

# Energia és fenntarthatóság

Bajsz József

MVM Paksi Atomerőmű Zrt.  
7031 Paks, Pf. 71.

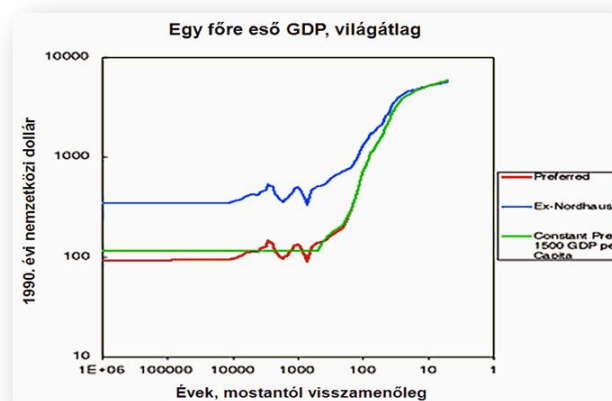
*Jelen cikk az MNT 2012.05.27-i közgyűlésén elhangzott előadás szerkesztett és továbbgondolt változata. Az energia és fenntarthatóság kérdését szokatlan szemszögből vizsgálja, nem feledkezve el a gazdasági fejlődés szempontjairól. Nem óhajt üdvöztető megoldást adni. A néhány meghökkentő megállapítás talán másokat is elgondolkodtat: napjaink problémája sokkal összetettebb annál, semmint hogy egy mesebeli jó tündér – más szavakkal: egy technikai csoda – megoldja azokat.*

## Bevezetés

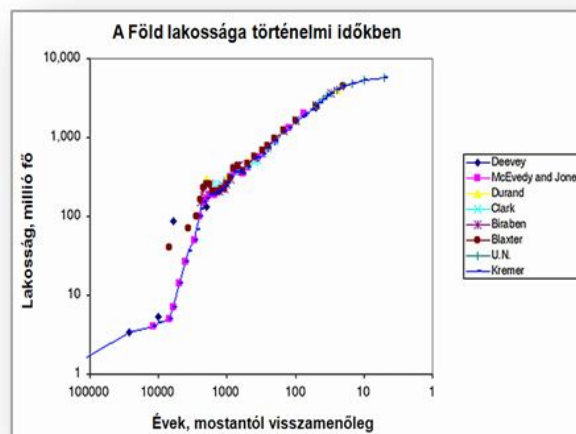
Az energiaellátás biztonsága, az energiatermelés és felhasználás környezeti hatásai mára a média meghatározó témáivá váltak. Nap, mint nap szembesülünk az energiaforrások korlátozottságával. A képet csak árnyalják, de érdemben nem módosítják az időről időre megjelenő információk új, gigantikus olajmező felfedezéséről, vagy a palagáz termelés bővüléséről. A környezeti hatások egyre szembevetőbbekké válnak. Az energiaellátás kérdései a nemzetközi politika meghatározó tényezői lettek. A felértékelt szerepnek köszönhetően se szeri, se száma a témában született tanulmányoknak, értékeléseknek. Útitervek készültek<sup>1</sup> az elkövetkező 40-50 év tendenciáinak előrejelzésére, a politikai döntések befolyásolására. Sajnos ezen dokumentumok többségét a kérdés szűk látókörű kezelése jellemzi. Tetten érhető bennük a „rész és az egész” problematikának a helytelen értelmezése. Ahogy egy kanadai professzor megjegyezte: ezek az előrejelzések nem többek számítógépes tündérmesénél [1].

## Energiafelhasználás és gazdasági fejlődés

A történelmekutatók jóvoltából ma már széles körben elfogadott adatokkal rendelkezünk arról, hogy miképp fejlődött a világ gazdasága a kezdetektől napjainkig. Az 1. ábra azt mutatja, hogyan változott a világ fajlagos GDP-je millió évre visszamenőleg. Érthető, hogy érdemi információkkal csak az eltelt 5000 évről rendelkezünk. Az University of California professzorának tanulmánya [2] tartalmazza azt a két adatsort is, amiből a fenti görbe ered, azaz, hogy miképp változott a világ népessége, valamint a világ GDP-je a vizsgált időszak alatt, lásd a 2. és 3. ábrát.

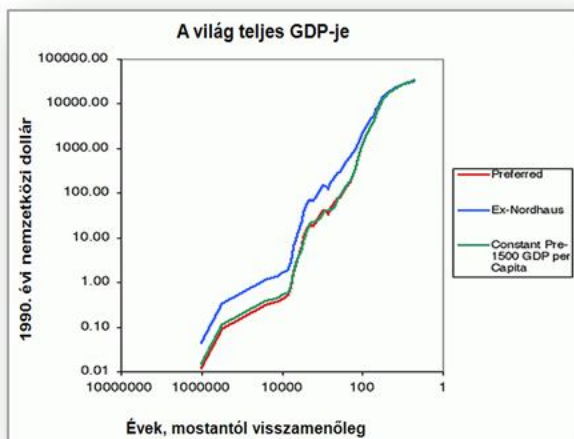


1. ábra: A világ egy főre jutó GDP-jének alakulása napjainkig [2]



2. ábra: A világ népességének változása napjainkig [2]

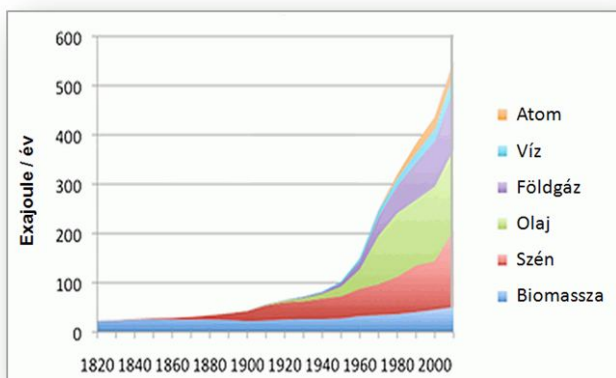
<sup>1</sup> A jelenlegi „útiterv-mánia” termékei között olvashatjuk a nemzetközi (EC, IEA, OECD, WEC, WEF), a civil és lobby szervezetek (European Climate Foundation, Eurelectric, Eurogas, Greenpeace, Notre Europe) és multinacionális cégek (BP, Shell) tanulmányait.



