



Kiss Károly

Megváltás vagy illúzió?

Támaszkodhatunk-e a megújuló energiákra?

A legutóbbi időkhöz - sok más környezetvédővel együtt - én is úgy gondoltam, hogy a fosszilis energiák megújulókkal történő helyettesítésének nincsenek *fizikai* korlátai, csak a gazdaságosság szabhat nekik határt. Ez a nézet a '70-es években terjedt el Amory Lovins nyomán, de ez az „ide-nekem az oroszánt” hangulat uralkodott a megújuló-energia termelők néhány évvel ezelőtt Brüsszelben megtartott európai konferenciáján is: - Bajt okoznak az ásványi energiák? Közéleg a klímaválság? Semmi gond, mi megoldjuk a problémát! Ha kapunk annyi állami támogatást, hogy versenyképesek legyünk az ásványi tüzelőanyagokkal szemben, 2050-re jórészt képesek leszünk helyettesíteni azokat. És egyúttal megoldást kínálunk az energiafüggőség ellen meg az ásványi energiák kimerülésének esetére is... (Brüsszel, 2007 január.) A napenergia elméleti potenciálja 2.850-szer akkora, mint az évi energiaszükségletünk; a szélenergiáé 200-szoros, a biomasszáé 20-szoros. (A geotermikus energia esetében 5, az árapálynál 2, a vízienergiánál 1 ez a szorzó.)

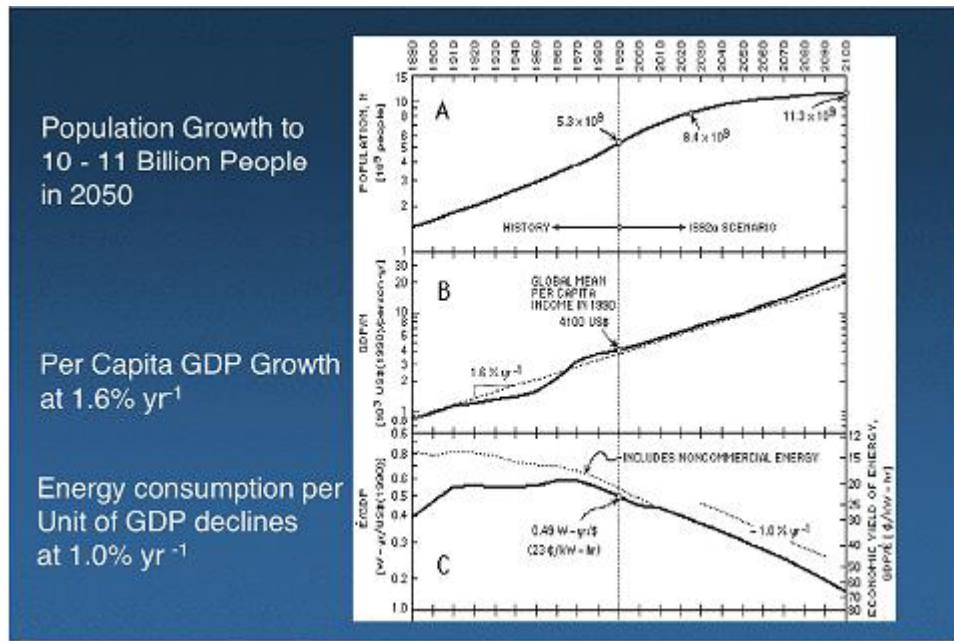
Miközben a megújuló energiák használatának kiterjesztése sok pozitívummal jár a környezetvédelemben, az elképzelés, hogy akár teljes mértékben is helyettesíthetik a fosszilis energiákat, végzetes illúziókat táplál. E hitnek az az üzenete, hogy a fogyasztói társadalom hosszú távon is életképes, nincs szükség arra, hogy lényegesen csökkentsük a fogyasztásunkat és megváltoztassuk az életmódunkat. A tudományos kutatás azonban azt bizonyítja, hogy ez nem így van, *egy nagyméretű helyettesítésnek komoly fizikai korlátai vannak*. Először Sharon Begley-nek egy 2009 márciusi Newsweekben megjelent írása fordította e problémára a figyelmet. Martin I. Hoffert és más amerikai energiatudósok jó tíz évvel ezelőtt végeztek erre vonatkozó számításokat, s az újabb kutatások megerősítik megállapításaikat (pl. Nate Lewis, California Institute of Technology; vagy a Kovász legutóbbi számában Vaclav Smil tanulmánya is hasonló következtetésekre jut.)

