

*Szergényi István*  
Energia, civilizáció, szintézisigény



*Szergényi István*

**ENERGIA, CIVILIZÁCIÓ,  
SZINTÉZISIGÉNY**





A könyv a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával készült.

© Dr. Faragó Katalin, Typotex, Budapest 2015  
Engedély nélkül semmilyen formában nem másolható!

Lektorálta:  
Dr. Járosi Márton

ISBN 978 963 279 858 5

Témakör: *energetika*

Kedves Olvasó!  
Köszönjük, hogy kínálatunkból választott olvasnivalót!  
Újabb kiadványainkról, akcióinkról  
a [www.typotex.hu](http://www.typotex.hu) és a [facebook.com/typotexkiado](https://facebook.com/typotexkiado)  
oldalakon értesülhet.



Kiadja a Typotex Elektronikus Kiadó Kft.  
Felelős vezető: Votisky Zsuzsa  
Felelős szerkesztő: Horváth Balázs  
Műszaki szerkesztő: Baloghné Kőszegi Tünde  
Borítóterv: Szalay Éva  
Készült a Kódex Könyvgyártó Kft. nyomdájában  
Felelős vezető: Marosi Attila

# Tartalom

Előszó. ....	9
--------------	---

## ELSŐ RÉSZ

<b>1. Az energia értelmezésének kettőssége. ....</b>	<b>15</b>
<b>2. A kultúra, a civilizáció és az energia összefonódása. ....</b>	<b>23</b>
A tapasztalat és a tudás szerepe . . . . .	29
A kultúra és az energia kölcsönhatása – befolyásuk a nemzetközi erőviszonyokra . . . . .	31
<b>3. Globális kihívások, a kudarc veszélye . . . . .</b>	<b>41</b>
Védekezés a válságokkal szemben . . . . .	48
<b>4. Az állam szerepe . . . . .</b>	<b>53</b>
<b>5. Az erőforrások végességének jelentősége . . . . .</b>	<b>59</b>
<b>6. Tévedések és remények. . . . .</b>	<b>65</b>
<b>7. Az emberi tényező . . . . .</b>	<b>75</b>
Az oktatás, a kutatás, a nevelés, a kultúra és az etika jelentősége . . . . .	75
A szintetikus látásmód erősítésének szükségessége. . . . .	80
<b>8. A legfontosabb energiafüggő területek . . . . .</b>	<b>87</b>
A világelelmezés . . . . .	87

A szállítás/közlekedés . . . . .	92
Az ipar energiafelhasználása . . . . .	97
A fűtés . . . . .	98
A védelem, illetve a háborús energiaigények . . . . .	101
<b>9. A föld energiavagyonának elvi megítélése . . . . .</b>	<b>104</b>
<b>10. A pazarlás bosszúja. . . . .</b>	<b>107</b>
A fantomrabszolgák szerepe. . . . .	111
Az életminőség alakulása . . . . .	112
<b>11. Energiatakarékosság, hatékonyságnövelés . . . . .</b>	<b>115</b>
Az energiaigényesség értelmezésének kettőssége . . . . .	115
Példák az energiaigényesség-csökkentési lehetőségekre . . . . .	118
<b>12. A környezeti veszélyek etikus megközelítése. . . . .</b>	<b>121</b>
<b>13. A népesség. . . . .</b>	<b>133</b>
<b>14. Pesszimista és optimista jövőképek . . . . .</b>	<b>137</b>
<b>15. Megoldások keresése – a civilizációk jövője. . . . .</b>	<b>143</b>
A kutatás és a technológiafejlesztés . . . . .	144
Kutatások a sci-fi-közeli területeken. . . . .	151
<b>16. Az energiapolitikák. . . . .</b>	<b>152</b>
Az energiapolitikák célja és elvei . . . . .	156
A feladat nehézségei . . . . .	157
Hármas paradigmaváltást! . . . . .	158
Az energiapolitikák összetettsége. . . . .	162
Az energiapolitikák szempontjai . . . . .	165
A forgatókönyvek és kialakításuk „technológiája” . . . . .	166
Példák a jó és az elhibázott energiapolitikákra. . . . .	167

## MÁSODIK RÉSZ

<b>Energiaforrások</b> .....	<b>173</b>
Fosszilis energiahordozók .....	173
a) A szén .....	173
b) A kőolaj .....	175
c) A földgáz .....	182
Villamos energia .....	187
Megújuló energiák .....	195
a) A napenergia .....	197
b) A szélenergia .....	198
c) A biomasszák .....	201
d) A geotermikus energia .....	204
e) Az árapályerőmű .....	206
f) Az algából nyert üzemanyagok .....	207
A hidrogén .....	207
<b>Függelék</b>	
A kőolaj és a nemzetközi politika összefüggése dióhéjban .....	211
A fúziós energia .....	218
A sötét energia .....	219
A végső kérdések: a világ keletkezése és az élet rejtélye .....	220
<b>Felhasznált irodalom</b> .....	<b>225</b>
<b>Egyéb irodalom</b> .....	<b>240</b>





# Előszó

Az ember már csak oly módon tud élni, hogy saját fizikai energiáját mind több és több, természetben található energiával egészíti ki. Ez utóbbit korábban egyre gyarapodó tapasztalattal és tudással, azaz szellemi energiával állította a saját szolgálatába, ezáltal is különbözve az élővilág minden más lényétől. Ugyanez a szellemi energia az idők folyamán sajátos kultúrák kialakulásában is megnyilatkozott. A változó körülmények és a meg-megjelenő kihívások később folyamatosan tökéletesedő technikákat és technológiákat, végül civilizációkat érleltek ki. A civilizációk kialakulásának kezdetén még kevésbé érződött az erőforrások korlátozottsága, hiszen ha a legelők és a termőföldek kimerültek, illetve a klíma változott, az érintett népcsoportok odébb vándoroltak. A kezdetben igénybe vett megújuló energiaforrásokat az emberiség már jórészt lecserélte a fosszilis<sup>1</sup> energiahordozókra, és egyre inkább azoktól vált függővé, főként amióta egyre zabolátlanabban használja fel őket. Az először „csak” önmagáról gondoskodó, gondolkodó ember telhetetlenségében immár az egeket ostromolja. Eközben – akár észreveszi, akár nem – saját maga is tetézi az őt érő különböző természeti kihívásokat. Fontos lenne, hogy legalább azokat ne fokozzuk és ne szaporítsuk, amelyekért mi magunk vagyunk a felelősök.

Az energiáról gondolkodni – szerteágazó hatása miatt – globális rálátást indokolna, nem csupán a természettudományok és a technológia szempontjából, hanem geopolitikailag is, továbbá az emberi tudásnak és viselkedésnek, valamint a világ sok más problémájának széles panorámájára úgyszintén. A témakör – súlya miatt – megkívánná, hogy a közvélemény, főleg pedig a döntéshozók megismerjék és megértsék az energia fontosabb összefüggéseit. Folyamatosan integrálniuk kell az ökológia, a gazdaság és a társadalom területéről begyűjthető információkat. Felelős munkájukhoz az energetikai szakembereknek is jártasnak kell lenniük a saját maguk által művelttől eltérő, de energiavon-

---

<sup>1</sup> A fosszilis (latin szó, jelentése: kiásott) tüzelőanyagok alatt a szenet, a kőolajat és a földgázt értjük, amelyek lebomlott növények és állatok maradványai.

zattal rendelkező területeken. Az is nélkülözhetetlen, hogy a véleményformáló média és nem utolsósorban az oktatás is kivegye a részét a szakszerű ismeretközlésből.

Ez a könyv szerény kísérlet az emberek holisztikus<sup>2</sup> ismereteinek bővítésére, legalábbis az oly fontos energiakérdés jobb megismerése tekintetében. Megírásával, ha többet nem is, de legalább pozitív impulzust kívántam adni az olvasónak. Írásom időtállóságát és kritizálhatóságát természetesen befolyásolja, hogy az egyes területeken folyamatosan halmozódik az információ és a tudás, illetve egyre nehezebbé válik az eligazodás. Azt az illúziót tehát el kellett vetnem, hogy végleges, átfogó kép festhető, hiszen a tudomány és a technológia fejlődése gyorsulva gyarapszik, valamint sok esetben a kiszámíthatatlan politika is hat a folyamatokra. A terület bonyolultsága egyszerűsítésekre, illetve arra kényszerített, hogy a tengernyi energiafüggő területből csupán néhány különösen fontosat emeljek ki. Még ahhoz is szükséges volt időnként „idegen vizekre eveznem”, ami viszont óhatatlanul megkívánta, hogy olyan, másodkézből származó ismereteket is felhasználjak, amelyek megbízhatóságáról nem minden esetben volt lehetőségem közvetlenül meggyőződni. Ez tagadhatatlanul a felelősség bizonyos mértékű áthárítását jelenti, de ha azt nem vállalom, e könyv nem születik meg.

A gazdag országokban eluralkodott a pazarlás szelleme, ami rossz példát mutat a harmadik világ felzárkózó népei számára. Az örökös bőség hamis hiedelme nemcsak az ismeretek hiányával és az általános tájékozatlansággal magyarázható, hanem azzal is, hogy az emberek a nagyobb összefüggések iránt többnyire közömbösek, céljaikat jobbra saját rövid távú érdekeik határozzák meg. Csupán a közelmúltban – és távolról sem mindenki előtt – vált egyértelművé, hogy takarékosabban kellene élnünk.

A 21. században a kihívások serege olyan kort nyit meg, amelyben döntő változásra van szükség, ha az eddigi vívmányainkat nem akarjuk veszni hagyni. Ennek a nagyszabású programnak a véghezviteléhez szükséges időtartam hossza nehezen becsülhető meg, hiszen az emberi szemlélet- és a technológiaváltást egyaránt sajátos inercia jellemzi. Át kell tehát vészelnünk egy bizonytalan hosszúságú időszakot addig, ameddig új, bőséges és biztonságos, elméletileg „végleges” energiaellátási megoldásra talál az egyre szaporodó embertömeg. A folyamat sikere vagy sikertelensége sorsfordító jelentőségű lesz. A legfontosabb kérdés tehát az, hogy lesz-e elegendő idő úgy lépnünk, hogy erőforrás-gazdálkodásunk, tudásunk, új technológiáink, valamint a környezet

---

<sup>2</sup> A holizmus (a holosz görög szóból származik, jelentése: teljes, egész) a jelenségeknek teljességükben való megértését jelenti. A terminus először 1926-ban Jan Christian Smuts *Holism and Evolution* című könyvében jelent meg.

változásához történő alkalmazkodó képességünk együttesen lehetővé tegyék megtartani mindazt, amit eddig elértünk.

Ezzel összefüggésben több olyan kérdésre kell felelnünk, mint például a következők: A nem hagyományos energiaforrások és a villamos energia át tudják-e venni a kőolaj szerepét? Mi lesz a szén és a nem hagyományos energiaféleségek jelentősége, beleértve a megújuló energiaforrásokét? Igazolható-e a CO<sub>2</sub>-pánik? Mi lesz a nem hagyományos szénhidrogének, valamint a nukleáris energia szerepe, és ez utóbbival kapcsolatban az uráné vagy a tóriumé-e a jövő? Nem tudhatjuk egyértelműen eldönteni azt sem, hogy melyik infrastrukturális és felhasználói technika fogja kiváltani a minden bizonnyal a jelenleginél is nagyobb rendszereket. Mindegyik kérdés – mint egy-egy folyamat/eseményso-rozat – egyszer kritikussá válik, és akkor megválaszolendő kihívásként jelenik meg. Az egyes események azonban nem egymástól függetlenül léteznek, ha-nem mintegy komplex egészet alkotnak. Egyetlen elemet kiemelve belőle, az egész megváltozik, és nem lesz ugyanaz többé, mint ami korábban volt.

Civilizációnk jövője szempontjából szélsőségesen derűlátó vagy pesszi-mista nézetek alakultak ki. Kritikátlanul ezek egyikének elfogadása sem céla-vezető. Helyettük minden intellektuális energiánkat latba vetve, fáradhatatlan kereséssel rá kell találnunk arra az útra, amely megadja – az energia vonatkozá-sában is – a jövőbe való átlépés nagyobb megrázkódtatás nélkül lezajló, kellő megbízhatósággal ma még nem ismert módját. A valóság maga csak egy, ha különbözőképpen szemléljük is azt.

Az ENSZ ma már több mint egy tucat globális kihívást tart számon. Az ezek-re adandó helyes válaszok megtalálásának esélyét növelheti az egyoldalúságba egyre jobban belecsúszó hétköznapi ember, valamint a tudós és a politikus látókörének, az energia kölcsönhatásaival kapcsolatos ismereteinek bővítése. Ennek hatékony elősegítésével a tudományszervezés a mai napig adós. Jogos kritikára ad alapot – kihívásként is értelmezhető – az is, hogy a természettudo-mányos és a humán műveltség az utóbbi évtizedekben túlzottan elkülönül, és az utóbbi – tárgyi ismeretek híján – igyekszik befolyást gyakorolni az energia-politikákra (is). Ez a jelenség veszélyes, tehát változtatni kell rajta. A sokak által mindenhatónak hitt piac – mint láthatatlan karmester – éppen az egyre szapo-rodó kihívások kezelésének szükségessége miatt már nem lesz képes sikeresen vezényelni a folyamatokat. Új közgazdasági elméletre és gyakorlatra, továbbá a jelenleginél etikusabb emberi magatartásra – azaz globális paradigmaváltásra – van/lenne szükség. Ez az a meggyőződés, amiért e könyvet megírtam.



# ELSŐ RÉSZ



# 1. Az energia értelmezésének kettőssége

*A legszebb dolog, amit kutathatunk: a rejtély. Ez a művészet és az igazi tudomány forrása. - Albert Einstein*

*A fizikai világ legalapvetőbb jellemzője többé már nem az anyag, hanem az energia. - László Ervin<sup>3</sup>*

*Szóbeli vizsga az Oxfordi Egyetemen 1890 körül:*

*Vizsgáztató: - Mi az elektromosság?*

*Jelölt: - Ó, uram, biztos, hogy megtanultam, biztos vagyok benne, hogy tudtam, de elfelejtettem.*

*Vizsgáztató: - Milyen kár. Mindössze ketten tudták valaha is, hogy mi az elektromosság: A természet alkotója és ön. Most az egyikük elfelejtette.*

Az *energeia* (ενεργεια) szó mintegy két és fél ezer évvel ezelőtt az ógörögben valamely isteni tett vagy bűvös cselekedet fogalmaként jelent meg, Arisztotelész pedig a megvalósultságra, a működésre, a változásra való képesség kifejezésére használta. Szerinte a megvalósultság annyit jelent, hogy egy dolog megvan, de persze nem úgy, mint ahogy lehetőség szerint létezőnek mondjuk. A lehetőség annyit jelent, hogy vagy egy másik tárgy részéről képes valami hatást elszenvedni, vagy ez tud egy másik tárgyra hatni. A lehetőség (dünamisz) és a megvalósultság pedig a létezők két egymástól elválaszthatatlan és egymást feltételező összetevője. „A lehetőség nem semmi, nem a lét teljes hiánya, hanem viszonylagos nemlét: a valós lét hiánya az annak megszerzésére képes létezőben.” Tehát homályosan már az ókori görög filozófusok is gyanították valamiképpen a termodinamika első főtételét (energia semmilyen folyamat során nem keletkezik vagy vész el, csak egyik energiaformából egy másik energiaformába alakul át). Arisztotelész után maga az energia szó hosszú időre eltűnt ugyan, de a lényegéről való gondolkodás nem. 1800 táján még a gőzgépek

---

<sup>3</sup> László Ervin (1932–) tudományfilozófus, író, eredetileg zongoraművész, a Magyar Tudományos Akadémia külső tagja.

gyártásával (és pénzveréssel) foglalkozó Boulton<sup>4</sup> – aki összeköttetésbe jutván Watt-tal<sup>5</sup>, a gőzgép feltalálójával, a szabadalom hasznosítása céljából nagy gyárat állított fel – is „csak” az erő kifejezést használta.

Az energia szó csak az 1860-as évektől vált általánossá a fizikában, mindenekelőtt Rankine<sup>6</sup>, Thompson<sup>7</sup>, Carnot<sup>8</sup>, Helmholtz<sup>9</sup>, és Clausius<sup>10</sup> – a klaszikus termodinamika főtételeivel összefüggő – munkássága nyomán. Ezután a filozofálásra is hajlamos Ostwald<sup>11</sup>, a Lipcsei Egyetem professzora, a fizikai kémia úttörője, Nobel-díjas a következőképpen vélekedett: „Mi is tulajdonképpen az energia? Jelenleg a legvégső realitás, amely még tapasztalati körünkbe esik”. Máskor pedig ezt mondta: „Az egész világ energia.” Gamow<sup>12</sup> szerint a világmindenség jelenleg létező anyagának az alapja az az elképzelhetetlen

<sup>4</sup> Matthew Boulton (1728–1808) alapította meg Birmingham gyáriparát. Életének fő célját jellemzi az a mondása, amelyet a gyárat látogató Boswellhez intézett: „Én itt uram azt árulom, ami után az egész világ áhítozik... erőt! erőt!”

<sup>5</sup> James Watt (1738–1819) skót feltaláló. A gőzgép fejlesztésével lényegesen hozzájárult az ipari forradalom kibontakozásához. Az utókor úgy róta le a Watt iránti tiszteletét, hogy a teljesítmény egységét róla nevezte el.

<sup>6</sup> William John Macquorn Rankine (1820–1872) skót mérnök, fizikus, a termodinamika, kiváltképp a gőzgépelemélet egyik megalapozója.

<sup>7</sup> William Thompson (1824–1907) 1892-ben Lord Kelvin néven főrendi címet kapott, miután megalkotta az abszolút hőmérsékletet mérő Kelvin-skálát. A Magyar Tudományos Akadémia külső tagjául választotta.

<sup>8</sup> Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796–1832) 1824-ben vezette be a róla elnevezett körfolyamat fogalmát. Termodinamikai körfolyamat akkor jön létre, ha egy rendszer állapotváltozások után a kezdeti állapotába tér vissza. Eközben munkát végezve hőerőgépként egy melegebb régióból energiát vihet át egy hidegebb régióba. Megfordítva, külső munka bevezetésével hőszivattyúként hőenergia vihető át egy hidegebb régióból egy melegebbe. Carnot kolerajárványban halt meg. Az akkori járványtani szabályok szerint feljegyzéseit elégették. Mégis fennmaradt írástörredékeiből az olvasható ki, hogy megsejtette termodinamika első főtételét.

<sup>9</sup> Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821–1894) nemcsak fizikus volt, hanem orvos is. Több tudományterületen maradádot alkotott. Filozófusként tudományfilozófiával, az esztétika tudományával és a tudomány társadalomra gyakorolt hatásával is foglalkozott. Először az a találmány tette világhírhív, amellyel a szemfenéktükörrel – közvetlenül, beavatkozás nélkül – tette vizsgálhatóvá a retinát.

