

David J. C. MacKay:

Fenntartható energia — mellébeszélés nélkül

Korunk egyik döntő jelentőségű kihívása a biztonságos, biztos és fenntartható energiaforrások keresése. De mennyi energiára van szükségünk, és megszerezhetjük-e mindet megújuló forrásokból? David MacKay erre a kérdésre keresi a választ. Egy nyomozó alapossággal, számszakilag elemzi, mennyi energiát fogyasztunk, és mennyit tudunk termelni. Következtetései világosan rámutatnak arra a nehéz döntésre, amelyet sürgősen meg kell hoznunk. Az olvasó, akit érdekel, miként látjuk el a jövőben energiával társadalmunkat, tisztánlátást segítő olvasmánynak fogja találni. Ez a könyv kötelező olvasmány kell legyen mindazok számára, akiknek befolyása van az energiapolitikára, dolgozzanak akár a kormányzatban, akár az üzleti életben, vagy valamilyen civil mozgalomnál. Szakmailag pontos és mégis olvasmányos beszámoló az előttünk álló kihívásokról. Alapmű lesz a polcomon, amelyre az elkövetkező sok éven keresztül folyamatosan hivatkozhatok.

Tony Juniper
„A Föld barátai” (Friends of Earth) mozgalom
korábbi ügyvezető igazgatója

Lebilincselően megírt, hasznos ismeretekkel teli, és üdítően tényszerű.

Peter Ainsworth, parlamenti képviselő
a brit „árnyékkormány” környezetvédelmi,
élelmészeti és vidékfejlesztési minisztere

David MacKay célja az éghajlatváltozásról és az energiaszükségletünkről sokfelé hangoztatott félígazságok, torzítások és képtelenségek eloszlatása. Ez a könyv olvasmányos, érthető és alapos. A szerző áttör a megalapozatlan vélemények rengetegén, és szembeállítja bennünket azokkal a tényekkel és számokkal, amelyek önmagukért beszélnek. Laikus és szakember számára egyaránt hasznos útmutató. Szívvel ajánlom.

Graham Stuart, parlamenti képviselő

Az energetikai terület szakértőjének ez a figyelemre méltó könyve rendkívül világosan és objektíven ismerteti a különböző, alacsony szén-dioxid-kibocsátású lehetőségeket, amelyek rendelkezésünkre állnak. A politikusok, a kutatók, a magánszektor döntéshozói és a civil szervezetek egyaránt hasznát vehetik ezeknek a bölcs gondolatoknak.

Sir David King, a Royal Society tagja
az Egyesült Királyság kormányának vezető
tudományos tanácsadója, 2000–2008

Tegnap kezdtem olvasni a könyvet. Mára szabadságot vettem ki, hogy ne kelljen félbehagynom. Mesés, szellemes, képtelenségektől mentes, értékes munka, igyekszem minden ismerősömmek elküldeni.

Matthew Sullivan
Carbon Advice Group

Ez a könyv egy valóban értékes hozzájárulás az energiapolitikáról folyó vitához. A szerző a matematika és a józan ész hatásos keverékét használja arra, hogy eloszlasson egyes mítoszokat. Ez a könyv alapvető hivatkozás mindazok számára, akiket érdekel az energetika, és akik tényleg meg akarják érteni a mögötte rejlő számokat.

Oxburgh, a Brit Birodalom Rend lovagja,
a Royal Society tagja
a Royal Dutch Shell korábbi elnöke

Ez a ragyogó könyv lendületes stílusú olvasmány, ugyanakkor roppant informatív.

Prof. David Newbery, a Brit Akadémia tagja

Olyan sok tájékozatlan szónok nyilatkozik az éghajlatváltozásról és az energetikai rendszerekről, hogy már égető szükség volt egy mértékadó tanulmányra, amelyik felsorolja, mi az, ami valójában megtehető, és mi az, ami nem tehető meg a fenntartható energiaellátásért. Ez a rendkívül fontos könyv szakszerűsége és rendkívül olvasmányos stílusa okán egyaránt megfelel ennek a kíváncsiságnak. Kötelező olvasmánynak kellene lennie, nemcsak az otthonokban és az iparban, hanem minden miniszter számára, az Egyesült Királyságban és külföldön egyaránt.

Michael Meacher, parlamenti képviselő
korábbi környezetvédelmi miniszter

David MacKay könyve magasra teszi a mércét minden, a jövőben az éghajlatváltozásról és az energiapolitikáról folytatandó vita számára. A tények és a racionális érvek iránti elkötelezettsége csodálatra méltó egy olyan területen, amelyet minden oldalról áthat a propaganda és a vágyak által befolyásolt gondolkodás. Még ha következtetései egy idő után túlhaladottakká is válnak, mint ahogy az minden tudományos eredmény esetén szükségszerű, megközelítésmódja akkor is nagyon hosszú ideig követendő marad.

David Howarth, parlamenti képviselő

A fenntartható energiáról az elkövetkezendő években általunk meghozandó (vagy elmulasztandó) döntések meghatározzák, milyen világot hagyunk örökül a jövő generációkra. Hogyan juthatunk el a racionális döntésekig? Ebben a könyvben David MacKay nem mondja meg, hogyan döntünk, csak azt, minek alapján. Csupán néhány alapvető számítást mutat be, hogy különbséget tegyen az életképes stratégiák és a vágyálmok között. Mindenkinek el kell olvasnia ezt a könyvet, aki felelősséget érez társadalmunk jövője iránt.

Prof. Daan Frenkel, a Royal Society tagja

Eloolvasása maximális gyönyörűség. Rendkívül világos és lebilincselő.

Chris Goodall
a 10 technológia földünk megmentésére
(Ten Technologies to Save the Planet) című
könyv szerzője

David MacKay könyve szellemileg kielégítő, felfrissítő segítség az energiaszolgáltatás és energiafelhasználás összetett kérdésének tényleges megértéséhez. Lerántja a leplet az energiapolitika mellett szóló, érzelmekre építő halandzsáról, és valóságos számokat ír az egyenletekbe. Mindenkinek el kellene olvasnia, különösen a politikusoknak.

Prof. Ian Fells, a Commander of the Order of the British Empire kitüntetés birtokosa
az Új és Megújuló Energiák Központja (NaREC)
alapító elnöke

Az éghajlati káosz elkerüléséhez bonyolult és jól megalapozott társadalmi, gazdasági és technológiai döntésekre van szükség. A gazdasági és társadalmi „törvények” nem megváltoztathatatlanok. A politikusok átalakíthatják, és át is kell alakítaniuk a gazdaságot, hogy az megújuló energiákat termeljen, és az energiatakarékosságot szolgáló felfogásbeli változásokat idézzon elő. MacKay azonban arra is felhívja a figyelmet, hogy még ők sem „változtathatják meg a fizika törvényeit”. MacKay könyve önmagában nem ad minden kérdésre választ, de szilárd alapul szolgál mindahhoz, ami segíti a megalapozott döntésekben az egyént, és ami még fontosabb, a társadalmat.

Duncan McLaren
a skót „A Föld barátai” (Friends of the Earth)
mozgalom vezetője

MacKay az energiaforrásokról és az energia felhasználásáról szóló vitában a józan észnek adja át a terepet. Újszerű gondolatok az unalmas mellébeszélés helyett.

Prof. Mike Ashby, a Royal Society tagja
az Anyagok és a környezet (Materials and the environment) című könyv szerzője

David MacKay könyve üdvözlendő színfoltot jelent az energetikai irodalomban, mert az életképes megújuló energiákkal kapcsolatos törekvések ismertetése mellett az energiafogyasztás és energiatermelés számszerűsítésére is összpontosít. A Fenntartható energia – mellébeszélés nélkül megírása hatalmas vállalkozás volt, amelynek eredményeképpen egy gyakorlati útmutató született. Talán egy, a fenntartható energiáról szóló könyv esetében ez ironikusnak tűnhet, mégis MacKay összefoglalója jól illusztrálja, milyen komoly kihívást jelent a fosszilis tüzelőanyagok helyettesítése, és miért van szükség az energiatakarékosságra és új energetikai technológiákra.

Darran Messem
a Royal Dutch Shell
üzemanyag-fejlesztési alelnöke

Mindenkinek el kell olvasnia, aki segíteni akar a világ meggyógyításában.

Carol Atkinson
a BRE Global vezérigazgatója

Végre egy olyan könyv, amely olvasmányos és érthető formában, átfogóan bemutatja a valóságos tényeket a fenntartható energiáról. Kötelező olvasmány mindazoknak, akik valamit tenni szeretnének az éghajlati válsággal kapcsolatban.

Robert Sansom
az EDF Energy stratégiai és fenntartható fejlődési
EDF igazgatója

Olyan sokat írtak már a jövő energiaigényeinek kielégítéséről, hogy alig tűnik lehetségesnek bármi hasznosat hozzatenni a témához, David MacKay-nek mégis sikerült. Új könyvét élvezet olvasni. Különösen vonzó lehet azon gyakorlati szakemberek számára, akik meg akarják érteni, mi fontos, és mi nem, az energiával kapcsolatban. Akárcsak korábban Lord Kelvin, MacKay professzor is felismerte, hogy sok területet, így természetesen az energetikát is, csak akkor lehet megérteni, ha számszerűsítjük. Ennek eredményeképpen lebilincselően érdekes könyve a kvantitatív információk kincseshányaja mindazok számára, akik szeretnének mondani valamit a barátaiknak arról, miként termeljük és fogyasztjuk az energiát most és a jövőben.

Dr. Derek Pooley, a Commander of the Order of the British Empire kitüntetés birtokosa
az Energetikai Minisztérium korábbi vezető kutatója
az Egyesült Királyság Atomenergia Hivatala
vezérigazgatója
az Európai Unió Energetikai Tanácsadó Csoportjának tagja

Kétségbeejtően szükséges, hogy csökkentsük függésünket a fosszilis tüzelőanyagoktól, és fenntartható energiaforrásokat találjunk. A vita azonban jobbára nem az energia felhasználásra és termelésére vonatkozó adatokon alapul. Ez a könyv érthető formában pótolja ezt a hiányt, minden háztartásban ott kellene lennie a polcon.

Prof. Robert Hinde, a Commander of the Order of the British Empire kitüntetés birtokosa, a Royal Society tagja, a Brit Akadémia tagja
Pugwash (Egyesült Királyság) Végrehajtó Bizottsága

Milyen szeretetre méltó könyv. Annyival érzem most jobban magamat, mint amennyivel talán az a rákbeteg, aki elolvas egy könyvet betegsége minden részletéről.

Richard Procter

Gyönyörűen világos és meglepően olvasmányos.

Prof. Willy Brown, a Commander of the Order of the British Empire kitüntetés birtokosa

Magammal vittem a klotyóra, és most már szinte ki sem akarok onnan jönni.

Matthew Moss

A 20. század harmincas éveiben 2 milliárd ember élt a Földön. Ma 7 milliárd. A 21. század közepére eléri a 9 milliárdot. A termelés, a fogyasztás, az életmód egyre több energiát igényel. Fosszilis forrásokból ez már nem elégíthető ki. A megoldás az energiahatékonyság javítása, a megújuló energiák arányának növelése és a szerényebb, mértékletesebb életvitel kialakítása.

Láng István akadémikus
az Országos Környezetvédelmi Tanács tiszteletbeli elnöke

A könyv mintául szolgálhat arra, hogy a környezeti témákat hogyan kell kristálytiszta fogalmak és jól érthető világos grafikonok segítségével tárgyalni. Nagy erénye a munkának, hogy az energiatermelés és fogyasztás kezelésére olyan mértéket használ, amellyel kifejezve a felhasználás és termelés értékeire kézzelfogható, a mindennapokból ismert nagyságrendekbe eső számokat kapunk. Bár a könyv zseniális ismeretterjesztő műnek tekinthető, meggyőződésem, hogy hasznos tankönyvvül szolgálhat a környezettudományok bevezető kurzusain és a középiskolákban is.

Tasnádi Péter
egyetemi tanár, ELTE Meteorológiai Tanszék

Végre egy könyv a fenntartható energetikáról, amelyik megmutatja, mi is a probléma valójában, és milyen szempontokat kellene figyelembe venni a megoldáshoz. Nem utasít el egyes lehetőségeket zsigerből és nem preferál másokat politikából. A szerző – jelzők helyett – számok, konkrét hétköznapi példák segítségével, szórakoztatóan és érthetően mutatja be a műszaki és gazdasági problémákat. Ajánlott olvasmány diákoknak, tanároknak, és a téma iránt érdeklődő laikusoknak. Kötelező olvasmány mindenkinek, aki érdemben szeretne vitatkozni az energetika aktuális kérdéseiről.

Aszódi Attila
a BME Nukleáris Technikai Intézet igazgatója

Sok könyvet olvastam már, amely a Föld megmentése érdekében íródott, de abban mindig biztos voltam, hogy amit írnak, az nem lehet igaz: vagy nagyon optimistává akartak tenni, vagy túlontúl borús képet festettek. Ez a könyv más, nem akar befolyásolni bennünket, mégis a végére nagyon tiszta képünk lesz. A fizikus professzor szerző ugyanis nem passzív olvasót, hanem partnert keres, akivel együtt gondolkodhat. Tényeket és adatokat közöl, bár sokszor nem bajlódik a részletekkel. Kezdetben még szívesen vitatkozna vele az ember, de a harmincadik oldal után belefeledkezik a szövegbe, és rádöbben, az adatok ott motoszkálnak a fejében, és nem hagyják nyugodni. A könyv hatása alól nehéz szabadulni, de ez cseppet sem baj, mert tényleg van tennivalónk a Föld és az utánunk jövő generációk érdekében.

Kerekes Sándor

a Budapesti Corvinus Egyetem Környezettudományi
Intézet igazgatója

Fenntartható energia — mellébeszélés nélkül

Fenntartható energia — mellébeszélés nélkül

Fenntartható energia — mellébeszélés nélkül

Írta: David J. C. MacKay

Fordította: Both Előd



BUDAPEST, 2011

A kötet megjelenését a Nemzeti Kulturális Alap
Ismeretterjesztés és Környezetkultúra Szakmai
Kollégiuma támogatta.



A fordítás az alábbi kiadás alapján készült:

Sustainable energy – Without the hot air

UIT Cambridge Ltd., 2009.

Copyright © 2009 David JC MacKay

All rights reserved.

Hungarian edition © Vertis–Typotex, 2011

Hungarian translation © Both Előd, 2011

Szakmailag ellenőrizte: Civil Vilmos

ISBN 978-963-279-575-1

Témakör: energiagazdálkodás, ökológia,
fenntarthatóság

Kedves Olvasó!

Köszönjük, hogy kínálatunkból választott
olvasnivalót! Újabb kiadványainkról, akcióinkról
a www.typotex.hu és a facebook.com/typotexkiado
oldalakon értesülhet időben.



A könyv magyar nyelvű honlapja:

www.mellebeszelesnelkul.hu

Kiadja a Vertis Zrt. és a Typotex Kiadó Kft.

Felelős kiadó: Baráth Barna–Votisky Zsuzsa

Felelős szerkesztő: Zala Krisztina

Műszaki szerkesztő: Halmos Mária

Borítóterv: Bíró Petra

Készült a Dürer Nyomda Kft.-ben, Gyulán

Ügyvezető igazgató: Kovács János

A kötet kiadásához köszönjük
az Alpiq Csepeli Vállalatcsoport támogatását.

azoknak, akik már nem részesülhetnek
a kétmilliárd év alatt felhalmozott energiakészletből

Előszó

Miről szól ez a könyv?

Szeretném, ha az Egyesült Királyságban az üres fecsegés „emissziója” is csökkenne – a fenntartható energiáról szóló üres fecsegése. Mindenki azt szajkózza, meg kell szabadulnunk a fosszilis tüzelőanyagoktól, és arra buzdítanak, tegyünk valamit, „ami számít”, de a legtöbb dolog, ami állítólag számít, valójában jelentéktelen ügy.

Az üres fecsegés „kibocsátása” jelenleg azért ölt óriási méreteket, mert az emberek érzelmi alapon nyilatkoznak (például a szélerőműparkokról vagy az atomenergiáról), és senki sem beszél a számokról. Ha bárki számokat hoz szóba, akkor azokat úgy választja meg, hogy jó nagynak tűnjenek – mély benyomást gyakoroljanak a hallgatóra, és a tartalmas vita elősegítése helyett az érvelőnek szerezzenek jó pontokat.

Könyvemben nyíltan beszélek a számokról. Célom, hogy útbaigazítást adjak az olvasónak a közhelyek útvesztőjében, olyan cselekvésekre sarkalljam, amelyek valóban számítanak, és elvezessenem olyan stratégiákhoz, amelyek valóban figyelemre méltóak.

Ez a könyv szabadon hozzáférhető

Nem azért írtam ezt a könyvet, hogy pénzt keressek vele. Azért írtam, mert a fenntartható energia kérdése fontos. Ha ön szeretné saját használatra megszerezni ezt a könyvet, akkor kérem, szolgálja ki magát: a könyv honlapján, a www.withouthotair.com címen megtalálja a teljes szöveget (*angolul, és a folyamatosan elkészülő fordítások is – a fordító megjegyzése*).

A könyv még egy értelemben szabadon felhasználható: a könyvből minden felhasználható a *Creative Commons Nevezd meg! – Ne add el! – Így add tovább! 2.0 UK: England & Wales Licence* keretein belül, kivéve azokat a rajzokat és fotókat, amelyeknél külön feltüntettem a szerző nevét. (A karikatúrák és a fotók azért jelentenek kivételt, mert szerzőiktől általában csak arra kaptam engedélyt, hogy képeiket ebben a könyvben közöljem, arra viszont *nem*, hogy a Creative Commons licenz alatt továbbadjam.) Külön örülök annak, ha az általam összeállított anyagot oktatási célra használják. A honlapon a könyv minden ábrája nagy felbontásban elérhető.