A világ jelenlegi energia-fogyasztása 14 terawatt, s a nukleáris és megújuló-energia termelés ebből kevesebb, mint 3 terawattot tesz ki. 2050-re a világ népessége legalább 9 milliárdra nő a mai 6,6 milliárdról, s ha minden a jelenlegi mederben halad, 45 milliárd terawattra emelkedik az energiaigény, azaz több, mint megháromszorozódik, s abból csak 10 terawatt lesz a széndioxid-kibocsájtással nem járó megújuló-energia. Ez a klímaváltozás tragikus mértékű felgyorsulásához vezetne.

Tudósok csak a 1,5-2 Celsius fok felmelegedést tartják megengedhetőnek 2050-re, ami az üvegházhatású gázok légköri koncentrációját tekintve egy 450 ppm értéknek felel meg. (Jelenleg 386 ez az érték, és az ipari forradalom kezdetén 280 volt.) Ennek eléréséhez az



1990-es szinthez képest a CO₂-kibocsájtás 80%-os csökkentésére van szükség 2050-ig (ezt nemzetközileg elfogadott feladatnak tekinthetjük).



Ha azzal számolunk, hogy a század közepéig évi 1,6%-kal nő az egy főre jutó nemzeti termék világméretben, a gazdaság fajlagos energiaigénye pedig évente 1%-kal csökken (ez utóbbi rendkívül optimista változat), a 45 helyett csak 28

terawatt energiára lesz szükség, de a 80 százalékos széndioxid-kibocsájtási csökkentés miatt abból 26,5 terawattot a megújuló energiák kell, hogy adjanak. Íme a feladat. Hogyan tudunk a hátralévő 40 évben 26,5 terawatt energiát előállítani nukleáris erőművekkel, vízienergiából, szélenergiából, napenergiából, biomasszából és geotermikus energiából. A probléma az, hogy ezek az energiák ekkora mennyiségben csak elméletileg állnak rendelkezésre, mert koncentrátságuk az ásványi tüzelőanyagokéhoz képest rendkívül alacsony (kivéve természetesen a nukleáris energiát), ezért a mai közgazdasági feltételek mellett többnyire túl drágák, nem versenyképesek.

A feladat terawattokban

	összes TW	ebből nem ásványi eredetű TW
2008	15	4
BAU 2050-ben (extrapolált)	45	10
Nate Lewis modellje szerint 2050-ben	28	26,5

James Lovelock, a Gaia hipotézis megalkotója, kinél aligha ismeri bárki is jobban a Föld hatalmas természeti rendszereinek és a bioszférának a működését és egymásra hatását, pár éve kétségbeesésében azt

javasolta, hogy azonnal és feltétel nélkül át kell állni a nukleáris-energia termelésre. (Az ő „forgatókönyve” szerint a század végén 500 millió, de legfeljebb egy milliárd ember fogja túlélni a klímaváltozás borzalmait.) Nos nézzük: ha a szükséges 26,5 terawattból tízet nukleáris energiával akarnánk előállítani 2050-re, ahhoz 10.000 reaktorra lenne szükség, azaz minden másfél napban egy új felépítésére... Jelenleg a világ bármely részén általában tíz évig épül egy atomreaktor.