3. ábra: A világ GDP-je napjainkig [2]

Az 1. ábrát nézve megállapíthatjuk, hogy a GDP – ami a jólét egyfajta deriváltjának is tekinthető – alakulása körülbelül 200 éve vett meredeken felfelé ívelő fordulatot. Ez egybeesik a gőzgép elterjedésével<sup>2</sup>.

A 4. ábrán a világ energiafelhasználása látható nagyobb időbeli felbontásban és lineáris skálán. A belső ábrán a népesség számának az elmúlt 200 év alatti alakulása követhető [3].

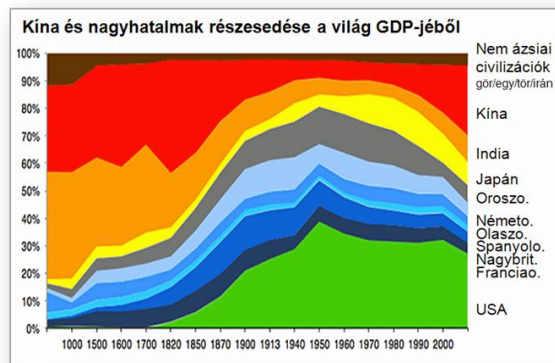


4. ábra: A világ energia fogyasztása

Nem igényel magyarázatot, hogy mindkét görbe – az energiafelhasználás és a népesség – a múlt század 50-es éveitől (a II. világháború befejezésétől kezdve) válik meredekebbé.

A fenti ábrák adják a következtetést, hogy a növekvő mértékű energiafelhasználás az emberi munka kiváltását, helyettesítését szolgálta, szolgálja. Az ipari forradalom kezdetétől a gépek vették át fokozatosan az embertől (és az állatoktól) a fizikai erőfelfejtést igénylő tevékenységeket. A tudományos és műszaki fejlődéssel új és újabb gépek jelentek meg, amelyek használatával a termelés, a gazdasági javak (élelmiszer, fogyasztási cikkek, új gépek) előállításának hatékonysága ugrásszerűen nőtt.

<sup>2</sup> A gőzgépet számos kezdetleges, de működő modell mások általi megalkotása után James Watt 1769-ben szabadalmaztatta. Ipari használata, valamint szerepe a közlekedés átalakításában az 1800-as évek elején kezdődött.



5. ábra: Kína és a többi fő hatalom gazdasági története egyetlen ábrába összesűrítve [4]

Az 5. ábrából azt a következtetést vonhatjuk le, hogy minden, ami 1800 előtt történt, nem tükröz mást, mint a népesség eloszlásának változását a világban, minden 1800 utáni történés pedig a termelékenység – és az azzal szoros kapcsolatban lévő fajlagos fogyasztás – divergenciáját demonstrálja. A termelékenység változását számokkal az 1. táblázat szemlélteti.

1. táblázat A termelékenység változása néhány országban 1870 és 1979 között (inflációval korrigáltan) [5]

Ország	GDP/munkaóra változása [%]
Ausztrália	498
Egyesült Királyság	685
Svájc	930
Hollandia	1010
Kanada	1150
Egyesült Államok	1180
Németország	1610
Norvégia	1660
Franciaország	1690
Finnország	1810
Svédország	2160
Japán	2580

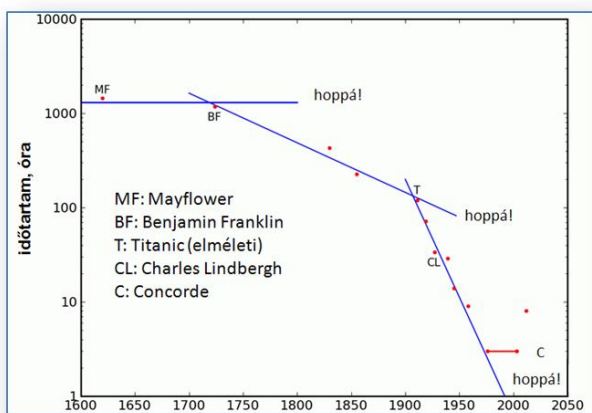
Az ipari forradalommal a tudomány fejlődése is új lendületet vett. Gondoljunk csak a villamosság felfedezésére és alkalmazására, az anyagtudományi ismeretek bővülésére. Ezen túl az is rögzíthető, hogy a termelékenység javulását az energiafelhasználás bővülése tette lehetővé. Ahogy a gépesítés és automatizálás haladt előre, egyre több területen váltotta ki a gépi munka az emberit, eredményezve korábban elképzelhetetlen gyorsaságot és minőséget. Mindez visszacsatolásként megjelent a jobb életkörülményekben, az emberi élettartam hosszabbodásában. A hatékony mezőgazdasági termelés kialakulása – kevesebb munkaerő, magasabb hozamok – egyben a népesség növekedésének legfontosabb feltételévé vált. Az emberi munka gépesítése azzal járt, hogy az egységnyi termékre fordított

energiafelhasználás jelentősen megnőtt. Leegyszerűsítve azt mondhatjuk, hogy a termelékenységi nyereség energia hatékonyság romlással járt együtt. E gondolatmenet igazolása található az Institute for Integrated Economy Research (IIER) tanulmányában [6]. A vizsgálathoz egy olyan munkafolyamatot vettek példaként, amelynek a bemeneti oldala – a tehén – és eredménye – a tej – nem változott az évszázadok alatt, azaz mentes a külső hatások torzításától, 2. táblázat.