Hogyan használjuk a könyvet?

Egyes fejezetek különböző idézetekkel kezdődnek. Ne gondolják azonban, hogy ha valakit idézek, akkor ez egyúttal azt is jelenti, hogy egyetértek vele. Tekintsék ezeket az idézeteket inkább provokációnak, és olyan hipotéziseknek, amelyeket érdemes vitára bocsátani.

A könyv elején található, sorszámozott (1, 2, 3...) fejezetek közül sokhoz a könyv végén, a 301. oldaltól kezdődően úgynevezett technikai fejezetek (A, B, C...) tartoznak.

Az egyes fejezetek végén további jegyzeteket, valamint forrásokra történő utalásokat és más hivatkozásokat találunk. Véleményem szerint a főszövegben elhelyezett, lábjegyzetekre utaló jelek zavaróak lennének, ezért a könyvben sehol sem jelzem a lábjegyzetekre történő hivatkozást. Ha azonban önök szeretik a lábjegyzetekre történő hivatkozásokat, akkor ezeket pótolhatják a lábjegyzetek alapján. Egyébként a szöveg szinte minden lényeges állításához tartozik lábjegyzet az adott fejezet végén, amelyben további információkat tartalmazó forrásokra utalok.

A szöveg emellett internetes forrásokra történő hivatkozásokat is tartalmaz. Ha valamely forrás internetes címe elviselhetetlenül hosszú, akkor igénybe vettem az úgynevezett TinyURL szolgáltatást, és a rövidített kódot adtam meg a szövegben, ilyen formában: [yh8xse]. Az yh8xse kód a „rövidített URL”-t jelenti, az így kódolt honlap a kód segítségével a <http://tinyurl.com/yh8xse> címen érhető el.

Köszönettel fogadom a visszajelzéseket és a korrekciókat. Tisztában vagyok azzal, hogy időnként ostoba hibákat is elkövetek, könyvem félkész változataiban olyan adatokat is találtam, amelyek egy kétszeres szorzóval különböztek a helyes értéktől. Remélem, hogy a végleges változatban maradt hibák ennél kisebbek, mint ahogy azt is remélem, hogy a későbbiekben tovább tudom javítani a könyvet, ahogy egyre többet tudok meg a fenntartható energiáról.

Kérem, hogy könyvemre az alábbi formában hivatkozzanak:

David J. C. MacKay. *Sustainable Energy – without the hot air.*

UIT Cambridge, 2008. ISBN 978-0-9544529-3-3. Szabadon elérhető az interneten a www.withouthotair.com címen.

A könyv magyar nyelvű honlapja a www.mellebeszelesnelkul.hu címen érhető el.



A lektor előszava a magyar kiadáshoz

Szerzőnk – a szemléletességre és az egyszerűségekre törekedve, valamint azért, hogy az energetikai viszonyokat egyszerűen kezelhető és könnyen érthető számokkal írja le – bevezette a kWh/nap/fő mértékegységet. Ezen a módon mindenfajta energiát, tehát a villamos energián kívül a hőenergiát, a helyzeti és a mozgási energiát is könnyen összehasonlíthatóvá tette. Fejtdőést okozott ezzel mindazonáltal a fordítónak és a lektornak, és mindazoknak, akik oly nagy szeretettel bábáskodtak a könyv magyar nyelvű változatának elkészülténél. Az okot alapvetően a magyar és az angol nyelv közötti különbségekben találtuk meg és az alábbiakban tárjuk a problémát a tisztelt olvasó elé:

A fenti, háromszorosán összetett (kWh, nap, fő) mértékegység egyes tagjai közül

- a kWh (kilowattóra) az energia (pl. a villamos energia) mértékegysége; ez az az egység, amely a háztartások villanyszámláin is megjelenik; minél több villamos energiát fogyasztunk (azaz minél nagyobb szám áll a kWh előtt a villanyszámlán), annál többet fizetünk érte;
- a nap és
- a fő mint egység nem igényelnek magyarázatot.

A kWh/nap/fő mértékegység előtt álló szám egyrészt a következő jelentést hordozza: az az energiamennyiség, amelyet egy nap alatt egy ember felhasznál, elfogyaszt. Nyilvánvaló, hogy itt átlagos mennyiségről van szó abban az értelemben, hogy az egyes emberek nem azonos mennyiségű energiát fogyasztanak el naponta, van, aki többet, és van, aki kevesebbet. Másképpen ezt úgy is fogalmazhatjuk: a társadalom (könyvünkben Nagy-Britannia lakossága) egésze által elfogyasztott energia egyetlen állampolgárra jutó része. A szerző által bevezetett mértékegység tehát a felhasznált (elfogyasztott) energiát egy főre vetítve adja meg: a sok ember által összesen elfogyasztott energiát átlagolva úgy tekinti, mintha mindenki ugyanannyi energiát használt volna fel.

Amíg az „egy fő” választása természetes (hiszen miért is tennénk különbséget az emberek között, vagy miért választanók valamely ország pl. Nagy-Britannia, vagy Magyarország teljes lakosságát – ezek amúgy is változó számok lennének), a „nap” választása teljességgel önkényesnek tekinthető. Ezt a választást a célszerűség indokolja: az, hogy a felhasznált energiát jellemző szám használható maradjon, azaz se túl nagy, se túl kis szám ne legyen, továbbá, hogy a már megszokott mértékegységet, azaz a kilowattórát használhassuk. Ezért a szerző nem az egy év alatt, vagy az egy perc alatt felhasznált energiát, hanem az egy nap alatt elfogyasztott energiát választotta ki, hogy egyszerű és világos magyarázattal szolgáljon.

Másrészt a kWh/nap/fő mértékegység az angol és a magyar nyelv szóhasználatában fennálló eltérések okán félreértésekhez is vezethet. Amint a 2. fejezet (Mérleg) Energia és teljesítmény (eredetiben Energy and power) című alfejezetében a szerző az angol anyanyelvű olvasónak is részletesen kifejti és elmagyarázza, az energia (energy) mértékegységeként a kilowattórát (kWh), a teljesítmény (power) mértékegységeként a kilowattot (kW) és annak többszöröseit (MW, GW stb.) használja. Ebből adódhat az a kérdés, hogy a kWh/nap/fő egységgel kifejezett mennyiség immár vajon energiának vagy teljesítménynek minősül-e? Hiszen – a magyar kiadás lektorának megítélése szerint – joggal mondhatjuk, ahogyan fentebb már írtuk is, hogy ez az az *energiamennyiség, amelyet egy nap alatt egy ember felhasznál, elfogyaszt*. Ugyanígy azonban azt is mondhatjuk, hogy az nem más, mint az egy ember által egy napon átlagosan igénybe vett teljesítmény, hiszen a "nap" éppúgy időt jelent, mint a kWh-ban, annak részeként az óra (h). Ezért tehát joggal mondhatjuk, hogy a kWh/nap/fő teljesítmény-egység, mert ha a "nap" helyére 24 órát gondolunk (helyettesítünk), akkor arra jutunk, hogy

$$1 \text{ kWh/nap/fő} = 1 \text{ kWh/24h/fő} = 0,0417 \text{ kW/fő}$$

Ez pedig a korábban megszokott mértékegységgel kifejezett *teljesítmény* (power).

Miután a szerző – bár az említett fejezetben egyértelműen kijelenti (ld. a 25. oldal széljegyzetét), hogy az energiát (energy) kWh-ban, a teljesítményt (power) kWh/nap (vagy W, kW, MW, GW, TW) mértékegységben óhajtja kifejezni, a kenyérpíró példájával kapcsolatban a következőket írja:

„For example, whenever a toaster is switched on, it starts to consume **power** at a rate of one kilowatt. It continues to consume one kilowatt until it is switched off. To put it another way, the toaster (if it's left on permanently) consumes one kilowatt-hour (kWh) of energy per hour; it also consumes 24 kilowatt-hours per day.”

Szó szerinti fordításban ez így nézne ki:

„Például, amikor bekapcsoljuk a kenyérpíró, az egy kilowatt sebességgel kezdi fogyasztani a teljesítményt. Amíg ki nem kapcsoljuk, folyamatosan egy kilowattot fogyaszt. Másképpen ezt úgy mondhatjuk, hogy a kenyérpíró (ha folyamatosan bekapcsolva marad) egy kilowattóra (kWh) energiát fogyaszt egy óra alatt; egy nap alatt pedig 24 kilowattórát fogyaszt.”

A könyv második fejezetében ezt találják:

„Ha például bekapcsoljuk a kenyérpíró, az egy kilowatt **teljesítményt** kezd fogyasztani (it starts to consume power at a rate

of one kilowatt). Mindaddig egy kilowattot fogyaszt, amíg ki nem kapcsoljuk. Másképpen fogalmazva azt is mondhatjuk, hogy a kenyérpíró (ha egyfolytában bekapcsolva tartjuk), egy kilowattóra (kWh) energiát fogyaszt óránként, ami napi 24 kilowattóra fogyasztásnak felel meg.”

A szerző nagyon gyakran fogalmaz oly módon, hogy csupán a mértékegységet használja anélkül, hogy megmondaná, energiára vagy teljesítményre gondol éppen. A magyar fordításban azonban az ilyenfajta írásmód meglehetősen pongyolának tűnhet. Furcsán hatna, hiányérzetet keltene, ha csupán ezt írnánk: "a szélturbinákkal 14,6 kWh/nap/fő nyerhető". Az ilyen esetekben a fordító *általában* a teljesítmény szóval egészítette ki a mondatot: "a szélturbinákkal 14,6 kWh/nap/fő teljesítmény nyerhető". Néhol azonban éppen a szövegkörnyezetből adódóan kénytelenek voltunk (villamos) energiát írni, ezzel emelve ki a szerző vélelmezett vagy kifejezett szándékát. A szél erőművekről szóló fejezetben a jegyzetek között pl. ezt találjuk:

„...if small scale turbines were installed at all houses where economical in the UK, they would generate in total roughly 0.7 kWh/day/p.”

Ennek magyar fordítása:

„...ha az Egyesült Királyságban mindenütt, ahol az gazdaságos, minden házra kis méretű turbinákat szerelnének, akkor ezek együttes energiatermelése körülbelül 0,7 kWh/nap/fő lenne.”

Ebben esetben nyilvánvaló, hogy nem teljesítményről, hanem termelt (generated) (villamos) energiáról van szó.

Vagy:

„The embodied *energy* in Europe’s fertilizers is about 2 kWh per day per person.”

Magyarul:

Az Európában felhasznált műtrágyamennyiség körülbelül 2 kWh/nap/fő energiát tartalmaz.

A fordításban következetesen a *fogyaszt* ige szerepel az angol *consume* ige helyén. Így maradhattunk hűek a szerző által fogalmazott szöveghez. A magyar köznapi szóhasználatban is gyakori, hogy azt mondjuk: a kenyérpíró fogyasztása 1 kilowatt, a villanykörte fogyasztása pl. 40 watt. Ha így fejezzük ki magunkat, ezzel burkoltan azt mondjuk: az említett eszközök ennyi vagy annyi *teljesítményt* fogyasztanak. Ezt a szóhasználatot nincs jogunk bírálni. Ha azonban az a célunk, hogy ezzel a könyvvel is segítsük

az energiával kapcsolatos dolgaink megértését, akkor fel kell hívnunk a figyelmet az következőkre.

A *fogyaszt* ige használata az energiamegmaradás törvényére tekintve pongyola, hiszen, mint tudjuk, az energia nem fogy el a "fogyasztás" következtében, hanem átalakul egy másik energiafajtvá (fény-, hő- vagy mozgási energiává). De talán megengedhetjük magunknak ezt a lazaságot, hiszen a köznyelv már régen így használja – és beszéljünk *energiafogyasztásról*. Ezzel nem mondunk mást, mint hogy pl. a villamos energia elfogy (elfogyasztjuk), mert ilyen módon – átalakítva hővé, fénné, mozgássá – tesszük a mindennapi életünk céljait illetően hasznossá (főzünk, mosunk stb.). Ha azonban komolyabban tekintjük a témánkat, akkor az energiát és a teljesítményt meg kell különböztetnünk egymástól. Ezt a könyv magyar fordításában oly módon tesszük, hogy a fogyasztás szót a teljesítménnyel kapcsolatban nem vagy csak kivételesen használjuk, hiszen azt az előbbiek szerint lefoglaltuk az energia számára: az energiát fogyasztjuk, ezt mutatja a villanyóra (fogyasztásmérő!) is.

A teljesítmény kifejezést a könyv magyar változatában az esetek túlnyomó többségében igyekeztük az *igénybe vesz* igével párosítani. A teljesítmény ugyanis egyfajta lehetőség vagy képesség: adott esetben a villamos (elektromos) hálózat azon képessége, tulajdonsága, hogy abból energiát vételezzünk. A teljesítmény számértéke határozza meg, hogy egységnyi idő alatt mennyi energiát tudunk felhasználni. Így pl. az 1 kW teljesítményű vasalóval vasalva 1 óra alatt éppen 1 kWh energiát tudunk hővé alakítani. Ne tévesszen meg senkit, hogy a mai vasalókon van egy forgatható gomb: ezzel nem a vasaló teljesítményét, hanem a vasaló talpának hőmérsékletét szabályozhatjuk. A selymet pl. legfeljebb 110 °C-on, a vásznat legalább 180 °C-on célszerű vasalni. Ha a vasalónk teljesítménye nem 1 kW, hanem pl. 1,5 kW, akkor a beállított hőmérsékletet másfélszer olyan gyorsan érjük el, azaz ennyivel kevesebbet kell várunk, hogy a vasaló a megfelelő hőmérsékletre melegedjen.

A fentiek értelmében a kWh/nap/fő mértékegység egyrészt jelenti az egy ember által egy nap alatt felhasznált, fogyasztott energiát, de annak az átlagos teljesítménynek is a mérőszáma, amelyet egy ember egy nap folyamán igénybe vett. Az egy nap során fogyasztott energia – a szerző hasonlatával élve – ahhoz a vízmennyiséghez hasonlítható, amelyet az adott napon elfogyasztottunk (literben kifejezve); a teljesítmény az a sebesség (pontosabban: térfogatáram), amellyel a víz aznap a csapból folyt volna, ha ez a sebesség állandó lett volna (pl. liter/percben kifejezve). A hasonlóság szembeötlő, hiszen ahogyan a vizet sem folytatjuk egész nap, villamos energiát sem használunk a nap folyamán mindig azonos sebességgel, azaz azonos, állandó teljesítménnyel. A különbség abban áll, hogy amíg a víz áramlását a csap beállításával szabályozhatjuk, addig a villany (villamos energia) esetében erre nincs szükség: elegendő, ha a kívánt készüléket be, vagy kikapcsoljuk, az igénybe vett teljesítmény automatikusan változik.

Végül, a teljesség kedvéért: ahogyan a vizet sem tudjuk tetszőlegesen nagy sebességgel folyni, használni, úgy az igénybe vehető villamos teljesítmény is korlátos; ha túl sok készüléket akarunk egyidejűleg bekapcsolni, a kismegszakító megszakítja az áramkört (régente erre a célra olvadó biztosítékot használtak), megelőzve annak túlterhelését, a vezetékek túlmelegedését és az esetleges baleseteket.

Egy másik nyelvi probléma, amelyet feltétlenül meg kell osztanunk az olvasóval, abból adódik, hogy míg az angol nyelv megkülönbözteti (és más szót használ rá) a kémiai tisztá, elemi szenet (carbon) a bányák mélyéről felhozott széntől (coal), addig ilyen megkülönböztetés a magyarban nincsen. Azért, hogy ezeket mégis egyszerűen különválasszuk egymástól, és elkerüljük a félreértéseket, az elemi szénre, tehát a kémiai szempontból tekintett szénre a "karbon" kifejezést használtuk mindenütt, ahol úgy ítéltük meg, hogy erre a megkülönböztetésre feltétlenül szükség van. Természetesen a szén-dioxidot (carbon dioxide) nem kell karbon-dioxidnak neveznünk, hiszen ebben az esetben nyilvánvaló, hogy nincs különbség abban a tekintetben, hogy a szén-dioxid hogyan és miből (elemi szénből vagy – ahogyan általában – szén, olaj, vagy földgáz elégetése során) keletkezett.

A magyar fordításban igyekeztünk azonos fogalmakra azonos szavakat használni; ettől csak akkor tértünk el, ha ez végképp a stílus rovására ment volna. Így pl. következetesen a "villamos energia" kifejezést használtuk általában, és csak elvétve használtuk ennek azonos, vagy hasonló értelmű, a köznyelvben elterjedtebb változatait, mint pl. villany, elektromosság, villamosság, (elektromos) áram. Ez azonban semmiképpen nem jelenti azt, hogy ez utóbbi kifejezések ne lennének szalonképesek. Érdekes módon az angolban erre két szó alkalmas: electricity, electric energy.

Bízunk benne, hogy a magyar kiadás hasznos lesz szakembernek és érdeklődő laikusnak egyaránt, és a témakör fogalmait tekintve nem csak próbál, hanem tud is majd tisztább, áttekinthetőbb képet adni egy olyan területen, ahol a jól hangzó megfogalmazások sokszor fontosabbak, mint a pontosság vagy a hitelesség.

Köszönetnyilvánítás

Sokan dolgoztak azon, hogy ennek a fontos könyvnek a magyar kiadása megjelenhessen. Külön is szeretnénk köszönetet mondani Both Előd fordítónak és Czin Vilmos szakmai lektornak, akik mindent megtettek azért, hogy az érthető példák mellett a korrekt fogalomhasználatot is megalapozhassa ez a kötet, továbbá Árkos-Veres Szilviának és Csikesz Marianának, akik odafigyeltek a könyv minden apró részletére. Külön köszönjük az Alpiq Csepeli Vállalatcsoport értékes támogatását, bízunk benne, hogy a mindennapi munkájuk során is hasznosítani tudják e könyv megállapításait.