Nem kecsgetet sok jóval az igen elterjedt és divatosává váló szélenergia sem. Ha a szárazföldön fújó „minden kis szellőcskét és fuvallatot befognánk” (írja Sharon Begley a Newsweekben), 10-15 terawatt energiához jutnánk. De maradjunk a realitás talaján, és számoljunk csak 3

terawattal. Ez 1 millió korszerű szélturbinát igényelne – és ráadásul még nincs megoldva az így termelt energia tárolása arra az időre, amikor nem fúj a szél. Nem mellékes ennek a föld-igénye sem; szárazföldünk felületének 6 százaléka lenne „beturbinázva”.

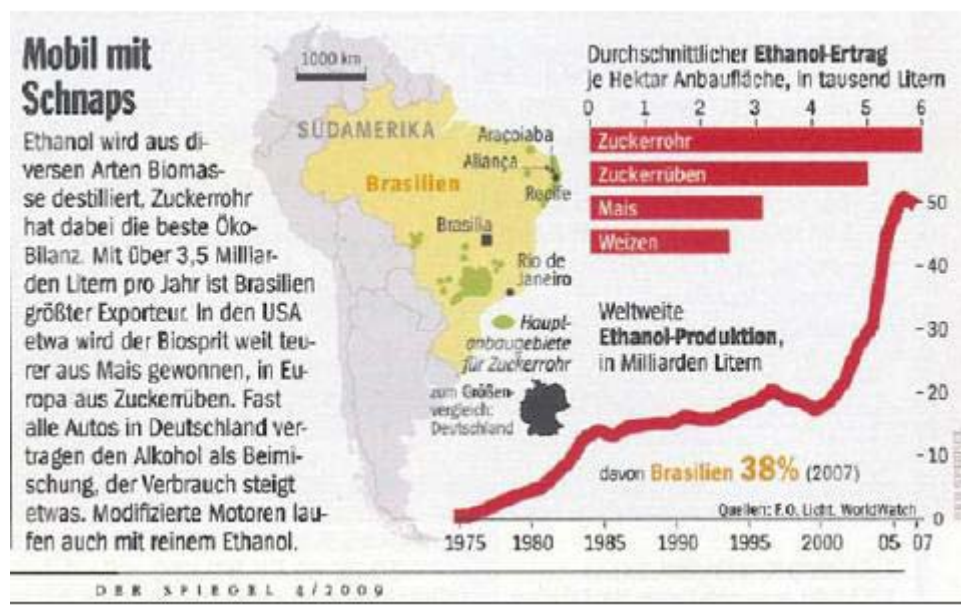
Nézzük a *vízenergiát*. Menjünk végig sorjában a természeti-műszaki-gazdasági lépcsőfokokon: az elméleti potenciál 4,6 tw, ebből technikailag 1,5-öt lehet kihasználni, gazdaságilag 0,9 tw a kifizetődő, és a ténylegesen kihasznált kapacitás 0,6 tw.

Amiből a legtöbb van, és egyben ami a legdrágább, az a *napenergia*. És vannak gyakorlatias korlátok is: ha 2050-re 10 tw napenergiával szeretnénk ellátni az otthonokat, ahhoz mostantól kezdve *minden nap* 1 millió háztetőt kellene beborítani napelemekkel. (Micsoda foglalkoztatási lehetőség! – jegyzi meg Nate Lewis.) A naperőművek pedig akkora területeket igényelnek, hogy csak lakatlan vidékeken, sivatagokban lenne érdemes felépíteni őket, a villamosenergia szállítása viszont nagy távolságokra megoldatlan.