<sup>10</sup> Rudolf Julius Emanuel Clausius (1822–1888) német fizikus és matematikus az egyik alapítója a termodinamika tudományának. 1872-ben a Magyar Tudományos Akadémia külső tagjává választotta.

<sup>11</sup> Wilhelm Friedrich Ostwald (1853–1932) balti német származású, lett születésű kémikus. A fizikai kémiát ő különítette el a szervetlen és a szerves kémiától, és tette önálló tudománnyá. A katalízis területén végzett munkáiért, valamint a kémiai egyensúlyok és a reakciósebesség alapvető vizsgálataival elért eredményeiért 1909-ben Nobel-díjat kapott.

<sup>12</sup> Az Odesszában született George Gamow (1904–1968) fizikus 1934-ben az Egyesült Államokba költözött. A Lemaître, a Louvaini Római Katolikus Egyetem fizika- és csillagásztanára által 1927-ben leírt ősrobbanás teóriája George Gamow módosításaival vált a kozmológia vezető elméletévé. 1948-ban Gamow Alpherrel és Bethével kidolgozta az elemek felépülésének folyamatát a csillagokban. Ekkor ismertette nézetét, amely szerint a táguló univerzumban jelenleg is megfigyelhetőnek kellene lennie a „nagy robbanás” eredményeként a mikrohullámú háttérsugárzásnak. Ennek jelenlétét másfél évvel később Penzias és Wilson valóban kimutatta.



mennyiségű energia, amely akkor jött létre, amikor valami – vagy Valaki – ki mondta: Legyen világosság! Ezzel kapcsolatban néhány gondolatot találunk a Függelékben.

Kortársunk, Howard Van Till fizikus, asztronómus és evolucionista fejtegetései a lehetőség-megvalósultság arisztotelészi gondolatpárra emlékeztetnek. Azt a gondolatot veti fel, hogy Isten olyan világot teremtett, amelyekben a benne rejlő lehetőségek beavatkozása nélkül aktualizálhatók. A Van Till-i gondolat összhangban van László Ervinével, aki szerint a világ új fogalmán alapuló teológia az univerzumot létrehozó folyamat kezdetén történt teremtő cselekedeten kívül nem feltételez más transzcendentális beavatkozást. Szerinte a további fejlődésről az evolúciós folyamatot vezérlő információ, illetve az univerzum belső önszerveződése gondoskodik.

A Joule<sup>13</sup>, Helmholtz és Mayer<sup>14</sup> által felfedezett energiamegmaradás törvénye kimondja, hogy az egyik formában felszabadult energia megjelenik egy másikban, és nemvész el.

Az első tanulmányt Carnot írta a gőzgépek hőtechnikai elméletéről, amely 1824-ben jelent meg, Az elmélet fejlődésének igen nagy lökést adott Joule munkássága, aki igazolta, hogy a hő mennyisége „egyenértékű” meghatározott munkamennyiséggel. Ezt követően egyre többen foglalkoztak a termodinamika elméletével, végül annak átfogó összefoglalását Clausius (1867), majd még általánosabb értelmezésben Poincaré<sup>15</sup> 1892-ben írta le. Először a 2. főtételt ismerték fel (A spontán folyamatok esetében a magukra hagyott zárt rendszerek entrópiája csak növekedhet. Az entrópia a klasszikus termodinamikában a reverzibilis hőcsere és hőmérsékletének hányadosa véges mértékű változásokra), majd az elsőt (az energiamegmaradás törvényét), azután a harmadikat (0 °K hőmérsékleten minden tiszta kristályos anyag entrópiája zérus.). Végül a főtételek teljessége megkívánta egy negyedik alaptörvény megfogalmazását, amelyet nulladik főtételnek neveztek el. E szerint az egyszerű rendszereknek vannak olyan egyensúlyi állapotai, amelyek jellemezhetők belső energiájukkal, térfogatukkal és molekulaszámukkal. A 20. század elején többen átfogalmazták

<sup>13</sup> James P. Joule (1818–1889) brit fizikus. Megállapította, hogy az energia különféle formái, a mechanikai, az elektromos és a hőenergia lényegében azonosak, egyik a másikba átalakítható. Róla nevezték el energia nemzetközi mértékegységét. Az akkori angol hő, illetve munka mértékegységek átszámítási faktorának általa meghatározott legpontosabb értékét a sírkövére is felvették.

<sup>14</sup> Julius von Mayer (1814–1878) hajóorvos különböző gázok viselkedéséből kiszámította a hőegység mechanikai egyenértékét (1 kcal = 427 mkp). Az energiatörvény lassan átment a fizikus köztudatba, de a felfedezést főleg Joule és Helmholtz nevéhez kapcsolták. Mayer igen sokáig hasztalanul küzdött elismerésért. Végül John Tyndall (a róla elnevezett effektusról híres) fizikus 1862-ben egy előadásában kijelentette, hogy az energiamegmaradás tételének felfedezésénél az első hely Robert Mayert illeti meg. Élete vége felé kitüntette a Royal Society, és tagjává választotta a Francia Akadémia.

<sup>15</sup> Jules Henri Poincaré (1852–1912) francia matematikus és elméleti fizikus. (Nem tévesztendő össze Raymond Poincaréval, aki francia államfő és több alkalommal Franciaország miniszterelnöke volt.)

a főtételeket, aminek következményeként például a 2. főtételnek tíznél is több megfogalmazása ismeretes. Az entrópia elnevezést<sup>16</sup> az energia átalakulási képességének jellemzésére Clausius vezette be (1858). Planck<sup>17</sup> a termodinamika második főtételéről írta doktori dolgozatát. Kvantummechanikai alapon megmagyarázta az entrópia zérus értékét 0 °K hőmérsékleten.

Tudnivaló azonban, hogy léteznek olyan szigetek, ahol csökken az entrópia. Mi magunk is ilyen csökkenő entrópiájú szigetek vagyunk, hiszen testünk építkező szakaszában növekvő a rendezettség. Felületesen gondolkodva az volna elmondható, hogy – az entropikus elvet tekintve – létünk a kozmoszban kivételes jelenség. Ezzel kapcsolatban azonban megjegyezzük, hogy az élő szervezet állandó kapcsolatban áll a környezetével, tehát nem zárt rendszer, ezért nem érvényes rá az entrópia szükségszerű növekedésének törvénye. Erre más összefüggésben még visszatérünk.

Az energia tudományos kategóriaként az anyag különböző mozgásformáinak egyik kvantitatív értékelési eszköze. A fizikában az az ismérve, hogy minden fajtája mennyiségi szempontból egyenértékű, és a termodinamika 1. főtételének, az energiamegmaradási törvénynek van alárendelve. A gyakorlatban viszont döntő az a szempont, hogy nem minden energiatípus tud átalakulni egy másik fajta energiává, tehát egymással ebből a szempontból nem azonos értékűek. Például a villamos energia teljes egészében át tud alakulni hőenergiává, a hőenergiát viszont nem lehet teljes egészében villamos energiává átalakítani. A valamely rendszerből kivethető maximális munkát *exergiának*<sup>18</sup> nevezzük. A társadalmi energia fogalma pedig arra kíván választ adni, hogy bizonyos kulturális gyakorlatok egy adott időben milyen mértékben és hogyan hívnak elő hasonló reakciókat emberek egy csoportjában (Martinás).

Az arisztotelészi lehetőségek felismerése és kiaknázása az embernek lehet az osztályrésze, és ezzel él is, valahányszor tudását a természetre alkalmazza. Miközben a tudomány embereit az energia mibenlétére vonatkozó évezredek rejtély filozófiailag is foglalkoztatja, a hétköznapi élet, sőt az emberiség fennmaradásának (egyik) legnélkülözhetetlenebb tényezőjévé vált. A mai átlagember

<sup>16</sup> Az entrópia szó a görög entropé – megfordulás, visszafordulás – szóból származik. A termodinamikán kívül használják még az informatikában („A fizikai mennyiségek áramlását információáramlás is kíséri.” – Shannon) és az életjelenségek magyarázatában (Schrödinger) is. Ez utóbbival kapcsolatban kell megjegyezni, hogy a biológiai szervezetek entrópiaszintje alacsonyabb az élettelen világnál. Amíg entrópiacsökkenésük érdekében sikeresen küzdenek, addig életben maradnak. Ha viszont kialakul magasabb entrópiájú rendezetlen állapotuk, bekövetkezik biológiai haláluk.

<sup>17</sup> Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858–1947) Nobel-díjas német fizikus, a kvantummechanika megalapítója. Albert Einstein mellett ő rakta le a modern fizika alapjait. Róla nevezték el a Planck-hosszt és a Planck-állandót.

<sup>18</sup> Az exergia fogalmát először egy szlovén tudós, Z. Randt használta a múlt század közepén. Gyakorlati alkalmazása az 1980-as évek második felében terjedt el, amikor J. Szargut lengyel mérnök megmutatta, hogy a különböző technológiai folyamatok leírására ez a fogalom nagyon alkalmas.

leginkább a kőolajat, a szenet, a földgázt és a villamos energiát érti a szó alatt. Az energia önmagát ezekben a megjelenési formákba „csomagolja”, miközben megőrzi valóságos mibenlétének rejtélyét. Ez a kettőség jellemzi napjainkban az energia értelmezését.

Tovább bonyolítja az energiáról alkotott képzetet a kozmológusok részéről újonnan feltételezett sötét anyag, illetve a sötét energia fogalma (valósága?). A mai fizika egyik nagy talánya, hogy a – világegyetemre állandó erőként hatva – túlnyomórészt a sötét energia, illetve a sötét anyag alkotja, és mindössze néhány százalékot képvisel a „normális”, fénylő anyag, amelyet csillagok és galaxisok formájában „jól” ismerünk?

Nem kétséges, hogy valahányszor az energiára gondolunk, az emberiséget izgató „végső” kérdésekkel is foglalkozunk. Kérdésekkel – az univerzum időbeni és térbeni végességével/végtelenségével, valamint az élet keletkezésével kapcsolatban. (Ez utóbbira a Függelékben térünk ki.) Kérdésekkel, amelyek mind a mai napig megválaszolatlanok a tudomány számára. Elmondhatjuk, hogy tudósoknak lenni a világegyetem kérdéseiben egyelőre annyi, mint analfabéta portásnak lenni egy hatalmas könyvtárban. Analfabétának, mert nem tudjuk milyen nyelven íródott a mindenség.

1970. március 27-én Rubin<sup>19</sup> távcsövét az Androméda-galaxisra irányította. Ellenőrizni szeretne volna, hogy az Androméda milliárdnyi csillaga úgy mozog-e, ahogyan az elméletek leírják. A spektográf a csillagokban lévő kémiai elemeknek megfelelő hullámhosszokon vonalakat rajzolt egy papírra, amelyeket Rubin mikroszkópon keresztül vizsgált. Ismert volt számára, hogy a kirajzolt vonalak annak megfelelően eltolódnak följebb vagy lejjebb a frekvenciaskálán, ahogy az adott csillag felénk közeledik vagy távolodik, a Doppler-hatásnak megfelelően. Rubin kíváncsi volt rá, hogy a Doppler-hatás alapján meg tudja-e határozni a csillagok sebességét a távoli galaxisokban. Azt tapasztalta, hogy az Androméda szélén lévő csillagok is épp olyan gyorsan mozogtak, mint a galaxis közepén lévők. Ez azonban nem felelt meg az elméletekből következő várakozásoknak. Minden más galaxis esetén is hasonló eredményt kapott. Az összes sebesség „hibás” volt. A fizika ismert törvényeinek megfelelően ezek a csillagok túl gyorsan mozogtak, jó néhányuk esetén a gravitáció nem lett volna elég, hogy a pályájukon tartsa őket, ki kellett volna repülniük a világűrbe. Ez azonban nem történt meg. Rubin számára két lehetséges ok kínálkozott: Vagy Isaac Newton gravitációs törvényei rosszak, vagy az univerzumban létezik olyan különös anyag, amely a visszahúzó erőért felelős, de a jelen csillagászati eszközökkel nem kimutatható. Rubin a második magyarázatot választotta, és a „fölös” anyagot sötét anyagnak nevezte el (mivel nem volt látható, sem kimutatható). Számításai szerint a világegyetem 90%-ban sötét anyagból áll.

<sup>19</sup> Vera Rubin (1928–) litván származású amerikai asztronómus.

A tudományos világnak az elmélet elfogadásához egy évtized kellett. A sötét energia létezésének koncepciója szerint a kozmológiában a sötét energia az a feltételezett energiaforma, amely az egész világegyetemben jelen van. A tömegvonzással ellentétes, taszító hatást fejt ki, és semlegesíti a gravitációs vonzást – ezáltal távol tartja egymástól a csillaghalmazokat –, és nem bocsát ki észlelhető sugárzást. Ez szolgálhat annak a megfigyelésnek a magyarázatául, hogy a világegyetem tágul. Az elmélet értelmében a kozmoszt a sötét energia uralja. A valamivel kevésbé rejtélyes sötét anyag kevesebb, mint egynegyeddel járul hozzá világegyetemünkhöz, míg a „hagyományos” anyag, amely minket, az élőlényeket, a bolygókat és a csillagokat alkotja, mindössze négy százalékot tesz ki.

A kutatókat azonban nem csupán az energia kozmológiai vagy vitális rejtélyei foglalkoztatják. Munkálkodnak azokon a vélt/reális lehetőségeken is, amelyek az új energia-előállítási módok homlokterében állnak (megújuló energiák<sup>20</sup>, valamint a remélt fúziós energia), továbbá amelyek mellett merőben új – a jelen kognitív tudást minden bizonnyal meghaladó – megoldásokon (hidegfúzió, nullponti energia, vákuumenergia) alapulnak.

Már a nyolcvanas években is voltak fizikusok, akik hidegfúzióval kísérleteztek. Akkor a Utah Egyetem két kutatója azt állította, hogy sikerült olyan hidegfúziós készüléket létrehozni, amely több energiát termel hő formájában, mint amennyi elektromos energiát befektetnek. Később, 2011-ben a Bolognai Egyetem két kutatója jelentette be, hogy kifejlesztettek egy hidegfúziós berendezést. Próbálkozásuk sikerességét azonban nem tudták meggyőzően bizonyítani. Kétségtelen, hogy ha létrehozható lenne ilyen folyamat, az egész világ energiaproblémáit orvosolná. A hidegfúzió a legtöbbször szerint azért lehetetlen, mert sérti az eddig megismert fizikai törvényeket.

A nullponti energia (zero-point energy: ZPE) azt fejezi ki, hogy az elektromágneses mező abszolút nulla fokon is rendelkezik bizonyos energiával. A vákuumenergia szót gyakran a ZPE-vel rokon értelemben használják, és az elnevezés azt fejezi ki, hogy az elektromágneses mező vívőközege a vákuum, így az elektromágneses mező nullponti energiája tulajdonképpen a vákuum energiája. A holland Hendrick Casimir<sup>21</sup> számításai szerint vákuumban két egy-

<sup>20</sup> A Földön a geotermikus, illetve a nukleáris energián kívül valamennyi megújuló energia (miként a fosszilis energiáké is) a napenergiára vezethető vissza. A földi életet tehát a napenergia, a Napot pedig a fúziós nukleáris energia működteti. A megújuló energia kifejezés azonban természettudományos nézőpontból vitatható, hiszen a napenergia sem újul meg. Ha majd elfogy a Napban tárolt nukleáris üzemanyag, akkor a Nap is átalakul vörös óriás típusú csillaggá, és elpusztítja a körülötte keringő bolygókat, közöttük a Földet is.

<sup>21</sup> Hendrick Casimir holland elméleti fizikus (1909–2000). A Casimir-effektus az a jelenség, amelynek során vákuumban, két, egymáshoz közel helyezett, tükröző felület között vonzóerő (Casimir-erő) jön létre. H. C. a jelenséget 1948-ban jósolta meg. Újabb feltételezések szerint a Casimir-effektusnak szerep juthat a nanotechnológia (mikroméretű gépezetek) kialakításában.

mástól kicsiny - a távolság negyedik hatványával csökkenő - távolságra helyezett töltetlen fémlap között vonzóerő lép fel, és velük elvileg a ZPE-vel munkát lehetne végeztetni. A tudomány azonban egyelőre nem ismer olyan eszközt, amellyel ez az energia folyamatos üzemben kinyerhető. Ehhez két olyan térrészt kellene biztosítani, amelyekben tartósan különböző a vákuumenergia nagysága, hiszen annak áramlása kizárólag így valósulhat meg. Nemcsak a közeg energiája számít ugyanis, hanem a közegek közötti tartós energiakülönbség is. Ilyen térrészeket, ilyen anomáliákat azonban nem találunk a közelünkben (Hraskó Gábor).



## 2. A kultúra, a civilizáció és az energia összefonódása

*Az energia uralásának a képessége, legyen szó a tűzgyújtásról vagy erőművek építéséről, a civilizáció előfeltétele. – Asimov<sup>22</sup>*

*Az emberi művelődés kezdete nem esett egybe az anyag használatának a kezdetével. A szellem művelése, a kultúra előbb indult meg, mint az anyag művelése, a civilizáció. Emez amannak a szüleménye, s mindig mögötte jár, mert belőle ered. – Várkonyi<sup>23</sup>*

*A kultúra jószerivel minden civilizáció magva. – Huntington<sup>24</sup>*

A kultúra és civilizáció egyaránt problematikus fogalom. Igazi jelentésüket ritkán gondoljuk végig. A kultúra szó egykori, római kori értelmezését<sup>25</sup> a 17-18. században újították fel. Herder<sup>26</sup> szerint a kultúra felöleli mindazt, ami az embert kiemeli természeti, állati létéből. Kijelenti, hogy minden népnek és minden embernek van kultúrája. Burckhardt<sup>27</sup> elődjénél konkrétan fogalmaz. A szellemi élet három fő alkotóelemét az államban, a vallásban és a kultúrában látja. A kultúra lényegét pedig a szellemiben, amelynek legfejlettebb foka a tudomány és a filozófia. Szinte minden nagy kultúra alapját valamilyen vallás képezi, amely kiegészült – a mai szóhasználat szerint – humán összetevőkkel

<sup>22</sup> Isaac Asimov (1920–1992) orosz születésű amerikai biokémikus, író. A szépirodalmi értékű modern tudományos-fantasztikus irodalom egyik megteremtője. Nevét az 5020. sz. kisbolygó viseli.

<sup>23</sup> Várkonyi Nándor (1896–1975) magyar író, valamint irodalom- és kultúrtörténész, szerkesztő, akit Németh László Pécs szent emberének nevezett. Leghíresebb könyve: Szíriai oszlopai (1942 és 1943; 1972 és 1984 cenzúrázott kiadás; 2002 teljes kiadás).

<sup>24</sup> Samuel P. Huntington (1927–2008) amerikai politikatudós, a Harvard Egyetem professzora. *A civilizációk összeclapása és a világrend átalakulása* című könyvével vált világszerte ismertté.

