

Végh  
László

# Erőforrásokról és a világgazdaságról Fukushima után

Azért követhette az emberiség a több ezer éven át máig járt fejlődési vonalat, mert a természeti erőforrások, a Föld egészét tekintve, kimeríthetetleneknek tűntek. Mára kiderült, hogy erőforrásaink végesek, és a mai pazarló felhasználás nem tartható fenn sokáig. Nehéz ezzel szembeülni és az életmódunkon változtatni. De az utóbbi tíz évben mind több jel utal arra, hogy így nem mehet tovább. Ami Japánban legutóbb történt, és most történik, jelentősen felgyorsíthatja a mai életrend összeomlásának folyamatát. Japánt egyidejűleg három nagy szerencsétlenség érte, a nagy erejű földrengés és az azt követő szökőár, valamint a legsúlyosabb, a fukusimai atomerőmű ma még átláthatatlan következményekkel járó megsérülése. Nemrég Japán még a világ második ipari hatalma volt, ám a mostani harmadik helyéről Fukushima következményei miatt hamarosan lecsúszhat. Fukushima mind a világ erőforrásainak jövőbeni használatára, mind a világgazdaság helyzetének alakulására érzékelhetően hathat.

## A világ erőforrás-felhasználásáról

Egy felnőtt napi élelmének 2500 kalóriányi tápereje egy folyamatosan égő, 120 wattos villanykörtét égethetne. Mivel 2500 kalória másképp kifejezve körülbelül három deci étolaj kalóriatartalma, mondhatjuk úgy is, hogy tesztünket napi három deci étolajnak megfelelő „üzemanyag” működteti. De az ember kezdettől fogva használt külső erőforrást is, fával tüzelt. A 17. században élő átlagos európai, aki az állatok mellett a szemet és a vízerőt is munkára fogta, három-négyszer annyi külső erőforráshoz jutott, mint amennyit táplálékként magához vett, azaz akkoriban egy embernek 3-4 erőforrás-rabszolgája volt. Manapság a felhasznált energia és táperő aránya az USA-ban 90:1, az EU fejlettebb országaiban 45:1, Magyarországon 30:1, a világotlag 15:1. Mindezt az ősmaradványi (idegen szóval fosszilis) erőforrások teszik lehetővé. Ám ennek készletei végesek, egy év alatt annyi kőolajat, földgázt és szén használnak el, mint amennyi évmilliók szerves üledékéből képződött.

Ma az erőforrás-szükséglet 81 százalékát az ősmaradványi energiahordozók, a szén, az olaj és a gáz elégetésével termeljük meg. 12,9 százaléka származik a megújulóknak tekintett erőforrásokból, a víz-, szél- és naperőből, a földhőből és a bioüzemanyagokból. Az atomerőművek a szükségletek 5,8 százalékát adják. Az elégetett szén, földgáz, kőolaj örökre elveszett, nem pótolható.

Ha a világ teljes energiatermelését elosztjuk az emberiség lélekszámával, érdekes adatokhoz jutunk. 1945 és 1973 között az egy főre jutó termelés évente 3,45 százalékkal, 1973 és 1979 között évi 0,64 százalékkal nőtt. 1979-ben csökkenni kezdett évi 0,33 százalékkal. Ha ez így folytatódik, 2030-ra az egy főre jutó energiatermelés a világon az 1930-as szintre csökken. Eszerint az ipari társadalmak kora a történelemben az 1930–2030 közötti száz év.<sup>1</sup>