Solarhäuser (in Freiburg), Windkraftanlagen (in Nordfriesland): Mit ihrem ehrgeizigen Klimaprogramm will Kan

A *geotermikus* energia kihasználásához sem fűzhetünk vérmes reményeket. Egy kiváló hőforrás teljesítménye talán ha századrésze lehet egy olajkúténak, viszont legfeljebb öt évig használható. A *biomassza* energetikai célú felhasználása pedig már eddig is súlyos problémákat okozott és komoly vitákba torkollott: trópusi régiókban emiatt kivágják az

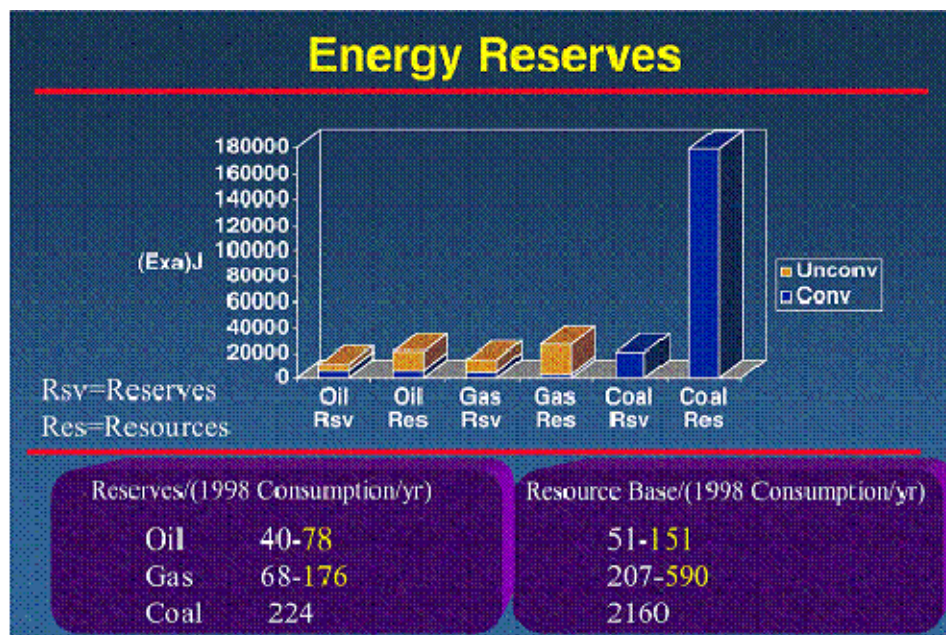


esőerdőket, s megdrágítja az élelmiszereket, a szegény országokban éhínséget okoz. A növényi eredetű energiatermelés igen alacsony hatékonyságú; 3 tw biomasszából készült energiához nagyjából 70 Magyarország nagyságú termőterületre

lenne szükség. De más példákön is szemléltethetjük a biomassza alapú energia hatalmas területigényét. Ha az USA teljes energiaigényét biomasszából akarnák kielégíteni, jelenlegi mezőgazdasági földterületének 6-szorosára lenne szükség; vagy pedig a világ összes mezőgazdasági területének 75 százalékára. Amerika motor-üzemanyag szükségletének

bioethanolból való előállítására termőterületének kétszeresét igényelné. A világ közlekedési üzemanyag szükségletének a leghatékonyabban, cukornádból történő előállításához a világ összes mezőgazdaságilag művelt földterületének több, mint az egyharmadát kellene igénybe venni, vagy pedig erre kellene felhasználni majdnem teljes egészében a trópusi mezőgazdasági földeket.

Gyakori kifogás, hogy a megújuló energiák az ásványi eredetűekhez képest drágák. Sokan abban reménykednek, hogy ahogy az olaj, a földgáz és a szén kezd majd kimerülni, úgy lesz áruk egyre magasabb, s ez versenyképessé teszi az őket helyettesítő megújulókat. (Jelenleg a 70 dolláros hordónkénti olajár felett kezdenek a megújulók versenyképessé válni; ha a 2008 nyarán magasra felszökött olajár tartósan megmaradt volna, piaci alapon indult volna el a helyettesítő folyamat.) Energiatudósok becslése szerint azonban – a jelenlegi felhasználás