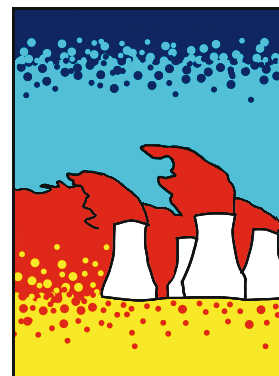
Tartalomjegyzék

I	Jelzők helyett számok	1
1	Indítékok	2
2	Mérleg	26
3	Autók	35
4	Szél	39
5	Repülő	43
6	Napenergia	46
7	Fűtés és hűtés	60
8	Vízenergia	66
9	Világítás	69
10	Tengeri szél	72
11	Kütyük	82
12	Hullámok	87
13	Élelmiszerek és mezőgazdaság	91
14	Árapály	97
15	Hétköznapi használati tárgyaink	105
16	Geotermikus energia	115
17	Közzolgáltatások	120
18	Támaszkodhatunk csak a megújuló forrásokra?	124
II	Tegyük különbséget!	137
19	Minden NAGY segít	138
20	Jobb közlekedés és szállítás	143
21	Okosabb fűtés	169
22	Az elektromosság hatékonyabb használata	187
23	Fenntartható fosszilis tüzelőanyagok?	189
24	Atomenergia?	193
25	Élhetünk-e más országok megújuló forrásaiból?	212
26	A termelés ingadozása és az energia tárolása	222
27	Öt energetikai terv Nagy-Britannia számára	242
28	Na de mi a helyzet a költségekkel?	255
29	Mit tegyünk most?	264
30	Energetikai tervek Európa, Amerika és a világ számára	276
31	Légből kapott szén-dioxid	286
32	Igent mondunk	298

Köszönetnyilvánítás	299
III Technikai fejezetek	301
A Autózás II.	302
B Szél II.	312
C Repülés II.	319
D Napenergia II.	335
E Fűtés II.	342
F Hullámok II.	362
G Árapály II.	366
H Hétköznapi használati tárgyaink II.	379
IV Hasznos adatok	385
I Gyors áttekintés	386
J Lakosság és terület	398
K Az Egyesült Királyság energetikai történelme	402
Bibliográfia	404
Név- és tárgymutató	411
A szerzőről	414

I. rész

Jelzők helyett számok



1 Indítékok

Olyan korban élünk, amikor az érzelmek és a megérzések fontosabbak az igazságnál, a tudomány eredményeire pedig fittyet hánynak.

James Lovelock

A közelmúltban két könyvet olvastam, az egyiknek fizikus, a másiknak közgazdász a szerzője. David Goodstein a Kaliforniai Műszaki Egyetem (Caltech) fizikusa *Nincs benzin* (*Out of Gas*) című könyvében egy fenyegető energiaválságot ír le, amelyet „az olaj korszakának végeként” mutat be. Előrejelzése szerint a válság hamarosan beköszönt: még hozzá nem akkor, amikor kisajtoljuk a Földből az utolsó csepp olajat, hanem akkor, amikor a kőolaj-kitermelés már nem tud lépést tartani az igények növekedésével – akár már 2015-ben vagy 2025-ben. Sőt mi több, ha valamilyen csoda folytán egész „energiazabálásunkat” hirtelen át tudnánk állítani atomenergiára, akkor az olajválság helyett egyszerűen nukleáris válsággal kellene szembenéznünk, véli Goodstein, mert úgy húsz év leforgása alatt az uránkészleteink is kimerülnének.

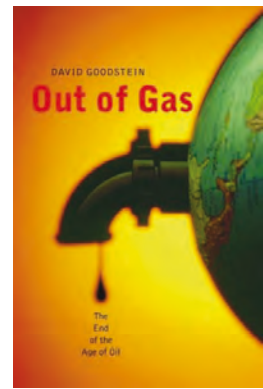
Björn Lomborg *COOL IT – Hidegvér! A szkeptikus környezetvédő útikalauza a globális felmelegedéshez* (*The Skeptical Environmentalist*) című könyvében az előbbivel merőben ellentétes képet rajzol fel. „Minden rendben van” – mondja, sőt, „a dolgok egyre jobbra fordulnak”. Továbbá „nem fenyeget jelentős energiaválság”, hanem „bővében vagyunk az energiának”.

Hogyan juthat két okos ember egymástól ennyire különböző következtetésre? Ennek a végére kell járnunk.

Az energia kérdése 2006-ban került be a brit híradásokba. Heves vita lángolt fel a jelentős mértékű klímaváltozásról, és arról, hogy a földgáz ára röpke hat év alatt megháromszorozódhat. Miként elégítheti ki ebben az esetben Nagy-Britannia az energiaszükségleteit? És az egész világ?

Szél vagy atom? – vetődött fel például a kérdés. Még elképzelni is nehéz, milyen mértékben polarizálódtak az okos emberek nézetei. A nukleárisenergia-termelés kiszélesítésére vonatkozó javaslatról folyó vitában Michael Meacher, korábbi környezetvédelmi miniszter kijelentette, „ha 60 százalékkal csökkenteni akarjuk az üvegházgázok kibocsátását, akkor [...] 2050-re nem marad más választásunk, kizárólag a megújuló energiaforrások használata”. Sir Bernard Ingham, volt állami tisztviselő az atomenergia elterjesztése mellett szállt síkra, és kijelentette, „bárki, aki azt hiszi, hogy az energiaszakadék áthidalásában a megújuló energiaforrásokra lehet támaszkodni, tökéletes álmvilágban él, és a nemzet ellensége”.

Hasonló nézetkülönbségeket láthatunk az ökológiai mozgalmakon belül. Abban mindenki egyetért, hogy *valamit* sürgősen tenni kell, de *mit*? Jonathan Porritt, a brit Alsóház Fenntartható Fejlődés Bizottságának az elnöke így fogalmaz: „semmi sem indokolja, hogy napjainkban egy új nukleáris energetikai programmal hozakodjunk elő, és [...] bármely ilyen



David Goodstein: *Nincs benzin* (*Out of Gas*, 2004)



Björn Lomborg: *COOL IT (The Skeptical Environmentalist*, 2001)

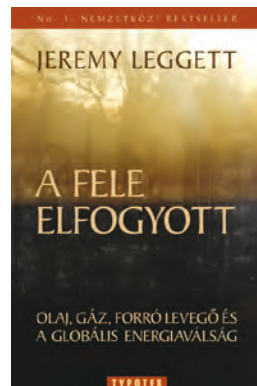
felvetés összeegyeztethetetlen lenne a Kormány fenntartható fejlődési stratégiájával”. Továbbá „egy nem atomenergián alapuló stratégia elegendő lehet – és elégnék is kell lennie – ahhoz, hogy elérjük mindazt a széndioxid-kibocsátási megtakarítást, amire 2050-ig, és azon túl szükségünk van, valamint gondoskodjunk a megbízható energiaforrásokhoz való biztonságos hozzáférésünkről”. Ezzel szemben a környezetvédő James Lovelock *Gaia bosszúja* (*The Revenge of Gaia*) című könyvében a következőket írja: „Immár túlságosan késő van a fenntartható fejlődés megalapozásához.” Véleménye szerint a maghasadás energiája „az egyetlen hatékony gyógyszer, amely jelenleg rendelkezésünkre áll”, bár nem javallott gyengélkedő bolygónk számára alkalmas csodaszernek tekinteni. A tengeri szélturbinák „nem egyebek [a vezetőink számára tett] pusztá gesztusoknál, amelyekkel a környezet ügye iránti elkötelezettségünket akarjuk bizonyítani”.

A heves vita az adatokról folyik. Mennyi energiát képesek az egyes források megtermelni, milyen gazdasági és társadalmi költségek árán, és milyen kockázattal? A tényleges számértékeket azonban csak ritkán említik meg. A nyilvános vitákban gyakran csak annyi hangzik el, hogy „az atomerőművek csak a pénzt nyelik” vagy „óriási mennyiségben áll rendelkezésünkre a hullámok és a szél energiája”. Az efféle megnyilatkozásokkal az a probléma, hogy nem elég valamiről azt tudni, hogy óriási a mennyisége: azt is tudnunk kellene, miként viszonyul az egyik „óriási” a másik „óriásihoz”, nevezetesen *óriási mértékű energiafogyasztásunkhoz*. Ha el akarjuk végezni ezt az összehasonlítást, akkor számokra van szükségünk, nem jelzőkre.

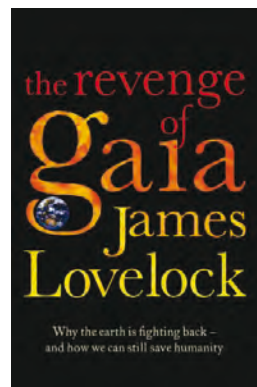
Ha számokról van szó, akkor azok tartalmát gyakran elhomályosítja a nagyságuk. Bizonyos számokat azért választunk, hogy mély benyomást tegyenek a hallgatóra, és segítsék az érvelést, nem pedig azért, hogy informáljanak. „Los Angeles lakói minden egyes napon 227 millió kilométert vezetnek, ami megfelel a Föld és a Mars közötti távolságnak.” „Évente 11 millió hektár trópusi esőerdőt irtunk ki.” „Évente 6,5 millió tonna szemetet öntünk a tengerbe.” „A britek minden évben 2,6 milliárd szelet kenyeret dobnak ki.” „Az Egyesült Királyságban évente lerakott hulladékpapír 103 448 darab emeletes buszt töltene meg.”

Ha az energiaválság megoldására felvetett összes ostoba ötletet egymás mellé tennénk, a sor elérne a Holdig és vissza – de azt hiszem, elkalandoztam a tárgytól.

Mi lesz a következménye a valódi jelentést hordozó számok és adatok hiányának? Eláraszt bennünket a mérhetetlen mennyiségű képtelenség. A BBC apránként adagolja nekünk a jó tanácsokat, hogy miként tudjuk a magunk módján, saját, apró hozzájárulásainkkal megmenteni a bolygónkat. Ilyen jó tanács például az, hogy „húzzuk ki a mobiltelefonunk töltőjét, amikor nem használjuk”. Ha valaki erre azzal az ellenvetéssel él, hogy *valójában* nem a mobiltelefonunk töltője a legjelentősebb energiafogyasztónk, akkor erre a „minden apró lépés segít” szlogen a válasz. De vajon tényleg segít minden apró lépés? Sokkal realisabb lenne azt kijelenteni, hogy:



A magyar nyelven elérhető könyvek közül Goodsteinhez legközelebb Jeremy Leggett áll, aki *A fele elfogyott* című könyvében hasonlóan mutatja be olajfüggőségünk történetét, annak súlyos következményeit és kényszerűen közeli végét. (A kiadó megjegyzése.)



James Lovelock: *Gaia bosszúja: Miért védi magát a Föld – hogyan menthetnénk meg az emberiséget?* (*The Revenge of Gaia: Why the earth is fighting back – and how we can still save humanity*, 2006.) © Allen Lane

ha mindenki csak egy apró lépést tesz meg, az együttesen is csak csekély előrehaladásnak felel meg.

A cégek ugyancsak hozzájárulnak a napi képtelenségadagunkhoz, amikor saját kiválóságukat szajkózzák, vagy éppen azt, miként segíthetnek nekünk „saját apró lépésünk” megtételében. A BP (British Petrol) honlapja például azt ünnepli, hogy a cégnek a BP hajóinál alkalmazott festék lecserélésével sikerült csökkentenie a szén-dioxid (CO₂) kibocsátását. De vajon elhiszi ezt bárki is? Vajon mindenki tisztában van vele, hogy nem a burkolat festésével kellene törődni, hanem azzal az anyaggal, ami a tartály *belsejében* található, ha társadalmi szinten valóban jelentős mértékben akarjuk csökkenteni a szén-dioxid-kibocsátást. A BP egy internetes szén-dioxid-ellentételező szolgálatot is létrehozott a targetneutral.com címen, ahol azt állítják, hogy „semlegesíteni” tudják minden szén-dioxid-kibocsátásunkat, ráadásul a „költségek sem rúgnak magasra”. Valóban mindössze évi 40 fontért az egész szén-dioxid-szennyezésünk eltakarítható? Hogy jön ki ez az összeg? Hiszen ha az éghajlatváltozás megállítása személyenként mindössze 40 fontba kerülne, akkor a kormány könnyűszerrel elintézhethé ezt egymaga, és még a költségvetést sem terhelné meg igazán.

Még inkább elítélendő azon cégek magatartása, amelyek meglovagolva a környezet állapota iránt széles körben érzett aggodalmat, „vízzel működő akkumulátorokat”, „biológiai úton lebomló mobiltelefonokat”, „hordozható, kézi szélturbinákat” és egyéb efféle, értelmetlen kacatokat kínálnak.

A korteskedők ugyancsak félrevezetik az embereket. Akik például a megújuló energiaforrások mellett törnek lándzsát az atomenergia ellenében, azt állítják, hogy „a tengeri szélerőműparkokkal az Egyesült Királyság összes otthonának energiaszükséglete megtermelhető”. Majd azt is hozzátesszik, hogy „az új atomerőművek létesítése aligha oldja meg az éghajlatváltozás problémáját”, mert 10 új atomerőmű „csupán 4 százalékkal csökkentené a kibocsátást”. Az érvelés félrevezető, mert az első felében az „energiával ellátott háztartásokról”, a második felében viszont „a kibocsátás csökkentéséről” beszél. Az igazság az, hogy „az Egyesült Királyság összes otthonának energiaellátását biztosító”, csodálatos szélmalom *pontosan ugyanannyi* elektromos energiát termelnének, mint 10 atomerőmű! „Az Egyesült Királyság összes otthonának energiaellátása” azonban az ország teljes emissziójának csupán 4 százalékáért felelős.

A képtelenségek birodalmában talán azok követik el a legsúlyosabb bűnöket, akiknek valójában tudniuk kellene, mi az igazság – a képtelenségek pártját fogó médiára gondolok. Példaként említhetem a *New Scientist* víz-hajtású autókról* szóló cikkeit.

Egy olyan közegben, ahol az emberek nem értenek a számok nyelvén, nyert ügyük van az újságíróknak, a korteskedőknek, az érdekelt vállalatoknak és a politikusoknak. Egyszerű számokra van szükségünk, és a szá-

A „minden apró lépés segít” szlogen eredetije a brit angol szerint „every little helps”, az amerikai angolt beszélő olvasók számára ez „every little bit helps” formában lehet ismerős.

*További részleteket illetően az ezen fejezethez tartozó jegyzetekre utalunk (21. oldal). (Minden fejezet végén találunk majd jegyzeteket, amelyekben hivatkozásokat, forrásokat adok meg, vagy részletesebben érvelek. Nem akarom azonban megzavarni az olvasót, ezért a továbbiakban nem jelölöm a szövegben a jegyzetekre történő hivatkozás helyét.)

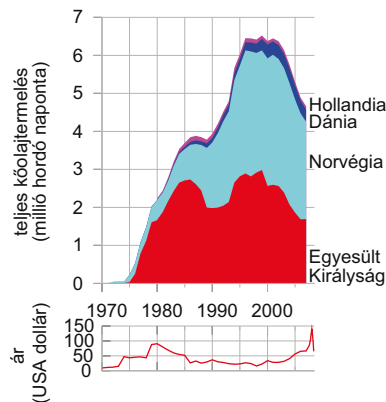
moknak érthetőeknek, egymással összehasonlíthatóaknak és megjegyezhetőeknek kell lenniük.

Ha a számok a helyükre kerülnek, akkor jó eséllyel választ adhatunk a következő, és az ezekhez hasonló, kérdésekre:

1. Támaszkodhat-e egy Nagy-Britanniához hasonló ország teljes egészében saját megújuló energiaforrásaira?
2. Ha mindenki egy fokkal alacsonyabbra állítja a termosztát szabályozóját, kisebb autóval jár, és kihúzza a telefontöltőt, amikor nem használja, akkor elkerülhető-e az energiaválság?
3. Meg kellene-e növelni jelentős mértékben a közlekedésre és szállításra használt üzemanyagok adóját? Szükséges lenne-e az országutakon felére csökkenteni a megengedett sebességet?
4. A „nemzet ellenségének” kell-e tekinteni azt, aki az atomerőművekkel szemben a szélerőműparkok pártját fogja?
5. Ha az éghajlatváltozás „még a terrorizmusnál is súlyosabb veszélyt” jelent, akkor a kormányoknak büntetniük kellene „az utazás dicsőítését”, és törvényeket kellene elfogadtatniuk „a fogyasztásra történő buzdítás” ellen?
6. Ha áttérünk a „fejlett technológiák” alkalmazására, akkor meg tudjuk szüntetni a szén-dioxid-szennyezést, anélkül, hogy életmódunkon változtatnánk?
7. Arra kellene-e ösztönözni az embereket, hogy több vegetáriánus ételt fogyasszanak?
8. Tényleg hatszor nagyobb a Föld népessége a kívánatosnál?



1.1. ábra. 2006 májusában a kéréten postai küldeményeim között találtam a Greenpeace szórólapját. Vajon elegendő-e a szeretett szélturbinák teljesítménye a gyűlölt hűtőtornyok kiszorításához?



1.2. ábra. Kifogynak-e a „mi” kőolajkészleteink? A teljes északi-tengeri kőolaj-kitermelés és a kőolaj hordónkénti ára a dollár 2006-os árfolyamán.

Miért tárgyaljuk az energiapolitikát?