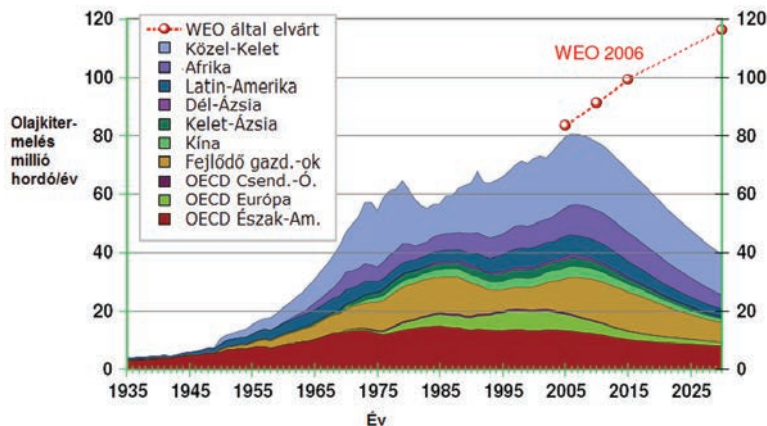
<sup>1</sup> A folyamatot elemző Olduvai-modell leírását lásd: DUNCAN 2007.

## Olaj, gáz, szén

Az olajkészletek feltárása a 20. század harmincas éveiben vett jókora lendületet, és a legnagyobb olajmezőket a hatvanas években tárták fel. De a hetvenes évek közepe óta felfedezett új készletek nagysága csökken. Annyira, hogy a kilencvenes évek eleje óta már alig tárnak fel új olajlelőhelyeket. 1985 és 1995 között háromszor annyi olajat használtunk el, mint amennyi könnyen kitermelhető olajkészletet ugyanebben az időszakban feltártak. Az olajmezőről kitermelt olaj hozamgörbéje harang alakú. Egy átlagos olajmezőről körülbelül negyven éven keresztül bányászható olaj, azaz a haranggörbe csúcsa húsz évnél van. Közelítőleg haranggörbe írja le a világ olajtermelését is. Elsősorban a jó minőségű, üzemanyagok gyártásra alkalmas kőolajból, a könnyűolajból van hiány, nehézőlajból volna elég. A könnyűolaj tömegszázalékos összetétele átlagosan 14 százalék hidrogén, 86 százalék szén. A nehézőlajnak átlagosan 10 százaléka a hidrogén, 84 százaléka a szén, a maradék 6 százalék szennyezőnek minősülő kén, oxigén és nitrogén. A világ könnyűolajhozamcsúcsát 2005-ben érthette el, a tetőződést már 1998-ban megjósolták.<sup>2</sup> Ahogy fogy a kőolaj, egyre többet kell belőle felhasználni magához a kitermeléshez. 1930-ban száz hordó olaj kitermeléséhez egyetlen hordó olaj energiájára volt szükség, ma egy hordó ráfordításával már csak nyolc hordónyi olaj termelhető ki.

A kőolajkészletek kimerülésével párhuzamosan a földgáz is fogyóban van. Amikor tíz évvel ezelőtt kiderült, hogy Észak-Amerikában a földgázkészletek kimerülésével kell számolni, a földgáz ára a többszörösére emelkedett. Emiatt számos földgázt igénylő üzemet más földrészre telepítettek, és elkezdték a kisebb, nehezebben feltárható gázkészletek kitermelését. Ezekben nem a hagyományos módon található a gáz, nagytömegű vizet és a környezetet szennyező, rákkeltő vegyületeket kell a mélybe juttatni, hogy a gázt kitermelhessék (LUSTGARTEN 2011). Az eljárás nemcsak körülményes és költséges, de azt is eredményezte, hogy számos térségben az ivóvizet adó rétegek is szennyeződtek.

Jelenleg nincsenek meg annak a tudományos és műszaki feltételei, hogy a kieső kőolajat és földgázt egyéb erőforrással helyettesíthessük. Más erőforrás híján csak a szénre, lignitre és a nehezebb olajok kitermelésére építhetnénk, de a világ szénkészletei is hamarosan elérhetik a hozamcsúcsukat (REIS 2010). A nagyobb sűrűségű olajok készleteire még csak kitermelési eljárást sem dolgoztak ki, csak azt tudhatjuk, biztosan jóval többre kerül, mint a kőolaj bányászata, és a feldolgozása is jóval körülményesebb, nehezkesebb és környezetszennyezőbb – emiatt a felhasználásukkal jóval kevesebb energia termelhető.