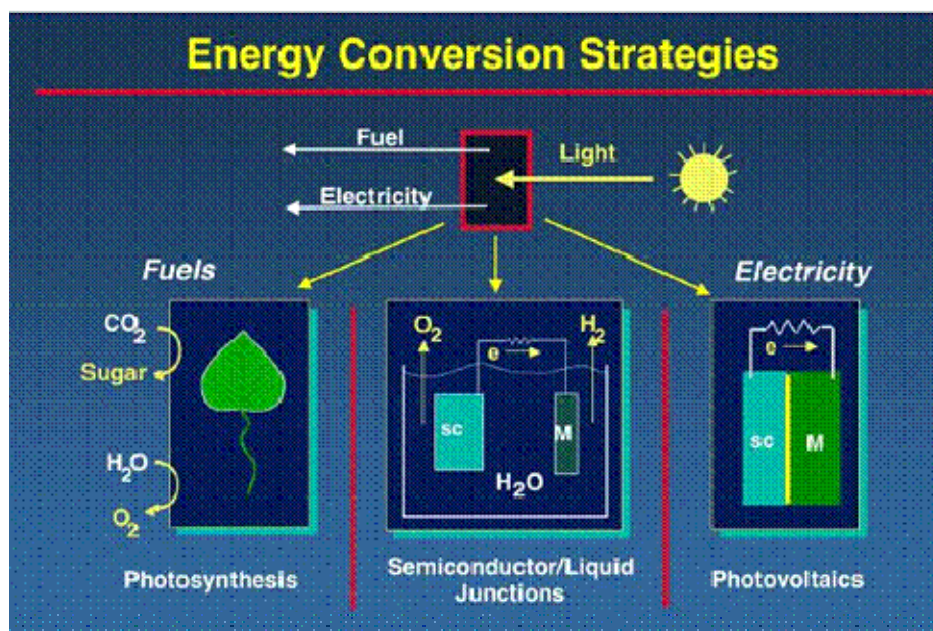


sztinjén – a kőolaj még vagy 50-100, a földgáz 100-200, a szén pedig többszáz évre elegendő lesz. Kína és India hatalmas szénkészletekkel rendelkezik, s ne adj' isten, hogy a magas olajár ezek kiaknázására kényszerítse őket, mert akkor füstbe és koromba borul

az egész világ (az ipari forradalom idején Manchesterhez hasonlóan), s a nemzetközi közösség minden klímastabilizálási erőfeszítése kútba esik.

Az ásványi tüzelőanyagok magasabb adókkal történő megdrágítása – és ezáltal a felhasználás mérséklése és a helyettesítés meggyorsítása - még a főáramú közgazdaságtan talaján is indokolt lenne (hiszen így kellene megfizettetni velük az okozott károkat és társadalmi költségeket), a fogyasztói társadalom közegében azonban ezek kivihetetlen célok. Mondanivalónk lényege azonban éppen az, hogy az ásványi energiahordozók megújulókkal való helyettesítése nem közgazdasági, hanem „technikai”, fizikai megvalósíthatósági kérdés...

Környezetvédő szervezetek és megújuló-energia gyártók gyakran azzal érvelnek, hogy a szükséges technológiák készen állnak, csak a szándék hiányzik a felhasználásukra. Az amerikai energiaügyi minisztérium szerint azonban a szükséges helyettesítéshez olyan áttörésekre van szükség a fizikában és a kémiában, melyekre a tudomány jelenleg még nem képes. „Nobel-kaliberű” új ötletekre van szükségünk, a napelemek hatékonyságát pl. a háromszorosára kellene emelni, jelentette ki a minisztérium élén álló Nobel-díjas Steven Chu. (Ez az ő szájából hihetően hangzik.) A kutatások egyik iránya a mesterséges fotoszintézis: amikor egy bizonyos anyag (de vajon melyik? – ez a kutatás témája) napenergiát és vizet nyel el, és üzemanyagként szolgáló hidrogént állít elő belőle, zéró széndioxid mellett. (Mivel az