2. táblázat A tehénfejés energia ráfordítása

	Kézi fejés	Fejőgépes fejés	Automata fejés
Munkaigény tehenenként/év [h]	110	27	12
Emberi energia igény [kWh/tehen/év]	~ 8,25	~ 2	~ 0,9
A rendszer által felhasznált energia [kWh/tehen/év]	0	250 - 400	400-600
A rendszerbe ágyazott energia <sup>3</sup> [kWh/tehen/év]	minimális	1090 - 1240	2800 - 3000
Helyettesítési ráta	-	(174-198):1	(381-408):1

Láthatjuk, hogy miközben a tehén fejéséhez szükséges emberi munka- és energia igény a tizedére csökkent, a gépi energia igény 0-ról 3000 kWh-ra nőtt. Hasonló számítást elvégezve a gépkocsival utazás versus gyaloglás esetére 53:1 helyettesítési arányt kapunk. Azaz 1 km megtételéhez 53-szor több energia kell, ha gépkocsival megyünk, mint ha gyalog. Ez az arány a gépkocsi versus kerékpározás esetében csak 40-szeres. Természetesen nem feledkezhetünk el a mennyiség és a minőség kapcsolatáról: akármennyire kitartó is valaki a gyaloglásban, adott idő alatt messzire nem jut. Nem beszélve arról, hogy repülni végképp nem tudunk, ha több energiánk lenne, akkor sem. Ugyancsak valamivel kevesebb tejtermékkel kellene beérnünk, ha csak kézzel fejnék a teheneket. A mai felgyorsult idejű világban az időtényező meghatározó. Az idő pénz, mondja a bölcsélet. Talán újra kellene gondolnunk: Az idő minden (?) energiát megér.



6. ábra: Az Atlanti óceán átkelésének időtartama [7]

A gyorsuló idő jelenségét az óceáni átkelés időtartamának változásában is tetten érhetjük: A Mayflower-en utazott angol puritánoknak 45 nap kellett 1620-ban az Atlanti óceán átkeléséhez. Ez az időtartam csak a gőzhajózás fejlődésével csökkent érdemben. (A Titanic célja 4,5 nap volt.) További változást a repülés hozott, amelynek rekordját a mai napig a Concorde tartja 3 órával. (Ha nem számítjuk az SR-71 Blackbird katonai gép 3 Mach-os sebességét és rekordjait.) Lásd a 6. ábrát.

Itt nem csak az időtényezőről van szó, hanem arról is, hogy az ipar, amely megtermeli az eszközöket és az energiát a gépi fejéshez, igényli azt a felszabadult munkaerőt, ami a kézi fejés elhagyásával keletkezik. A mezőgazdaságból és más kézi munkaerőt igénylő ágazatokból fel kellett szabadítani a munkaerőt, mert az kellett az ipari fejlődéshez, ami nélkül ez a munkaerő nem állt volna rendelkezésre. Minőségi változás is bekövetkezett, mert a gépesített mezőgazdaság egyre kevesebb emberrel volt képes élelmiszerrel ellátni a növekvő népességet. A motiváció pedig nem az idő volt, hanem a ma letagadni próbált tanítás szerint a profit.

Az emberi munka gépi helyettesítésének jellemzője, hogy egységnyi emberi energiát (humán kWh) többszörös gépi energiával tudunk kiváltani. Ez abból adódik, hogy a gépek és rendszerek létrehozásához is energia szükséges, valamint a gépek saját maguk működtetéséhez is – nem csak az igényelt funkció végrehajtásához – energiát igényelnek. (Zárójelben jegyezzük meg, hogy az ember által az élelmiszer formájában elfogyasztott energiának is csak a kisebb része hasznosul munkavégzésként. A nagyobb része a szervezet fenntartására és a metabolizmusra fordítódik.)

Az IIER tanulmány logikáját követve meghatározhatjuk, hogy mi a költsége az emberi energiának. Tudjuk, hogy egy átlagos testalkatú ember napi 0,6 kWh munkára képes. 255 munka-nappal számolva ez évente 153 kWh-t jelent. Ismerjük az egyes országok fajlagos GDP [USD/fő] értékeit. A fenti két adatból egyszerű osztással kapjuk az emberi munka költségét, amint ezt a 3. táblázatban látjuk.

3. táblázat Az emberi munka költsége néhány ismert energiahordozóval összevetve (2008-as adatok) [6]

	1 kWh költsége [USD/kWh <sub>human</sub> ]	inverz US átlag	inverz világ átlag
USA átlag polgár	311	1	
Világ átlag polgár	57	6	1
Banglades átlag polgár	3,4	91	17
Jelenlegi fotovoltaiikus (hálózat nélkül)	0,30	1 033	187
Benzin (1,3 USD/liter)	0,16	1 890	341
Olaj (150 USD/hordó)	0,088	3 523	636
Új atomerőmű (hálózat nélkül)	0,080	3 875	700
Új szénerőmű (hálózat és szén leválasztás (CCS) nélkül)	0,060	5 167	933

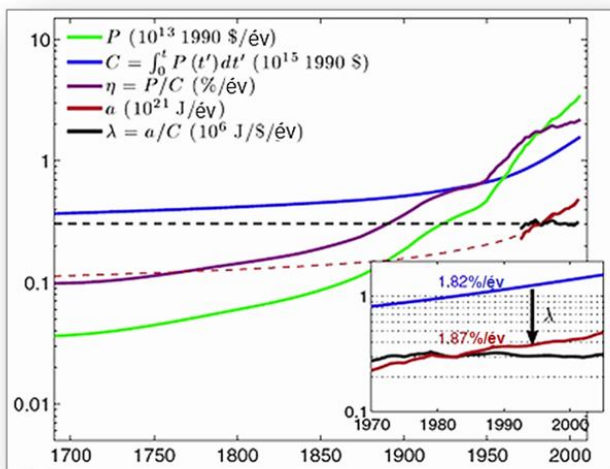
<sup>3</sup> Az az energia, ami a rendszer létrehozásához szükséges

A 3. táblázat első sora azt mutatja, hogy mi a költsége egy átlagos US polgár által kifejtett 1 kWh munkának. A második és harmadik sorban ugyanez látható a világ átlag és Banglades vonatkozásában.