Napjainkban az energetikáról folyó vitákat három különböző tényező motiválja.

Először is, a fosszilis tüzelőanyagok készletei végesek. Lehetségesnek tűnik, hogy az olcsó kőolaj (amelyekkel autóinkat és teherautóinkat hajtjuk) és az olcsó gáz (amellyel számtalan épületet fűtünk) készletei még a mi életünkben kimerülnek. Ezért alternatív energiaforrásokat keresünk. Figyelembe véve, milyen értékes erőforrást jelentenek a fosszilis tüzelőanyagok, amelyekből műanyagok és számos más hasznos anyag készíthető, talán meg kellene őriznünk készleteinket egy nemesebb cél érdekében ahelyett, hogy egyszerűen csak elégetjük őket.

Másodszor, érdekeltel vagyunk az energiaellátás biztonságában. Még ha valahol a világban rendelkezésre is állnak a fosszilis tüzelőanyagok, talán akkor sem akarunk tőlük függeni, ha ez a függőség sérülékennyé

teszi gazdaságunkat, mert kiteszi a megbízhatatlan külföldiek szeszélyeinek. (Remélem, tudnak a sorok között olvasni.) Az 1.2. ábrát szemügyre véve úgy tűnhet, mintha a „mi” fosszilis tüzelőanyag-készleteink máris ki-merülő félben lennének. Az Egyesült Királyság esetében egy sajátos, az ellátás biztonságával összefüggő probléma is a szemünkbe tűnik, az úgynevezett „energiaszakadék”. A következő évtizedben jelentős számú régi széntüzelésű erőművet és atomerőművet kell bezárnunk (1.3. ábra), ezért fennáll annak a kockázata, ha nem dolgozunk ki addig megfelelő terveket, hogy villamosenergia-igényünk időszakonként meghaladhatja majd a villamosenergia-termelést.

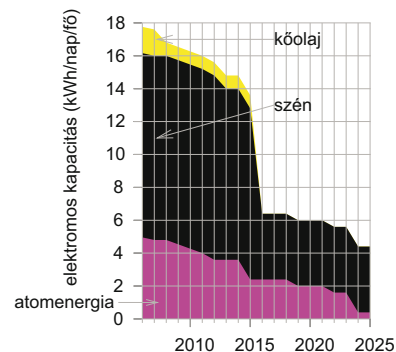
Harmadszor, nagyon valószínű, hogy a fosszilis tüzelőanyagok használatát megváltoztatja bolygónk éghajlatát. Az éghajlatváltozásért számos emberi tevékenységet tesznek felelőssé, azonban a legjelentősebb hozzájárulást a szén-dioxid által okozott üvegházhatás jelenti. A szén-dioxid-kibocsátás legnagyobb része a fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származik. Ugyanakkor a fő ok, amiért elégetjük a fosszilis tüzelőanyagainkat, hogy ki akarjuk elégíteni energiaigényünket. Ha tehát orvosolni akarjuk az éghajlatváltozás hatásait, ki kell találnunk valamilyen új módszert az energiatermelésre. Az éghajlat problémája tehát legnagyobb részben energetikai kérdés.

Bármelyik motiválja is önöket a fenti három tényező közül, az energetika ügyeit mindenképpen számokkal kell kifejeznünk, akárcsak a számításba vehető megoldásokat.

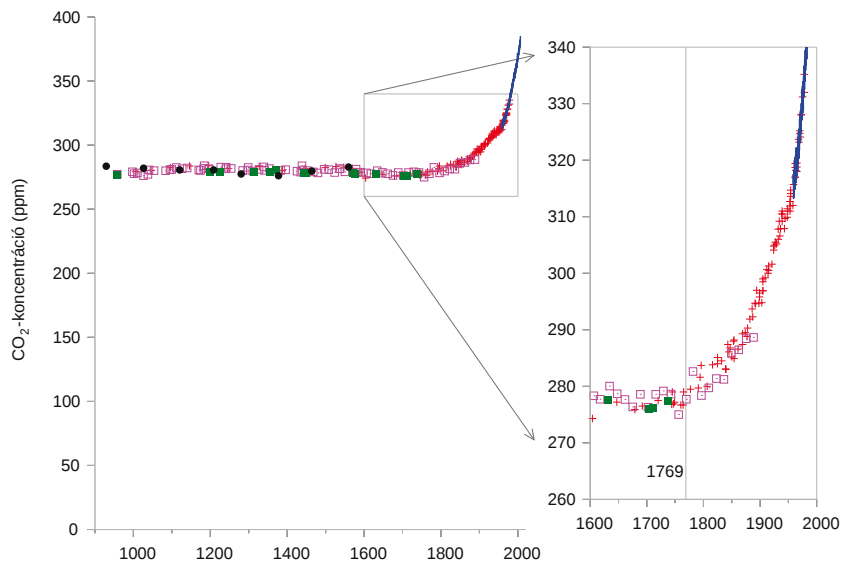
Az első két kérdéskör egyértelműen a fosszilis tüzelőanyagok felhasználásának drasztikus csökkentésével kapcsolatos, önző álláspontunkat tükrözi. A harmadik kérdéskör esetében a motivációnk sokkal önzetlenebb – az éghajlatváltozás terhére ugyanis nem elsősorban nekünk, hanem sokkal inkább a sok száz év múlva élő generációknak kell majd viselniük. Egyesek úgy érzik, az éghajlatváltozás nem az ő felelősségük. Ők így gondolkodnak: „Mi értelme van, hogy én magam bármit is tegyek, amikor Kína úgyis megy a maga feje után?” Éppen ezért a következőkben az éghajlatváltozás kérdéskörét kicsit részletesebben kívánom tárgyalni, mert miközben ezt a könyvet írtam, sok érdekes tény jutott a tudomásomra, amelyek más megvilágításba helyezik ezeket a kérdéseket. Akit viszont nem érdekel az éghajlatváltozás, az nyugodtan lapozzon tovább a 18. oldalra, és folytassa azzal a résszel az olvasást.

Az éghajlatváltozás mint motiváló tényező

Az éghajlatváltozásra vonatkozó érvelés három lépésből áll. Egy: a fosszilis tüzelőanyagok ember által történő elégetése megnöveli a légkörben a szén-dioxid-koncentrációt. Kettő: a szén-dioxid üvegházhatású gáz. Három: az üvegházhatás erősödése következtében emelkedik a globális átlaghőmérséklet (és további következményei is vannak).



1.3. ábra. Az Egyesült Királyság erőműveinek bezárása miatt kialakuló „energiaszakadék” az EdF energetikai cég előrejelzése szerint. A diagram az atomerőművek, valamint a szén- és kőolaj-tüzelésű erőművek előre jelzett kapacitását mutatja kWh/nap/fő egységekben. Kapacitásnak az adott forrásból kinyerhető maximális teljesítményt tekintjük.

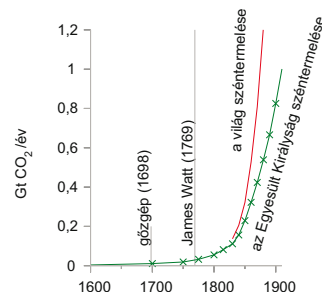


1.4. ábra. A szén-dioxid (CO₂) koncentrációja (ppm, parts per million, CO₂-molekulák száma egymillió levegőmolekulában) a legutóbbi 1100 évben, jégmintákba zárt légbuborékok (1977-ig) és a Hawaii-szigeteken végzett közvetlen mérések (1958-tól) alapján.

Láthatóan valami történt 1800 és 2000 között. A diagramon bejelöltem az 1769-es évet, amikor James Watt szabadalmaztatta gőzgépét. (Az első, gyakorlatban is használható gőzgépet 70 évvel korábban, 1698-ban találták fel, de Watt gépe sokkal jobb hatásfokkal működött.)

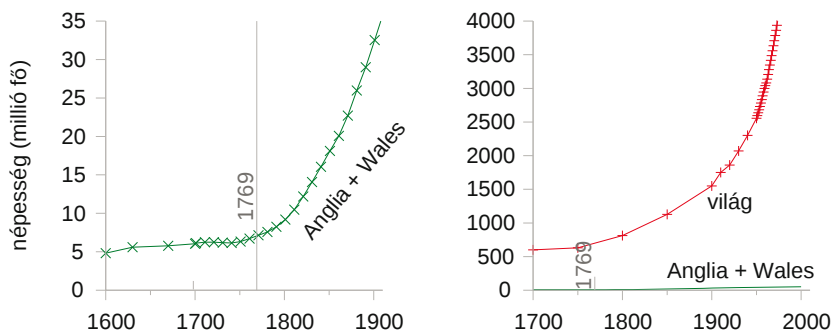
Induljunk ki abból a tényből, miszerint a szén-dioxid-koncentráció emelkedik. Az 1.4. ábrán bemutatjuk a szén-dioxid-koncentráció emelkedését a levegőben, i. sz. 1000-től napjainkig. Egyes „szkeptikusok” kijelentették, hogy a szén-dioxid-koncentráció növekedése természetes jelenség. De vajon olyan embert jelent-e a „szkeptikus” megjelölés, aki „még soha, egy futó pillantást sem vetett az adatokra”? Nem gondolják esetleg, hogy *valami* talán mégiscsak történhetett i. sz. 1800 és 2000 között? Valami olyasmi, ami nem tartozott az előző ezer év során a természeti folyamatok körébe?

Valami tényleg történt, méghozzá az, amit ipari forradalomnak nevezünk. A diagramon megjelöltem az 1769-es esztendő, vagyis azt az évet, amikor James Watt szabadalmaztatta gőzgépét. Bár az első működőképes gőzgépet már 1698-ban feltalálták, azonban csak Watt jobb hatásfokú gőzgépe volt az, ami ténylegesen elindította az ipari forradalmat. Abban az időben a gőzgép egyik legfontosabb alkalmazási területe az volt, hogy kiszivattyúzták a segítségével a vizet a szénbányákból. Az 1.5. ábráról leolvasható, miként változott Nagy-Britannia széntermelése 1769-től kezdődően. A diagram azt mutatja meg, hány milliárd tonna szén-dioxid szabadul fel, ha a kitermelt szén maradéktalanul elégetik. 1800-ban a szén a vasgyártásban és a hajóépítésben éppúgy használták, mint mozdonyok és más gépek hajtására, és természetesen továbbra is működtek a szivattyúk, amelyek lehetővé tették, hogy egyre több szén termeljenek ki Anglia és Wales hegyeinek gyomrából. Nagy-Britannia hihetetlenül bőven el volt látva szénnel: amikor az ipari forradalom elindult, ugyanannyi szén lapult Nagy-Britannia mélyén, mint amennyi kőolaj volt Szaúd-Arábia alatt.

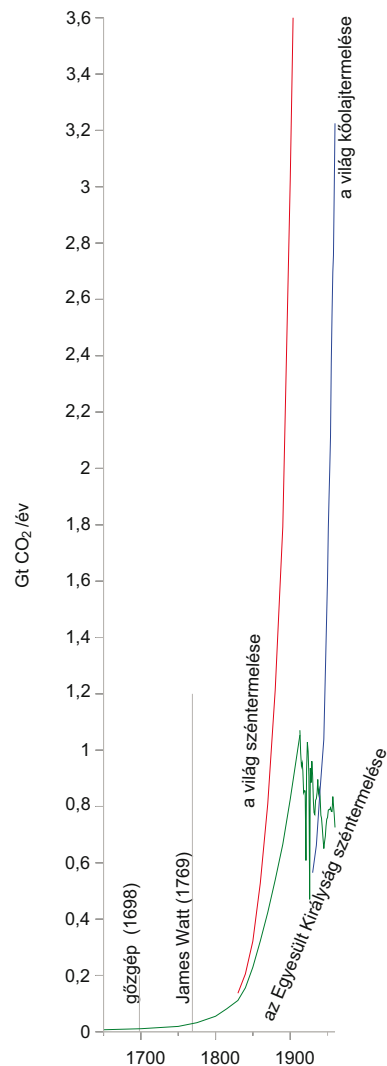
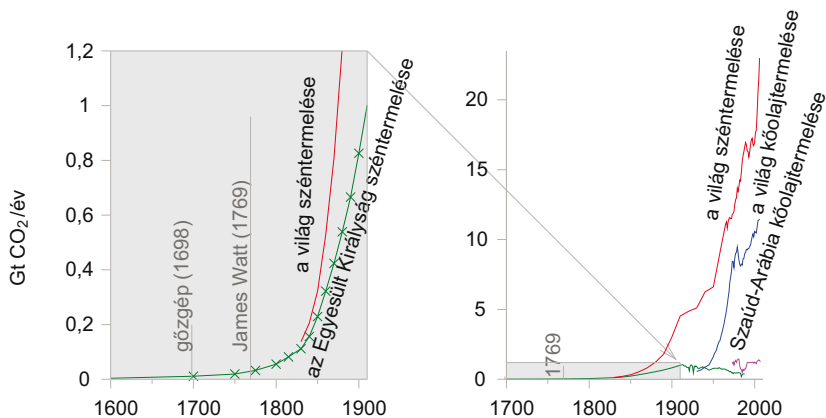


1.5. ábra. Az Egyesült Királyság és a világ széntermelésének alakulása 1600 és 1910 között. A kitermelt mennyiséget milliárd tonna CO₂-ben adom meg. Ez egy felfoghatatlan mértékegység, de ne aggódjanak, hamarosan érthetőbbé teszem.

Az 1769 és 1800 közötti 30 év leforgása alatt Nagy-Britannia éves széntermelése megkétszereződött. Ezután újabb 30 év alatt (1830-ig) ismét megkétszereződött. A következő megkétszereződésre azonban már csak húsz évet kellett várni (1850), akárcsak a rákövetkezőre (1870). A szénnek köszönhetően beköszöntött a jólét. Az Angliában és Walesben kibontakozó virágzást az is tükrözte, hogy a népesség száz év leforgása alatt soha nem látott mértékben növekedett:



Az ipari forradalom továbbterjedésével más országokban is ugyanez a folyamat volt megfigyelhető. Az 1.6. ábrán Nagy-Britannia és az egész világ széntermelése látható, ugyanabban a léptékben, ahogyan az 1.5. ábrán bemutattuk, azzal a különbséggel, hogy az időskálát 50 évvel eltoltuk. A brit széntermelés 1910-ben érte el a csúcspontját, míg eközben a világ széntermelése továbbra is 20 évenként megkétszereződött. Nehéz bemutatni a világ széntermelésének történetét egyetlen diagramon. Ha azt is ugyanilyen léptékben akarnánk megmutatni, ami a *rákövetkező* 50 évben történt, akkor könyvünknek egy méter magasnak kellene lennie! A kényelmetlenség egyik megoldása az lehet, hogy a grafikont a függőleges tengely mentén összenyomjuk:



1.6. ábra. Mi történt ezt követően? Az Egyesült Királyság és a világ széntermelésének alakulása 1650 és 1960 között, az 1.5. ábráéval megegyező léptékben.

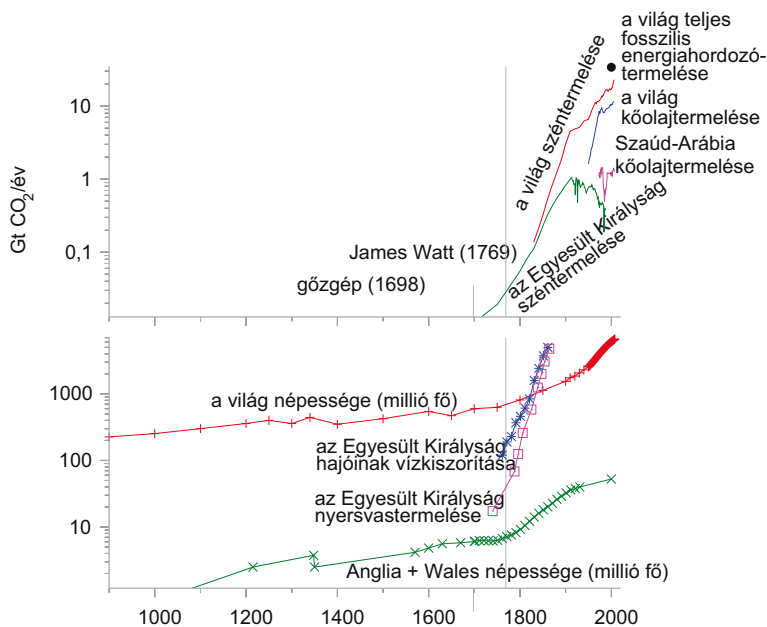
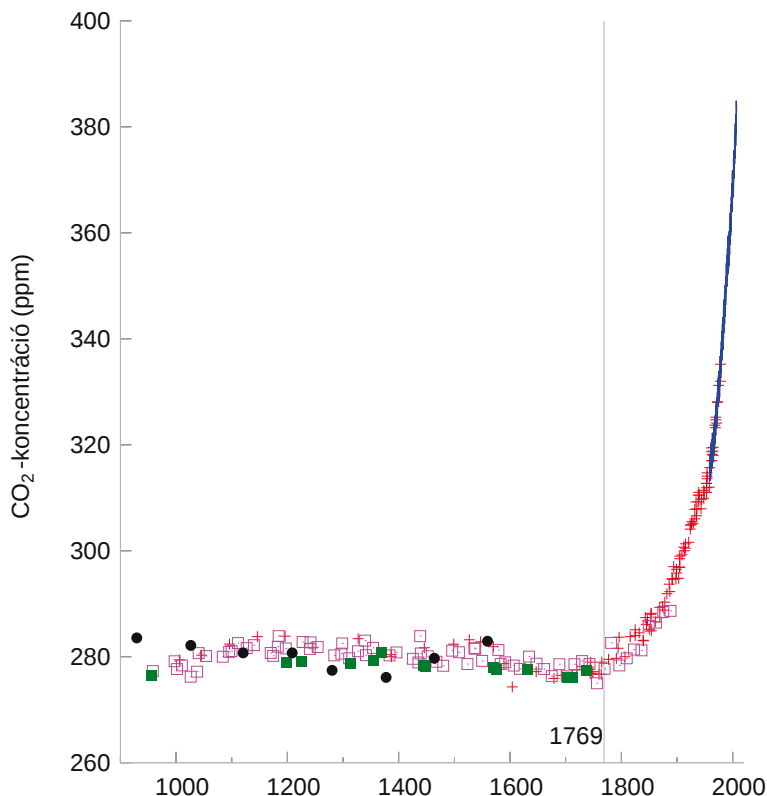
Azt is megtehetjük, hogy a függőleges tengelyt nem egyenletesen nyomjuk össze, így a kis és a nagy mennyiségek egyszerre, egyazon diagramon láthatóvá válnak. Az ilyen nem egyenletes összenyomás egyik célszerű módja az úgynevezett logaritmikus skála alkalmazása – ezt használok az 1.7. ábra (10. oldal) alsó két grafikonján. A logaritmikus skálán minden tízszeres növekedésnek (1-ről 10-re, 10-ről 100-ra, 100-ról 1000-re) a lapon ugyanakkora távolság felel meg. A logaritmikus skálán az a mennyiség, amelyik minden évben ugyanannyi százalékkal nő (vagyis úgynevezett exponenciális növekedést mutat), egyenes vonalként jelenik meg. A logaritmikus skálájú diagramok különösen előnyösek, ha a növekedés sajátosságait akarjuk megérteni. Miközben a 7. és a 8. oldalon látható, lineáris diagramok azt sugallják, hogy Nagy-Britannia és a világ széntermelése figyelemre méltó mértékben növekedett, addig az egymáshoz viszonyított növekedési ütemek a hagyományos diagramokra pillantva nem nyilvánvalóak. A logaritmikus diagram ezzel szemben lehetővé teszi a növekedés ütemének egyszerű összehasonlítását. Ha például megnézzük a népesség növekedését bemutató görbe meredekségét, akkor azt látjuk, a világ népességének növekedési üteme az elmúlt 50 évben valamivel nagyobb, mint amilyen 1800-ban Angliában és Walesben volt.