<sup>25</sup> A szó latin eredetű (gyökere a „colere”), valaminek az ápolását, művelését jelentette.

<sup>26</sup> Johann Gottfried von Herder (1744–1803) német költő, műfordító, teológus, filozófus.

<sup>27</sup> Jacob Burckhardt (1818–1897) 1860-ban megjelent *Die Kultur der Renaissance in Italien* című monográfiája a kultúrtörténet egyik alapművének számít.

(például a művészettel). Egy adott közösség kultúrájának folytonosságát hagyományozással biztosítja. Az eredeti kultúra tovább él rendszerint azt követően is, hogy a technika különböző elemei betörnek ezekbe a közösségekbe, és ezáltal a közösség „civilizálódik”.

A civilizáció elnevezést a latin *civis* szó bázisán először a 18. században használták az enciklopédisták. Alatta – egy viszonylag széleskörűen elfogadott felfogás értelmében – az anyagi műveltség viszonylag magas fokát (a városi életet<sup>28</sup>, az írást, a hatalmas épületeket, az osztálytagozódást, a kereskedelmet, valamiféle törvényeket és a szervezett katonai erőt) érthetjük.<sup>29</sup> A szó maga viselkedési formát is meghatároz. A civilizált társadalom nem csupán magába olvasztja a korábbi korok eredményeit, hanem tovább is fejleszti azokat. A nyugati polgárok főként azt értik civilizáció alatt, amitől megszokott életminőségük valamennyi (egyre jobb) anyagi és szellemi feltételének rendelkezésre állását, hozzáférhetőségét várják. Azt, hogy nem a civilizáció, hanem a kultúra fejezi ki az emberi lét magasabb rendűségét, legtömörebben Várkonyinak, Huntingtonnak és Berényinek a mottóban idézett szavai fejezik ki.

Minden kultúrának megvan a maga civilizációja<sup>30</sup> (valamennyit természetesen nem tárgyalhatjuk, Huntington szerint ma is hét-nyolc van belőlük). A világ civilizációjának bölcsője az ókorban<sup>31</sup>, valahol Babilon és Memphis között lehetett. Babilon városát feltehetően Kr. e. 4000 körül alapították. Szinte valamennyi lényeges egykori vívmány – az állatok háziasítása, a növények nemesítése, a fémművesség (érce: természeti erőforrás), az államok stb. – a „Termékeny Félholdon” bukkant fel.<sup>32</sup> A Termékeny Félhold az a terület, amelyik ma Mezopotámiát<sup>33</sup>, Szíriát, Palesztinát és Egyiptomot foglalja magában. „Itt a 4. évezred végén a korábbi kezdetleges földművelő életforma meglepő átalaku-

<sup>28</sup> Ennek történelmi előzménye, feltétele, hogy a korábbi pásztorkodó életmód mellett kialakult a mezőgazdaság. Helyhez kötött földművelés nélkül nem volt lehetőség falvak, azokból pedig városok kialakulására.

<sup>29</sup> A sumer szinte mindezzel rendelkezett, szemben a korai egyiptomi vagy a közép-amerikai maja civilizációval és a krétaival. Ennek ellenére ez utóbbiakat is az ősi civilizációk közé kell sorolnunk társadalmi szervezetükre és technikai vívmányaikra tekintettel.

<sup>30</sup> A középkorra alkalmazva az „Age of Empires II” 13 civilizációt tartott számon, Toynbee közel kétszer annyit, Spengler pedig kilencet. Ma – Huntington szerint – a következő civilizációk élnek egymás mellett: a kínai, a japán, a hindu, az iszlám, az ortodox, a nyugati, a latin-amerikai, és – vitatottan – az afrikai. Nyugati civilizáció: a Római Birodalom keresztény, latin nyelvű részéről induló és Nyugat-, valamint Közép-Európa nagy részére kiterjedő civilizáció. Általában Európa katolikus és protestáns népeire értik, valamint a később benépesített területekre, így Észak-Amerikára és Ausztráliára. Ez a civilizáció fejlesztette ki először az ipari társadalmat.

<sup>31</sup> Az ókor az emberiség történelmének az írásbeliség megjelenésétől a Nyugatrómai Birodalom bukásáig tartó korszaka.

<sup>32</sup> A Termékeny Félhold elnevezés James Henry Breasted amerikai régészről származik.

<sup>33</sup> Mezopotámia a Tigris és az Eufrátesz által körülzárt terület. Maga az elnevezés sosem volt országnév, csupán a tájegység megjelölésére szolgált (mezo=köz, köztes állapot, (potamosz=folyó).



lásba torkollott. Városok nőnek ki a földből<sup>34</sup>, államformákat teremtenek számukra, vallási dogmák és rítusok alakulnak ki. A legnagyobb vívmány, az írás feltalálása, monumentális építőművészet társul hozzá. (Várkonyi) Volt már írásuk és – hatvanas számon alapuló – számrendszerük. Innen ered a kör 360 foka és az óra hatvan perce. Lehetséges, hogy az ő találmányuk a kerék és a harci szekér is, mert már igen korán használták mindkettőt, de azok hamarosan megjelentek Indiában és Kínában is. Az *egyiptomi* Óbirodalom valószínű időpontja a Krisztus előtti harmadik évezred. Kr. e. 3500-ra meglehetősen pontos naptárt készítettek, 365 napos évvel. Egy évezreddel később már voltak tengerjáró vitorlásaik, majd 1500 táján napórájuk. A piramisok építésével lenyűgöző matematikai és műszaki ismeretekről tettek tanúbizonyságot. A vallás, az állambiztonság, a rend és az igazság ura egyaránt a többé-kevésbé „isteni” király volt. Az Indus-völgyben Kr.e. 3000-tól voltak városok (Harappá és Mohendzsó-dáró). A *kínai* Sang-dinasztia másfél évezreddel Krisztus születése előtt uralkodott más, jóval korábban civilizálódott népek fölött. Az ősi *maja* civilizációban a földművelés kezdeteit Kr. e. 2500 és 1500 közé teszik. Mindezek megelőzték az európai civilizáció első csiráit. Európa első, valódi civilizációja Kr. előtt 2000 táján Krétán, majd a szárazföldi Görögországban jött létre, – Renfrew<sup>35</sup> szerint – jobbra helybeli előzményekre alapozva – még ha voltak is korábbi kapcsolatai a mai Szíria, Libanon, Izrael, Palesztina és Jordánia területén fekvő Levántéval<sup>36</sup>, valamint Egyiptommal.

A régi civilizációk közül egyesek eltűntek, embereik kihaltak, másokat pedig idegen civilizációk olvasztottak be, vagy igáztak le. Érdekes, hogy már a babilóniaiak is sejtették, hogy egy előre nem látható csapás bármikor véget vethet egy-egy történelmi ciklusnak, amelyet megújulás követhet. Ez a sejtés jól összecseng *Paul Valéry* (1871–1945) mondásával: „Nos, mi civilizációk mostantól tudjuk, hogy halandók vagyunk.”<sup>37</sup>

<sup>34</sup> Kr. e. 200-ban az indiai Pataliputra (ma Patna) háromszázötvenezer lakosával a világ akkori legnépesebb városa volt. Kr. u. 900-ban a iszlám hitű Bagdad kilencszázezer lelket számlált.

<sup>35</sup> Sir Andrew Colin Renfrew (1937–) angol régész a radiokarbon vizsgálatokkal, a nyelvek őstörténete és az archeogenetika terén végzett vizsgálataival, valamint a régészeti emlékek védelmével szerzett nemzetközi elismerést.

<sup>36</sup> A régió nem pontosan körülhatárolható, inkább kultúrtörténeti, mint földrajzi fogalom. A Levante szó az olasz nyelvből származik (= napkelet). A levantei kereskedelem megnevezés alatt mindazt a kereskedelmet értjük, amely ezt a területet összekötötte Európával. Levantéból a keletről érkezett selymet és fűszereket vitték Európába. A kereskedelem urai az itáliai városállamok, elsősorban Velence és Genova voltak. Többek között ez a kapcsolat volt az a tényező, amely Itáliát a középkor nagy részének egyik vezető hatalmi és gazdasági térségévé tette Németség mellett, amely a Hanza-kereskedelem egyik központja volt.

<sup>37</sup> Nous autres, civilisations, nous savons maintenant que nous sommes mortelles.

A sumer civilizáció<sup>38</sup> eltűnése – akkád/amorita nyomás mellett<sup>39</sup> – nagyrészt a túlzásba vitt öntözés, a majái pedig valószínűleg főként az erdőirtás által okozott termőföld-erózió és a belső viszálykodás következményének tulajdonítható, de legalábbis nagymértékben arra vezethető vissza. E természetbe történt szélsőséges beavatkozásokat élelmiszerhiány követte. Az eltűnt civilizációkkal szemben néhány – az évezredek alatt átalakulva ugyan, de – többé-kevésbé fennmaradt, sőt olyanok is voltak, amelyek szétsugároztak (Northcote Parkinson). A civilizációk sorsának ciklikusságát talán Arnold Toynbee<sup>40</sup> 18 év alatt írt 12 kötetes hatalmas munkája (*A Study of History*) jellemzi a legjobban. Elmélete értelmében egy ciklus a hanyatlással zárul, ami akkor következik be, amikor a vezetők már nem eléggé találekonyak a rájuk nehezedő kihívásokkal szemben. Ami pedig az összeomlások időbeliségét illeti, emlékeztetünk arra, hogy a Római Birodalomban erre mindössze egy emberöltőre volt szükség. Az Oszmán Birodalom eltűnésére elég volt az első világháború évtizede, a Szovjetunió összeomlására még ennyi időre sem volt szükség.

Elkerülheti-e a hanyatlás félre nem érthető jeleit mutató nyugati civilizáció az összeomlást akkor, amikor – Ferguson szavaival élve – „elveszítettük hitünket az őseinktől örökölt civilizációban”? Folytatódik-e hanyatlás, vagy valami csoda folytán ismét erőre kap a Nyugat, hogy megmentse magát? Hanyatlás és összeomlás között különbséget kell tenni. Összeomlás akkor következik be, amikor már az összetett alapokon nyugvó civilizáció egyes meghatározó elemei megbomlanak. Ilyen meghatározó elem az energia is, amelytől Európa túlságosan importfüggő helyzetben van. Ez számunkra, különösen az európaiak számára létkérdés. Az igazi kihívó geopolitikai és gazdasági téren egyaránt a Kelet lett. Közép-Ázsia és Oroszország energiaforrásaira már nemcsak Európának van szüksége, hanem a pragmatikusabb felfogást képviselő Távol-Keletnek is. Az *Al Arabija News* felteszi a kérdést: „Vajon miért kereskedik még Kína Iránnal?” Úgy tűnik, mintha Kína fogadná meg Lord Palmerston<sup>41</sup> volt angol miniszterelnök egykori szavait: „Nincsenek örök barátaink és örök ellenségeink, csak örök érdekeink vannak, és az a kötelességünk, hogy ezeket az érdekeket kövessük.”

<sup>38</sup> A sumerok eredetét homály fedi. Tudjuk, hogy bevándorolt nép volt, és hogy a Kr. e. 4. évezred második felében érkeztek a két folyó vidékére. A legrégebbinek tartott városuk – Eridu – az Eufrátesz akkori torkolatánál épült, ezért sokan úgy tartják, hogy lakosai a tengeren érkeztek valahonnan. Mások arra az álláspontra helyezkednek, hogy szárazföldi úton, a Zagrosz-hegységen átkelve érték el a Folyóközt. Akárhogy is volt, a sumerek önálló városállamokat alapítottak (például Ur, Uruk, Kis, Nippúr stb.), amelyek kezdetben egymással is harcban álltak. A városállamokban már kezdett felemelkedni a sumer tudomány is. A 4. évezred végén megjelent az írásbeliség, a tudományos fejlődés legfontosabb feltétele. A kezdeti képirást fokozatosan váltotta fel a szótagírás jellegű ékírás.

<sup>39</sup> Az amoriták beszivárogtak a sumer területekre, majd ők is beolvadtak a később érkező sémi népekbe.

<sup>40</sup> Arnold Joseph Toynbee (1889–1975) brit történész, filozófus.

<sup>41</sup> Henry John Temple Viscount Palmerston (1784–1865) 1855-től 1858-ig és 1865-ben (haláláig) volt miniszterelnök. Az európai egyensúly gondolatát képviselte elsősorban azért, mert ez felelt meg a brit érdekeknek.

A földgázhiányos Európa ezzel szemben „politikai okokból” embargót hirdetett meg a világ második legnagyobb földgáztulajdonosával – Iránnal – szemben.

Az elmúlt évezredek túlnyomó részében az Óvilág nagy térségei közül Európa volt a legelmaradottabb. A haladás úttörői többé-kevésbé keletiek voltak, és mindegyikük civilizációja az egyeduralom intézményén alapult. A hatalom első eltolódása nyugat felé az Indiáig található összes társadalomnak Nagy Sándor által történt meghódításával kezdődött el. A Római Birodalom bukásával a hatalom központja ismét elmozdult, mégpedig Nyugat- és Észak-Európa felé. Mindazonáltal – a vízálmok elterjedéséig, vagyis úgy 900-ig – Európának az Alpoktól nyugatra vagy északra eső része sem járult hozzá az Óvilág technológiájához, inkább csak befogadója volt a Földközi-tenger keleti vidéke, a Termékeny Félhold és Kína vívmányainak. A tudomány és a technika még 1000 és 1450 között is túlnyomórészt az Indiától Észak-Afrikáig terjedő társadalmak felől áramlott Európa felé, nem pedig fordítva (Jared Diamond).

Mindazonáltal a Nyugat már azt megelőzően is *Nyugat* volt, hogy elkezdett volna modernizálódni. Bázisául a klasszikus görög–római örökség, a kereszténység és az öröklődő magántulajdon szolgált. A maihoz közelálló értelemben vett nyugati civilizáció<sup>42</sup> kezdetül mégis csak a 8-9. századot lehet megjelölni, 1500 után pedig – a földrajzi felfedezéseket követően – terjeszkedni kezdett a világban, és alávettette a többi civilizáció jelentős részét. A reneszánsz, de különösen az ipari forradalom óta a közelmúltig egyértelműen Nyugat felől terjedt a modernizáció, amelyben felsorakozott a fejlett technológia, a közlekedés/szállítás ugrásszerű növekedése, továbbá a kényelmi szolgáltatások fejlődése, legutóbb pedig az informatika térnyerése. Mindezeket biztosítja az egy főre jutó energiateljesítmény növekvő nagysága, de sajnálatosan a környezet rongálása is.

Az európaiak számára a távol eső földrészek felfedezésének területein megismert emberek életmódja primitívnek látszott és látszik ma is. Ez a felfogás azonban nemcsak etikátlan, de – látva a legutóbbi évtizedek Keleten végbe ment fejlődését – szűklátókörű is. „A nyugati civilizáció nem értékesebb, mint más civilizációk, felsőbbrendűségének ideológiája lebontandó, mert a hatalmi érdekeket, más civilizációk elnyomását szolgálja” – írja Hankiss Elemér. Erről a problémáról Ankerl Géza<sup>43</sup> a következőképpen vélekedik: „Csak a gazdasági fundamentalizmusba elmerült Nyugatot kísérti az együtt élő civilizációk változatosságának elfojtása, elnyomása. Hirosima és Nagaszaki megmutatta, hogy a mi civilizációnk a tömegterrorizmus mestere.” Tőle származik az a vélemény is, amely szerint „egyetemes érvényű jogrendet nem lehet egyetlen civilizáció, a Nyugat bölcséleti hagyományaiból levezetni. Egyetemes elveket felállítani

<sup>42</sup> A nyugati civilizáción ma leginkább az európai, az észak-amerikai, az ausztrál és az új-zélandit értjük. Gyakran nyugati civilizációnak nevezik a jelenlegi ipari (technikai) civilizációt (ez azonban a japánt is magába foglalja).

<sup>43</sup> Ankerl Géza (1933–) író, építész, szociológus, egyetemi tanár.

csak úgy lehet, hogy más kultúrákban élők véleményét is kikérjük. Így ráébredhetünk arra, hogy minden civilizációnak más értékrendje van... Ha a nyugati világ, ha kényszeredetten is, de elfogadná, hogy több élő civilizáció létezik, akkor a kibontakozó világméretű együttműködést nem a terjeszkedő, törtető egyneműsítésben keresné, hanem föderatív úton.”

Nézzük meg most már közelebbről, hogy a nyugati civilizáció az utóbbi századokban miként jutott el a természeti energia alkalmazásával a mai szintre, és hogyan fonódott vele össze?

A 18. századtól – az energetika fejlődésével szorosan összefüggő ipari forradalommal a korábbiakhoz képest összetettebb korszak kezdődött a fosszilis energia, először a szén felhasználása révén. A gőzgép megszabadította a termelést a munkaerő biológiai korlátaitól. Megerősödött Anglia vezető szerepe. Felgyorsult Belgium, a Ruhr-vidék és Lotaringia nehéziparának fejlődése, amit a jó minőségű szén és vasérc párhuzamos előfordulása alapozott meg. A gőzgépek teljesítőképességével foglalkozó Carnot *már* 1824-ben eljutott a termodinamika második törvényének őséhez (a természetben a hő magától minden esetben a magasabb hőmérsékletű testekről az alacsonyabb hőmérsékletű testekre megy át). A termodinamika főtételeinek mai megfogalmazását egyébként a 20. században dolgozták ki. Ezek egyrészt leírják az energiamegmaradást, másrészt kijelölik a természeti jelenségek irányát. Meghatározták továbbá a kémiai és az elektromos, valamint a biológiai energia fogalmát is.

Biológiai energia felhasználásával történik többek között az enzimek, a hormonok és a vér képzése, a sejtek lebontása és újraképzése, az állandó testhőmérséklet, a szervezetben lezajló folyamatok egyensúlyának, működésének fenntartása. A sejten belüli energiaátvitel legkisebb „molekuláris valutája” az *adenozin-5'-trifoszfát (ATP)*, amelyről a Nobel-díjas Fritz Albert Lipmann először tette fel, hogy – a baktériumoktól a gombákon és a növényeken keresztül az emberig – *a fő energiaszállító molekula a sejtekben*. A biológiai energia termelését és felhasználását végző fehérjék vizsgálata során – az izomrostoké után – egyre több ATP-t használó „molekuláris motor” működése tárul fel.

A modern vegyipar szintén a fosszilis energiákhoz kötődik. Először a kőszén bázisán alakult ki, látványos fellendülése pedig az kőolaj és földgáz nyersanyagra történt átállításához köthető. A kőolaj 20. századi felhasználása ezenkívül elősegítette a közlekedés és a kereskedelem nagyarányú fellendülését is. A mezőgazdaság olajtermékeket igénylő gépesítése és kemizálása, valamint a villamos energiát feltételező öntözés széleskörű elterjedése hozzájárult az élelmiszer-termelés bővüléséhez, ezzel a népesség gyorsuló szaporodásához.<sup>44</sup>

<sup>44</sup> Az egy főre jutó öntözött területet tekintve toronymagasan az első helyen áll Hollandia (2003-ban 26 000 m<sup>2</sup>/fő). Ez a mutató Magyarországon a nemzetközi statisztika szerint mindössze 230 m<sup>2</sup>/fő volt.