A villamos energiával összehasonlítva látható, hogy még a fotovoltaikus 100Ft/kWh ár (0,30 USD/kWh) is ezerszer olcsóbb, mint az amerikai munka egysége. Megéri helyettesíteni? Kérdésesen felül! Még Bangladesben is. A táblázat persze azt is mutatja, hogy míg az olajnak van világpiaca, addig az emberi munkának nincs.

A mai folyamatok ismeretéből kiindulva megalapozottan véljük, hogy a világ abba az irányba fejlődik, hogy a világ átlagérték (57 USD/humán kWh) emelkedik, tehát az emberi munka helyettesítésének gazdasági igénye tovább erősödik. Ebből következik, hogy az energia felhasználás is tovább bővül.

A fenti egyszerű okfejtés tudományos megalapozására bukkantam Timothy Garrett, a Utah University professzora egy érdekes cikkében [8]. A cikk ismertetése egy külön előadást is megérne. Itt csak a fő üzenetere kívánok fókuszálni. Ő azt vizsgálta, hogy a gazdasági fejlődés milyen kapcsolatban van az energiafogyasztás mértékével. Az volt a hipotézise, hogy az emberi civilizáció funkcióját a hőerőgép működésével lehet jól modellezni: A hőerőgép csak akkor működik, csak akkor termel értéket, ha rendelkezésre áll az az energiaáram, ami nagy potenciálú primer források (olaj, szén, urán, stb.) irányából a nagy entrópiájú állapotot jellemző forma felé áramlik. A civilizáció anyagi értékei is csak akkor alkotnak jólétet, ha azok működtetését egy ilyen fizikai folyamat, az energia áramlása biztosítja.



7. ábra: P – a világ GDP-jének (GWP) és C – gazdaságának alakulása,  $\alpha$  – a világ éves energia fogyasztását mutatja.

Magyarázat az ábrához:  $C = \int P(t') dt'$ ;  $\eta = P/C$  (hatékonysági visszacsatolás);  $\lambda = \alpha/C$

Timothy Garrett a rendelkezésre álló 36 év – az 1970 és 2006 közötti időszak – adatait elemezve azt találta, hogy a jólét és az energiafogyasztás közötti kapcsolat (a 7. ábrán a kék és barna vonalak) egyetlen állandóval –  $\lambda$  – fejezhető ki, amelynek értékét 300 kJ/év/USD1990-ben határozta meg. Lásd a 7. ábrát. Ha ez így van, akkor abból következik néhány dolog:

- Ha érünk is el eredményeket az energiahatékonyság javulásában, az érdemben nem befolyásolja a fogyasztást, mert a hatékonyság eredményezte nyereséget a fogyasztás újabb formájának megjelenése kompenzálja.
- A világgazdaság fejlődése a mai energia szerkezetben növekvő CO<sub>2</sub> kibocsátást eredményez.

Ez utóbbi körülményről a későbbiekben még szólnunk.

## Energiafelhasználás és fenntarthatóság

Térjünk vissza napjaink realitásához. Nézzük egy hazai háztartás energia fogyasztását. Az adatok egy 210 m<sup>2</sup>-es átlagos szigetelésű házra vonatkoznak, a háztartásban egy gépkocsit használnak, évi 12 ezer km-rel (6,5 l/100 km).

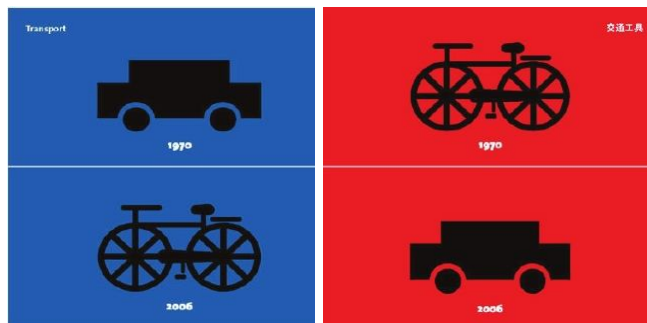
4. táblázat Egy átlagos struktúrájú magyar háztartás éves energia fogyasztása

	Éves fogyasztás [kWh]	
Villamos energia	3000 (9000)	1
Földgáz	26 000	3
Gépkocsi használat	8 360	1

(A villamos energiafogyasztást háromszoroztam, hogy összevethető legyen a földgáz és dízel üzemanyag energia tartalmával.) Látható, hogy a gépkocsival való közlekedésre közel annyi energiát használunk, mint a villamos berendezéseink működtetésére. (Ez az arány a fejlett országok esetében 2÷3-szoros a gépkocsi javára.)

Jogosan vetődik fel a kérdés: Valóban komoly fegyvertény volt-e a hagyományos izzók betiltása? Az EU-s gondolkodásban most az épületek fűtése/hűtése az energiatakarékosság fő célpontja. (Az érvényes direktíva [9] szerint 2021-től csak „nulla energiafogyasztású” épületek építhetők!) Nem vitatom, sok a tennivaló ezen a téren. De nem kellene valamit a közlekedéssel is kezdeni?