A világ széntermelése 1769 és 2006 között a 800-szorosára nőtt, és még ma is növekszik. Az egyéb fosszilis energiahordozók kitermelése is folyik – az 1.7. ábra középső grafikonja például a kőolaj-kitermelést mutatja –, de a szén-dioxid-kibocsátást figyelembe véve továbbra is a szén vezet.

A szén-dioxid-koncentráció növekedését legfőbbképpen a fosszilis tüzelőanyagok elégetése okozza. Ez tény, de azért itt álljunk meg egy szóra! Egyfolytában hallani lehet az éghajlatváltozás iránt közömbös emberek táborának morgását. Mit állítanak ezek az emberek? Álljon itt példaként Dominic Lawson, az *Independent* rovatvezetőjének véleménye:

„A fosszilis tüzelőanyagok elégetése évente körülbelül **hét gigatonna** szén-dioxidot juttat a légkörbe, ami rengetegnek tűnik. Ugyanakkor azonban a bioszféra, illetve az óceánok évente körülbelül **1900 gigatonna**, illetve **36 ezer gigatonna** szén-dioxidot juttatnak a légkörbe – [...] ez az egyik oka annak, amiért néhányan kétkedéssel fogadjuk azokat a véleményeket, amelyek az üvegházgázok hatásának értékelésekor a tüzelőanyagok emberek által történő elégetésére fektetik a hangsúlyt. Az emberi eredetű szén-dioxid-kibocsátás csökkentése egyszerű megalománia, mert eltúlozza az ember jelentőségét. A politikusok nem képesek megváltoztatni az időjárást.”

Nos, én is ráérek kételkedni, és bár nem állítom, hogy mindaz, amit a szkeptikusok mondanak, egy nagy rakás szemét – ám a Dominic Lawsonéhoz hasonló felelőtlen újságírás tényleg csak arra érdemes, hogy a szemétbe dobjuk.



1.7. ábra. A felső ábra a szén-dioxid (CO₂) koncentrációját mutatja (ppm egységekben) a legutóbbi 1100 évben – ugyanezt már az 1.4. ábrán is láttuk.

Az érméken James Watt arcképe és az 1769-ben készített gőzgépe látható.



A középső diagramon (logaritmikus skála) az Egyesült Királyság széntermelésének, Szaúd-Arábia kőolajtermelésének, a világ széntermelésének és a világ kőolajtermelésének alakulása látható. A diagram jobb felső részén a fekete pont a 2000. évi teljes üvegházgáz-kibocsátást mutatja. Minden termelési adatot az annak megfelelő szén-dioxid-kibocsátással adunk meg.

Az alsó diagramon (logaritmikus skála) az ipari forradalom néhány következményét látjuk: rohamos növekedésnek indult Anglia, majd nem sokkal később az egész világ népessége. Figyelemre méltó módon növekedni kezdett a brit nyersvastermelés, valamint a brit hajók vízkiszorítása (ezer tonnában).

Ellentétben a korábbi oldalakon alkalmazott közönséges grafikonokkal, itt a logaritmikus skála lehetővé teszi, hogy Angliát és a világ népességét egyetlen diagramon ábrázoljuk, és mindkét görbe alakulásában érdekes sajátosságokat figyelhessünk meg.

Lawson ajánlatával kapcsolatban az első probléma az, hogy az általa említett *mindhárom szám* (hét, 1900 és 36 ezer) *hibás!* A helyes értékek: 26, 440 és 330. Egyelőre ne is ezekkel a hibákkal foglalkozzunk, hanem Lawson állításának a lényegével, az emberi kibocsátás viszonylagos kicsinységével.

A természetes úton a légkörbe jutó szén-dioxid mennyisége valóban nagyobb, mint az a többlet, amit az ember az utóbbi 200 évben adott az egyre több fosszilis tüzelőanyag eltüzelésével. Súlyosan félrevezető azonban, ha a természetes változások közül csak a légkörbe természetes úton *bejutó* szén-dioxidot vesszük figyelembe, és nem szólunk arról, hogy pontosan ugyanennyi *ki is kerül* a légkörből, nevezetesen visszajut a bioszférába és az óceánokba. A lényeg az, hogy a *természetes* be- és kiáramlás évezredekken keresztül egyensúlyban volt egymással. Egyáltalán nem helytálló tehát az a megállapítás, miszerint ezek a természetes anyagáramlások nagyobbak lennének az emberi kibocsátásnál. A természetes anyagáramlások *kiegyenlítik egymást*. A természetes folyamatok tehát, bármilyen nagy mennyiségről van is szó, a légkörben és az óceánokban az elmúlt néhány ezer év során *állandó szinten* hagyták a szén-dioxid koncentrációját. A fosszilis tüzelőanyagok elégetése azonban a szén légkörbe történő áramlásának *új* forrását jelenti, amit *semmi nem egyenlít ki*. Egyszerű hasonlatként gondoljunk egy repülőtéren az útlevél-ellenőrzőpont környékére. Óránként ezer utas érkezik, és pontosan annyi határőr teljesít szolgálatot, amennyi *egy óra alatt ezer utas* iratait tudja ellenőrizni. Kialakulhat ugyan kisebb sor, de mivel az óránként érkező és az ugyanannyi idő alatt ellenőrzött utasok száma megegyezik, a sorok nem hosszabbodnak. Képzeliük most el, hogy köd miatt egy kisebb repülőtérről további járatokat irányítanak ide. Ez az érkezési oldalon *óránként további 50 utas* megjelenésével jár, ami az eredeti óránkénti ezer utashoz képest csak csekély többletet jelent. Eleinte a hatóság nem növeli meg az útlevelet ellenőrző dolgozók számát, a szolgálatban lévők óránként továbbra is csak ezer utas iratait tudják ellenőrizni. Mi fog történni? *A sorok* lassan, de biztosan *hosszabbodni kezdenek*. A fosszilis tüzelőanyagok elégetése akaratlanul is növeli a szén-dioxid-koncentrációt a légkörben és az óceánok felszíni vizeiben. Egyetlen éghajlatkutató sem vonja kétségbe ezt a tényt. Amikor tehát előkerül a szén-dioxid-koncentráció témaköre, akkor az ember *szerepe jelentős*.

Rendben, tehát a fosszilis tüzelőanyagok elégetése jelentős mértékben növeli a szén-dioxid-koncentrációt. De számít ez egyáltalán? „A szén maga a természet, a szén maga az élet!”, emlékeztetnek az olajpártiak. Ha a szén-dioxidnak nem lennének veszélyes mellékhatásai, akkor a szén kibocsátása egyáltalán nem számítana. A szén-dioxid azonban üvegházgáz. Nem a legerősebb hatású üvegházgáz, de mindenképpen számottevő. Ha még többet juttatunk belőle a légkörbe, akkor úgy fog viselkedni, mint az üvegházgázok általában: elnyeli és véletlenszerű irányokban tovább sugározza a Földről kifelé tartó infravörös sugárzást (a hősugarakat). A légkör hóforgalmának ilyen megváltozása megakadályozza, hogy a hó aka-

dálytalanul elhagyja bolygónkat, olyan, mintha „paplant terítenénk rá”. A szén-dioxid hatására tehát melegedés lép fel. Ez a tény nem a globális hőmérsékletre vonatkozó, bonyolult történelmi feljegyzéseken alapul, hanem egyszerűen a szén-dioxid-molekulák fizikai tulajdonságain. Az üvegházgázok „paplant terítenek” a Föld légkörére, és a szén-dioxid ennek a takarónak az egyik rétege.

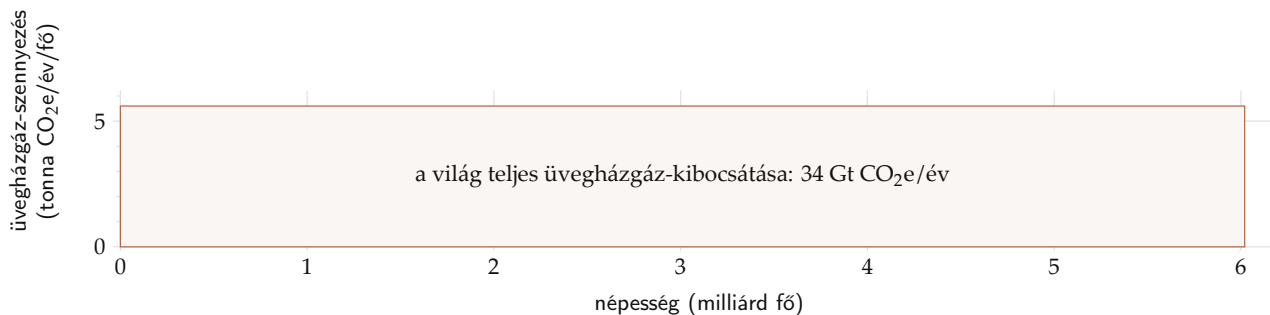
Mi történik tehát, ha az emberiségnek sikerül megkészsereznie vagy éppen megháromszoroznia a szén-dioxid-koncentrációt a légkörben (amely irányba az eddigi életvitelünkkel éppen haladunk)? E kérdés megválaszolásában rengeteg a bizonytalanság. Az éghajlat rendkívül bonyolult tudomány. Az éghajlat felettébb bonyolult rendszer, olyan, mint egy kiszámíthatatlanul viselkedő vadállat, ezért csak nagyon bizonytalanul tudjuk megmondani, mekkora felmelegedést okoz a szén-dioxid mennyiségének megkészsereződése. A széles körben elfogadott, legjobb éghajlati modellek alapján úgy tűnik, hogy a szén-dioxid-koncentráció megkészsereződésének ugyanaz a hatása, mintha a Nap sugárzásának az intenzitása 2 százalékkal megnőne, ami a globális átlaghőmérsékletet mintegy 3 °C-kal emelné meg. Ez elég rosszul hangzik. Nem akarom felidézni a hőmérséklet-emelkedés drasztikus hatásairól szóló litániákat, biztos vagyok benne, hogy önök már hallották az olyan fenyegetéseket, amelyek azzal kezdődnek, hogy „a Grönlandot borító jégtakaró fokozatosan megolvad, és emiatt néhány száz év alatt a tengerek vízszintje körülbelül 7 méterrel megemelkedik”. A teher legnagyobb részét a jövő generációinak kell viselniük. Ilyen magas hőmérséklet legalább 100 ezer éve nem fordult elő a Földön, ezért elképzelhető az ökoszisztéma oly jelentős mértékű megváltozása, hogy a Föld a továbbiakban már nem fog ellátni bennünket mindazon javakkal, amelyek meglétét manapság adottnak tekintjük.

Az éghajlat modellezése nehéz, és bizonytalanságok kísérik. Ám az, hogy bizonytalanok vagyunk abban, hogy miként reagál az éghajlat a többlet üvegházgázokra, nem igazolhatja a tértlenkedést. Ha egy gyors motorkerékpárral, sűrű ködben egy sziklaszirt pereme közelében hajtunk, de nem áll rendelkezésünkre a sziklaszirt pontos térképe, akkor a térkép hiánya *felment-e* az ésszerűen elvárható lassítási kötelezettség alól?

Akkor hát kinek kell lefékeznie a száguldó motorkerékpárt? Kinek kell megszüntetni a szén-dioxid-kibocsátást? Ki a felelős az éghajlatváltozásért? Ez természetesen nem tudományos, hanem etikai kérdés, de az erkölcsi vitáknak tényeken kell alapulniuk. Vizsgáljuk most meg alaposabban az üvegházgázok kibocsátására vonatkozó tényeket! Először ejtsünk pár szót azokról a mértékegységekről, amelyekkel ezt számszerűsíthetjük. Az üvegházgázok közé tartozik a szén-dioxid, a metán és a nitrogén-oxidok. A gázoknak eltérőek a fizikai tulajdonságai, ezért kényelmesebbnek látszik az összes gázkibocsátást a „szén-dioxid-egyenérték” mennyiségével kifejezni, ahol az „egyenérték” azt a mennyiséget jelenti, amely „100 év leforgása alatt ugyanakkora felmelegedést okoz”. Egy tonna szén-dioxidéval egyenértékű kibocsátást röviden a következőképpen jelölhe-

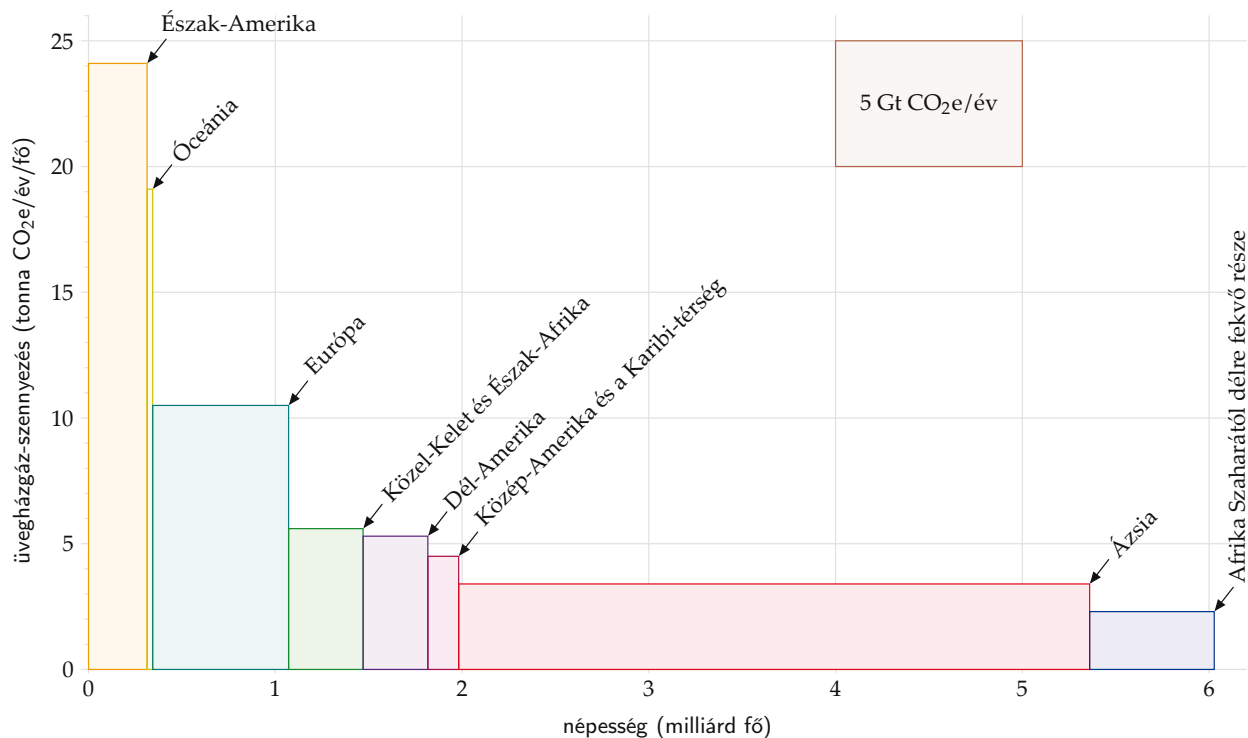
tünk: „1 t CO₂e”, ennek megfelelően az egymilliárd tonna (egy gigatonna) kibocsátást így írhatjuk le: „1 Gt CO₂e”.