összetevők kimeríthetetlen mennyiségben állnak rendelkezésre, ez az energia is az lenne.) A szintén Nobel-díjas Oláh György a metanol-gazdaság megteremtésén dolgozik. (Ekkor a széndioxidból metanol, majd abból villanyáram keletkezne, s a víz

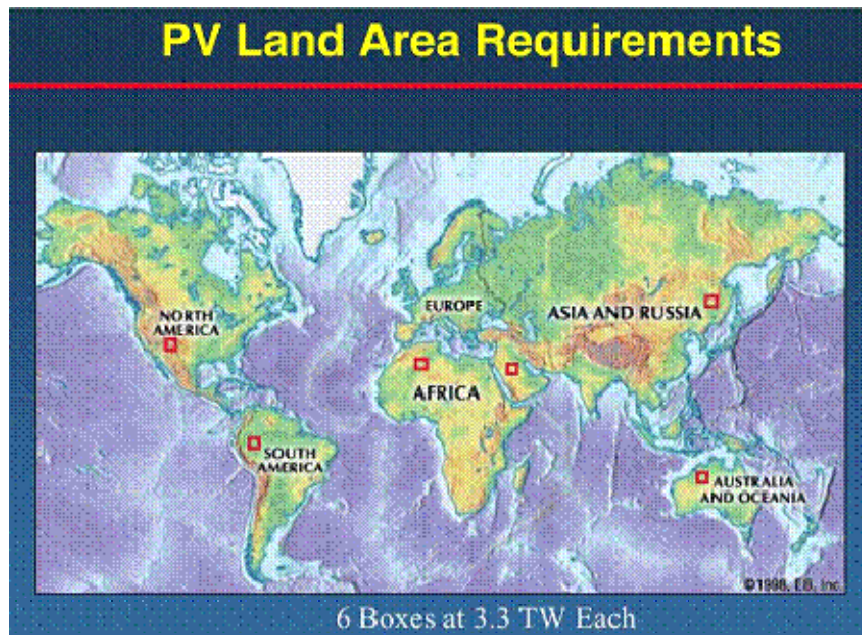
a melléktermék. Az átalakítást direkt módon ún. üzemanyagcellák végeznék el.)

A kontrollált nukleáris fúzióval előállított energia terve a hidrogénbombával egyidős, de a megoldástól ma is mint akkor – ahogy az illetékes tudósok fogalmazznak – mindig 40 évre vannak. A kaliforniai Livermore laboratóriumban (ahol másik Nobel-díjasunk, Teller Ede is dolgozott) elkészült a világ legnagyobb lézere, s a berendezéshez egy három futballpálya nagyságú épületre volt szükség. Egy 30 láb átmérőjű gömbben fogják bombázni lézersugárral a deutérium és trícium atomokat, hogy egyesülve egy kontrollált hidrogén-robbanás energiáját adják. Ha sikerül is eltalálni egymilliomod másodperc alatt a mákszemnyi célpontot, a bevitt energia egyelőre nagyobb lesz a keletkezőnél. Főként a naperőművek esetében jelent nagy problémát, hogy a villamos-energia hosszú távolságokra történő szállítása során 80 százalékos a veszteség. A kutatások egyik iránya ennek mérséklése. Ehhez a szupervezetők új családjának a felfedezésére van szükség, melyek a hűtőközegként használt folyékony hidrogénben is képesek a villanyáram továbbítására.

Ezek a műszaki problémák csak ahhoz foghatók, amilyeneket a Manhattan-program (az atombomba előállítása) vagy az Apolló-program (Holdra-szállás) keretében oldottak meg Amerikában. A finanszírozás azonban még itt is igen messze van az elegendőtől; dollár-tízmilliárdok helyett az amerikai költségvetés csak évi 2-3 milliárdot áldoz a célra. Nat Lewis szerint túl sok erőfeszítést fordítunk a hangzatos 20 százalékos energia-felhasználási és széndioxid-kibocsájtási csökkentésekre, holott ezek a célok viszonylag könnyen megvalósíthatók a hatékonyság javításával. A hangsúlyt az új műszaki vívmányokra kellene helyezni.