A 8. ábrán látható piktogram pár Yang Liu könyvéből való. [10] A kínai születésű hölgy Németországban él, és kiváló ismerője a keleti és nyugati kultúra közötti különbségeknek. Ezen az ábrán azt próbálja szemléltetni, hogy miképp változott a közlekedésben a trendi Európában és Kínában 1970 és 2006 között.



8. ábra: Változás az európai és a kínai közlekedés trendi irányzataiban

Mindenkit óvnék attól, hogy az ábra alapján arra az elhamarkodott következtetésre jusson, hogy 50-100 év múlva Nyugaton annyi gépkocsi lesz, mint amennyi Kínában volt 40 évvel ezelőtt. Vagy, hogy ugyanannyival csökkent Nyugat

üzemanyag fogyasztása 1970-től napjainkig, mint amennyivel Kínáé nőtt ez idő alatt.

Komolyan lehet-e venni, hogy a kerékpár és a riksa a jövő útja (9. ábra), amikor nem tudunk olyan kormányról, amelyik ne tekintené az autógyártást – és a köré épült ipart – a gazdaság húzóágazatának?



9. ábra: Autoriksa Berlinben

Ha fenntarthatóságról beszélünk, mindenekelőtt azt kell tisztáznunk, hogy mit akarunk fenntartani, s mivel szemben kívánjuk azt a valamit fenntartani. A mai rendünk, rendszereink ellenében? Vagy velük?

A Rió+20 konferenciára készült ENSZ jelentésben olvasható: „A fenntartható fejlődés távoli cél marad és komoly akadályok és rendszerbeli hiányosságok vannak továbbra is a nemzetközileg elfogadott kötelezettségek végrehajtásában.” [11]

Mai eszközeink a 21. század eszközei. Azok gondolkodásmódja, akik használják ezeket az eszközöket (mi magunk), vajon 21. századi-e? Ma a GDP és annak változása az a mutató, ami alapján az országot, annak fejlődését megítélik. Ebben hol a fenntarthatóság, mint kritérium? Van próbálkozás más indexekkel, meglehetősen kevés reménnyel.

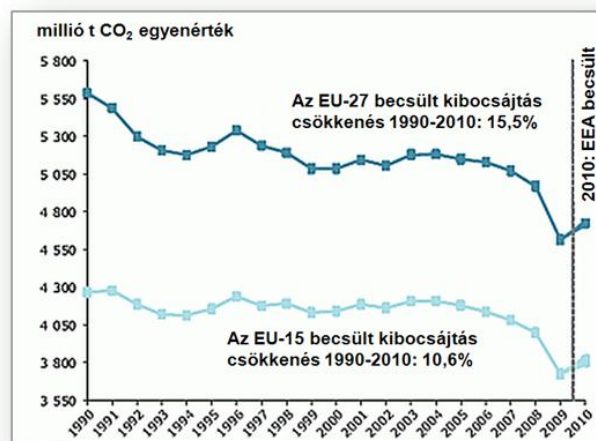
Vegyünk néhány konkrét példát. Az elmúlt 30 év történései és persze a technikai fejlődés nyomán ma már ott tartunk, hogy a világ tőzsdei ügyleteinek több mint 90 %-át a számítógépes rendszerek bonyolítják le. A tőzsdék nyitvatartási idejei Sydneytől Chicagóig összeérnek, minden másodperc számít a nyereség növelésében, vagy a veszteség mérséklésében. A múlt évtized amerikai változásai tovább mérsékeltek a banki tranzakciók és ügyletek útjában álló akadályokat. A bankok újabb és újabb „kreatív” termékekkel jelentek meg. S mindig találtak a nyereséget óhajtó – de a kockázatokban annyira elmélyedni nem tudó, vagy nem akaró – klienseket. Az eredmény közismert.

Tanulékonyak vagyunk, mindenből igyekszünk pénzt csinálni: Egy amerikai filozófus, Michael J. Sandel cikkében arra következtetésre jut, hogy az „árcédula” társadalom felé haladunk. Az alábbi példák azt mutatják, hogy ma már szinte mindent lehet – legálisan – vásárolni és eladni, lásd az 5. táblázatot. A piac működésének erkölcsi korlátai eltűnőben vannak.

5. táblázat Az üzletszerzés néhány „kreatív” módja [12]

Ügylet	Ár	Eladó / vásárló
Börtöncella „upgrade” Santa Ana-ban	90 USD/éj	börtön / bentlakó
Carpool autósáv használata	8 USD/nap	önkormányzat / közlekedő
Indiai béranya felfogadása	8 000 USD	indiai nő / US házaspár
Személyi orvos rendelkezésre állása	1 500 USD/év	orvos / páciens
Bevándorlási jog az USA-ba	500 000 USD	US költségvetés / bevándorló
Harcolni Szomáliában vagy Afganisztánban	1 000 USD/nap	vállalkozó / cégek
Sorban állási hely foglalása a Capitol Hill-en a kongresszusi meghallgatáshoz	15–20 USD/óra	sorban álló / lobbisták
Gyógyszer kísérleti alannyá válni	7 500 USD	vállalkozó / gyógyszergyár
1 t CO <sub>2</sub> kibocsátási joga	10,5 EUR	termelő / ETS <sup>4</sup>