2000-ben a világ teljes üvegházgáz-kibocsátása egyetlen év alatt körülbelül 34 milliárd tonna szén-dioxid kibocsátásával volt egyenértékű. Ez felfoghatatlanul nagy szám. Sokkal könnyebben felfoghatóbbá és emberléptékűbbé tehetjük azonban, ha elosztjuk a bolygónkon élő emberek számával (azaz 6 milliárddal), így megkapjuk az *egy főre jutó* üvegházgáz-szennyezést, ami körülbelül 5 és 1/2 tonna CO₂e évente és személyenként. A világ üvegházgáz-kibocsátását tehát egy olyan téglalappal ábrázolhatjuk, amelyiknek a szélessége a Föld népessége (6 milliárd fő), magassága pedig az egy főre jutó kibocsátás.



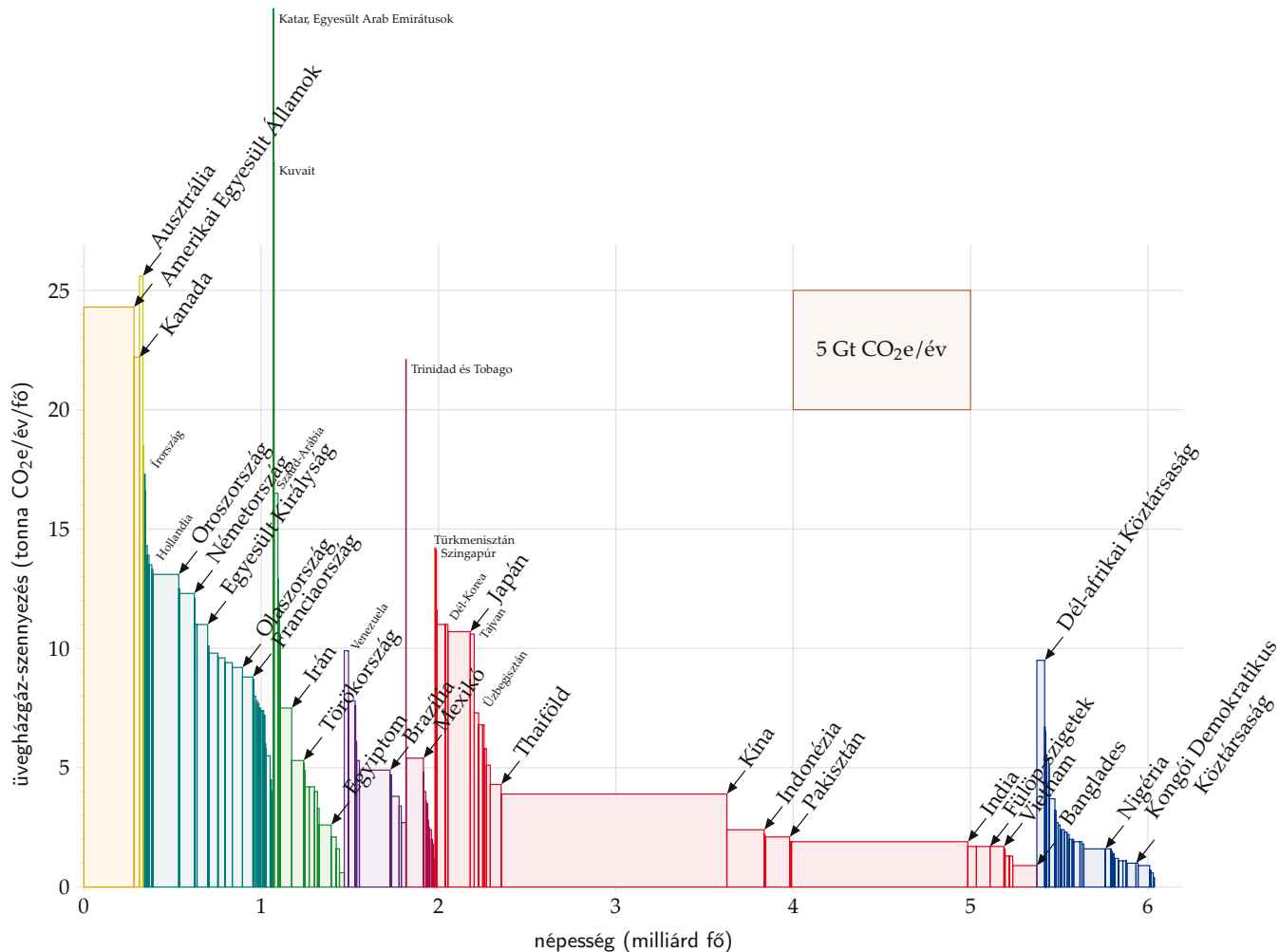
Bár minden ember egyenlő, a kibocsátás tekintetében korántsem vagyunk egyformák, hiszen nem mindenki bocsát ki 5 és 1/2 tonna szén-dioxidot évente. A 2000. év kibocsátását részletezve megvizsgálhatjuk, mennyivel járulnak hozzá ehhez a 34 milliárd tonnás téglalaphoz a világ különböző régiói.

A következő diagramon, amelyiknek ugyanaz a léptéke, mint az előzőnek, nyolc régióra osztottuk a világot. Minden egyes téglalap területe egy régió üvegházgáz-kibocsátásának felel meg. A téglalap szélessége az adott régió lakossága, magassága pedig az adott régióban az egy főre jutó kibocsátás.



2000-ben Európában az egy főre jutó kibocsátás a világátlag kétszerese volt, Észak-Amerikában viszont a négyszerese.

A diagramot tovább finomíthatjuk, ha az egyes régiókon belül megmutatjuk az országokat is. A dolog itt kezd igazán érdekessé válni.



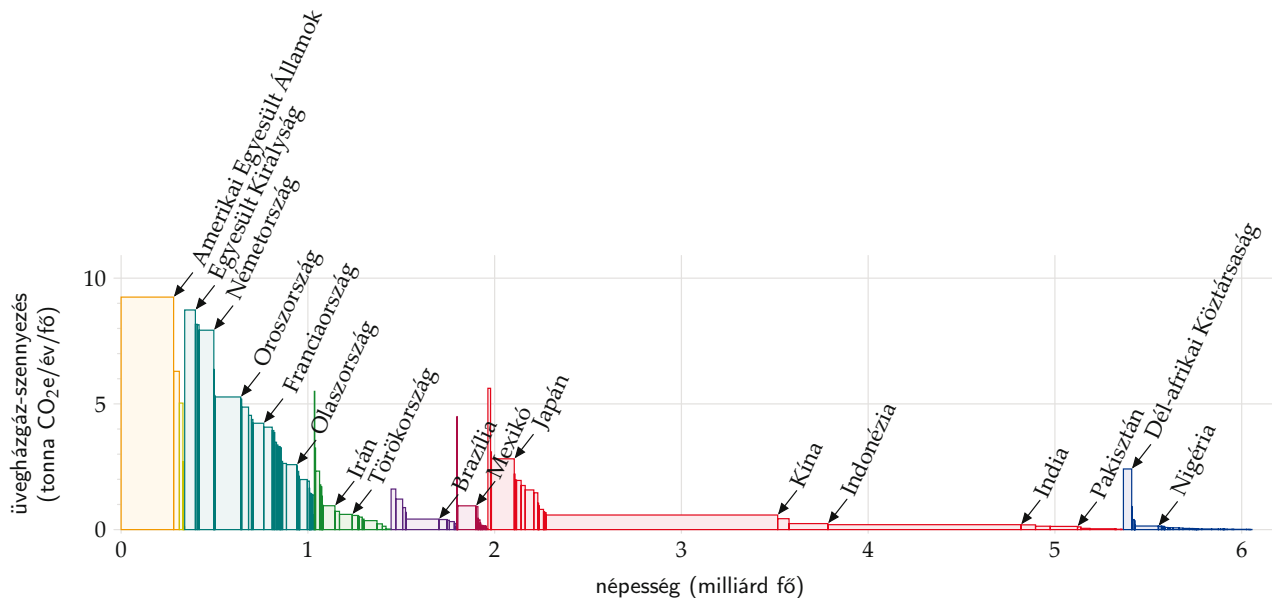
A jelentősebb országok közül Ausztráliában, az Egyesült Államokban és Kanadában a legnagyobb az egy főre jutó kibocsátás. Az európai országok, Japán és Dél-Afrika figyelemre méltó tempóban követik a legnagyobbakat. Az európai országok között az Egyesült Királyság határozottan átlagos helyet foglal el. De mi a helyzet Kínával, ezzel az „engedetlen, szabályokon kívül álló” országgal? Nos, a Kínát jelölő téglalap területe körülbelül ugyanakkora, mint az Egyesült Államoké, az egy főre jutó kibocsátás azonban Kínában a világátlag *alatt* marad. India fejenkénti emissziója *fele* a világátlagnak. Sőt, azt is érdemes észben tartanunk, hogy Kína és India ipari eredetű kibocsátásának jelentős része abból ered, hogy *a gazdag országok számára mindenfélét gyártanak*.

Ha tehát feltételezzük, hogy „valamit tennünk kellene” az üvegházgázok kibocsátásának csökkentése érdekében, akkor kinek van különleges

felelőssége a cselekvésben? Amint már említettem, ez etikai kérdés. Nehezen tudok elképzelni azonban egy olyan erkölcsi világrendet, amelynek értelmében a felelősség nem a diagram bal oldalán csoportosuló országokat terhelné – vagyis azokat az országokat, amelyek kibocsátása a világ-átlag két-, három- vagy akár négyszerese lehet. Ezek a legfizetőképesebb országok. Olyan országok, mint például Nagy-Britannia vagy az Egyesült Államok.

Történelmi felelősség az éghajlatra gyakorolt hatásért

Ha feltételezzük, hogy az emberi tevékenység károsította az éghajlatot, és ezt valakinek helyre kellene hoznia, akkor felmerül a kérdés, kinek kell a költségeket viselnie. Egyesek szerint „fizessen a szennyező”. Az előző diagramokról leolvasható, ki szennyezi ma a Föld légkörét. Azonban nem a szén-dioxid-szennyezés növekedési üteme számít, hanem a kumulatív szén-dioxid jelentős része (mintegy harmada) legalább 50-100 évig a légkörben marad. Ha elfogadjuk a „fizessen a szennyező” erkölcsi alapelvét, akkor meg kell vizsgálnunk, milyen nagy az egyes országok történelmi szén-dioxid-lábnyoma. A következő ábrán az egyes országok kumulatív szén-dioxid-kibocsátását mutatjuk be, amelyet az 1880–2004 időszakra vonatkozó, átlagos kibocsátási ütemmel fejezünk ki.

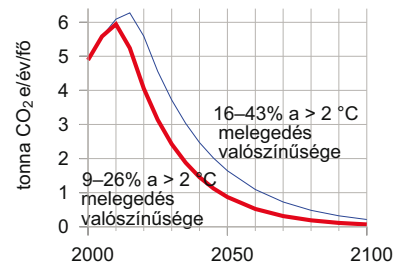


Gratulálunk, Nagy-Britannia! Az Egyesült Királyság dobogós helyezést ért el. Igaz, hogy napjaink kibocsátási szintjével csak az európai országok középmezőnyében helyezkedünk el, de a történelmi léptékű, egy főre jutó kibocsátás tekintetében másodikok vagyunk az Egyesült Államok mögött.

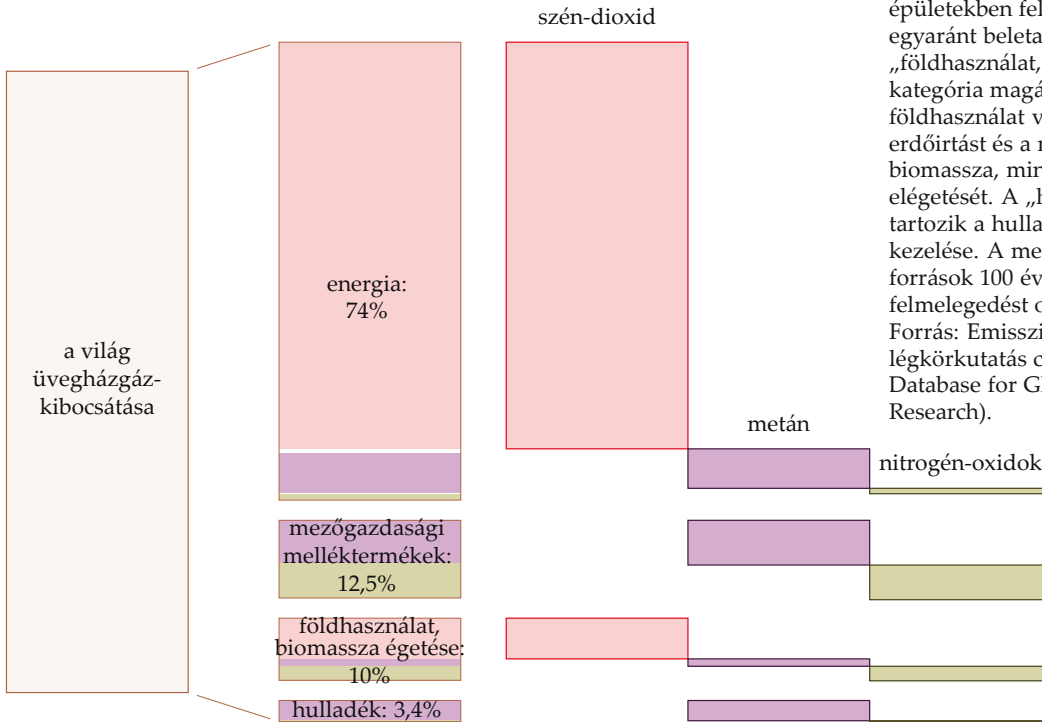
Rendben van, ennyi elég az etikai fejtegetésekből. Milyen lépések megtételét tartják a tudósok szükségesnek ahhoz, hogy elkerüljük a Föld átlaghőmérsékletének $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os emelkedését ($2\text{ }^{\circ}\text{C}$ az a növekedés, amely fölött a tudósok számtalan káros következménnyel számolnak)? Nyilvánvalóan egyetértés van ebben a kérdésben. Le kell szoknunk a fosszilis tüzelőanyagok használatáról, még hozzá a lehető leghamarabb. Egyes országok, köztük Nagy-Britannia is, kötelezettséget vállaltak arra, hogy 2050-ig legalább 60 százalékkal csökkentik az üvegházhatású gázok kibocsátását. Azt azonban hangsúlyoznunk kell, hogy bármilyen radikális is ez a 60 százalékos csökkentés, mégis valószínűtlen, hogy ez a vállalás beváltja a hozzá fűzött reményeket. Ha a világ kibocsátását 2050-ig fokozatosan 60 százalékkal csökkentenénk, az éghajlatkutatók számításai szerint még akkor is annak nagyobb a valószínűsége, hogy a globális átlaghőmérséklet $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál többel emelkedik, mint annak, hogy nem. Az 1.8. ábrán láthatjuk, milyen csökkentésre lenne szükségünk a céljaink eléréséhez. Az ábra két, „valószínűleg biztonságos” kibocsátási forgatókönyvet mutat be, amelyeket Baer és Mastrandrea (2006) publikált. Az alsó görbe azt feltételezi, hogy a kibocsátás csökkenése 2007-ben kezdődik, és üteme évi 5 százalékos. A felső görbe rövid késlekedést tételez fel a folyamat kezdetén, ezután pedig évi 4 százalékos csökkenéssel számol. Mindkét forgatókönyv csak mérsékelt esélyt ad annak, hogy sikerül elkerülnünk az iparosodás kora előtti szinthez viszonyított $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál nagyobb hőmérséklet-emelkedést. Az alsó görbével jellemzett forgatókönyv becslése szerint 9–26 százalék közötti annak a valószínűsége, hogy a hőmérséklet emelkedése meghaladja a $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot. A felső görbe szerinti forgatókönyv esetén a $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál nagyobb emelkedés becsült valószínűsége 16–43 százalék közötti. Ezek a „valószínűleg biztonságos” emissziócsökkentési forgatókönyvek egyébként a kibocsátás lényegesen erőteljesebb csökkentését tartalmazzák, mint az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change) által vagy a Stern-jelentésben (Stern Review, 2007) bemutatott bármely forgatókönyv.

Ezek a „valószínűleg biztonságos” megoldások 2050-ig a világméretű kibocsátás 70–85 százalékos csökkentését követelik meg. Mit jelent ez egy Nagy-Britanniához hasonló ország számára? Ha csatlakozunk a „csökkentés és kiegyenlítés” elvével jellemzett elképzelésekhez, ami azt jelenti, hogy a végső állapotban minden országban azonos legyen az egy főre jutó emisszió, akkor Nagy-Britanniában 85 százalékos is meghaladó mértékű csökkentésre lenne szükség. Ez azt jelentené, hogy a jelenlegi évi 11 tonna CO_2 -ról 2050-re körülbelül **személyenként és évente 1 tonnára** kellene csökkenteni a kibocsátást. Ez olyan drasztikus csökkentés, hogy nyugodtan kijelenthetjük, ezzel *befejeződne a fosszilis tüzelőanyagok felhasználásának kora*.

Egy utolsó gondolat még az éghajlatváltozással kapcsolatos indítékokról: bár az emberi tevékenységek széles köre együtt jár az üvegházgázok kibocsátásával, mégis a messze legjelentősebb járulékot az **energiafelhasz-**



1.8. ábra. A globális emisszió két forgatókönyve Baer és Mastrandrea szerint. A kibocsátási adatokat tonna $\text{CO}_2\text{e}/\text{év}/\text{fő}$ egységben adjuk meg, a világ népességét hatmilliárd főnek tekintve. Mindkét forgatókönyv szerint csak szerény esélye van annak, hogy el tudjuk kerülni az iparosodás kora előtti szinthez viszonyított, a globális hőmérséklet $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál nagyobb emelkedését.