Az első, de különösen a második világháború pedig azt bizonyította, hogy a nyersanyagok és energiahordozók szerepe meghatározó a nemzetközi erőviszonyok alakulásában. Ezen a szinten a végletekig leegyszerűsített fejlődési íven haladva jutott el a nyugati típusú civilizáció a mai állapotáig, amely immár az informatikai és a biológiai forradalommal<sup>45</sup> folyamatosan gazdagodik.

A sejten belüli energiaforgalomra vonatkozó alapismeretek az 1940-es évekre nyúlnak vissza, az informatikai forradalom jelentősége pedig mára úgyszólván mindenki előtt közismert. Ez utóbbi folytatódása azzal jellemezhető, hogy – például – 2030-ra nem irreális feltételezésként egy számítógép képes lehet majd két perc alatt letölteni az Amerikai Kongresszusi Könyvtár teljes anyagát (16 terabájt). Ehhez az 1900. évi távírókapacitással 3900 évre lenne szükség. A United States Joint Forces Command szerint az adatátviteli sebesség (az úgynevezett sávszélesség) akkorra a jelenleginek a százezerszeresére nőhet.

### A tapasztalat és a tudás szerepe

*A tudás hatalom.* – Francis Bacon<sup>46</sup>

*Mivel az információ önmagában még nem tudás ..., a tudományos oktatásnak gondoskodnia kell a népesség tudományos műveltségéről, amelynek révén az információt tudássá tudja alakítani.* – A Tudomány Világfóruma, Budapest, 2005

*A tapasztalat nem téved. Egyedül a megítélésed lehet hibás, mert olyasmit vársz el tőle, ami nincs hatalmadban.* – Leonardo da Vinci

Az előzőek alapján belátható, hogy a társadalmak sokszínű alakulásában a természeti erőforrásoknak meghatározó szerepük volt, van és lesz a jövőben is. A világ gazdasága, kereskedelme, népessége, az utazási szokások, különösen a fejlett országok komfortja és általában a jelen civilizáció teljesen másképpen alakult volna a fosszilis energiahordozók felhasználása nélkül. Közülük a kőolaj, a földgáz és a szén – valamint a nagy részben belőlük előállított villamos energia – mára gyakorlatilag nélkülözhetetlenné vált az emberiség számára. Ezért nem tudható, hogy miként érinti majd a jövő társadalmainak a mai körülményekhez idomult civilizációját a természeti feltételek változása, amihez hozzájárul a szénhidrogének – elsősorban az olajtermékek (üzemanyagok) pontosan meg

<sup>45</sup> A biológiai forradalom ellentmondásos jelenség, például az összejtbeültetések, a gyógyászati célú klónozás sokak szerint kiváltképpen problematikus.

<sup>46</sup> Francis Bacon (1561–1626) brit filozófus, államférfi.

nem határozható időben, de a jelenlegihez képest bekövetkező szűkössége, ezzel összefüggésben a drágulása. Küszöbön áll egy – az energiafelhasználás-változ(tat)ási kényszerrel *is* összefüggő paradigmaváltás utáni – új gazdasági és szellemi értékrendet képviselő civilizáció megjelenése.

Induljunk ki abból, hogy a különböző kultúrákat és civilizációkat az ember kivételes adottságai, készségei hozták létre. A kezdeti, fizikai energián alapuló tevékenysége során a tapasztalatok – a természetben egyedülálló, átláthatatlan konverziós folyamatban – tudássá integrálódtak, és ráépültek egy-egy kultúrára. A tapasztalatokból szerzett és fokozatosan létrejött kollektív tudás megalapozta a tudományt és – egyre több *természeti erőforrást* bevonva – a technológiát, mindezzel pedig a jelenlegi technikai-technológiai – nyugati – civilizációnkat.

A tudás felhalmozódása gyorsul. Ezt valamennyien tapasztaljuk. W. J. Clinton az Egyesült Államok volt elnöke a Morgan Állami Egyetemen 1997-ben tartott tanévzáró beszédében, amely az Amerikai Fizikai Társaság újságjában és a hazai Fizikai Szemlében is megjelent, hangsúlyozta: „Ahogy egykor a nemzetek erejüket hadseregük és fegyvertáruk nagyságával mérték, a jövő világában a tudás számít majd a legtöbbet. Az elmúlt fél évszázadban a gazdasági termelékenység növekedésének nem kevesebb mint fele vezethető vissza a kutatásra és a technikára. De azt se felejtjük el – folytatta, hogy a tudomány nem Isten. Legmélyebb igazságaink a tudomány birodalmán kívül maradnak.”<sup>47</sup> Ezért is igaz az, amit korábban már John D. Bernal is hangsúlyozott: „a tudomány túlságosan fontos és túlságosan veszélyes, semhogy kevesekre bízhatnók”. Etikailag is ellenőriztten kell tehát erőfeszítést tennünk a tudományos és a technológiai kutatás előbbre vitelére.

Bár jobbra még ma is a Nyugat felől terjed a modernizáció, a nyugati civilizáció világszerte tapasztalt szétsugárzása a fokozatos technológiai felzárkózás dacára nem jelenti a fejlődők társadalmainak (teljes) kulturális átalakítását. Egyetemesség válásának az a fő akadálya, hogy bár a modernizáció révén a világ technológiai állapota globalizálódik, a jelenség a más népekbe beágyazódott mély kulturális gyökerekre nem gyakorol lényeges hatást. Igaz ugyan, hogy a régebben és az újonnan modernizálódott társadalmak az egymásra hatás következtében jobban hasonlíthatnak egymásra, a homogenizálódás azonban mégsem jelentős. Az ázsiai és az iszlám világ – szemben az európaival – egyre inkább kiáll a saját kultúrája mellett. Ennek a folyamatnak a lehetséges következményeire a következő pontban térünk ki.

<sup>47</sup> William J. Clinton: A tudomány négy útmutatása. Fizikai Szemle 1997/10.



## A kultúra és az energia kölcsönhatása – befolyásuk a nemzetközi erőviszonyokra

*Sokáig és alaposan megszenvedtem, hogy elvesztettem kulturális gyökereimet. – Arthur Koestler<sup>48</sup>*

*Napjainkban a tudományos műveletlenség sokkalta veszélyesebb, mint volt korábban bármikor. – Sagan<sup>49</sup>*

*A nemzeti hovatartozás érzése az emberi természet legmélyéről fakad; ha az embert elszakítják múltjától, ki is ölhető belőle ez az érzés.[...] Mással azonban nem helyettesíthető; az elszigetelt, összezsurgított emberrel [...] már nincs mit kezdeni. Az az oktatás, amiben részesíthetjük, már csak a rabszolga oktatása: nem az egész ember képzése, hanem néhány olyan képesség kifejlesztése, amelynek segítségével hasznos munkás, rámenős utcai árus, sőt jómódú kereskedő is válhat belőle, de jó állampolgár sohasem. És a világ legkifinomultabb és legidegesítőbb módján áll bosszút rajtunk: nagy diadalmasan átalakul a saját rossz utánpótlásunkká. – Alfred Zimmern<sup>50</sup>*

A fejlődő országok zömének kulturális hagyományai jelentősen különböznek a nyugatiakétól, és ma is tovább élnek, miközben technológiai színvonalukban számottevő előrelépés, sőt egyes területeken már-már felzárkózás tapasztalható. Ebből a szempontból a legkevésbé sem érdektelen a Nyugatot és a Keletet/Délt összehasonlítani.

A Central Intelligence Agency (CIA) *World Factbook China* szerint a 19. század elejéig India és Kína együtt a világ GDP-jének közel a háromnegyedét adta. Attól fogva azonban – és jóformán az egész 20. század folyamán – szakadatlanul csökkent a gazdasági súlyuk a Nyugattal szemben. A 20-21. század fordulójától viszont ismét erőteljes lendületet vett e két ország fejlődése. Kína energiafogyasztása már 2009-ben meghaladta az USA-ét, GDP-termelése pedig 2030 és 2035 között utoléri majd Amerikáét.

Közismert, hogy a felvilágosodással, az ipari forradalommal a Nyugat felől kiindult modernizáció a többi civilizációra egyre nagyobb hatást gyakorolt, de

<sup>48</sup> A Budapesten született és Londonban elhunyt hányatott sorsú újság- és prózaíró Arthur Koestler (1905–1983) számára az első nemzetközi sikert a *Sötétség délben* című regénye hozta meg. Munkáit gyakran említik George Orwell munkáival együtt.

<sup>49</sup> Carl Edward Sagan (1934–1996) amerikai csillagász, planetológus, asztrobiológus. Fontos szerepet játszott a NASA űrszondái tudományos programjainak tervezésében és irányításában. A SETI (Search for Extra-Terrestrial Intelligence) programok egyik megindítója és vezetője volt.

<sup>50</sup> Sir Alfred Zimmern (1879–1957) Angliában született neves amerikai történész.

anélkül, hogy érintette volna ez utóbbiak mélyen rejlő kulturális gyökereit. Az újonnan modernizálódó társadalmak megőrzik eredeti kulturális attitűdjeiket, miközben a nyugati minták egy részét átveszik. Ez a hagyományaikhoz való feltűnő ragaszkodás alaposan megkülönbözteti őket a nyugatiaktól. A nagy demográfiai feszítőerővel és nem egy esetben számottevő energiavagyonnal is rendelkező iszlám világ, valamint az ázsiai országok fokozatos technikai modernizációja háttérben ma is ott állnak az erőt adó tradíciók (legyenek azok buddhista, hindu, taoista stb. hagyományok). Még a kommunista Kína is nyíltan hangoztatja immár a (szomszédjaival közös) buddhista örökségét, és – az Alliance Française mintájára – világszerte százsámra alapítja meg Konfuciusz Intézeteit.

Ezzel szemben a jelenleg még erőfölényben levő Nyugat alig ismeri fel, hogy kultúrája nagymértékben hozzájárul(t) saját civilizációja kialakulásához és megtartásához. Nem gondol arra, hogy mekkora hátrányt okozhat számára saját tradíciói – köztük a vallás – érthetetlen mellőzése. Ennek egyik igazolása az európai hagyományok megőrzéséről szóló huzavona a Lisszaboni Szerződés elfogadását megelőzően. Pedig Aquinói Szent Tamás óta a kereszténység már nem csupán vallás, hanem folyamatos megújulásra kész bölcséleti – sőt többek között Barbour<sup>51</sup> korszakos művében bemutatja azt is, hogy az új természettudományos ismereteket is befogadó teológiai – rendszer (ebben különbözik az iszlámtól, a hinduizmustól vagy a buddhizmustól). A dokumentumba mégsem került be az európai identitás alapját képező kereszténység. Egyes nyugati politikusok mintha nem éreznék, hogy a világhatalmi erőegyensúly alakulását is befolyásol(hat)ja az egyes civilizációk mögött álló kultúrák különbözősége, hiszen azok meghatározók. Az a vallomás, amelyet Koestlernek *A láthatatlan írás* című regényéből a mottók között idéztünk, alighanem messze túlmutat a kultúrának az egyes ember sorsára gyakorolt hatásán.

A nyugati kultúra kezdetben szimbiózisban élt a tradícióival, és abban rejtett közösségét egyben tartó, fellendítő ereje. Később azonban ezen a téren lényegbe vágó változás következett be. Spengler<sup>52</sup> *A Nyugat alkonya* című fő művében azt közölte a száz évvel ezelőtti és sokak számára máig tartó, az

<sup>51</sup> Ian G. Barbour fizikus (1923–) a Carleton College Templeton-díjas professzor emeritusa. Az 1866-ban alapított Carleton College 37 szakon a művészetek, a humán tudományok, a természettudományok és a társadalomtudományok terén nyújt képzést. Az oktatás célja itt a sokoldalúságra való törekvő ember kialakítása.

<sup>52</sup> Oswald Spengler (1880–1936) német filozófus, a konzervatív forradalom elméletének teoretikusa. Spengler a kultúra késői fázisát nevezi civilizációnak, amely a hanyatlás, majd pedig a pusztulás felé tart. Henry Kissinger doktori disszertációjában (1950) a német filozófus jövendöléseit „meghökkentően pontos jóslásoknak” nevezte. Zbigniew Brzezinski szintén méltatta Spengler gondolatait. A Nyugat kulturális „visszalépését” egyébként egyre többen – újabban már a közember szintjén is – érzékelik. Spengler koporsójába – saját kívánságára – elhelyezték Goethe *Faust* és Friedrich Nietzsche *Így szólott Zarathustra* című műveit.



önnön teljesítményétől és optimizmusától megrészegült nemzedékkel, hogy a nyugati civilizáció mélyén kezdetét vette valamiféle bomlási folyamat, amelynek jelentőségét a társadalom zöme nem érzékeli ma sem. Az európai kultúráról pedig a következőket írja: „A nyugat-európai – vagy saját elnevezése szerint fausti – kultúra már körülbelül az 1800-ik év óta belépett fejlődésének utolsó stádiumába, amikor magára kezdett öltetni egy bizonyos mechanisztikus-utilitarisztikus világnézetet, amely lassan-lassan kezdi elbágyasztani és megbénítani kultúrateremtői erőit. A nyugat-európai kultúra alkonya tehát nem világtasztrófáknak, hanem a teremtő erőkben és formákban való kimerültségnek és elaggottságnak a következménye.” Ahelyett, hogy – a hanyatlás palástolása érdekében vagy tudatlanságból – keresné a megújulást, oly módon próbálja társadalmát egyben tartani, hogy hihető (?) (gazdaság)politikai elméleteket gyárt. De hiába, az eredmény mégis megrokkánás tapasztalható. Ugyanis amikor a hagyományok jelentősége múlóban van, csökken a közösség egybetartozásának érzete is. Ilyen körülmények között a kihívásokkal, válságokkal viselő korunkban azok az átmenetileg működő modellek<sup>53</sup>, mint a globalizáció, a „piac mindent megold” politikája az eresztékeiben lazuló társadalom és gazdaság számára csak ideiglenesen tudnak/tudtak megoldást nyújtani. E korszak – a tömegek kenyérrel és cirkusszal való eredményes kábításának politikájáé – lecsengőben van. Egyre nő a természeti erőforrások fogyásának és a demográfia alakulásának a szerepe. Nem tudható, hogy a kultúráját vesztő Nyugat – elsősorban Európa – a még meglévő viszonylagos technológiai előnye mennyiben és főleg meddig tudja ellensúlyozni ezeket a hatásokat.

Ladrière<sup>54</sup> szerint: bár a (technikai) civilizáció anyagi oldalról nézve egyre inkább világméretűvé válik, a látható élet alatt különböző tradíciók élnek, nagyon különböző módozatai annak, ahogyan az élvezett értékeket ténylegesen felfogják, élik és értelmezik. Figyelmeztető jel a fejlődő országok társadalmainak önbizalom-növekedése. Legyenek azok akár gazdagok olajban és/vagy földgázban, valamint egyéb nyersanyagokban, akár nem, nagy demográfiai feszítőerővel rendelkeznek. Az – parázsként a hamu alatt – még a Nyugat gazdasági

<sup>53</sup> Az, hogy mit nevezünk modelleknek, mindig kontextus kérdése. A szónak – a fotómodelltől az autómárkák évjáratán és a közgazdasági projektek alternatíváinak matematikai megalapozásán keresztül a standard modellig – több jelentése van. Könyvünkben is több értelemben találkozunk vele. Az értelmezésében a szövegösszefüggés lehet az olvasó segítségére. Ma a standard modell névre keresztelt elmélet a modern részecskefizika átfogó elmélete, amely a kísérleti észlelésekkel összhangban írja le az anyagot felépítő elemi részecskék világát, és a tapasztalattal megegyező értékeket ad a részecskék tulajdonságaira, valamint a részecskék közt zajló folyamatok és a részecskeátalakulások jellemzőire. Az anyag ma ismert összetevőinek leírásához a modell a négy alapvető kölcsönhatásból hármat (gyenge, erős és elektromágneses kölcsönhatás) használ fel, a gravitációval pedig nem számol.

<sup>54</sup> Jean Ladrière (1921–2007) a Louvaini Katolikus Egyetem professzora számos amerikai, európai és afrikai ország egyetemének tiszteletbeli tanára volt. Több mint 650 tudományos és filozófiai cikkét 12 kötetben adta ki az utókor.

és szellemi virágzása alatt sem hunyt ki. Jellemző az is, ahogyan a történelem folyamán a kínaiak korábban is vélekedtek Európáról. Friedell<sup>55</sup> újkori kultúrával foglalkozó könyvében olvashatjuk: 1871-ben, amikor Mac Mahon<sup>56</sup> leverte a kommünt, egy éppen Párizsban tartózkodó kínai küldöttség vezetője így nyilatkozott: „Fiatalok vagytok ti nyugatiak, szinte még történelmek sincsen.” Kína felsőbbrendűség-tudata civilizációjának igen hosszan tartó korábbi értékeivel, valamint újonnan fellendült teljesítményével van összhangban. Jogosan feltételezhetjük, hogy a több ezer éves kínai mentalitás aligha változott az utóbbi másfél évszázadban. Kína jövőjének paradoxona – Brzezinski<sup>57</sup> szerint – abban rejlik, hogy a demokrácia egyes elemeinek fokozatos átvétele jobban elképzelhető egy intelligens, de erősen központosított vezetés, mint egy azoknak gátlátalanul teret engedő, gyengébb irányítás mellett. (Lásd ezzel kapcsolatban az Állam szerepe című 4. fejezetet.)

A különböző régiók (civilizációk/kultúrák) egyes országaiban a népesség tudatát – közvetve – befolyásolhatja az energiavagyonnal való jó vagy gyenge ellátottság is. Míg a fejlett országok többsége – különösen Európában – nem rendelkezik elegendő energiavagyonnal, a fejlődő országok közül az abban gazdagokban fokozódik a magabiztosság, az energiát nélkülözőkben pedig – sokszor a párosuló éhínség vagy a vízhiány miatt – nő az elkeseredettség. Ez mindkét esetben, a demográfiai dinamizmusukkal tetézve jelentősen változtathat a korábbi erőviszonyokon: a globalizáció ugyanis nemcsak a társadalom kenyelmét és jólétét szolgáló, hanem – esetenként – katonai célra szintén alkalmazható technikát (akarla-akaratlanul) is átadja egyes fejlődő országoknak, befolyásolva az erőviszonyokat. A Nyugatnak igencsak iparkodnia kell, ha – mint azt száz évvel ezelőtt Spengler megjósolta – nem akar áldozataul esni az új, feltörekvő civilizációknak. Ennek előjelei már ma is láthatók: egyes „szegényebb, de nagyobb lélekszámú országok (elsősorban Kína és India) növekvő nyomást gyakorolnak egy-egy kulcsfontosságú nemzetközi intézményre, köztük a Világbankra és a Nemzetközi Valutaalapra (IMF), hogy újraosszák a jelenleg Nyugatnak kedvező szavazati jogokat. Ezt a felosztást már néhány állam kritizálta is a G20-as csoportban. Azt követelik, hogy sokkal nagyobb mértékben vegyék figyelembe a lélekszámot, és kisebb mértékben a pénzügyi hozzájárulásokat.” (Brzezinski)

<sup>55</sup> Egon Friedell (1878–1938) kiemelkedő osztrák filozófus, történész, újságíró, színész és színházi kritikus.