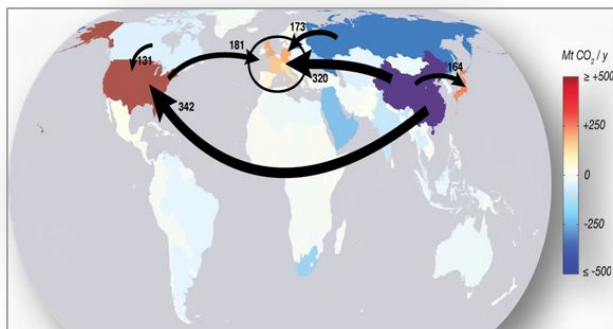
Amiért erre az energiától idegen területre kalandoztam, az az ETS miatt van. M. Sandel az ETS-t is az előbb említett erkölcsromboló ügyek közé sorolja: Ha fizetsz 10 eurót, szennyezhetesz... Az EU-ban nagy sikernek tartjuk az ETS működését. Kétségtelen, vannak sokan, akiknek ez sikert hozott. S itt most ne csak a korrupciós botrányokra gondoljunk. De fel kell tennünk a kérdést Vörösmarty után szabadon: ment-e az ETS által a világ elébb? Csökkent-e CO<sub>2</sub> kibocsátásunk? Ha az EU-s statisztikát nézzük: Igen! Az EU Környezetvédelmi Ügynöksége (EEA) szerint kibocsátásunk 20 év alatt 700 millió tonnával csökkent, amint ez a 10. ábrán látható. Tegyük hozzá: az ETS csak 2005-től létezik.



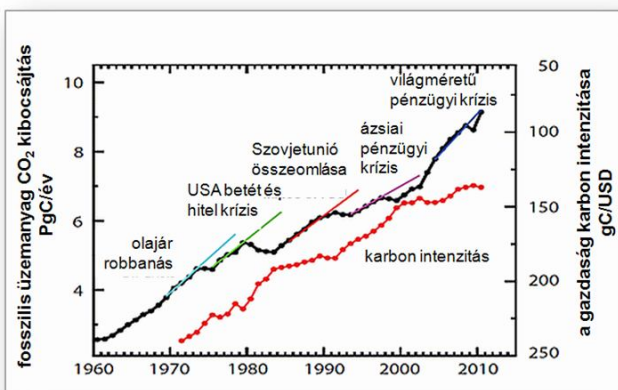
10. ábra: Az üvegházhatást okozó gázok kibocsátása az EU-ban [13.]

<sup>4</sup> ETS – Emission Trading System – Az EU-ban bevezetett kibocsátás kereskedelmi rendszer a CO<sub>2</sub> kibocsátások piacokonform korlátozására.

Ha a vizsgálatunkba bevonjuk a nemzetközi kereskedelem folyamatait is, akkor a kép teljesen megváltozik. A Global Carbon Project adatai [14] szerint Európában csak 2004-ben az áruimport – aminek fele Kínából származott – jóvoltából 700 millió tonna CO<sub>2</sub> kibocsátás testesült meg, lásd a 11. és 12. ábrát. Figyelembe véve, hogy az elmúlt évtizedben Kína a világ legnagyobb CO<sub>2</sub> kibocsátójává vált, továbbá azt, hogy az EU Kínából származó importja dinamikusan növekszik, nem tévedünk, ha rögzítjük: kibocsátásunk nem csökkent, hanem minden bizonnyal nőtt!



11. ábra: CO<sub>2</sub> transzfer a nemzetközi árucserében [14]



12. ábra: A CO<sub>2</sub> kibocsátás változása a világban [14]

A 12. ábrán az is látható, hogy a pénzügyi és gazdasági válságok sem törték meg a kibocsátás növekedési trendjét. Az utolsó szakasz meredeksége 5,9%-os évenkénti növekedést reprezentál. 2012 elejére elértük a 10 milliárd tonnát!

A fentieket megerősíti más oldalról közelítve a problémához a korábban már idézett Tim Garrett. Lásd a 13. ábrát.

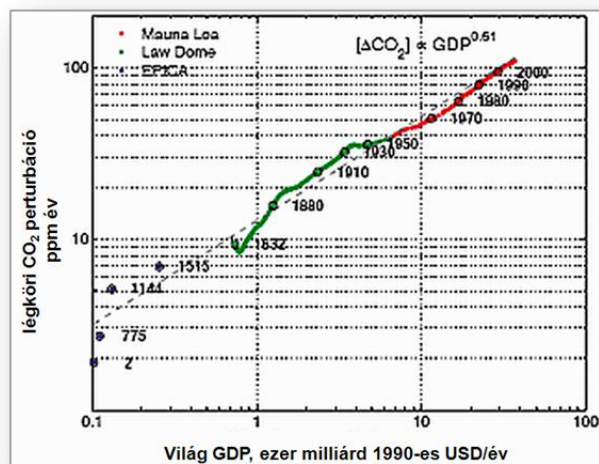
A kibocsátás kereskedelmi rendszerével az EU az észtt szerepében tetszeleg. Kígyót-békát mondunk a kínaiakra, közben jó érzéssel vásároljuk az általuk gyártott termékeket, mert már nyugati minőségűek, de feleannyiba kerülnek.

Jelenleg a kínai vállalkozások rendszeres áramkorlátozások között dolgoznak a számunkra elképzelhetetlen tempójú erőműépítés mellett. Az évenkénti 40 GW új erőművi kapacitás – hetente egy 800 MW-os erőmű – üzembe helyezése sem képes a fogyasztással lépést tartani.

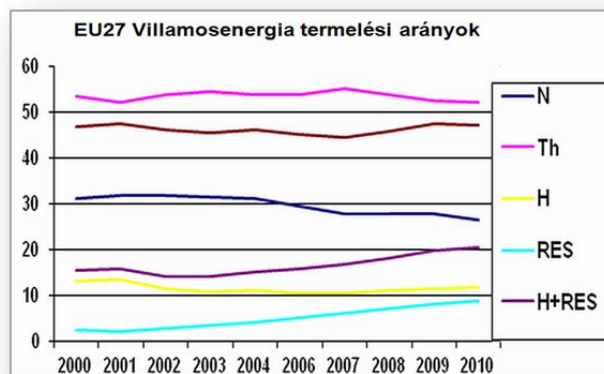
Kínában ma a villamos energiatermelés 86%-át a fosszilis erőművek adják, a nukleáris termelés aránya mindössze 2% [16]. Bár 26 új atomerőművi blokk épül (26 GW kapacitással), az arány csak lassan fog változni. Eközben Kínában az egy

főre jutó villamos energia fogyasztás csak 40%-a az európai átlagnak.