## Atomenergia

Az atomerő a korábbi évtizedek gazdaságossági számításai szerint túl költségesnek és kockázatosnak minősült. Sok évtizedes kutatómunka sem adott elfogadható választ arra, mi legyen a sorsa az erősen sugárzó hulladéknak. Emiatt atomerőművek építésére egyre kevesebb ország vállalkozott. Az Egyesült Államokban az utóbbi két-három évtizedben

<sup>2</sup> A világ kőolajtermelésének hozamcsúcsáról lásd: CAMPBELL–LAHERRERE 1998. BÁRDOSSY–LELKESNÉ FELVÁRI 2006.



nem rendeltek újabb atomerőműveket. De az is kiderült, hogy az uránércartalékok szintén kimerülőben vannak. Ha több atomerőművet építünk, könnyen meglehet, hogy nem lesz urán az üzemeltetésükhöz (LUNDBERG 2007). Pillanatnyilag Oroszország és az USA atomfegyvereinek leszerelése enyhít az atomerőművek üzemanyag-helyzetén, ugyanis a bombák atomtöltete üzemanyaggá alakítható. Ma az USA atomerőművei fűtőanyagának 45 százaléka leszerelt orosz, 5 százaléka leszerelt amerikai atomfegyverekből ered, az így termelt villamos energia az USA szükségletének 10 százalékát teszi ki.

Nehéz a sugárzó hulladék elhelyezése, mert az elhasznált fűtőelemek fő szennyezője a plutónium. Felezési ideje körülbelül huszonnégyezer év. Évente közel 90 tonna plutóniumot termelnek a világ atomerőművei. A plutónium mint az atombomba gyártásának alapanyaga veszélyezteti a nemzetközi biztonságot. Ráadásul a plutónium nemcsak sugárzó, hanem maga a fém és vegyületei is nagyon erős vegyi mérgek. Egy sugárzó anyag sugárzásának erőssége 10 felezési idő alatt csökken durván az ezredrészére. Ekkortól fogva tekinthető viszonylag ártalmatlannak. Ezért az elhasznált fűtőelemek biztonságos tárolása megoldatlan, mivel a huszonnégyezer éves felezési idő miatt negyedmillió éven keresztül kell őket felügyelni. Atomerőművi balesetekben cézium és stroncium is szétszóródik. Ezek a sugárzó izotópok, amelyek

az emberi szövetekbe is képesek beépülni, körülbelül harmincéves felezési idejűek, vagyis több évszázadra tesznek lakhatatlanná területeket.

Fukusima balesetének részbeni oka az elhasznált fűtőelemek gazdaságosnak vélt, ám igen kockázatos kezelése. Helyben, a reaktornak helyet adó épületben, annak a felső részében, egy úszómedence-szerű nyitott tárolóban, egymásra rakva, vízzel borítva, a vizet keringetve tárolták őket. Egyrészt a víz elvezeti az elhasznált fűtőelemek által keltett hőt, másrészt a fűtőelemek nem érintkezhetnek a levegővel, mert akkor a burkolóanyaguk meggyullad. Mivel a reaktorépületekbe betört szökőár tönkretette a keringető szivattyúkat, a medencékben tárolt víz elforrt, a fedetlenné vált, levegővel érintkező fűtőelemek burkolata égni kezdett, és az ezt követő robbanások nemcsak az épületeket, azok földémét rongálták meg, hanem valószínűleg a tároló medencéket is. A fűtőelemekből kiszabadult sugárzó anyagok, közöttük a cézium is, a levegőbe, valamint a hűtősíakra bejuttatott vízbe kerültek és kerülnek. Nemcsak a léghőrt, hanem a Csendes-óceánt is szennyezik. Továbbá nem tudni, pontosan mi történt és történik a reaktorok belsejében, mert ezek nincsenek ellenőrzés alatt, és nem világos, hogy mit lehet velük tenni. Még nem tudjuk, hogy a baleset után mi vár Japánra, de meglehet, hogy jelentős területei hosszú évszázadokra lakhatatlanná válhatnak.