<sup>56</sup> Patrice Maurice de MacMahon (1808–1893) gróf, magentai herceg, francia marsall, a versailles-i kormány hadseregének élére állították azzal a megbízatással, hogy vessen véget a kommünnak. A feladat megoldása után kinevezték Párizs főparancsnokává. 1873 és 1879 között köztársasági elnök.

<sup>57</sup> Zbigniew Brzezinski (1928–) lengyel származású amerikai politológus, a John Hopkins University School of Advanced International Studies professzora.

Oswald Spengler monumentális történetfilozófiai műve, *A Nyugat alkonya* című könyv először 1918-ban jelent meg. A szerző a világtörténelmet a keletkező és elhaló kultúrkörök egymásutánjának tekinti. Ebben a történelem legfőbb intelligibilis egységének a kultúrát jelöli meg, amelynek késői fázisa a civilizáció. A civilizáció sorsa pedig a pusztulás, még akkor is, ha az agónia hosszú és még látványos gazdagságot produkál. A nyugati kultúra ennek kezdeti stádiumába szerinte már a 19. század végén került, mások (többek között Goethe) szerint a 20. század elején. A természettudomány iránti érdektelenséggel párhuzamosan a tömegkultúra uniformizálódása, színvonsüllyedése ma már meglehetősen egyértelmű. Spengler történetfilozófiájában szakít azzal a nézettel, hogy a történelmi fejlődés csúcspontja az európai polgári kultúra. Úgy véli, hogy ez a felfogás az európai történészekre jellemző egyoldalú, Európa szerepét túlértékelő, elfogult látásmód, amely lekicsinyli más kultúrák jelentőségét. Szerinte kultúrkörök vannak, amelyek mindegyike hasonló szakaszokon megy keresztül, és mindegyikre jellemző, hogy két fő szakasz különböztethető meg. Az első a kultúra időszaka, amelyben originális műveket alkotnak, szimbolikusan megjelenítik az adott kultúrkörre jellemző legfőbb törekvéseket. A második szakasz a civilizációé, amelynek legfőbb ismérve, hogy döntővé válik a már meglévő művek, értékek másolása, technikailag magas szintű és mennyiségileg növekvő reprodukciója. A technikai gazdagság ugyanakkor sokáig (akár évszázadokon keresztül) elfedheti azt, hogy az adott kultúrkör már kimerítette saját lehetőségeit, meddővé vált, átlépett a civilizáció fázisába, s elkerülhetetlenül a pusztulás felé halad. Ezt Spengler a görög kultúra és a római civilizáció összefüggéseinek, valamint különbségeinek feltárásával jellemzi. Mivel az egyes kultúrkörök hasonló szakaszokon mennek keresztül, s az egyes fejlődési szakaszok hasonló sajátosságokat mutatnak, analógiák segítségével összehasonlíthatók (ezt a szerző meg is teszi). Spengler szerint saját történelmi koráig nyolc kultúra jelent meg a történelem színpadán (a babiloni, az egyiptomi, az indiai, a kínai, a mexikói, az antik, az arab és a nyugati). Három kultúrkörnek külön elnevezést, közülük a nyugatinak a fausti kultúra elnevezést adja. Ennek keretében elemzi saját jelenkorunkat is, az amerikai és az európai történelmet, amely szerinte már átlépett a civilizáció időszakába, és a látványos technikai gazdagság ellenére sok vonatkozásban hanyatlik.

Az Európában tapasztalható kedvezőtlen tendenciákat még a földrajzilag távol fekvő Koreában is érzékelik. A Korea Times 2010-ben így írt: „Az európaiaknak mélyen magukba kell nézniük, és felmérniük, hogy hol lesznek negyven év múlva, ha a tendenciák folytatódnak. Amire szükség van napjainkban, az Európa érdekeinek – és felelősségének – egyértelmű megfogalmazása. Európának szüksége van valamilyen célra egy olyan évszázadban, amelyben sok minden ellene szól. Ugyancsak világosan artikulálnia kellene azokat az erkölcsi fogódzókat, amelyek tetteit, és ahogy reméljük, a vezetését is irányítják

majd.” Ha egy ilyen távoli ország észreveszi Európa „stratégiai rövidlátását”, az Európai Unió vezetése pedig nem, akkor tényleg nagy gondok vannak. Az európai szintű demokrácia azért is megkérdőjelezhető (és sokan ezen az alapon bírálják az alkotmányt), mert a valódi demokrácia valódi közösségeket tételez fel, amelyek képviselői problémáikat és a megoldási javaslataikat meg tudják egymással vitatni. Európában egy szűk üzleti politikai és civil szervezeti elit kivételével hiányzik az egymással való kommunikáció lehetősége. Amint Lóránt Károly fogalmaz: hiányzik az „európai nemzet”.

Jellemző, hogy egy viszonylag új tagországot (a megújulás szükségességét felismerő Magyarországról van szó) bírálatok érik. Baj, hogy az Unió maga nem tűzi zászlajára a változás programját, helyette inkább a lejárt múlt ideológiáját zsolozsmázza. Az egykori nyugati civilizáció csíráját képviselő Európa – Brzezinski szavaival élve „egy olyan Nyugat egyszerű kiterjesztésévé vált, amelynek meghatározó szereplője Amerika”. Rá kell ébrednie, hogy a világra szakadó kihívások tömkelege – ezzel a következő fejezetben foglalkozunk – sürgeti a megújulását.

Ugyanakkor a fejlődő országok közös gazdasági régiókat (például a BRIC(S)-et és az SCO-t)<sup>58</sup> hoztak létre eredetileg azzal a céllal, hogy versenyképesek legyenek a Nyugattal, vagy akár annak fölébe is kerekedjenek, de már közös hadgyakorlatokat is tartottak (Drábik). Az előbbieket tehát folyamatosan modernizálódnak, amihez természeti erőforrásokra (nyersanyagokra, energiára, vízre stb.) van szükségük, és azzal együtt a katonai erejük is nő. A természeti erőforrásokért, köztük az energiáért az egymás közötti és a Nyugattal való versengés hozzájárulhat a civilizációs/kulturális különbségből fakadó feszültségek növekedéséhez, azokat esetleg konfliktusokká növelve (az ebből adódó következtetések levonása az energiapolitika és a „nagypolitika” feladata. (Lásd a 16. fejezetet!) Ennek hátterében ott állnak a számukra erőt adó, őrzött hagyományaik. A konfliktusok veszélyét az évente kibocsátott State of the Future keretében szerkesztett ENSZ Millenniumi Fejlesztési Célok sem zárja ki. Huntington – még az energiaproblémától függetlenül is – összecsapások kialakulásának veszélyére hívta fel a figyelmet. Igaz ugyan, hogy ezzel szemben

<sup>58</sup> Az EU-n, az OPEC-en és más ismert országcsoporthoz tartozásokon kívül több érdekalakulat jött létre. Ilyenek például: a GUUAM (Grúzia, Ukrajna, Üzbegisztán, Azerbajdzsán, Moldova); 2001 óta a BRIC: Brazília, Oroszország, India, Kína együttese, amely 2010-ben a Dél-Afrikai Köztársaság (South Africa) felvételével BRICS-re módosult; a BRICOPs rövidítés pedig a BRIC és OPEC együttesét takarja. Az SCO (Shanghai Cooperation Organisation) tagjai: Kína, Kazahsztán, Kirgizisztán, Oroszország, Tadzsisztán, Üzbegisztán. Megfigyelői státusszal rendelkezik még Mongólia, Pakisztán, India és Irán. Mindegyikükben valamilyen módon fontos szerepet játszik az energia. Közöttük vannak energiában gazdag és szegény országok, de a kőolaj és a földgáz egyfajta kohéziót jelent számukra.

áll Fukuyama<sup>59</sup> optimista véleménye, amely szerint a különböző kultúrák közötti küzdelmek háttérbe szorulnak majd, mivel a „földhöz ragadt” természeti (energia)problémák megoldásának kényszere szükségszerűen közös tető alá hozza a népeket egy közös planetáris civilizáció keretében. Nap mint nap tapasztaljuk azonban, hogy ez a hiedelme nem igazolódik be. Ilyen körülmények között meglehetősen illuzórikus azt hinni, hogy túlélésük érdekében a globális kihívások – köztük az energiáé – egységesíteni tudják majd a világ népeit.

Meg kell azt is jegyezni, hogy már nem csupán a különböző civilizációk bázi-  
sául szolgáló kultúrák eltérései jellemzők. Az tapasztalható, hogy Nyugaton, – akár *egyres országokon belül is* – különböző (keresztény ihletésű, a szocializmushoz vonzó vagy liberális) szellemi családok léteznek, sőt a természettudományos és humán kultúra képviselői olyannyira kevésbé értik egymás nyelvét, hogy az már-már súlyos következménnyel járhat. Ezért ki kell térni erre.

**Két kultúra megjelenése.** A szellemi tevékenység magasra értékelése az európai újkor hajnalán a reneszánszban kezdődött, amikor a zseniális művészek plejádja<sup>60</sup> – Raffaello, Tiziano, Michelangelo, Leonardo stb. művészete elkápráztatta a világot. Alkotásaival Leonardo egy személyben gazdagította a művészet és a technika arzenálját. Még egészen a 20. század második feléig is erőteljes volt a széleskörű kulturális támogatás, és a közvélemény is magasra értékelte a kutatók tevékenységét.<sup>61</sup> A múlt század közepétől azonban erősödik az a jelenség, amely szerint egy kultúrán belül két szubkultúra alakul ki, ami az energetika problémakörét sem kerüli el. A tudományos forradalom soha nem látott mértékben tágítja a tudomány korábbi határait. A technika fejlődése már oly mértékben igénybe veszi művelőinek testi-szellemi kapacitását, hogy a felmerülő új szemlélet kialakítására egyre kevesebben vállalkoznak. Modern korunk utóbbi évtizedeiben sajnálatos változás köszöntött be. Snow<sup>62</sup>, a Cambridge-i Egyetem fizikaprofesszora felhívta a figyelmet a „két kultúra”, a termé-

<sup>59</sup> Yoshihiro Francis Fukuyama (1952–) amerikai filozófus, politikai közgazdász és író. Máig leghíresebb műve 1992-ben jelent meg, *A történelem vége és az utolsó ember* című könyve, amelyben azt állította, hogy a hidegháború időszaka után az ideológiák közti harc véget ért, és a világban a liberális demokrácia uralmának kora következik, a politikai és gazdasági liberalizmus győzelmével. Erre érkezett, mintegy válaszként Samuel P. Huntington könyve a civilizációk összecsapásáról. E szerint a hidegháború végeztével az államok immár nem politikai ideológiák alapján állnak majd szemben egymással, hanem kulturális, civilizációs alapon, amelyben a liberális demokrácia – a nyugati civilizáció – csak egy lesz a sok közül, és nem is a legerősebb.

<sup>60</sup> A Plejádok (Fiastyúk), a szabad szemmel is látható nyílthalmaz elnevezése. Csillagait a görög mitológia a hét nővérnek, Atlasz és Pléioné lányainak tartotta. A csillaghalmaz ismert volt a kínai, a maja és az azték kultúrában is. A Fiastyúk a magyar mondákban szintén szerepel. A japánoknál a csillagkép neve Subaru, az autógyár jelvényében is a Plejádok csillagai láthatók.

<sup>61</sup> Az angliai Cavendish Laboratórium 1904 és 1982 között 29 Nobel-díjast adott a világnak.

<sup>62</sup> Charles Percy Snow (1905–1980) angol fizikus, író és politikus két kultúráról szóló gondolataival nemzetközi ismertségre tett szert.

szettudományos/műszaki és a humán kultúra fokozatos elkülönülésére, holott mind a kettő elengedhetetlen részét képezi közös civilizációnknak. Amikor arra a kérdésre kereste a választ, hogy melyik lenne azon legalapvetőbb megállapítás, amelyet minden művelt embernek ismernie kell, éppen az energetikát érintő termodinamika második törvényét választotta.

Snow – sarkosan fogalmazva – így ír erről: „Számталanszor volt alkalmam részt venni olyan összefüveteleken, amelyek vendégei a hagyományos kultúra mércéi szerint igen nagy műveltséggel rendelkeztek, és bőszen ostorozták a természettudósok ilyen irányú ismereteinek hiányosságait. Egyszer-kétszer jómagam is ki voltam téve ilyen provokációnak, és ilyenkor feltettem a kérdést a társaságnak, hányan tudnák elmagyarázni a termodinamika második, vagyis az entrópia törvényét. Válaszként igencsak hűvös pillantásokat kaptam, és hosszú néma csöndet, jöllehet egy olyan kérdést tettem fel, amely a bölcsészvilágban valami ilyesminek felelné meg: „Olvasott már valamit Shakespeare-tól?” (Az igazság kedvéért azonban jegyezzük meg, amit később elismert, hogy valójában még a fizikusok mindegyike sem ismeri igazából a második törvényt. Ennek oka a természettudományon belüli specifikálódás.) A jelenségről más összefüggésben, a relativitáselmélettel kapcsolatban Eddington<sup>63</sup> is nyilatkozott, bár inkább tréfás módon. (Erről majd a 6. fejezetben ejtünk szót.)

A természettudományos/műszaki kultúra – úgy tűnik – egyre kevésbé alkalmas eredményeinek megfelelő kommunikálására. Megteszi ezt viszont a másik szubkultúra – a humán oldal – anélkül, hogy ahhoz megfelelő alapképzettséggel bírna, amit viszont nem egyszer erőszakos propagandával leplez. *A szellemi sokféleség egyre inkább széttartóvá válik.* „Oda jutottunk – és ez nem kevés veszélyt jelent –, hogy műszaki/természettudományos kérdésekben – a média hathatós támogatásával – laikusok véleménye számít mértékadónak.” (Fekete)

A veszélyek elhárítására az országok széles köre – az energiafelhasználással is összefüggésben – egyes esetekben (például a környezetvédelem szempontjai miatt) máris közös cselekvésre kényszerül, de az erősen eltérő érdekek okán nem könnyű közös megoldást találni. A szolidaritás globális forradalmára lenne szükség ahhoz, hogy – a civilizációkat megmentendő – a jelenlegi társadalmak rövid távú és egyéni célkövetéséről át lehessen térni azokra a globális szintű feladatokra, amelyeket egy egymástól kölcsönösen függő országokból, valamint egymástól szintén kölcsönösen függő társadalmi csoportokból álló

<sup>63</sup> Sir Arthur Stanley Eddington (1882–1944) brit asztrofizikus. A Cambridge-i Observatórium vezetője volt. Az 1919. évi napfogyatkozás idején képeket készített a Nap körüli csillagokról. Az általános relativitáselmélet szerint a Naphoz közel látszó csillagok képei kissé eltolódnak, mivel a fényüket a Nap gravitációs tere elhajlítja. Megfigyelései igazolták Einstein elméletét. Cikkében ismertette Einstein általános relativitáselméletét, és ő maga is a relativitáselmélettel kapcsolatos munkái miatt lett ismert. Elnyerte a Royal Society aranyérmét, majd a Royal medalt. Egy legenda szerint, amikor egy riportban azt a kérdést kapta, hogy igaz-e, hogy csak három ember érti a relativitáselméletet, Eddington viccesen visszakérdezett: „És ki a harmadik?”



világ megkövetel. Új szintézisre van/lenne szükség! Elérhető-e ez? És ha igen, milyen módon? Snow már 1964-ben kísérletet tett arra, hogy a két eltérő kultúra közötti szakadékot egy úgynevezett harmadik kultúrában újraegyesítse, amely a jövő generációk nevelésében látja a szakadékok áthidalásának és a kultúrák egyesítésének problémáját, amely napjainkig ível.

A jelenséget Beck is érzékelteti. Így ír erről: „A két kultúra problémája ma sokkal élesebben jelentkezik, mint korábban. Ma már el sem képzelhető, hogy a természettudományos kutatások eredményeinek mindennapos élvezői a televízió nézésekor, a számítógépek és a szövegszerkesztők természetes könnyedséggel való alkalmazásakor, a háztartásokban használt megannyi új szer vagy a gyógyszerek felhasználásakor fogalmat alkossanak maguknak ezek lényegéről. Ez teljesen új helyzet, hiszen a múlt század fordulójának művelt polgára, ha akarta, megérthette mindazokat a tudományos vívmányokat, amelyeket a mindennapi életben felhasznált. Mára a természettudományokban olyan méretűvé vált a specializálódás, hogy csak a szakértők szűk köre képes a különböző természettudományi kérdések igazi megértésére. Ez a szédületes fejlődés az oktatás és az ismeretterjesztés szempontjából is fontos új feladatokat jelent.” (Beck) (Ezekkel a nehéz kérdésekkel a 7. fejezetben foglalkozunk.)





### 3. Globális kihívások, a kudarc veszélye

*A buszonegyedik század világa teljesen más kihívásokkal rendelkezik, mint amelyek a múltban adódtak. A világ most majdnem mindenbol politikailag öntudatra ébredt – milliók szeretnének türelmetlenül egy jobb jövőt maguknak. – Brzezinski*

*A globális stabilitást fenyegető erőket egy emberöltő idejére még féken lehet tartani, de ennél tovább aligha. Meglehetősen bizakodó vagyok a következő harminc év felől, de sokkal kevésbé azt követően. Ha a világ ma veszélyesnek látszik, sokkal inkább az lesz 2020-ban. – Hamish McRae<sup>64</sup>*

*A gondolkozásnak alig van nagyobb hibája, mintha valaki a valóság sokszerű bonyolultságához való jogát megtagadja és kísérletet tesz arra, hogy valóságos jelenségeket kiiktasson, azon a címen, hogy azok zavaróak. – Hamvas Béla*

Egy-egy országnak – és valamennyi lakosának – saját érdekei figyelembevételével mellett etikai kötelezettsége is, hogy megfeleljen korunk egyik nagy kihívásának: az energetikainak.