1.9. ábra. A világ üvegházgáz-kibocsátásának (2000) megoszlása a kibocsátás oka, illetve a gáz fajtája szerint. Az „energia” körébe az erőművek, az ipari termelés folyamatai, a közlekedés és szállítás, az üzemanyagok feldolgozása és az épületekben felhasznált energia egyaránt beletartozik. A „földhasználat, biomassa égetése” kategória magában foglalja a földhasználat változásait, az erdőirtást és a nem megújuló biomassa, mint például a tőzeg elégetését. A „hulladék” kategóriába tartozik a hulladék lerakása és kezelése. A mezők mérete az egyes források 100 évre vetített globális felmelegedést okozó potenciálját jelzi. Forrás: Emissziós adatbázis a globális légkörkutatók céljára (Emission Database for Global Atmospheric Research).

nálás jelenti. Egyesek úgy gondolják, hogy az energiafelhasználás csökkentését illető tétlenkedést igazolják az olyan kifogások, mint például az, hogy „a tehenek bőfűgésével a légkörbe jutó metán nagyobb hatást gyakorol a felmelegedésre, mint a sugárhajtású repülőgépek forgalma”. Nos, valóban, 2000-ben a mezőgazdasági termelés melléktermékei tették ki az üvegházgáz-kibocsátás 1/8-át. Az energia felhasználása viszont 3/4 részt tett ki (1.9. ábra). Az éghajlatváltozás problémája tehát alapvetően energetikai kérdés.

Figyelmeztetés az olvasónak

Rendben, most már elég az éghajlatváltozásból. Úgy gondolom, most már kellően motiváltak vagyunk abban a tekintetben, hogy meg kell szabadulnunk a fosszilis tüzelőanyagoktól. Bármilyen is az önök indítéka, ennek

a könyvnek mindenesetre az a célja, hogy segítsen kiszámítani bizonyos adatokat, és ismertesse azokat a számítási eljárásokat, amelyek segítségével értékelhetjük a különböző elképzeléseket, és a tényekre alapozva láthatjuk, melyek a *további tárgyalásra érdemes javaslatok*. Nem állítom, hogy az ebben a könyvben előforduló számítások és azok eredményei újdonságot jelentenek; az általam már említett Goodstein, Lomborg és Lovelock könyvek például bővelkednek az érdekes számokban, és az akár egy boríték hátoldalán elvégezhető, egyszerű számításokban, emellett az interneten is rengeteg hasznos forrást találunk (lásd a jegyzeteket e fejezet végén).

Ezzel a könyvvel az a célom, hogy ezeket a számokat egyszerűekké és könnyen megjegyezhetőekké tegyem. Meg akarom mutatni, hogyan tudják ezeket az adatokat önök is kiszámítani; továbbá olyan világos helyzetet szeretnék teremteni, amelyben minden gondolkodó olvasó képes meghökkenőnek tűnő következtetések levonására. Nem akarom önöket a saját következtetéseimmel terhelni. A meggyőződés ugyanis sokkal erősebb, ha saját magunk jövünk rá valamire, mintha csak megtanuljuk azt. A megértés alkotó folyamat. Ha elolvassák ezt a könyvet, akkor remélem, megerősödik önökben az a bizonyosság, hogy bármit saját maguk is ki tudnak számítani.

Hangsúlyozni szeretném, hogy az elvégzendő számítások szándékosan csak közelítő pontosságúak. Az egyszerűsítés ugyanis a megértés kulcsa. Először is, ha kerekített számokkal dolgozunk, akkor könnyebb lesz az adatokat megjegyezni. Másodszor, kerekített számokkal gyorsabban lehet számolni. Így például könyvünkben az Egyesült Királyság lakosságát 60 milliónak, a Föld népességét pedig 6 milliárdnak tekintem. Bemutathatnám a legpontosabb adatokat is, de a pontosság a gondolatmenet folyamatosságának rovására menne. Ha például tudjuk, hogy 2000-ben a világ üvegházgáz-kibocsátása évi 34 milliárd tonna CO₂-egyenérték volt, akkor számológép használata nélkül is azonnal megállapíthatjuk, hogy az átlagos emisszió évente és személyenként 5 és 6 tonna CO₂-egyenérték között lehetett. Ez a hozzávetőleges válasz nem pontos, annyira azonban igen, hogy egy érdekes beszélgetés alapjául szolgálhasson. Ha például tudjuk, hogy egy interkontinentális oda-vissza repülőút utasonként közel két tonna szén-dioxid-kibocsátással jár, akkor az átlagos érték ismeretében (öt egész valamennyi tonna évente és személyenként) könnyen rádöbbenhetünk, hogy egyetlen ilyen repülőút egy ember átlagos évi emissziójának több mint egyharmadát teszi ki.

Számításaim során szívesebben támaszkodom hétköznapi tapasztalatokra, mint a személytelen országos statisztikák szövevényére. Ha például meg akarom becsülni, mekkora a Cambridge-re jellemző, átlagos szélsébség, akkor a következő kérdést teszem fel: „Általában a szélnél sebesebben tudok-e kerékpárral haladni?” A válasz igen. Ebből arra a következtetésre juthatok, hogy Cambridge-ben a szélsébség csak ritkán haladja meg a jellemző sebességemet, amikor kerékpárral közlekedem, azaz a 20 km/h-t. Ezeket a hétköznapi becsléseket mások tapasztalataival és a



„Odanézz – ott repül egy alacsony szén-dioxid-kibocsátású ember!”

1.10. ábra. Utánközlés PRIVATE EYE/ Peter Dredge

(www.private-eye.co.uk) szíves hozzájárulásával.

hivatalos statisztikákkal is alátámasztom. (Kérem, hogy ezeket az egyes fejezetek végén a jegyzetekben keressék.) Könyvemet nem a szuperpontosságú adatok mindent átfogó gyűjteményének számom. Sokkal inkább annak bemutatása a célom, miként lehet a közelítő számadatokat felhasználni az ügyet előremozdító, alkotó szellemű beszélgetésekben.

Számításaim során főként az Egyesült Királyságra vonatkozó adatokat használok, de néha előfordulnak Európára, Amerikára vagy éppen a világ egészére vonatkozó számok is. Mindenesetre önök könnyűszerrel el fogják tudni végezni ugyanezeket a számításokat a világ tetszés szerinti országára vagy régiójára.

Ezt a fejezetet néhány további, az olvasónak szóló intellemmel szeretném zágni. Nemcsak arra szokunk rá ebben a könyvben, hogy a számításaink során közelítő értékeket használjunk, hanem arra is, hogy elhanyagoljuk mindazokat a részleteket, amelyeket a szerencsétlen feltalálók, cégvezetők és közgazdászok nem hagyhatnak figyelmen kívül. Ha megpróbálunk bevezetni egy megújuló energiákon alapuló, új technológiát, akkor a költségek csupán 5 százalékos növekedése vízváltató lehet a siker és a kudarc között, ezért az üzleti életben minden apró részletet számításba kell venni. Ez a könyv azonban a fenntartható energia fizikai korlátairól szól, nem pedig a jelenlegi gazdasági megvalósíthatóságról. Miközben a gazdasági helyzet folytonosan változik, az alapvető határok soha nem mozdulnak el. Éppen ezért ezeket a határokat kell megértenünk.

Az energiapolitikáról folytatott vitákat gyakran megzavarják az érzelmek, mert az emberek összekeverik egymással a *tényszerű* és az *erkölcsi* kijelentéseket.

A **tényszerű kijelentésekre** példaként szolgálhatnak a következő állítások: „a fosszilis tüzelőanyagok elégetése világviszonylatban évente 34 milliárd tonna szén-dioxiddal egyenértékű üvegházgázt juttat a légkörbe”; illetve „ha a szén-dioxid-koncentráció megkétszereződik, akkor az átlaghőmérséklet a következő 100 év alatt 1,5–5,8 °C-kal nő”, valamint „a hőmérséklet 2 °C-os emelkedése következtében a Grönlandot borító jégsapka 500 éven belül megolvad”, és „a grönlandi jég teljes megolvadása 7 méterrel emelné meg a tengerek szintjét”.

Egy *tényszerű* kijelentés vagy igaz, vagy hamis. Néha azonban nem egyszerű annak eldöntése, hogy *melyik* a kettő közül, de ez a tudományra tartozik. Az általam felsorolt kijelentések például vagy igazak, vagy hamisak. Nem tudhatjuk azonban, hogy mindegyik igaz-e. Egyeseket mai tudásunk alapján „nagyon valószínűnek” minősítünk. Annak eldöntése, hogy mely *tényszerű* kijelentések igazak, komoly vitákat vált ki a tudományos közösségen belül. De ha elegendő tudományos kísérletet sikerül elvégezni, és a tudósok lefolytatják a szükséges vitákat, akkor a legtöbb *tényszerű* kijelentés igaz vagy hamis volta eldönthető, legalábbis „ésszerűen, minden valószínűség szerint”.

Az **etikai kijelentésekre** a következő példákat lehet felsorolni: „nem helyes oly mértékben kihasználni a világviszonylatban rendelkezésre álló erőforrásokat, hogy az jelentős költségeket rójon a jövő generációkra”; „nem engedhető meg, hogy bárki szabadon szennyezze a környezetet”; „lépéseket kell tennünk annak érdekében, hogy a szén-dioxid-koncentráció megkétszereződése valószínűtlen legyen”; „a politikusoknak meg kellene egyezniük a szén-dioxid-kibocsátás felső határában”; „az elmúlt évszázadban a legtöbb szén-dioxidot kibocsátó országoknak kötelességük a klímaváltozás elleni harc élére állniuk”; és „igazságos-e, ha a szén-dioxid-kibocsátás jogát egyenlően osztjuk szét a világ lakói között”. Az ilyen kijelentéseket nem lehet igaznak vagy hamisnak minősíteni. Az, hogy egyetértünk-e velük, erkölcsi értéktől, értékrendtől függ. Az etikai kijelentések nem vethetők össze egymással; például Tony Blair kormánya a szén-dioxid kibocsátására vonatkozóan radikális politikát hirdetett meg: „az Egyesült Királyságnak 2050-re 60 százalékkal kell csökkentenie szén-dioxid-kibocsátását”. Ezzel egyidőben Gordon Brown, aki akkor ennek a kormánynak a pénzügyminisztere volt, többször is sürgette a kőolajtermelő országokat, hogy *növeljék* a kitermelést.

Könyvünknek hangsúlyozottan az a szándéka, hogy a tényekkel foglalkozzék, ne az erkölcsi problémákkal. Azt akarom, hogy a tények mindenki számára világosak legyenek, és így az emberek értelmes vitát folytathassanak az erkölcsi döntésekről. Azt akarom, hogy mindenki értse meg, hogy a tények mennyiben korlátoznak bennünket abban, hogy az előttünk álló lehetőségek közül melyik mellett döntünk. Jó tudóshoz illően megpróbálom távol tartani a könyvtől saját etikai nézeteimet, ha néha mégis kibuggyan belőlem valami ilyesmi, akkor kérem, bocsássák meg nekem.

Etikai kérdés, hogy *igazságos-e*, ha Európa és Észak-Amerika másokat megrövidítve, a neki járónál nagyobb szeletet hasít ki magának az energetikai „tortából” – ezzel kapcsolatban arra a *tényre* szeretnék emlékeztetni, hogy ezt a „tortaszeletet” nem lehet csak úgy magunkhoz venni, és elfogyasztani. Könyvemben segítek kiostáltni az értelmetlen és nem hatékony, politikai indíttatású javaslatokat, valamint segítek megtalálni azt az energiapolitikát, amelyik összeegyeztethető az ön személyes értékeivel.

Ésszerű energetikai tervre van szükségünk.

Jegyzetek és irodalom

Minden fejezet végén részletesebben is kifejtek néhány, az adott fejezetben előforduló gondolatot, megadom az adatok és az idézetek forrását, és jelzem, hol lehet további információkhoz jutni.

oldalszám

- 2 „Nem marad más választásunk, kizárólag a megújuló energiaforrások használata”; „bárki, aki azt hiszi, hogy az energiaszakadék áthidalásában a megújuló energiaforrásokra lehet támaszkodni, a tökéletes álmvilágban él, és ezért szereztem a nemzet ellensége.” Az idézetek a BBC Radio 4 *Any Questions?* című műsorának 2006. január 27-i adásából valók [ydoobr]. *Michael Meacher* 1997 és 2003 között az Egyesült Királyság környezetvédelmi minisztere volt. *Sir Ber-*



„OK – megegyeztünk; bejelentjük, hogy szó sem lehet arról, hogy nem teszünk semmit, azután megvárjuk, mi sült ki belőle...”

1.11. ábra. Utánközlés PRIVATE EYE/ Peter Dredge
(www.private-eye.co.uk) szíves hozzájárulásával.

nard Ingham Margaret Thatcher miniszterelnöksége idején a miniszterelnök asszisztense és a Kormány Információs Szolgálat vezetője volt. Jelenleg ő a Nukleáris Energiát Támogatók Társaságának titkára.

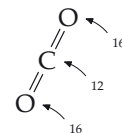
- 2 **Jonathan Porritt** (2006. március). *Is nuclear the answer?* 3. szakasz. Tanács a minisztereknek (Advice to Ministers). www.sd-commission.org.uk
- 3 **„Az atomerőművek csak a pénzt nyelik”, „Óriási mennyiségben áll rendelkezésünkre a hullámok és a szél energiája.”** Ann Leslie, újságíró, a Radio 4 *Any Questions?* című műsorában, 2006. február 10-én.
- **Los Angeles lakói naponta annyit vezetnek, mint a Föld és a Mars közötti távolság.** – (The Earthworks Group, 1989, 34. oldal).
- 4 **A targetneutral.com** minden tonna CO₂ „semlegesítéséért” 4 fontot számít fel. (Ez lényegesen alacsonyabb ár, mint amit az általam ismertek közül bármely más „kompenzációs” cég kér.) Ezen az áron egy átlagos brit által létrehozott évi 11 tonna szennyezés pottom 44 fontért „semlegesíthető”! Nyilvánvaló, hogy a BP „semlegesítési” rendszere nem igazán veszi figyelembe azt a többletet, ami abból adódik, hogy projektjeik nem érik el a Gold Standard minősítési szintet (www.cdmgoldstandard.org, Michael Schlup személyes közlése). Fiona Harvey, a Financial Times újságírója sok „szén-dioxid-semlegesítési” projektet értéktelennek minősített [2jhv6].
- **Akik a megújuló energiaforrások mellett törnek lándzsát az atomenergia ellenében, azt állítják, hogy „a tengeri szél-erőművekkel az Egyesült Királyság összes otthonának energiaszükséglete megtermelhető”.** 2007 végén az Egyesült Királyság kormánya bejelentette, annyi tengeri szél-erőműpark létesítésére fog engedélyt adni, amennyi „az Egyesült Királyság összes otthonának ellátásához elegendő energiát termel”. A megújuló energiaforrások mellett kiálló „Föld barátai” mozgalom egyik tagja, Nick Rau elmondta, hogy csoportjuk üdvözlí a Kormány bejelentését. „Az ezen iparág által potenciálisan megtermelhető villamos energia óriási”, mondta [25e59w]. A *Guardian* erről így ír [5o7mxk]: John Sauven, a Greenpeace ügyvezető igazgatója kijelentette, hogy ezek a tervek „felérnek egy forradalommal a szélenergia hasznosításában”. „A Munkáspártnak pedig végre fel kellene hagynia az atomenergiához való rögeszmés ragaszkodással, ami csak valamikor a távoli jövőben, és akkor is mindössze 4 százalékkal lenne képes csökkenteni az emissziót.” „Elégedettek vagyunk azzal, hogy a kormány komolyan fontolóra vette a szélenergiában rejlő lehetőségek kihasználását, mert ebből a forrásból 2020-ra az Egyesült Királyság villamosenergia-igényének 25 százalékát fedezni lehetne.” Néhány héttel később a kormány azt is bejelentette, hogy új atomerőművek építésére is engedélyt fog adni. „A mai döntés zöld utat ad az új atomerőművek építésének ... de keveset tesz az éghajlatváltozás ügyéért”, figyelmeztettek A Föld barátai [5c4o1c].
Valójában a szóban forgó két új lépés – a tengeri szél-erőműparkok és az atomerőművek – mindegyike nagyjából ugyanannyi villamos energiát szolgáltatna évente. A tengeri szél hasznosításának teljes kapacitása 33 GW, amiből átlagosan 10 GW teljesítmény nyerhető, ez 4 kWh/nap/főnek felel meg. Az összes leállítandó atomerőmű újakkal történő helyettesítése ugyancsak 10 GW átlagos teljesítményt, azaz 4 kWh/nap/főt jelentene. Az atomenergia ellenzői tehát ugyanakkora teljesítményről beszélnek, amikor egyrészt azt állítják, hogy az atomenergia „keveset tenne az éghajlatváltozás ügyéért”, a szélenergia viszont „ellátná az Egyesült Királyság összes otthonát”. Az igazság az, hogy „az Egyesült Királyság összes otthonának ellátása” és „az emisszió mindössze 4 százalékos csökkentése” egy és ugyanazt jelenti.
- **„Vízajtású autók”** *New Scientist*, 2006. július 29., 35. oldal. Az írás címe „Már 2009-re megvalósulhat a vízajtású autó”, majd maga a cikk így kezdődik:
„Felejtsek el az alkohollal és növényi olajokkal hajtott autókat! Hamarosan elég lesz tiszta vizet tölteni az autók tankjába. Ez lesz a tökéletes nullaemissziójú jármű.” „Bár első pillantásra a víz nem tűnik alkalmas üzemanyagnak, van egy lényeges előnye: bőségesen tartalmaz hidrogént, amelyet a jövő zöld üzemanyagának vélünk.”
A *New Scientist* által leírt munka egyáltalán nem neveltség – de valójában arról van szó, hogy a bört használnák üzemanyagként, a folyamat első lépése lenne a bört és a víz közötti kémiai reakció. Miért érzett késztetést a *New Scientist*, hogy úgy tálalja a történetet, mintha a víz lenne az üzemanyag? A víz nem üzemanyag. Soha nem volt, és soha nem is lesz az. A víz már elégett! A termodinamika első főtétele kimondja, hogy a semmiből nem nyerhetünk energiát, csak az energia egyik formáját alakíthatjuk át valamilyen másikká. Bármely szerkezetben az energiának valahonnan máshonnan kell jönnie. A *Fox News* egy még ennél is képtelenebb történettel hozakodott elő [2fztd3].