Nemcsak Japánt sújtja a hármasszerencsétlenség. Magát a világgazdaság egészét juttathatja válságba a japán vállalatok szállításainak kiesése, illetve az, ha Japán exportja a termékeik plutóniummal, céziummal és stronciummal való szennyezettsége miatt visszaesik. Amint a Fukushima előtt Japánban gyártott termékek kifogynak, és a Fukushima utániak kerülnének piacra, a termékek iránti bizalmatlanság erősen sújthatja a számtalan szállal összekötött világgazdaságot.<sup>3</sup> Továbbá ha az igen fejlett, jól szervezett japán gazdaságban a fegyelmettségükéről ismert japánok atomerőműveivel ekkora szerencsétlenség történhetett, ez világszerte alááshatja vagy legalábbis csökkenti az atomerőművek biztonságába és alkalmazhatóságába vetett hitet.

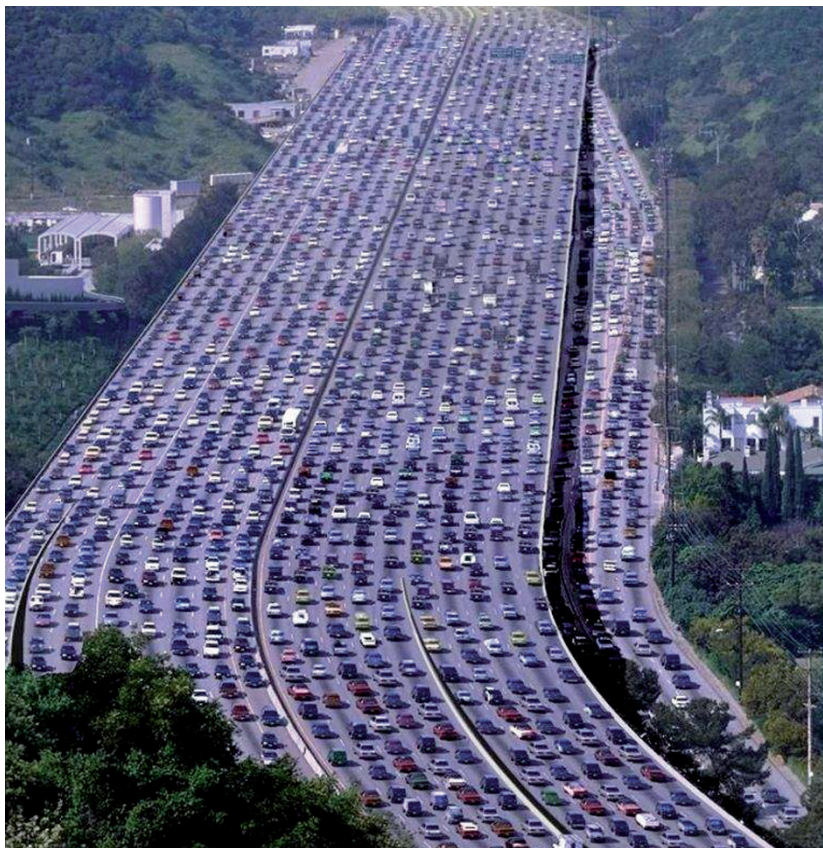
<sup>3</sup> A Japánt ért csapások gazdasági szökőárként terjedhetnek, lásd: SAUDER 2011. Russian Press – Behind the Headlines. *RIA Novosti*, 2011. április 18.

Mindig vannak, akik azt hirdetik, hogy a technikai haladásban bízhatunk, nagyszerű új lehetőségek nyílhatnak meg. Lehetne például urán helyett tórium hasítására alkalmas, plutóniumot nem termelő atomerőművet is építeni, de ennek kidolgozásától még messze vagyunk. Ha reális képet akarunk felvázolni, akkor be kell vallanunk, hogy a magfúziós energiatermelés lehetőségében egyre kevésbé reménykedhetünk.