Az EU-nak talán a saját portája előtt kellene söpörnie.



13. ábra: A CO<sub>2</sub> koncentráció alakulása a világgazdaság fejlődésének függvényében a 275 ppm bázis érték felett [15].  
A lineáris illesztés egyenlete:  $[\Delta\text{CO}_2] = 2.5 P^{0.51}$



14. ábra: Egyes villamosenergia-termelési módok arányainak változása az EU-ban [17]

A 14. ábrán az látható, hogy a CO<sub>2</sub> kibocsátásmentes (N+H+RES, nukleáris + vízerőművi + megújuló) villamosenergia-termelés aránya az eltelt 10 év alatt gyakorlatilag nem változott, mindenféle direktíva és politikai lözong-gyártás ellenére. S a közeljövőben ez az arány csak csökkenni fog a német atomerőművek leállítása miatt.

A koreográfia a szokásos: Ahelyett, hogy megállnánk és kísérletet tennénk e szédületes eredmény értékelésére, az Európa Bizottság gőzerővel dolgozik, hogy kitűzze a 2030-ra szóló megújuló termelési célokat. A saját porta előtti söpítés, a helyzet kritikai értékelése helyett kicsinyes, rövidlátó játszmák zajlanak a megújuló források ügyében. Mindez a zászlóra tűzött magasztos cél érdekében: 2050-re az EU-nak kibocsátásmentes energetikával kell rendelkeznie. A politikai döntéshozók képtelenek különbséget tenni a célok (esetünkben a CO<sub>2</sub> csökkentés) és az eszközök (megújuló energiaforrások használata) között. Emiatt a megújuló érdekében szétverjük a villamos energia rendszereinket; ellehetlenítjük a hatékony hagyományos egységek működését, s mindeközben költjük a fogyasztók és a költségvetések pénzét.

„Az EU gyakorlatilag feláldozta a környezetvédelmi politikáját a megújulókra vonatkozó politikájának kedvéért.” [18] – mondja az oxfordi egyetem tanára.

A történelemmel kezdtük, jöjjön egy újabb morzsa: Margaret Thatchernek volt egy bon motja: „A szocializmussal az a gond, hogy végül is elköltöd a mások pénzét.” A Vaslady engedelmeivel aktualizálom a mondást: a megújulókkal az a gond, hogy végül is elköltöd a mások pénzét.

A gazdaság törvényszerűségeit nem lehet következmények nélkül semmibe venni. Ma már néhány kormányának nagyon fáj a korábban a gazdasági és fizikai realitások figyelmen kívül hagyásával bevezetett nagylelkű támogatási rendszer fenntartása, a szabályozhatatlan energiaforrások (szél és napenergia) hálózatba illesztésének figyelmen kívül hagyott költsége. A jelek már érezhetőek: Spanyolország, Németország a megújuló támogatások drasztikus visszafogására, illetve a fogyasztói árak emelésére kényszerült. Elég nagy felzúdulást okozva. A napokban olvastam, hogy dömpingvadás eljárás indul a kínai napelem gyártókkal szemben. Mit is támogatunk valójában? A szénmentes technológiákat, a CO<sub>2</sub> kibocsátás csökkenését, vagy néhány jelentős lobbierővel rendelkező gyártót?

## Merre tovább?

Sok biztatással nem szolgálhatok. Dennis Meadows, a Római Klub egyik alapítója februárban egy washingtoni konferencián kesergett arról, hogy változatlanul nem értjük, nem látjuk, hogy rossz irányba haladunk. S most már nem lehet szó a fenntartható fejlődésről. Azon már túl vagyunk. Helyette rendszerünk rugalmasságát kell növelnünk, hogy a közeledő negatív változások hatásait legalább enyhíteni tudjuk [19]. Ehhez minden lehetséges természeti erőforrást használnunk kell. Legyen az megújuló vagy más.

Hiába hangzanak el neves nemzetközi intézetek részéről figyelmeztetések, érdemi változást nem tapasztalni. Legutóbb az OECD Környezetvédelmi Kitekintésében [20] szerepelt: 2035-ben 75% lesz a fosszilis energiaforrások aránya. A CO<sub>2</sub> kibocsátással 2017-re elérjük azt a szintet, amit a 450 ppm scenárióban végső értéknek előirányoztunk. Hasonló ijesztő adatok látnak napvilágot az ivóvízkészleteket, a termőföldet illetően.

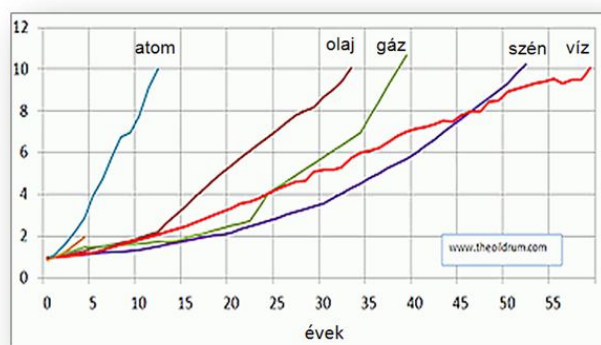
Joggal merül fel a kérdés, hogy a jelenlegi nemzetközi szervezetek alkalmasak-e kezelni ezeket a globális kihívásokat. Bátorító válaszok nem igazán adhatók:

- „Az atmoszferikus CO<sub>2</sub> koncentráció 450 ppm fölé növekedése csak ma még elképzelhetetlen mértékű és időtartamú globális gazdasági recesszióval, vagy önkéntesen elfogadott és szigorúan betartott drasztikus energiakorlátozással lenne megakadályozható. Az előbbinek nagy az esélye. A másik opció bölcs intézkedés lenne, de nyilvánvalóan nem a mai emberiség számára.” [1]
- „A CO<sub>2</sub> kibocsátás stabilizálása a mai szinten közelítőleg 300 GW kibocsátásmentes erőművi kapacitás létesítését igényelné évente – ami egy új nukleáris blokk (vagy vele ekvivalens más technológia) üzembe helyezését jelentené naponta. Fizikailag nincs más lehetőség a gazdaság romba döntése nélkül...” [8]

## Következtetések helyett

A közvélemény – beleértve a politikusokat is – gondolkodásában a környezetvédelem/energiagazdálkodás nem kapcsolódik össze a gazdasági fejlődéssel. A kapcsolat pedig egyértelmű: a fejlődés növekvő energia felhasználással – és a mai szerkezetben – növekvő CO<sub>2</sub> kibocsátással jár. Még senki sem vette a bátorságot – néhány eretnek gondolkodón kívül – hogy kiálljon, és azt mondja: emberek, ez így nem mehet tovább. Ha nem tudunk új gazdasági modellben gondolkodni, akkor minden szénmentes energiafajtát használni kell. Csodában reménykedni lehet, de a termodinamika törvényeinek változásában nem. A gazdaság dekarbonizációjával már késésben vagyunk. Meglehetősen kicsinyes és szánalmas az a gondolkodásmód, ami arra a reményre épít, hogy a probléma önmaga fogja majd a megoldást felszínre hozni. A CO<sub>2</sub> kibocsátás mérséklésében a nukleáris energia szerepe megkérdőjelezhetetlen. Rövidlátó az a politika, amelyik ezt mondva csinált érvekkel tagadni próbálja. A nukleáris energetika műszakilag kiforrott, bővülő lehetőségekkel rendelkező iparág. A 15. ábra azt mutatja, hogy az egyes villamosenergia-termelési technológiáknak mennyi időre volt szükségük az első 10 EJ energia megtermeléséhez.

Legfontosabb feladatunk a meglévő erőművek biztonságos működtetése. Ez nem egyszerű feladat. Visszautalnék a korábban írt gondolatra, a piac erkölcsromboló és -torzító hatására. A „biztonság minden előtt” elv betartása elsősorban erkölcsi kérdés. Érvényt szerezni ennek a mai gazdasági, politikai környezetben nem könnyű kötelezettség.



15. ábra: Az első 10 EJ energia megtermeléséhez szükséges időtáv az egyes energiafajták fejlődésében [21]

Az új atomerőművek építéséhez meg kell teremteni a szükséges gazdasági, társadalmi feltételeket. Ehhez valami módon túl kell lépünk azon a mentalitáson, amely csak 3-4 éves ciklusokban képes gondolkodni.

A negyedik generációs reaktorok fejlesztése szükséges ahhoz, hogy az üzemanyag ciklust zárttá tegyünk, s ezzel biztosítsuk, hogy a nukleáris energetika is olyan erőforrást bővülést jelentsen a világ számára, mint amilyent a szén, majd a kőolaj jelentett egykor.

## Irodalomjegyzék

- [1] Vaclav Smil: *Long-range energy forecasts are no more than fairy tales.* – *Nature* 8 May 2008
- [2] J. Bradford DeLong: *Estimating World GDP, One Million B.C. – Present*,  
<http://www.j-bradford-delong.net/>
- [3] <http://ourfiniteworld.com/2012/03/12/world-energy-consumption-since-1820-in-charts>
- [4] Derek Thompson: *The Economic History of the Last 2000 Years*  
<http://www.theatlantic.com>
- [5] Baumol, W.J. (1986) *Productivity Growth, Convergence and Welfare: What the Long-Run Data Show.* – *The American Economic Review*, 76,5: 1072-1085
- [6] Institute of Integrated Economy Research: *Low Carbon and Economic Growth – Key Challenges*  
[www.iier.ch](http://www.iier.ch)
- [7] Tom Murphy: *Ruthless Extrapolation*  
<http://physics.ucsd.edu/do-the-math/>
- [8] Tim Garrett: *Are there basic physical constraints on future anthropogenic emissions of carbon dioxide?* – *Climatic Change* (2011) 104:437–455
- [9] Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings <http://europe.eu/legislation-summaries/internal-market>
- [10] Liu, Yang: *East meets West*, ISBN978-3-87439-733-9
- [11] *Magyar Tudomány*, 2012. május
- [12] Michael J. Sandel: *What isn't for Sale?* – *The Atlantic*, April 2012
- [13] EEA: *Environmental Indicator Report 2012*  
<http://eea.europa.eu>
- [14] [www.globalcarbonproject.org](http://www.globalcarbonproject.org)
- [15] Tim Garret: *No way out? The double-bind in seeking global prosperity alongside mitigated climate change*  
[www.earth-syst-dynam.net/3/1/2012/](http://www.earth-syst-dynam.net/3/1/2012/)
- [16] *Power in Europe*, Issue 625/April 30, 2012
- [17] Eurelectric: *Power Statistics and Trends 2011*  
<http://www.eurelectric.org>
- [18] Michael Pollitt: *Will the EU targets be achieved and what are the longer term prospects?* [www.eprg.group.cam.ac.uk](http://www.eprg.group.cam.ac.uk)
- [19] Dennis Meadows: *It is too Late for Sustainable Development*  
[si.edu/content/consortia/Dennis\\_Meadows.pptx](http://si.edu/content/consortia/Dennis_Meadows.pptx)
- [20] OECD *Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction*, ISBN 978-92-64-122161
- [21] [www.theoildrum.com/node/8936](http://www.theoildrum.com/node/8936)