De miben bízhatunk, ha mégsem történne olyan horderejű tudományos áttörés, mely bőségesen, elegendő mennyiségben ontaná az olyan energiát, amely nem jár üvegházhatással? Vajon számíthatunk-e arra, hogy az emberi nem megváltozik és lemond az anyagi javak habzsolásáról? Hogy a szerénység, mértékletesség és a szolidaritás lesznek életünk vezérlő elvei? Természetesen ehhez olyan gazdasági és ösztönző közeg kellene, amely anyagilag is erre sarkallja és honorálja az egyes ember ilyen irányú szándékait, megváltozását. Ez azonban társadalmi csapdahelyzet: ahhoz, hogy ilyen feltételek álljanak elő, ilyen törvényhozók és ilyen gazdasági vezetők kellenének. De ki választja meg ezeket az újfajta politikusokat? – a fogyasztói társadalom polgárai? Czakó Gábor dehonesztáló kifejezésével élve a

konzumidióták? A felülről induló *aufklärer* kezdeményezéseknek és reformoknak igen korlátozottak a lehetőségeik; a demokrácia intézményrendszerében a többség akarata érvényesül, amely ugyan manipulált, de nem a zöldek, hanem a minél több fogyasztásra buzdító, s az élet értelmét abban láttató üzleti érdekeltségek által. A nagy nemzetközi társaságok dollárszázmilliókat költenek reklámra, hogy minél többet fogyasszunk; ezzel szemben a környezetbarát életmódra buzdító zöld szervezetek sokszor még aktivistáik bérének kifizetésével is hátralékban vannak. (Egy Meng ce nevű ókori kínai bölcstől származik az alábbi példabeszéd: A jó legyőzi a rosszat, mint ahogy a víz a tüzet. De ha egy vödör vízzel próbálnánk meg eloltani egy szekér égő rőzsét, az nem sikerülne. Tehát: a víz nem tudná legyőzni a tüzet, a jó a rosszat... Mint oly sok minden, ez is mértékek kérdése.)



Lovelock idealista álmódózóknak nevezi a környezetvédőket; akik hisznek abban, hogy a fogyasztási szokások fokozatos megváltozásával, egy új értékrend kialakulásával környezeti gondjaink is megoldódnak. Ráadásul az idő rendkívüli módon sürget, erre a ki tudja mennyi ideig tartó szellemi átalakulásra (mely ugyan mitől következne be?) már nincs idő. Ha tehát a tudomány nem menti

meg a világot, féltő, hogy Hózséás próféta jövendölése válik valóra: *Mert ébnek de meg nem elégednek, paráználnak de nem szaporodnak, mert elbakadtak az Wrtól, hogy ő néki ne boldoguljanak. Annak okaért megromol é föld, és minden lakoi el veßnek róla, minden mezei vadackal, egi madarackal, söt az tenger halaiual egyetemben el veßnek.* (Hoseas III/10, 3)

Bp, 2010 márc. 20.

dr.Kiss Károly
egy. docens
Budapesti Corvinus Egyetem

Források:

Begley, Sharon : We Can't Get There From Here. Newsweek, March 23, 2009
Energy 2050. International Conference, Stockholm, October 21-22, 2009
Guterl, Fred: How to Fix a Climate Emergency. Newsweek, April 27, 2009
Hoffert, Martin I. et al.: Energy implications of future stabilization of atmospheric CO₂ content. Nature, Vol 395, 29 October 1998. www. nature.com
IPCC reports, different years. web
Lewis, Natan: The Future of Power and Energy in the World, Caltech, 2004. web
Lyons, Daniel: Could this tiny pellet power the Earth? Newsweek November 23, 2009
Smil, Vaclav: Energia-válaszút előtt. Kovász, 2009 1-4. szám