## Megújuló energiák

Hazánkban nagyon jó lehetőségek volnának arra, hogy a föld mélyének hőjét felhasználjuk. Ugyanis a Kárpát-medence alatti földkéreg nagyon össze van töredezdve, el van vékonyodva, és szinte bárhol fúrva hőforrások törnek a felszínre. De a mélyben lévő forró víz energiájának fenntartható módon való felhasználása még nagyon sok kutatómunkát igényel.

Riasztó példa a megújulóknak kikiáltott erőforrások kritikátlan felfuttatására a bioüzemanyag-termelés. Ennek alapötlete az volt, hogy ha a kőolaj egy részét növényekből előállított üzemanyagokkal helyettesítjük, nemcsak nyersanyagot takarítunk meg, de nyilvánvalóan csökken az üvegházhatású szén-dioxid kibocsátása is. Az ipari országok első lelkesedésükben nagyszabású programokba kezdtek, először kísérleti jelleggel, majd egyre nagyobb méretekben kezdtek a benzinbe bioetanolt, a dízelolajba biodízelt keverni. Aztán néhány év alatt nyilvánvalóvá váltak a bioüzemanyag-gyártás környezeti terhei. Egyáltalán nem mindegy, hogy a bioetanolt kukoricából, gabonából, cukorrépából vagy cukornádból, a biodízelt repceből, napraforgóból vagy pálmaolajból állítjuk elő – a környezeti hatások azonban mindenképpen súlyosak. A gépjárművek „etetéséhez” szükséges bioüzemanyag megtermeléséhez óriási területekre van szükség, amit csak a mezőgazdaságtól vagy a természettől vehetünk el. A kukoricából előállított bioetanol esetében különösen nyilvánvaló a folyamat ésszerűtlensége. Ha elkészítjük az energiamérleget, erősen kérdéses, hogy több energiához jutunk-e, mint amennyit a szántás, a talajművelés, a műtrágyagyártás, a szállítás, az ipari feldolgozás és egyéb folyamatok során felhasználunk. Az optimistább becslések szerint tizenhárom hordó bioüzemanyag gyártásához tíz hordó olajat használunk el (FRIEDEMANN 2007). Eközben pedig egy élelmiszerválsággal küzdő világban óriási mezőgazdasági területeket foglalunk le – főképpen azért, hogy korlátlanul autózhasunk. Mindezek ellenére ma az USA kukoricatermelésének 40 százalékából üzemanyagot készítenek. Azaz rengeteg ember munkája nemhogy jót hozna, hanem hatalmas pocsékoláshoz, maradandó káros-



dáshoz, a jövő feléléséhez vezet. Mi mozgatta ezt a folyamatot? Elsősorban az, hogy befolyásos érdekcsoportoknak jó lehetőségük nyílt arra, hogy megcsapolják az USA költségvetését. Kisebb módosításokkal ugyanez érvényes az Európai Unió bioüzemanyag-programjára is. Ésszerűen működő, a természettudományos szemléletre alapozott gazdasági rendszerben ilyesmi nem fordulhatna elő.

Egyelőre nagyon sok erőforrásba kerül a napelemek és a szélérőművek telepítése, ezek gyártásához ősmaradványi erőforrásokra van szükség (WEBER 2009). A termelt energia ugyan nem sokkal haladja meg a gyártáshoz szükséges energiamentységet, viszont sokáig részesezhetünk belőle. Míg a kukoricából gyártott üzemanyagot most azonnal

elhasználjuk, a szélérőmű és a napelem megfelelő karbantartással akár évtizedeken át képes energiát adni. Ezért jobb, ha ezeket gyártjuk, mint ha másra pazaroljuk az ősmaradványi erőforrásokat. Ezekkel úgymond raktározzuk a most még bőségesen rendelkezésre álló erőforrásainkat.

Lehet ugyan csodákban reménykedni, de jövőt ezekre nem tervezhetünk. Elképzelhető, hogy a fizika most kibontakozó forradalma során, az elkövetkező egy-két évtizedben felfedeznek majd olyan jelenségeket, folyamatokat, amelyek segítségével a napenergiát nagyon jó hatásfokkal fel tudjuk majd használni és el tudjuk raktározni. Erre azonban nem építhetünk, nem várhatjuk a sült galambot, gondolván, hogy ahogy eddig, ezután is megoldódnak erőforrásgondjaink.