Az egyes civilizációk sorsának alakulása alapvetően attól függ, hogy a természeti és a társadalmi tényezők együttese milyen kihívásokat támaszt felénk, és azokra milyen válaszokat adnak. Ha nem helyesen reagálnak, esetleg tehetetlenül és tétlenül várják a jövőt, egyaránt alááshatja fennmaradásukat. A 20. század közepétől egyre több, válságba is torkollható lokális vagy globális kihívás lappang, illetve bukkan a felszínre, amelyekről azonban a megtapasztalt pénzügyi válság mellett viszonylag keveset lehet hallani. Ezek után nem csoda,

---

<sup>64</sup> Hamish McRae Anglia legelismertebb pénzügyi újságírója fogalmazott így az 1994-ben írt, magyarul is megjelent *A világ kétezerbűszben* című könyvében.

hogyan az emberek tudomást sem vesznek róluk, akár csak a Titanic zenészei tették, akik az utolsó pillanatig játszottak.<sup>65</sup>

Az ENSZ Millennium Projektje<sup>66</sup> már 1999-ben 15 globális kihívást tartott számon, egyikük az energiáé.

Az eredetileg nyilvántartott 15 globális kihívást a következő kérdésekben fogalmazták meg:

1. Hogyan biztosítható a fenntartható fejlődés?
2. Miként tehető elérhetővé mindenki számára elegendő tiszta víz?
3. Hogyan lehet egyensúlyba hozni a népesség növekedését az erőforrásokkal?
4. Hogyan lehet az autoriter rezsimeket valódi demokráciákká átalkotítani?
5. Hogyan lehet a politikai döntéshozatalt érzékenyebbé tenni a globális hosszú távú tendenciák érzékelésére és figyelembevételére?
6. Milyen módon lehet biztosítani, hogy az információs és a kommunikációs technológiák mindenki számára elérhetővé váljanak?
7. Hogyan lehet etikusabb piacgazdasági körülmények között csökkenteni a szakadékot a gazdagok és a szegények között?
8. Miként lehet védekezni az új betegségekkel szemben?
9. Hogyan lehet javítani a munkakörülményeket?
10. Hogyan lehet mérsékelni az etnikai konfliktusokat, a terrorizmust és a tömegpusztító fegyverek felhasználását?
11. Hogyan lehet javítani a nők helyzetét?
12. Miként lehet megfékezni a nemzetközi szinten szervezett bűnözést?
13. *Hogyan lehet biztonságosan és hatékonyan kielégíteni a növekvő energiaigényeket?*
14. Milyen eszközökkel lehet gyorsítani a tudományos és a technológiai áttöréseket?
15. Hogyan lehet etikai megfontolásokat érvényesíteni a döntésekben?

Ezzel kapcsolatban kell megemlíteni azt a lehetőséget, hogy nem teszünk meg mindent a kihívások kezelésére. Különösen veszélyesek azok a krízishelyzetek, amelyek lassan, fokozatosan alakulnak ki, hiszen elkerülhetik a figyelmünket. (Ezek közé tartozik az olajforrásoké. Ugyanis az olaj hiányát egyelőre nem tapasztaljuk, csak ingadozásokkal tarkított áremelkedési tendenciáját.)

<sup>65</sup> Miután a Titanic 1912. április 14-én éjfél előtt pár perccel jéghegynek ütközött és süllyedni kezdett, a zenekar elkezdte játszani a *La Sorella* című ragtime számot. (A katasztrófát a zenekar egyetlen tagja sem élte túl.) A ragtime egy amerikai zenei stílus, a népszerűsége csúcsát az 1900 és 1920 közötti időszakban érte el.

<sup>66</sup> A Millenniumi Projekt 1996-ban alakult olyan céllal, hogy munkálkodása által jobbá lehessen tenni a világot. Most egy független, nonprofit szervezet. Munkájában folyamatosan több mint 2500 ember vesz részt a világ minden tájáról. Jelentéseit évente teszi közzé.

Itt most nincs lehetőség részletesen kitérni valamennyi válságjelenséggel kapcsolatos kihívásra – a felsoroltak mellett újabbak is jelentkezhetnek –, csak néhányukkal foglalkozunk. Előzően azonban kíséreljük meg nagy vonalakban valamiképpen osztályozni őket. Azt követően pedig térjünk rá az energiával legközelebről érintkező (potenciális) válságterületekre: a szegénységre, a túlnépesedésre, az urbanizációra és a migrációra, végül pedig a legközvetlenebbül összefüggőre: a természeti források korlátozottságára. (A környezeti veszélyekkel külön fejezet foglalkozik.)

**Brzezinski globális terei.** Azokat a közös globális tereket, amelyeket valamennyi állam szabadon használ(hat), Brzezinski két kategóriába helyezi el: stratégiaiakba és környezetiekbe. A stratégiai térbe sorolja a tengereket és a levegőt, a világűrt és a kiberteret, valamint a nukleáris teret (amennyiben az a globális<sup>67</sup> ellenőrzésére is vonatkozik). A környezeti közös térhez tartoznak a vízkészletek kezelésének geopolitikai vonzatai, az Északi-sarkvidék problematikája és a globális éghajlatváltozás. Az egyre zsúfoltabbá váló tengereket és a levegőt, a világűrt és a kiberteret jelenleg jobbra Amerika uralja, de az értük folytatott harc élesedik. Nukleáris téren drámai változást eredményezne az USA pozícióvesztése, talán még a nukleáris terrorizmus valószínűségét is növelné. Amennyiben az Északi-sark egyre kihasználhatóbbá válik, roham indulhat az ott található olaj- és gázlelőhelyekért. A vízhiány is konfliktusokhoz vezethet. A klímaváltozás okozhatja a legváratlanabb módon fellépő súlyos következményeket.

**A szegénység és az éhezés.** Az emberiség szegényebb negyedének-harmadának egy főre jutó jövedelme 1980 és 2000 között tíz-husz százalékkal csökkent, további harmadát stagnált, és ezek a trendek folytatódnak. Az élelmiszerárak növekedésének, sok országban pedig az élelmiszerhiánynak is az a következménye, hogy már körülbelül egymilliárdra becsülhető a krónikusan alultápláltak létszáma. Az ENSZ egészségügyi szervezete, a WHO szerint évente mintegy ötvenmillió ember hal éhen, illetve megelőzhető vagy gyógyítható betegségekben, jobbra az alultápláltság következtében. Az elmaradott kontinenseken egymilliárd ember nem jut egészséges ivóvízhez (a csatornázás nélkül élők száma ennek a háromszorosa). A szennyezett víz következtében kialakuló betegségek évente ötmillió ember – zömmel kisgyerekek – halálát okozták világszerte. Ez a harmadik világ külvároisaiban egyre kritikusabb helyzetet teremt. Ott a kórházi ágyak jelentős részét napjainkban is a szennyezett

<sup>67</sup> A hidegháború utáni éra új típusú biztonsági kihívásainak egyik eleme a tömegpusztító fegyverek globális proliferációjának, azaz terjedésének vélt felgyorsulása, illetve az ilyen kapacitások későbbi kiépítésére képes államok számának növekedése.

víz okozta betegségekben szenvedők foglalják el. Új járványok jelennek meg, miközben 2,4 milliárdnyi embertársunk nem kap megfelelő orvosi ellátást. Ennek ellenére világviszonylatban az egészségügyre vagy az oktatásra fordított összegek alig haladják meg az illegális drogkereskedelemben megforduló pénz mennyiségét. S mi történik a külföldi segélyekkel? Ha ezt a témát érintjük, azzal kell kezdenünk, hogy a segélyezés mértéke eleve csekély. Az erre a célra fordított összeget jóval meghaladja az elmaradott országokból kiáramló adósságtörlesztés. A nemzetközi statisztikák azt mutatják, hogy az utóbbi években még az olyan szegény térségekből is, mint amilyen Afrika, több pénz kerül a fejlett országokba, mint amennyit onnan kapnak.

**A túlnépesedés.** A kihívások között hangsúlyosan kell említeni a demográfiai robbanást. A zöldforradalom – többek között az energiatermelés 20. századi megtízszereződése „jóvoltából” – nagymértékben hozzájárult ahhoz, hogy a világ népessége megnégyszereződjön. Miközben a Földön mindennap közel kétszázezer fővel leszünk többen, az európai lakosság létszáma csökken. A népesség szaporodása szinte teljes egészében a fejlődő országokban tapasztalható. Ennek a nyugati civilizációra vonatkozó várható következményeit lehetetlen túlbecsülni. Jogosan valószínűsíthető, hogy a Föld természeti körülményeinek sorsa – szemben a jelenlegi helyzettel – előbb-utóbb a fejlődők kezébe kerül.

Egyre gyakrabban feltett kérdés: Mennyi embert tud a Föld eltartani? A válasz: Attól függ, hogy milyen élelmiszer-fogyasztási szinten? Kerek számokkal élve: évi 2 milliárd tonna globális gabonatermést figyelembe véve az USA fogyasztási szintjén 2,5 milliárd embert, átlagos indiai színvonalon pedig 10 milliárd főt. A világ népességének, valamint a fosszilis energia felhasználásának alakulása közötti eltérésből adódóan az egy főre jutó energiafelhasználás alig nő, inkább stagnál. Eközben az energia iránti igények egyre fokozódnak. A népességnövekedés problémakörére – más szempontból – először Malthus hívta fel a figyelmet<sup>68</sup>, legutóbb pedig Bartlett<sup>69</sup> professzor 2013 februárjában, az American Association for the Advancement of Science ülésén, az *Arithmetic, Population and Energy: Sustainability* című előadásában.

**Az urbanizáció és a nemzetközi migráció.** A túlnépesedés egyenes következménye az urbanizáció és a nemzetközi migráció előretörése. 1900-ban az embereknek még alig a tizede élt városokban, 2010-ben a világ népességének már több mint a fele volt városlakó (Magyarországon ez az arány máris kéthar-

<sup>68</sup> Most úgy tűnik, hogy a Malthus által felvetett problémába az energiakérdés is bekapcsolódik.

<sup>69</sup> Albert Bartlett (1913–2013) atomfizikus, a Coloradói Egyetem professzor emeritusa szerint a túlnépesedés tendenciájának tarthatatlanságát jellemezi az az abszurditás, amely szerint, hogyha nem történe változás, 700-800 év múlva a Föld minden szárazföldi négyzetméterére jutna egy ember. Overpopulation.

mad), és a súlyuk folyamatosan nő.<sup>70</sup> 1950-ben még egyedül New York Citynek volt 10 millió lakosa, 2010-ben a 26 legnagyobb megacity között már csak a 6. hely jutott a számára. Az óriási agglomerációk nagy része a fejlődő országokban található. Az emberek ott is – többek között a mezőgazdaság gépesítése okozta falusi elvándorlás következtében – egyre inkább a városokban keresik a megélhetésüket. Miközben a vidéki emberek a városokba vándorolnak, a világvárosok szellemi és fizikai nincstelenjeinek nincs hová továbbvándorolniuk, hiszen még a legközelebbi falvak is idegenek lettek a számukra, és inkább tengődnek a városi utca kövezetén, mint hogy visszatérjenek vidékre. Ezek az emberek ma csak a világváros mesterséges talaján tudnak létezni. Körülbelül egymilliárd fő él úgynevezett bádógvárosokban, ahol a szegénység minden egyéb baja – amint arra már az előbbieken is utaltunk: az alultápláltság, a higiéniai feltételek hiányosságai, a nem megfelelő egészségügyi ellátás – következtében fokozódik a járványveszély. Ezekhez a máris tapasztalható szomorú jelenségekhez még az is hozzájárul, hogy a szélsőséges méreteket öltő urbanizáció következtében egyre nagyobb tömegek élnek az élelmiszerforrásoktól távol, ennek folytán pedig – egy-egy esetleges szállítási (üzemanyag-ellátási) zavar esetén – egyre többen élnek az ellátási hiány súlyos fenyegetettségében. A Nemzetközi Energiaügynökség adatai szerint az energiefelhasználás kétharmadát ma a városok igénylik, de ez az arány – a gyorsuló urbanizáció következtében – 2030-ra elérheti akár a háromnegyedet is.

A tömegek mozgásával kapcsolatban a nemzetközi migráció gyorsulása szintén fokozottan fenyegető probléma. ENSZ adatok szerint 2010 közepén több mint kétszázmillióan voltak azok, akik egy évnél tovább éltek anyaországukon kívül. Ez 10%-os növekedést mutat a 2005. évi adatokhoz képest. E. O. Wilson<sup>71</sup> az elsők között mondta ki, hogy az ipari társadalmaknak mind szélesebb frontokon kell szembenézniük a bevándorlók tömegeivel. A fogadó területeken erősen csökken a hajlandóság, hogy szabad utat adjanak az emberek beáramlásának. Európa szempontjából különös figyelmet érdemel Afrika drámai népességyarapodási dinamizmusa, ahol egyes előrejelzések<sup>72</sup> szerint a munkaképes korú népesség 2005 és 2050 között 800 millióval nő majd. Az EU államaiban ezzel szemben – ugyanebben a népességcsoportban és ugyanebben az időszakban – közel 88 milliós csökkenés várható. E paradox helyzetből az következik, hogy a tendencia fennmaradása esetén az európai népességcsökkenést csak bevándorlással lehet kompenzálni, ami azonban kétségtelenül

<sup>70</sup> A nemzetközi migráció egyik jellemzője a bevándoroltak nagyvárosi koncentrálódása. Legalább 20 olyan metropolis van a világon, ahol a bevándorlók száma meghaladja az egymilliót. A bevándorlók aránya 25 városban nagyobb a helyi lakosság 25%-ánál.

<sup>71</sup> Edward Osborne Wilson (1929–) természettudós.

<sup>72</sup> *Új népvándorlás – Migráció a 21. században Afrika és Európa között*; szerk.: Tarrósy István – Glied Viktor – Keserű Dávid, Publikon Kiadó, Pécs, 2011

új problémákat vet fel. Ezek közé kell sorolni a kultúra- és a génáramlást. Ott, ahol sok nemzetiség él egy helyen, legyenek azok akár újonnan, akár régebben települtek, előfordulhatnak sűrűdások. Mivel más a kulturális és az etnikai hátterük, a különböző csoportok között könnyen alakulhatnak ki konfliktusok.<sup>73</sup>

**A természeti kincsek fogyasztása.** Az energiaproblémával kapcsolatban az egyik fontos kérdés az, hogy a természeti kincsek – köztük a fosszilis energia – rendelkezésre állása lépést tud-e tartani, és ha igen, meddig, a népességszaporodás tempójával, valamint a fejlődő országok felzárkózási törekvéseivel. A Nemzetközi Energiaügynökség, illetve az ExxonMobil 2013. évi becslése szerint 1,3 milliárd embernek ma sincs villamosenergia-hozzáférése. A fosszilis energiaforrások és azok felhasználásának jelentős földrajzi elkülönülése következtében a nemzetek kölcsönös függősége egyre erősödik, és ezzel az energiakérdést az egész világot érintő üggyé teszi. Damoklész kardjaként függ felettünk elsősorban az, hogy a hagyományos kőolaj termelése máris a tetőzés környezetében van. Az első tíz szuperóriás szénhidrogénmező adja a világtermelés 20%-át.<sup>74</sup> Ezek átlagéletkora ötven év, és valamennyi túl van a termelése tetőzésén. A termelési csúcson (vagy platón) túljutott mezők jelentős részének termeléscsökkenése számottevő. Ezek után belátható, hogy a mai viszonylagos kőolajbőség időtartama bizonytalan, és csupán remélhető, hogy a kőolaj utáni korszakot leváltani hivatott, nem hagyományos/megújuló energiák tömeges felhasználásait kiteljesítő korszak idejében bekövetkezik, és sikeres is lesz. Ezek a jelenlegi reális megítélés szerint nem állnak a szükséges mennyiségben felhasználásra készen valamely „raktárakban”, amelyeknek csak ki kell nyitni az ajtaját!

A seregnyi kihívás (a fent említettek, továbbá néhányat felsorolva a többiből, mint például a klímaváltozás, a vízellátás, az erdő- és a termőterületek évente több tízmillió hektárral történő elvesztése, az ember etikátlan magatartása, a terrorizmus megjelenése, a kiberfenyegetettség, a globalizációból adódók) együttes jelentkezése miatt az egész világon katona(politika)i konfliktusok is jelentkezhetnek. Felmerül a kérdés: van-e arra esély, hogy a piac megoldja ezeket a súlyos problémákat? A U. S. Joint Forces Command *The Joint Operating Environment* 2010. évi jelentése tartalmaz olyan fejezeteket,

<sup>73</sup> Az értékek és a viselkedési formák kultúránként különbözőek, és gyakran gyökeresen eltérnek egymástól. A kulturális sokszínűség az emberi kultúrák és a társadalmak változatosságát jelenti egy bizonyos területen vagy az egész világon. A kulturális különbségek megmutatkoznak a viselkedésben, a nyelvben, a szokásokban, a hitvilágban, a társadalomban és magában a szociális struktúrában is. A világon a kulturális sokszínűség több mint 5000 népcsoport szokásaiból, több mint 6000 nyelvből, és annak variációból, 195 ország hagyományaiból és több mint 40 vallásból áll.

<sup>74</sup> Óriásmező: 0,5–5,0 milliárd hordó közötti, szuper-óriásmező 5 milliárd hordó feletti vagyon.



amelyek nemcsak a dilemmákkal foglalkoznak, hanem az azok következményeként a 21. század folyamán esetleg kitör(het)ő háborúk lehetőségeivel is.

Arra az esetleg felmerülő kérdésre, hogy egy az energiára fókuszáló könyv miért foglalkozik mindezekkel a problémákkal, nem nehéz választ adni. A globális kihívások, fenyegetések nagy része nemcsak egymással, hanem szinte mindegyike valamiképpen az energiával is összefügg. Ebből következően az energiapolitikáknak különleges szerepe van. A fosszilis energiák termelésének előbb-utóbb bekövetkező csökkenése miatt tehát meg kell találni a jövő biztonságosan alkalmazható energiaforrásait. Egy majdani energiaváltásban azonban nemcsak a remélt technológiai „rendelkezésre állás”, hanem a szállítóeszközök és a fűtőberendezések hatalmas mennyiségéből adódó tehetetlenség is szerepet játszik majd. A változások jelentős konzekvenciákkal járnak, és óriási tömegeket érintenek majd. Az azonban, hogy ez mikor következik be, nem tudható, a szakértők különböző időpontokat jelölnek meg. Most még csak egy nagy energiaváltásnak az előkészítési fázisában vagyunk, de már mutatkoznak többé-kevésbé reális elképzelések. (Az olyan megoldásokkal sem felesleges foglalkozni, amelyek sokak szerint inkább csak a sci-fi kategóriájába tartoznak.)

Azt kell megelőzni, hogy a felsorolt válságveszélyeket ne tetézzé a tudomány válságáé. Wigner<sup>75</sup> erre már fél évszázaddal ezelőtt felhívta a figyelmet. Szerinte „a tudomány vezető személyiségeinek felelőssége hasonlóvá lesz napjaink közigazgatási vezetőiéhez vagy a nagyvállalatok igazgatóiéhoz. Tévedéseik mások munkaóráinak ezreit tehetik hiábavalóvá [...]; a jövőben a tudományos vezető szerep olyan felelősségek vállalását fogja megkövetelni, amelyekről a ma tudósa visszariadna.” (Erre az ugyancsak bonyolult kérdésre Az emberi tényező című fejezetben még visszatérünk.)