- 5 **Az éghajlatváltozás még a terrorizmusnál is súlyosabb veszélyt jelent.** Sir David King, az Egyesült Királyság kormányának vezető tudományos tanácsadója, 2004. január [26e8z].
- **Az utazás dicsőítése** – Utalás a „dicsőítés” elleni támadásra, ahogyan azt az Egyesült Királyság terrorizmusról szóló, 2006. április 13-án hatályba lépett törvénye definiálja [ykhayj].
- **1.2. ábra.** Ezen az ábrán a nyersolaj termelését tüntettük fel, beleértve a kondenzátumokat, a földgázzal együtt kitermelt és egyéb folyékony szénhidrogéneket, valamint az olajfinomítás során kinyert egyéb anyagokat. Forrás: EIA és BP: a világ energiahelyzetének statisztikai áttekintése.
- 7 **Az első működőképes gőzgépet már 1698-ban feltalálták.** Valójában már Alexandriai Herón is leírt egy gőzgépet, de mivel Herón szerkezete a rákövetkező 1600 év során nem talált követőkre, a magam részéről Savery 1698-as találmányát tekintem az első, *gyakorlatban is alkalmazható* gőzgépnek.
- **1.4. és 1.7. ábra: A szén-dioxid koncentrációját ábrázoló diagram.** Az adatokat gyűjtötték: Keeling és Whorf (2005) (az 1958–2004-et átfogó időszakra); Neftel és mtsai (1994) (1734–1983); Etheridge és mtsai (1998) (1000–1978); Siegenthaler és mtsai (2005) (950–1888); és Indermuhle és mtsai (1999) (11 ezer évvel ezelőtől 450 évvel ezelőttig). Ez a diagram egyébként nem tévesztendő össze azzal a diagrammal, amelyik a globális *hőmérséklet* menetét mutatja. A figyelmes olvasó bizonyára észreveszi, hogy az éghajlatváltozás mellett szóló, általam bemutatott érvek egyáltalán nem említik a *történelmi* hőmérsékleteket.
- 1.5. és 1.7. ábra: A széntermelésre** vonatkozó adatok forrása: Jevons (1866), Malanima (2006), Hollandia Környezetállapot-felmérési Ügynöksége (Netherlands Environmental Assessment Agency, 2006), National Bureau of Economic Research (2001), Hatcher (1993), Flinn és Stoker (1984), Church és mtsai (1986), Supple (1987), Ashworth és Pegg (1986). Jevons volt az első szerző, aki arról írt, hogy a termelés a csúcspontjának elérése után visszaesik. 1865-ben felbecsülte Nagy-Britannia könnyen kitermelhető szénkészletét, a múltbeli adatok alapján megállapította a fogyasztás exponenciális ütemű növekedését, és megjósolta, hogy az exponenciális növekedés véget fog érni, és egyúttal Nagy-Britannia elveszíti a világ iparában játszott vezető szerepét. „Nem tudjuk hosszú időn keresztül fenntartani a növekedés jelenlegi ütemét. [...] Fejlődésünk elakadásának egy évszázadon belül érzékelhetővé kell válnia [...] Elkerülhetetlen a következtetés, hogy a jelenlegi boldog fejlődési állapotunk csak korlátozott ideig tarthat.” Jevonsnak igaza volt. A brit széntermelés egy évszázadon belül valóban elérte a csúcspontját, sőt, két világháború is bekövetkezett.

9 **Dominic Lawson, az Independent rovatvezetője.**

Az idézetet Dominic Lawson rovatából vettem át, az *Independent* 2007. június 8-i számából.

Az idézet nem szó szerinti: kissé átszerkesztettem a szavait, hogy rövidebbé tegyem a szöveget, de arra gondosan ügyeltem, nehogy kijavítsam az általa elkövetett hibák valamelyikét. **Az általa említett három szám mindegyike hibás.** Lássuk, miként kuszálja össze a dolgokat! Először is szén-dioxidról beszél, de szénre vonatkozó adatokat ad meg: a fosszilis tüzelőanyagok elégése évente 26 gigatonna szén-dioxidot juttat a légkörbe (nem pedig 7 gigatonnát). Gyakori hiba. Másodsor, azt állítja, hogy az óceánok évente 36 ezer gigatonna szén-dioxidot juttatnak a légkörbe. Ez még az előzőnél is súlyosabb hiba: a 36 ezer gigatonna az óceánokban lévő *összes* szén-dioxid *mennyisége!* Az éves *anyagátadás* sokkal kisebb, csupán 90 gigatonna szén (330 Gt CO₂/év), a szén körforgásának hagyományos diagramja értelmében [16y5g]. (Azt hiszem ez a 90 GtC/év becsült anyagáram arra az esetre érvényes, ha a légkör szén-dioxid-koncentrációja hirtelen nullára csökkenne.) Hasonlóképpen hibás a szerző által a bioszférából az atmoszférába kerülő „1900 gigatonnás” adat is. Az elfogadott diagramok szerint a helyes érték körülbelül 120 gigatonna szén évente (440 Gt CO₂/év).



A szénatom és a CO₂-molekula tömegének aránya 12 : 44, mert a szénatom tömege 12 egység, egy oxigénatomé pedig 16 egység. 12 + 16 + 16 = 44.

Mellesleg, a szén-dioxid-koncentráció megfigyelt növekedése jól egyezik a várakozásunkkal, feltételezve, hogy az emberi tevékenység által kibocsátott szén legnagyobb része a légkörben marad. 1715 és 2004 között durván 1160 Gt szén-dioxid került a légkörbe a fosszilis tüzelőanyagok elégetése és a cementgyártás következményeképpen (Marland és mtsai, 2007). Ha ez a szén-dioxid-mennyiség *teljes egészében* a légkörben maradt volna, akkor a koncentráció 160 ppm-mel emelkedett volna (280-ról 440 ppm-re). A tényleges emelkedés ezzel szemben kisebb mint 100 ppm volt (280-ról 375 ppm-re). Eszerint tehát a kibocsátott szén mintegy 60 százaléka van jelenleg is a légkörben.

- 12 *Szén-dioxid hatására melegedés lép fel.* A témáról folyó, érzelmileg túlfűtött vita kicsit már fárasztóvá vált, ugye? „A tudomány már eldöntötte ezt a kérdést.” „Nem, egyáltalán nem!” „De igen!” Azt hiszem, a leghasznosabb, amit ebben a helyzetben tehetek, hogy felhívom mindazok figyelmét, akiknek már elégük van az ordibálásból, egy rövid tanulmányra: Charney és mtsai (1979) tanulmányában a végkövetkeztetéseknek súlya van, mert a tanulmány megírására az amerikai Nemzeti Tudományos Akadémia (a Royal Society amerikai megfelelője) adott megbízást, és a szerzőket szakértelmük alapján válogatták ki, szem előtt tartva, hogy „minden álláspont megfelelően legyen képviselve”. A tanulmányt készítő csoport a Nemzeti Kutatási Tanács Éghajlatkutatási Testülete égisze alatt ült össze azzal a céllal, hogy „tudományos alapokra helyezték az emberi tevékenység által a légkörbe juttatott szén-dioxid hatására a jövőben esetleg bekövetkező éghajlatváltozásra vonatkozó előrejelzéseket”. Nevezetesen, arra kérték fel őket, hogy „azonosítsák a legfontosabb kiinduló feltevéseket, amelyeken a kérdésre vonatkozó jelenlegi ismereteink alapulnak, kvantitatív módon mérjék fel, mennyire adekvátak és mennyire bizonytalanok az e tényezőkre és folyamatokra vonatkozó ismereteink, majd összegezzék a szén-dioxid és az éghajlat összefüggésének kérdésére vonatkozó jelenlegi legpontosabb ismereteinket olyan tömör és objektív formában, hogy az a döntéshozók számára hasznosítható legyen”.

A jelentés mindössze 33 oldalas, szabadon letölthető: [5qfkaaw], és mindenkinek csak ajánlani tudom az elolvasását. A tanulmány világossá teszi, mi az, amiben a tudomány már 1979-ben is egészen bizonyos volt, és mely kérdéseket illetően voltak bizonytalanok a szakértők.

Íme, a legfontosabb kijelentések, amelyeket ki szeretnék emelni a jelentésből. Először is, a szén-dioxid légköri koncentrációjának megkétszereződése durván 4 W/m^2 -rel változtatja meg a troposzféra, az óceánok és a szárazföldek nettó felmelegítését, feltéve, hogy a légkör minden más tulajdonsága változatlan marad. Ezt a hatást összevethetjük a légkör, az óceánok és a szárazföldek által elnyelt átlagos teljesítménnyel, ami 238 W/m^2 . A szén-dioxid légköri koncentráció megkétszereződésének melegítő hatása tehát ugyanannyi, mintha a Nap sugárzásának intenzitása $4/238$ résszel, azaz 1,7 százalékkal megnőne. Másodszor, tekintettel a légkör-óceán rendszer bonyolultságára, nagyon nehéz előre jelezni ennek a szén-dioxid által kiváltott melegedésnek a következményeit. Mindemellett a szerzők előrejelzése szerint a felszín globális felmelegedése 2°C és $3,5^\circ \text{C}$ között várható, és nagyobb mértékű felmelegedésre a magasabb földrajzi szélességeken kell számítani. Végül, a szerzők így összegezik megállapításaikat: „bár megpróbálkoztunk vele, mégsem tudtunk egyetlen olyan, figyelmen kívül hagyott vagy alulbecsült fizikai hatást találni, amelyik elhanyagolható mértékűvé tudná csökkenteni vagy teljesen megakadályozná a légköri szén-dioxid-mennyiség megkétszereződése esetére jelenleg becsült mértékű globális felmelegedést”. Arra is figyelmeztetnek, hogy az óceánoknak, „az éghajlati rendszer nagy és nehézkes lendkerekeként” köszönhetően könnyen előfordulhat, hogy a felmelegedés csak lomhán indul meg, így az elkövetkező évtizedekben nehéz lesz kimutatni. Mindamellett, „végső soron mindenképp bekövetkezik a felmelegedés, és az ezzel együtt járó regionális éghajlati változások [...] igencsak jelentősek lehetnek”.

Az Éghajlatkutatási Testület elnöke, Verner E. Suomi a tanulmányhoz írt előszavában a kettős tagadások híressé vált sorozatával összegezi a következtetéseiket. „Ha a szén-dioxid szintje tovább emelkedik, akkor csoportunk nem lát okot arra, hogy kétségbe vonja az ennek eredményeképpen fellépő éghajlatváltozás tényét, és nem lát okot annak feltételezésére, hogy ezek a változások elhanyagolható mértékűek lennének.”

- *Nem akarom felidézni az éghajlatváltozás drasztikus hatásairól szóló litániákat, biztos vagyok benne, hogy önök már hallották ezeket.* Lásd [2z2xg7], ha mégsem hallottak volna róla.
- 14 *A világ üvegházgáz-kibocsátásának régiónkénti és országonkénti bontása.* Az adatok forrása: Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) Version 4.0. (Washington, DC: World Resources Institute, 2007). Az első három ábra a hat legjelentősebb üvegházgáz (CO_2 , CH_4 , N_2O , PFC, HFC, SF_6) együttes, teljes országos kibocsátását tartalmazza, kivéve a földhasználat változásából és az erdőgazdálkodásból adódó járulékot. A 16. oldalon látható ábra viszont csak a szén-dioxid kumulatív emisszióját mutatja.

- 16 *Gratulálunk, Nagy-Britannia! ... a történelmi léptékű, egy főre jutó emisszió tekintetében másodikok vagyunk az Egyesült Államok mögött.* Őszintén bocsánatot kérek itt Luxemburgtól, amely az egy főre jutó emisszió tekintetében megelőzi az Egyesült Államokat és Nagy-Britanniát. Mindamellett, úgy érzem, a dobogós helyeket azoknak az országoknak kell fenntartani, amelyekben nemcsak az egy főre jutó, hanem a teljes kibocsátás is magas. A teljes kibocsátás sorrendjében történelmileg a legjelentősebb szennyezők sorrendben a következők: Egyesült Államok (322 Gt CO₂), Oroszország (90 Gt CO₂), Kína (89 Gt CO₂), Németország (78 Gt CO₂), Egyesült Királyság (62 Gt CO₂), Japán (43 Gt CO₂), Franciaország (30 Gt CO₂), India (25 Gt CO₂) és Kanada (24 Gt CO₂). Az egy főre jutó kibocsátás sorrendje viszont így néz ki: Luxemburg, USA, Egyesült Királyság, Csehország, Belgium, Németország, Észtország, Katar és Kanada.
- 17 *Egyes országok, köztük Nagy-Britannia is, kötelezettséget vállaltak arra, hogy 2050-ig legalább 60 százalékkal csökkentsék az üvegházhatású gázok kibocsátását.* Valójában, mint írtam, időközben Nagy-Britannia kötelezettségvállalása az 1990-es szint 80 százalékára nőtt.
- *1.8. ábra.* Az alsó görbének megfelelő forgatókönyv szerint 9–26 százalék közöttinek becsülhető annak az esélye, hogy a hőmérséklet emelkedése meghaladja a 2 °C-ot. Ebben az esetben a 2007-től számított, kumulatív szén-dioxid-kibocsátás 309 GtC; a CO₂ koncentrációja 410 ppm-nél éri el a maximumát, a CO₂e koncentrációjának 421 ppm-nél lenne a maximuma, és 2100-ra a szén-dioxid-koncentráció 335 ppm-re esne vissza. A felső görbének megfelelő forgatókönyv becslése szerint 16–43 százalék közötti a 2 °C-ot meghaladó hőmérséklet-emelkedés valószínűsége. Ebben az esetben a 2007-től számított, kumulatív szén-dioxid-kibocsátás 415 GtC; a szén-dioxid-koncentráció 425 ppm-nél éri el a maximumát, a CO₂e koncentrációjának 435 ppm-nél lenne a maximuma, és 2100-ra a szén-dioxid-koncentráció 380 ppm-re esne vissza. Lásd még hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2007-2008/.
- 19 *Emellett az interneten is rengeteg hasznos forrást találunk.* Ezek közül például a következőket ajánlom: a BP *Statistical Review of World Energy* (A világ energiahelyzetének statisztikai áttekintése) című kiadványa [yyxq2m], a Fenntartható Fejlődés Bizottsága (Sustainable Development Commission, www.sd-commission.org.uk), a Dán Szélenergia-ipari Szövetség (Danish Wind Industry Association, www.windpower.org), Környezetvédők a Nukleáris Energiáért (Environmentalists For Nuclear Energy, www.ecolo.org), a Risø Egyetem (Dánia) Szélenergia Tanszéke (www.risoe.dk/vea), DEFRA (www.defra.gov.uk/environment/statistics), végül különösen melegen ajánlom az *Avoiding Dangerous Climate Change* (A veszélyes éghajlatváltozás elkerülése [dzcqj]) című könyvet, valamint a Pembina Intézet (www.pembina.org/publications.asp) és (a jelenleg BERR-ként ismert) DTI (www.dti.gov.uk/publications/) publikációit. [DEFRA = Department for Environment, Food and Rural Affairs (az Egyesült Királyság Környezetvédelmi, Élelmészügyi és Vidékfejlesztési Minisztériuma); DTI = Department of Trade and Industry (az Egyesült Királyság Kereskedelmi és Ipari Minisztériuma); BERR = Department for Business, Enterprise and Regulatory Reform (az Egyesült Királyság üzleti ügyekkel, vállalkozásokkal és a szabályozás reformjával foglalkozó minisztériuma, amelyet azonban 2009-ben ismét átalakítottak) – a fordító megjegyzése.]
- 20 *Tényszerű és erkölcsi kijelentések.* Az erkölcsi kijelentéseket „irányadó állításoknak” vagy „értéktételeknek” is nevezzük, míg a tényszerű kijelentések a „határozott, biztos, feltétel nélküli állítások”. Az erkölcsi kijelentésekben gyakran fordul elő a „kellene” vagy a „kell”, illetve jelzőként a „mértánys”, a „helyes” és a „helytelen”. Részletesebb eligazítást ad Dessler és Parson (2006).
- 21 *Gordon Brown.* 2005. szeptember 10-én Gordon Brown kijelentette, hogy az üzemanyag magas ára jelentős kockázatot hordoz az európai gazdaság és a globális növekedés szempontjából, ezért a kitermelés növelésére buzdította az OPEC-et. Hat hónappal később ugyanő így nyilatkozott: „nagyobb termelésre, több fúrásra, több befektetésre és nagyobb petrokémiai beruházásokra van szükségünk” (2006. április 22.) [y98ys5]. Hadd mérsékeljem Gordon Brown bírálatát azzal, hogy megdicsérem egy újabb kezdeményezését, nevezetesen az elektromos autók és a hálózatról tölthető hibridek támogatását. Amint a későbbiekben látni fogják, könyvem egyik végkövetkeztetése éppen az lesz, hogy a közlekedés és szállítás legnagyobb részének teljes villamosítása sokat segít abban, hogy megszabaduljunk a fosszilis tüzelőanyagoktól.