Hazánkban nagyon jó lehetőségek volnának arra, hogy a föld mélyének hőjét felhasználjuk. Ugyanis a Kárpát-medence alatti földkéreg nagyon össze van töredeve, el van vékonyodva, és szinte bárhol fúrva hőforrások törnek a felszínre.

## Az energiafelhasználás csökkentése

Ne gondoljuk azt, hogy feltétlenül szükséges lenne ennyi, sőt egyre több energiát használnunk, valójában kis töredékével is elboldogulnánk. Nem szoktunk a gazdaság egészének ésszerűségéről beszélni, és ez nem véletlen. Nem kivételes a kukoricából gyártott üzemanyag esete, számtalan ehhez hasonló példát hozhatnánk fel. Józan becslések szerint a mai termelés csupán 5 százaléka a mai szinten, sőt annál egészségesebben és jóval boldogabban éltethetne bennünket. Vakon és értelmetlenül, az erőforrásokat és nyersanyagokat pocsékolva, igen alacsony tényleges hatékonysággal működik a tőkés gazdaság egésze (HANSON 2009). Csak a részfolyamatokban van ésszerűség, de a gazdaság egésze vak, a piac láthatatlan kezét nem az értelem mozgatja. De a mostani, egyre mélyülő világválságban világunk vezetői változatlanul a gazdasági növekedést erőltetik. Hogy eközben kukoricából nagyban üzemanyag készül és sok-sok hasonló képtelenség történik, nem zavaró, mert annyira megszokott, hogy fel sem figyelünk rá.

Nem azért működik így a gazdaság, mert ez felel meg az emberi természetnek (VÉGH 2011). Kétségtelenül megvan bennünk a hajlam arra, hogy az anyagiakkal folytatott versengésünkben mérjük meg, ki mennyit ér, és éppen ez teszi annyira pazarlóvá a gazdaságot. Egyrészt sokkal többet termelünk, mint amennyit ténylegesen fel is használunk, a többi mint fölösleges „cucc” gyakorlatilag kárba vész. Másrészt nem törődünk vele, hogyan jutunk pénzhez, mert csak az foglalkoztat, hogy miként vágjunk a másik elé, vagy hogy talpon maradhassunk. Ám a versengésre hajtó ösztön magasabb szinten is kiélhető, a másokkal vetélkedés helyett önmagammal küzdhetek meg, mintegy önmagammal versengve hozhatok ki minél többet magamból. Ha behatóbban tanulmányozzuk a világvallások tanításait, felismerhetjük, melyik miként igyekszik távol tartani az embert az anyagiak imádatától és a birtoklásért folyó versengéstől. Az aranyborjú imádói elpusztultak. Jézus számos alkalommal keményen dorgálja a gazdagságukban bízókat, megfeddi a földi rangsorra figyelőket, egymással vetélkedőket. Isten és nem az emberek előtt kell tudnunk megállni. Nem arról kell számot adnunk, mit szereztünk magunknak az életben, hanem hogy

miként használtuk tehetségünket, lehetőségeinket, azaz miként gazdálkodtunk a talentumainkkal. Nem üres szólam az, hogy a szelídek öröklik a földet. Hiszen akiknek a harc, a vetélkedés az életelemük, elsősorban egymást pusztítják. A békés körülmények, más érdekeinek tiszteletben tartása, a többiek megbecsülése teszi hatékonyabbá az együttműködést, az építést és az alkotó munkát. Ilyenkor is versenyzünk, de ez békés verseny, inkább önmagunkat és nem a másikat igyekszünk túlszárnyalni. Ha így gondolkoznánk és élnénk, akkor sokkal kevesebb külső energia felhasználására lenne szükségünk, és képessé válnánk a fenntartható társadalom kialakítására.