Sarkosan fogalmazva: ha *igazán* válságba kerülnénk, akkor nem a high-tech eszközök, és még csak nem is a pénz segít majd rajtunk, hanem az, ha tudunk gondoskodni a számunkra legalapvetőbb dolgokról: az ételről, a vízről, a megfelelő hőmérsékletről, még hozzá mindazokon a mai pazarló életvitelt megelőző módokon, amelyek elődeink számára a nem is olyan távoli múltban már beváltak. Be kell látni, a világ nem készült fel a korábbiakból alig ismert, és a fentiekben csak kivonatossan bemutatott, valamint egymást szinergikusan erősítő további lehetséges kihívások kezelésére. Okkal gyanítható, hogy felmérhetetlen horderejű történet kezdetének a részesei vagyunk.

<sup>75</sup> Wigner Jenő Pál (1902–1959) magyar–amerikai fizikus volt. 1963-ban Nobel-díjat kapott az atommagok és az elemi részecskék elméletének továbbfejlesztéséért. 1972-ben Albert Einstein-díjban részesült.

## Védekezés a válságokkal szemben

*Maga a nagy földgolyó gyorsan érlelődő válságban van -, válságban, amely annak tulajdonítható, hogy a környezet, amelyben a technikai fejlődés végbemegy, kicsi és rosszul szervezetté vált. A válság valamelyes pontossággal való meghatározásához és kezelési lehetőségeinek felkutatásához nemcsak a tényeket kell figyelembe vennünk, hanem némi spekulációba is bele kell bocsátkoznunk. - Neumann János<sup>76</sup>*

*Minden válság egy újabb lehetőség. - Monnet<sup>77</sup>*

*Minden alapvetően új felismeréshez újra és újra Kolumbusz helyzetébe kerülünk, akinek volt bátorsága minden addig ismert szárazföldet elbagyni, abban az örök reményben, hogy túl a tengeren ismét földet fog találni. - Heisenberg<sup>78</sup>*

Veszélyes világban élünk. Az előző pontban – még csak nem is teljes körűen – felsorolt globális kihívások nyilvánvalóvá teszik, hogy gyökeresen új helyzet kialakulása előtt állunk. Ezt a nehézségek potenciális egymásra torlódása, a közöttük létrejövő szinergikus hatások veszélye jellemzi. Erre az átlagembernek felelőtlenül az a válasza, hogy ha eddig úrrá lettünk a nehézségeken, ezután is úgy lesz. Az emberi öntudatlanságra sajnos jellemzők Jeremy Legget geológusnak, az Egyesült Királyság kormánya mellett működő tanácsadó testület tagjának a szavai: „Alsunk a volánnál és figyelmen kívül hagyjuk az energiahányynak a globális gazdaságra gyakorolt fenyegetését, ami olyan súlyos is

<sup>76</sup> Margittai Neumann János (1903–1957) magyar matematikus. Apja, Neumann Miksa 1913-ban nemesi címet kapott, és felvette a Margittai előnevet, így a család minden tagja jogosulttá vált ennek használatára. Fia, János így lett hivatalosan Margittai Neumann János. 1930-ban meghívták vendégprofesszornak az Egyesült Államokba. Hamarosan a Princetoni Egyetem, majd az Institute for Advanced Studies professzora lett. Az 1930-as évek végétől érdeklődése az alkalmazott matematikai problémák felé fordult. Megkapta az Egyesült Államok Érdemérmét (1954), amiért útjára indította a 20. század második felének informatikai forradalmát. 1955-ben az Atomenergia Bizottság tagjává nevezték ki.

<sup>77</sup> Jean Monnet (1888–1979) francia üzletember, politikus, közgazdász. Egyik első megbízatása az Egyesült Államokba szólította, ahol feladata a háborús beszerzések felügyelete volt. Monnet mély benyomást tett az amerikai elnökre, és hamarosan Roosevelttel egyik bizalmas tanácsadója lett. A háború után De Gaulle tábornok mellett vállalt kormányzati szerepet. A tervezési főbiztosság élén Franciaország modernizációján, a stratégiai források gondos elosztásán dolgozott. Monnet-nak elévülhetetlen érdemei vannak az Európai Szén- és Acélközösség, valamint az Európai Közösségek létrehozásában. Eredeti terve Schuman-terv néven vonult be a történelembe. Eredményei révén méltán érdemelte ki az Európa atyja elnevezést.

<sup>78</sup> Werner Karl Heisenberg (1901–1976) Nobel-díjas német fizikus, a kvantummechanika egyik megalapítója. A Heisenberg által bevezetett határozatlansági reláció elve forradalmi fordulatot hozott a kvantummechanika fejlődésében, hatása a modern fizikára Albert Einstein relativitáselméletével vetekszik.



lehet, mint a hitelválság, de talán még súlyosabb.” És Legget ezzel még csak az energetikai kihívást jellemezte. El kell felejteni az elavuló közgazdasági és politikai sablonokat, köztük a „laissez faire, laissez passer”<sup>79</sup> kifejezéssel lényegében ma is jellemezhető gazdaságfilozófiáját, amelyet korábban – egész más technikai, demográfiai körülmények között – alakítottak ki, és sokáig kétségtelenül eredményesen – ha nem is etikusan – működött. Ma már nyilvánvaló, hogy a profittermelés és a társadalmi felelősség egymáshoz való közeledését semmiféle tényszerű adat nem támasztja alá. (Reich) Azt el kell ismerni, hogy a neoliberais filozófia a profitszerzés szempontjából valóban hatékony. Viszont sebezhető, ha bármilyen – erőforrás, környezeti vagy társadalmi – zavar lép fel. Ennek ellenére ezt az idejétmúlt rendszert különböző érdekekből vagy ideologikusan ma is sokan erőltetik.

Keynes<sup>80</sup> főművében (*A foglalkoztatás, a kamat és a pénz általános elmélete*) azt fejt ki, hogy a gazdasági válság elburjánzása kivédhető az államilag támogatott teljes körű foglalkoztatottsággal. Rooseveltt<sup>81</sup> az 1929-ben kirobbant nagy világválságból való kilábaláshoz Keynes elméletét alkalmazta az 1933-ban indított *New Deal* programban. Most, az évtizedekkel később kialakult többféle kihívás esetleges összeolvadásának fenyegetettsége miatt az emberiség előtt szinte herkulusi feladat áll. A teljes foglalkoztatottság messze nem elég. A meg-

<sup>79</sup> Laissez faire, laissez passer („hadd menjen a maga útján”) a gazdasági liberalizmus jelmondata. Ennek a gazdaságpolitikának az a lényege, hogy az állam csak minimális mértékben avatkozzon be az egyének és a társadalom gazdasági ügyeibe. A kifejezés használatát a 18. század második felében tevékenykedő francia közgazdászoktól származtatják. Ez alapozta meg a liberális gazdaságpolitikát, kimondva „a piac mindent spontán megold” elvét. A laissez-faire nemcsak gazdasági, hanem politikai doktrína is volt. A 19. században uralkodó elmélet szerint az egyén azzal teszi a legtöbbet és a legjobbat a társadalomnak, ha saját egyéni céljait követi. Az államnak pusztán az a dolga, hogy fenntartsa a rendet és a biztonságot, tehát ne avatkozzon bele az egyén kezdeményezéseibe, amelyekkel ő a saját céljai felé tör. Az egymást követő gazdasági és társadalmi krízisek által okozott drámai változások mára világossá tették, hogy ez az elmélet a korszak új problémáinak orvoslására nem alkalmas. Bár az eredeti elképzelés híveinek nagy része új elméletek keresésébe fogott, az említett filozófia fő vonalainak még mindig vannak követői.

<sup>80</sup> John Maynard Keynes (1883–1946) nagy befolyást gyakorolt a 20. század közgazdasági és politikai gondolkodására. A *The End of Laissez-faire*-t (A laissez-faire vége) 1926-ban jelentette meg. Ebben támadta a liberális gazdaságpolitikai felfogást, és levezette az új szemléletet. Szerinte gazdasági válság idején – megkönnyítendő a hitelhez jutást – csökkenteni kell a kamatlábakat, serkentve a befektetéseket és helyreállítva a keresletet.

<sup>81</sup> Franklin Delano Roosevelt (1882–1945) az Egyesült Államok 32. elnöke volt. 1933 és 1945 között ő volt az egyetlen, aki két ciklusnál tovább vezette a Fehér Házat. A New Deal (új irányvonal) Rooseveltt kormányzatának politikája volt 1933-tól 1939-ig. Rooseveltt a nagy gazdasági világválságból való kilábalást a gazdasági folyamatokba való állami beavatkozással érte el. Alapvető célja az volt, hogy enyhítsen a gazdasági válság hatásain, és reformokat vezessen be az ipar, a mezőgazdaság, a pénzügyek, az energiatermelés, a munkaügyek és a lakáshelyzet területén. Magát a kifejezést Roosevelttnek abból a beszédéből vették, amelyben 1932. július 2-án elfogadta a demokrata párti elnökjelöltséget. Elődje, Herbert Hoover elnök kormányzatának a válsággal szembeni tehetetlenségére reagálva az amerikai választók az év novemberében elsöprő többségben Rooseveltre és a New Dealre szavaztak.

oldás feltételeként a gazdasági-társadalmi-tudati komplex rendszereknek egyetemes szinten meg kell újulniuk. Ha ez nem sikerül, előbb-utóbb a még meglévő struktúrák is szertefoszlának. Ez esetben az emberiség kudarcot vallhat, ami többek között annyit jelent(ene), hogy az élet sok embertársunk számára elviselhetetlenné válhat. Ennek megelőzésére globális szervezeti átalakításokra, valamint egyéni magatartás-változásokra van szükség.

***A kormányok és a különböző nemzetközi, valamint a nem-kormányzati szervezetek szerepe.*** Átfogó túlélési kritériummá válik a kormányok és a különböző nemzetközi, valamint a nem-kormányzati (NGO-k)<sup>82</sup> szervezetek részéről a válságjelenségek okainak tisztább átlátása, továbbá a veszélyes jelenségek kezelésére vonatkozó rátermettség. A civilizációk túlélését az államok okos energiapolitizálásának is támogatnia kell. A probléma horderejére tekintettel a demokratikus berendezkedésű országokban a kormányoknak és az ellenzékeiknek legalább e tekintetben együtt kell működniük. A globalizáció viszonyai között annak az országnak/országcsoporthoz/civilizációnak van túlélési esélye, amelynek elitje figyelembe veszi térségük komparatív gazdasági előnyeit-hátrányait, nem engedi a társadalmát bekényszeríteni a mainstream Prokrusztész ágyába.<sup>83</sup>

***Az egyéni/társadalmi tudatváltozás szerepe.*** A nélkülözhetetlen energiatudatos szemlélet kialakítása fontos része az emberiség önvédelmének. Mára fontossá vált, hogy a mezőgazdasági, az ipari, a demográfiai és az informatikai forradalmak (az energetika mindegyikben érintett) által jellemzett feltartóztathatatlan, komplex dinamizmusban az emberek az energiatakarékosság kényszerével ne csupán az árakon keresztül szembesüljenek, de egyrészt ismereteik bővítése, másrészt jobb belátásuk révén is. Az emberek nevelésének ezért etikai összetevőket is tartalmazniuk kell. Erre azért van múlthatatlan szükség, mert hiábavaló pusztán az ismeretek bővítése, ha a társadalmak (különösen a gazdagok) túlzottan fogyasztásorientált mentalitása nem idomul a majdani lehetőségekhez. Ilyen felfogásban nyilatkozott Smil is, a Manitobai Egyetem cseh származású professzora a *Tudomány, etika és civilizáció* című írásában: az energetikai problémát etikai és morális problémaként is kell kezelni. Tehát nemcsak a technológiai lehetőségek kimunkálásáról, hanem az emberek mindennapos viselkedéséről is szó van. A civilizáció tartós fennmaradásához szükséges az emberi tényezőnek (többek között a morális értékrendnek) helyes irányba történő megváltoztatása.

<sup>82</sup> NGOs: Non Governmental Organizations, nem-kormányzati szervezetek

<sup>83</sup> Prokrusztész a görög mitológia szerint áldozatait az ágyába fektette és megkínózta. Ha az illető nagytermetű volt és kilógott az ágyból, levágott belőle annyit, hogy éppen beleférjen. Thészeusz a saját módszerével győzte le és ölte meg.

Az ENSZ Millennium Projektje szerint az emberi társadalmak tudati szintjének kielégítő átalakítása reálisan csak hosszú – legalább fél évszázados – távon változtatható meg. Az energia szempontjából ennyi időnk nincs, tehát nélkülözhetetlen mielőbb egy energiatakarékosságra is ösztönző erkölcsi értékrendszert kialakítani és (szerte a világon) azt annyira megértetni a társadalmakkal, hogy igenis lehetséges mindennapjainkban takarékosan élni, anélkül, hogy emiatt feltétlenül boldogtalanok lennének. Széles rétegeket kell mindenekelőtt ráébreszteni arra, hogy számoljanak a világ azon alapvető tulajdonságával, amely szerint annak történelmében nemcsak (viszonylag lassú) folyamatos és kiszámítható, hanem esetenként ugrásszerű változások is bekövetkezhetnek. Az egész emberi társadalmat képessé kell tenni – mentálisan és a tettek szintjén egyaránt – arra, hogy a bekövetkező globális változásokhoz alkalmazkodni tudjon. A körülményekhez való rugalmas, személyes idomulás képessége nem igényel külső erőforrást, az teljes egészében a sajátunk, mindannyiunk életének potenciális adottsága, csak felszínre kell hozni és tudatosítani szükséges azt. Az egyszerű ember felelőssége elsősorban az élet mindennapjainak megszervezésében, tehát nem az ügynevezett nagy dolgokban nyilvánul meg. Tevékenységének következményei a szűk környezetén kívül a tágabb világra is kedvező és/vagy kedvezőtlen hatással lehetnek. A jelenlegi pazarló magatartás megváltoztatásához az alapelvet az energiának a használati értéke – és nem csupán az ára – alapján történő nagyobb megbecsülése és a vele való takarékoság fontosságának megismertetése szolgálhatja.

Paul D. Raskin, a Tellus Institute elnöke két évtizeddel ezelőtt elindított egy mozgalmat, amely az emberi szolidaritásra, a természet tiszteletére, az életminőség előtérbe helyezésére fókuszálva az egyéni/társadalmi tudatváltozás elősegítését célozta meg. Az általa alapított Global Scenario Group (GSG), valamint a Stockholm Environment Institute (SEI) a világ fejlődésének lehetséges kimeneteleit vizsgálja a 21. században. A munkákat összegző esszé egyértelműen rávilágít arra, hogy a jelenlegi tendenciák folytatása a természeti körülmények – akár egy barbárosodáshoz vezető – leépülést is okozhat. Ez különösen az elkényelmesedett, a javakhoz könnyebben hozzáférő nyugati civilizációt fenyegeti.

Az E.ON<sup>84</sup> által kifejlesztett Energiakaland elnevezésű interaktív oktatási programcsomag öt egységből áll. Ennek célja, hogy segítsen a pedagógusoknak az energiatudatosság kialakításában. Tananyaga és feladatai Magyarországon a legfiatalabbak számára a Nemzeti Alaptanterv követelményeinek megfelelően, az egészséges természettudományos tanítás alapelveivel összhangban ké-

<sup>84</sup> Az E.ON AG egy düsseldorfi székhelyű holding, a világ egyik legnagyobb nem állami tulajdonú áram- és gáztársasága. A cégcsoport elsősorban a földgáz és a villamos energia iparágban tevékenykedik.

szültek. A program már az óvodásokat is energiatakarékosságra ösztönzi azzal a szándékkal, hogy játékosan megalapozza és előkészítse a gyermekekben az energiatakarékos készségeket. (Az energiatakarékosság lehetőségének egyébként ezernyi megvalósulása követhető a Facebookon, amely minden korosztály számára hasznos információkat nyújt a világszerte felbukkant ötletekről.)

Az állandóan hangoztatott növekedési kényszer szükségessége feltétlenül árnyalt értelmezést igényel. A szegény és egyben eladósodott államok, ha el akarják kerülni az életszínvonal-csökkenését – az adósságuk visszafizetése és a felzárkózásuk érdekében –, egyértelműen növelniük kell a GDP-jüket. A gazdag országoknak viszont a meglévő növekedési potenciáljukat alapvetően olyan előrehaladásra kell irányítaniuk, amelyik a *globális közjót* szolgálja (például a segélyek, valamint az egészségügy, az oktatás és a technológiafejlesztés terén), nem pedig a társadalmi különbségeket tovább növelő egyéni gazdagodást. Ha ezt az utóbbiak nem értik meg, a válságok mélyülésére és előbb-utóbb súlyos konfliktusokra számíthatnak.

Igazán hatékony védekezést a kihívások egymásra halmozódásával szemben globális paradigmaváltás nélkül nemigen érhetünk el. (Ezzel a kérdéssel a 16. fejezetben részletesen foglalkozunk.)

## 4. Az állam szerepe

*A modern állam példátlan anyagi és szellemi elnyomorodás állapotában van. Adósságok alatt összeroskadva, gazdasági és politikai harcoktól szétszakítva, minden erkölcsi tekintélytől megfosztva, reális tekintélyt alig fenntartva, így kell a létéért mindig új bajokkal megküzdenie. Hogyan vegyen erőt, hogy mindezek mellett igazi kultúrállammá fejlődjön?” - Schweitzer<sup>85</sup>*

*A szellem embere elveszett, ha a szellemhez nem járul erély is: nem elég, ha Diogenész lámpása a miénk, botjára is szükség van. - Chamfort<sup>86</sup>*

*A görög Thébában olyan törvény volt, hogy senki sem viselhet hivatalt, aki legalább tíz esztendeje nem vonult vissza az üzlettől. - Arisztotelész*

A globalizáció térhódítása óta a tőke szabadon kering a világban, a spekulánsokkal szemben az egyes kormányok egyre tehetetlenebbek, és egyre kevésbé képesek gazdaságpolitikájukat saját érdekeik szerint alakítani. A világ pénzpiacain áramló pénztömeg állandó veszélynek teszi ki még a viszonylag stabilnak hitt országok gazdaságait is. (Becslések szerint a tőzsdéken megforduló spekulációs pénz több tízszerese a valóságos kereskedelemhez kötöttéhez képest.) Ezért a kereskedelmi globalizáció valószínűleg nem lesz tartósan fenntartható – ebben az egyre értékesebb energia is szerepet fog játszani –, ha az eddigi utat követi. Ha nem szabályozzák, hirtelen véget érhet, akár katasztrofális körülmények között is. Ez regionálisan máris tapasztalható.

