothermal Congress 2010, Indonesia*
- [13] *Forrás: www.gs.com*
- [14] *Forrás: Oláh György: Új lehetőség az energiapolitikában: a gazdaságpolitika és a metanolgazdaság szimbiózisa. MTA előadás 2009.10.13*
- [15] *Forrás: Büki Gergely: Épületek végenergia-igénye és primerenergia felhasználása. Magyar Energetika 2011/1*