## Hivatkozott művek

- BÁRDOSY György – LELKESNÉ FELVÁRI Gyöngyi 2006. Gondolatok és kételyek Földünk szénhidrogén készleteivel kapcsolatban, *Magyar Tudomány*, 1. 64–74. o. [www.matud.iif.hu/2006-01.pdf](http://www.matud.iif.hu/2006-01.pdf).
- CAMPBELL, Colin J. – LAHERRERE, Jean H. 1998. The End of Cheap Oil. *Scientific American*, március. <http://jayhanson.us/page140.htm>.
- DUNCAN, Richard C. 2007. The Olduvai Theory: Terminal Decline Imminent. *The Social Contract Press*, 17. évf. 3. sz. [www.thesocialcontract.com/artman2/publish/tsc1703/17\\_3\\_duncan.shtml](http://www.thesocialcontract.com/artman2/publish/tsc1703/17_3_duncan.shtml).
- FRIEDEMANN, Alice 2007. Peak Soil. Why Cellulosic Ethanol, Biofuel are Unsustainable and a Threat to America? *Culture Change*, április 10. [http://culturechange.org/cms/index.php?option=com\\_content&task=view&id=107&Itemid=1](http://culturechange.org/cms/index.php?option=com_content&task=view&id=107&Itemid=1).
- HANSON, Jay 2009. *America 2.0. From Private Greed to Public Service*. Október 6. <http://jayhanson.us/america.htm>.
- LUNDBERG, Trilby (Prof. Goose) 2007. Uranium Depletion and Nuclear Power: Are We at Peak Uranium? *The Oil Drum. Discussions about Energy and Our Future*, március 21. <http://www.theoil Drum.com/node/2379>.
- LUSTGARTEN, Abrahm 2011. Natural Gas Drilling Is at a Crucial Turning Point. *ProPublica*, április 21. <http://www.propublica.org/article/natural-gas-drilling-is-at-a-crucial-turning-point1>.
- REIS, Patrick 2010. Study: World's 'Peak Coal' Moment Has Arrived. *The New York Times*, szeptember 29. <http://www.nytimes.com/gwire/2010/09/29/29greenwire-study-worlds-peak-coal-moment-has-arrived-70121.html>.
- Russian Press – Behind the Headlines. *RIA Novosti*, 2011. április 18. <http://en.rian.ru/papers/20110418/163581137.html>.
- SAUDER, Richard 2011. The Party's Over – The Oncoming Economic Tsunami. *Event Horizon Chronicle*, április 20. <http://eventhorizonchronicle.blogspot.com/2011/04/partys-over-oncoming-economic-tsunami.html>.
- VÉGH László 2011. A fenntartható élet szellemi háttere és a kenyérszaporítás. *Confessio*, 1. 96–114. o.
- WEBER, John 2009. Energy in the Real World. *Energy Bulletin*, január 1. <http://www.energybulletin.net/node/47606>.

Végh László 1948-ban született Ártádon, 1956 óta Debrecenben él. A Kossuth Lajos Tudományegyetemen szerzett fizikus diplomát 1972-ben. 1972 óta az MTA Atommagkutató Intézetében dolgozik, 1982 óta tudományos főmunkatársként. Három hónap vagy annál hosszabb idejű tanulmányutakon Svédországban, a Szovjetunióban, Japánban, az Egyesült Államokban és Németországban járt. A Kossuth Lajos Tudományegyetemen 1973 óta oktat, a fizika és a természettudományok újabb eredményeit népszerűsítő, valamint a fenntartható fejlődéssel és a természettudomány és a vallás kapcsolatával foglalkozó féléves előadássorozatait 1993 óta tartja. A *Fenntartható fejlődés* című könyve 1999-ben, a *Természettudomány és vallás* pedig 2002-ben jelent meg.





DIGITALSTAND

[www.digitalstand.hu](http://www.digitalstand.hu)



## A Credo mostantól már digitálisan is olvasható, előfizethető!

Válogasson az első magyar platformfüggetlen online újságstand kínálatából, amely az asztali és táblagépek után már okostelefonon is olvasható!

[www.digitalstand.hu](http://www.digitalstand.hu)