Korunk kihívásainak leküzdése érdekében globális szinten minél hamarabb lépni kell, hiszen az emberiség még nem nézett szembe ilyen, az előző fejezetben – a helyszűke miatt csak hézagosan és leegyszerűsítve – jellemzett,

<sup>85</sup> Albert Schweitzer (1875–1965) Nobel-békedíjas (1952) elzászi német teológus, lelkész, filozófus, orgonaművész, tanár, orvos. 1913-ban kórházat alapított a francia Egyenlítői Afrikában, a mai Gabonban, alkalmassá téve azt több ezer afrikai beteg fogadására, akik közül háromszáz leprás volt.

<sup>86</sup> Sébastien-Roch Nicolas, más néven Chamfort (1741–1794) francia író, XVI. Lajos titkára volt.

valójában súlyos következményekkel járó, kihívásokkal teli problémahalmaz. A kivédésük érdekében teendő lépések ugyanúgy feltételezik és igénylik a rájuk való rálátást, mint azokat az eszközöket, amelyeket igénybe kell venni a megfelelő reagáláshoz. Az előttünk tornyosuló feladattömeg – benne az energiával kapcsolatos kihívások – megoldása az egész emberiséget érintő, távolról sem csak piaci ügy. Azok sokaságát – összetettségük és kölcsönhatásaik miatt – megoldani a korábban ugyan gazdasági eredményeket hozó, azonban a jobbra mégiscsak partikuláris érdekeket szolgáló (neo)liberális szemlélettel már nem lehetséges. Meghaladása tehát korántsem csupán politikai vagy gazdasági szlogen – éppen a kihívások leküzdésének kényszere miatt – életkérdéssé vált. Nyilvánvaló, hogy amikor annak a filozófiai előzményét kialakították, lehetett, sőt volt is bizonyos előrevívő szerepe. Akkor azonban merőben mások voltak mind a technikai, mind a közgazdasági, mind pedig a demográfiai körülmények. Nem kétséges, hogy a piac továbbra is megfelelő eszköz lehet bizonyos rövid távra vonatkozó jó döntések számára olyan befektetésekről, amelyek viszonylag gyorsan megtérülnek, de elvárhatjuk-e tőle, hogy akkor is jól működjön, amikor olyan döntéseket kell hozni, amelyek hatása hosszú évtizedekre szól? Ilyen távlati szemléletet igénylő terület többek között az energetika. Az emberi társadalmak, civilizációjuk fenntarthatósága – és egyáltalán: a közjó – érdekében stabil energiaellátásra van szükség, de azt a piac spontaneitása nem tudja biztosítani.

A fenntarthatóság fogalmát<sup>87</sup> a különböző programokban gyakran ismétlik. Lépten-nyomon használva azonban könnyen elveszti valódi jelentését. Ugyanis hol fenntartható fejlődésként, hol fenntartható növekedésként említve gyakran összekeverik a két fogalmat, pedig különbséget kell tenni a fejlődés és a növekedés között. A fejlődés fenntarthatóságát minden további nélkül el lehet fogadni még a gazdag országok esetében is, sőt támogatni kell, ha az a közjó (az egészségügy, a környezetvédelem, illetve a kultúrán belül az oktatás, a tudomány, a technológia) fejlődését jelenti. Azonban, ha a fejlődés alatt a GDP-vel mért növekedés folytatását értjük, amennyiben az többletenergiát (vagy más többletanyanyagot) igényel – etikus megfontolások alapján –, ma már csak azokban az országokban tekinthető indokoltnak, amelyek alacsonyabb fejlettségi szinten vannak (vagy ahol az eladósodottság csapdája azt kikényszeríti). A gazdag, többnyire pazarló országokban viszont a GDP-növekedés egy olyan önmagáért való és a véges természeti kincsek és többnyire a környezet rovására menő folyamat, amely a gazdagok és a szegények közötti szakadék mélyülését szolgálja, jó esetben a munkanélküliséget mérsékli. Ez utóbbi feladatnak viszont értelmesebb

<sup>87</sup> A fenntartható fejlődés szlogenje 1972-ben Stockholmban született meg – az amerikai ipari lobbij nyomására – a jóval óvatosabb „ökofejlesztés” helyett. Később azzal fogadták el a kifejezést, hogy „adjunk új jelentést a növekedésnek”. Ez is hozzájárult ahhoz, hogy a „fenntarthatóság” jelentése a mai napig lényegében tisztázatlan maradt.



megoldása lenne az egykor bevált lokális gazdaság újraképzése (és/vagy esetleg a munkaidő csökkentése). Edward Abbey<sup>88</sup> arra figyelmeztetett, hogy: „növekedni a növekedés kedvéért, a rákos sejt ideológiája”.

**A tapasztalatok hasznosítása.** Az állami szerepvállaláshoz történelmi tapasztalatot nyújt az 1929–1933-as nagy világválság kezelése. Akkor a kivezető utat a Keynes által kidolgozott elméletre támaszkodó gazdaságpolitikai irányváltás (a már korábban említett New Deal) jelölte ki, amelyet Roosevelttel valószínűsíthető meg. Ennek egyik fontos eleme a kormányzati beavatkozásnak a piaci érdekek háttérbe szorításával járó erősítése volt.

Az I. világháború után kialakult új gazdasági rendszerben az egész világ az USA rövid lejáratú kölcsöneitől függött, de az továbbra is csak a belső piacaira koncentrált, miközben folyamatosan változtatta a hitelpolitikáját. Végül 1928 januárjában a Federal Reserve (az USA jegybankja) úgy értékelte, hogy a részvénytőzsi árak magasak, és túlzottak a spekulációk is, így jelentősen emelte az alapkamatot. Ennek hatására az USA-ba áramlott a tőke, majd a többi országban is felemelték az alapkamatot, ami deflációhoz vezetett. Mindezt tovább tetézte az 1929 augusztusában kezdődő gazdasági recesszió. Világszinten túltermelés alakult ki, s hatalmas mennyiségű áru vált eladhatatlanná. Megkezdődött a részvénytőzsi recesszió is. Ekkor a New York-i tőzsdén eladási láz tört ki, a részvények árfolyama zuhanni kezdett. A munkanélküliség megszüntetésére létrehozták a polgári tartalék hadtestet. A munkások táborokban laktak, ingyen étkezést, szállást, egyenruhát és napi egy dollár zsebpénzt biztosítottak számukra. A program keretében erdőket ültettek, utakat, hidakat építettek, folyószabályozást végeztek. Megalakult egy hivatal is, amelynek feladata a közmunkák szervezése volt. Az utóbbi keretében építették többek között San Franciscóban a Golden Gate hidat is. Jelentősen korlátozták a vállalatok jogait és kiváltságait. A láthatatlan kéz politikáját a cselekvő állam koncepciója váltotta fel. (Wikipédia)

Az egykori sikeres amerikai gyakorlat példáját kiegészíthetjük a II. világháborút követő francia válságkezeléssel. A Monnet által alapított Francia Állami Tervezési Hatóság – az erős államot megszervező *de Gaulle*<sup>89</sup> tábornok elnöksége alatt – többek között kijelölte a gyorsvasútvonalak és az atomerőművek építési, valamint a műszaki egyetemek létesítési programjait, továbbá kijelölte az termelékenység növelése szempontjából legfontosabb ipari területeket, megalapozva ezzel a háború utáni fellendülést. Akkoriban – amikor még nem kellett számolni az egyéb globális kihívások sokaságával – ez volt a francia gazdaság számára a fő feladat.

<sup>88</sup> Edward Paul Abbey (1927–1989) amerikai író és esszéista.

<sup>89</sup> Charles André Joseph Marie de Gaulle (1890–1970) francia tábornok, államférfi, a Francia Köztársaság 18. elnöke volt. A háború után alkotmányos reformot vezetett be, és a nemzeti érzelmet hangsúlyozó erős államot teremtett Franciaországban.

List<sup>90</sup> szerint a szabad kereskedelem csak akkor előnyös minden résztvevő számára, ha a partnerországok körülbelül azonos fejlettségűek. Ennek hiányában a gazdaságilag erősebb fél kizsákmányolja a gyengébbet, sőt megakadályozza annak fejlődését. Ekkor van szükség a védővámokra, amelyek a fejletlenebb ország még gyenge iparát addig védik a versenytől, amíg az a partner szintjét el nem éri. Napjaink fejlett és gazdag országai mind úgy váltak azokká, hogy hosszabb-rövidebb ideig maguk is intervencionista gazdaságpolitikát, protekcionista kereskedelempolitikát folytattak, valamint államilag szubvencionálták a mezőgazdaságukat. Szigorú feltételeket támasztottak a külföldi befektetőkkel szemben a repatriálható profit korlátozása terén.

Ázsia nagy gazdaságai (mindenekelőtt Kína, valamelyest India is) jól megtanulták a nyugati felemelkedés leckéjét, s ugyanazokat a módszereket alkalmazzák, hasonló sikerrel. Az IMF<sup>91</sup> függőségébe került, kevésbé fejlett és kisebb államok azonban nemigen tudnak ilyen eszközökhöz folyamodni, hiszen az IMF és a Világbank által hirdetett kereskedelmi liberalizáció vagy a WTO<sup>92</sup> tárgyalási fordulón kialakult kompromisszumok azt már nem teszik lehetővé a számukra. A piaci hatékonyság és a tőkeáramlások szabadsága címén zajló folyamattal elsősorban csak olyan erős kormányzati magatartás tudott szembeállni, mint Kína. Ez teszi nehezzé, szinte lehetetlenné a kisebb szegény államok felzárkózását.

A múlt század nyolcvanas éveinek végén, kilencvenes éveinek elején a Nemzetközi Valutaalap és a Világbank<sup>93</sup> biztatta a délkelet-ázsiai országok kormányait, hogy liberalizálják pénzügyi piacukat és engedjék be a nyugati tőkét. Ennek eredményeként óriási tőke áramlott a térségbe. Egy idő után azonban a „befektetők” kezdtek onnan kivonni pénzüket, aminek hatására az érintett országok gazdasági teljesítménye drámaian visszaesett. Nagesh Kumar és Kevin Gallagher<sup>94</sup> rámutatott, hogy a kevésbé fejlett kisebb államok a globalizáció által teremtett körülmények között nemigen tudnak a kínai (vagy az indiai) gyakorlathoz hasonlóan felzárkózni. Szerintük létre kellene hozni egy olyan új és hatékony gazdasági rendszert, amely egyaránt figyelembe veszi a nemzeti

<sup>90</sup> Friedrich List (1789–1846) annak idején a német tartományok közötti vámok eltörlését, ugyanakkor közös külső védővámok bevezetését szorgalmazta. A védvámrendszert azonban mégsem tekintette a fejlődés örök feltételének. List szerint mihelyt egy elmaradott ország a védővám révén utoléri az élen járókat, a szabadversenynek kell érvényesülnie. Listnek a klasszikus közgazdaságtant nemzeti alapon bíráló tanai hatottak Kossuth Lajosra is.

<sup>91</sup> IMF: International Monetary Fund (Nemzetközi Valutaalap)

<sup>92</sup> WTO: World Trade Organisation (Kereskedelmi Világszervezet)

<sup>93</sup> A Világbank 1945-ben alakult Nemzetközi Újjáépítési és Fejlesztési Bank (IBRD) néven. Eredeti feladata az volt, hogy a világháború utáni újjáépítéshez hosszú lejáratú kölcsönöket nyújtson. A Marshall-terv következtében viszont Európában nem volt jelentős igény e kölcsönökre. A Világbank figyelme és pénze ezért a fejlődő országok felé irányult.

<sup>94</sup> Nagesh Kumar és Kevin Gallagher a Global Development and Environment Institute – Tufts University kutatói.



szuverenitást, valamint azokat a globális mechanizmusokat is, amelyek valamilyen világméretű gazdasági koordinációt feltételeznek. Ennek azonban elkerülhetetlen velejárója lenne, hogy a nemzetek feladni kényszerülnének a szuverenitásukat vagy legalább is annak egy részét. Felteszik a kérdést: „Gouvernance mondiale: où vas-tu?”<sup>95</sup> E két szerző a *Le Rôle Essentiel de l'État* című könyvében írja, hogy a magukra hagyott piacok nem képesek a gazdasági előnyök olyan együttesét létrehozni, amely a sikeres fejlődéshez szükséges lenne. Így például a gazdasági kapcsolatoknak a külpiacoktól való függőség kialakulásával járó diverzifikációja nem jöhet létre központi beavatkozás nélkül, mivel az egyes gazdasági szektorok – mint a közbülső termékek piaca, a munkaerőpiac, az infrastrukturális beruházások vagy a végső termékek piaca – között a koordinációt csak az állam képes megvalósítani. Ugyanígy a hazai vállalatok sem bontakozhatnak ki állami szubvenciók, exporttámogatások, támogatott hitelek, a külföldi verseny ellen átmenetileg hozott protekcionista intézkedések nélkül. Ezek hiányában a nemzeti vállalatok nem mernek kockázatos innovációba kezdeni, s inkább a hagyományosan biztos jövedelmet jelentő üzletágak – mint a kereskedelem – felé fordulnak ahelyett, hogy produktív tevékenységeket hoznának létre. Ezenkívül a humántőke fejlesztése, vagyis a munkaerő megfelelő képzése ugyanúgy nem biztosítható piaci alapon, mint a környezetszennyezés elleni védelem. Számos elméleti érv szól tehát az állami beavatkozás szükségessége mellett. De a gazdaságtörténet konkrét példákat is szolgáltat az érvek gyakorlati alátámasztására. Az európai államok, Japán vagy az Egyesült Államok – List koncepciójának megfelelően – valamennyien protekcionista kereskedelempolitikát alkalmaztak, amikor a születőfélben lévő iparágak védelméről volt szó. Többjük a gazdasági patriotizmus jelszavát a zászlajára tűzve ma is igyekszik meggátolni, hogy stratégiai nemzeti (energetikai) vállalatai nemkívánatos kezekbe kerüljenek. Ugyanígy sosem riadtak vissza attól, hogy államilag szubvencionálják a mezőgazdaságukat vagy az iparukat, valamint – esetenként – kizárják piacaikról a külföldi vállalatokat.

**Vélemények.** *Ma már azonban többről van szó, mint a 20. század második felében. Az egyre gyorsabban változó gazdasági, technológiai, társadalmi, informatikai és politikai környezetben a kormányzatoknak a sokkal bonyolultabb helyzet figyelembevételével kell szükség esetén rögtönözniük, esetleg irányt váltaniuk, ugyanakkor hosszú távú nemzetstratégiai – benne energiapolitikai – célokat megfogalmazniuk, különös tekintettel az újonnan megjelent valamennyi globális kibívásra. Szembe kell nézni mindazzal, ami folytathatatlanná válik. Ezt a kevesebb információval rendelkező átlagpolgár nebezen tudja követni. Ezért demokratikus államban ellenkez-*

<sup>95</sup> Világkormányzás, merre tartasz?

*bet, sőt ellenállásának – mint ellenzék – politikai kereteket is adhat. A rövidlátásnak azonban nem lehetnek a közösségek az áldozatai. A kormányzatnak – ha jó úton jár – ezért erősnek és szilárdnak kell lennie.*

Minden kimondott vagy kimondatlan érdek ellenére be kell látni, hogy a kihívások remélt eredményes kezelését immár – benne az energiáét – nem szabad egyszerűen a piacra bízni. Amennyiben ugyanis bizonyos partikuláris érdekek érvényesítése következtében helytelenül reagálunk, a válságnak az energetikára történő kiterjedése esetén az energiaellátási biztonság mindenre kiható következményeire tekintettel, nem túl hosszú idő múltával kezelhetetlen helyzet alakulhat ki. A kormányok kötelessége és felelőssége tehát, hogy a káosznak elejét vegyék (a következmények ódiomát amúgy is ők viselnék). Nekik van a világ jelenségeire való jobb rálátási és – már csak szervezeti okok miatt is – beavatkozási lehetőségük. Következésképpen a biztonságos jövő aligha jöhet létre állami beavatkozás nélkül. De az államok szerepét az is nélkülözhetetlenné teszi, hogy az infrastrukturális beruházások, a munkaerőpiac stb. koordinációját szintén csak ők képesek megvalósítani. Igazából sem a humántőke fejlesztése, sem pedig a környezetvédelem nem biztosítható kizárólag piaci alapon.

Heilbroner<sup>96</sup> Chamfort-nak a mottóban idézett bon mot-ját a következőképpen aktualizálja a *Nyomozás az emberiség kilátásai után* című munkájában: „Nemcsak jósolom, hanem elő is írom a hatalom centralizálását, mert az egyetlen módja annak, hogy veszélyeztetett civilizációnk kikövesse az utat utódaink számára.” Ezt a sokak számára meglepő mondatot azzal magyarázza, hogy nem talált elég adatot az ipari civilizáció köré szerveződött, anyagias és individualista, bőséghez hozzászokott népek történelmében, amelyek alapján bizvást lehetne arra számítani, hogy az egyéni érdekeket alárendelik a közjónak. Naomi Klein kanadai író – a *Sokkdoktrína* című sikerkönyv szerzője – még messzebb megy. Az éghajlatváltozásra válaszolva így ír: „Ez azt kívánja, hogy a szabadpiaci játékkönyv összes szabályát felrúgjuk, még hozzá nagyon sürgősen. Újra kell alkotnunk a közszférát, visszafordítani a privatizációt, visszafogni a túlfogyasztást, visszahozni a hosszú távú tervezést, a nagyvállalatokat szigorúan szabályozni és adóztatni, néhányat még államosítani is.” Giddens arra ösztönzi a kormányokat, hogy alakítsanak ki partneri viszonyokat a vállalatokkal abból a célból, hogy azok ugyanazon kiinduló forrásokból többet és jobb minőséget állítsanak elő. A magyar kormány által a befektetők tucatjaival létrehozott partnerségi kapcsolatok révén az ilyen értelmű lehetőségek adóttak.

<sup>96</sup> Robert L. Heilbroner (1919–2005) amerikai közgazdász, történész volt, húsz könyv szerzője.

## 5. Az erőforrások végességének jelentősége

*Jelenleg úgy látom, hogy nebezen vagy nem oldható fel az ellentmondás a Föld növekvő népessége és a természeti erőforrások korlátozott volta között. Ennek okai: különböző érdekek, melyek nem csupán földrészek és földrészek között, hanem a társadalom szinte minden rétege között fennállnak. Alapvető hiányosság, hogy az úgynevezett vezetők (országok, tömbök stb.) vagy nincsenek tisztában a helyzet komolyságával – ekkor megkérdőjelezhető ebből a szempontból is az alkalmasságuk –, vagy szándékosan nem veszik figyelembe az intő jeleket, bízva abban, hogy az ő ciklusuk alatt még valamilyen módon kezelhetőek a feszültségek – ekkor már nem csak az alkalmasságuk kérdőjelezhető meg. – Németh Tamás*

A tűz meghódítása<sup>97</sup> óta az ember saját erejének megsokszorozása és életkörülményeinek javítása érdekében folyamatosan keresi és aknázza ki a számára hasznosítható természeti erőforrásokat. A legfontosabbak: a nap, a termőföld, a víz, az ásványi nyersanyagok. Közülük már a korai civilizációkban is a termőföld és a víz volt a legjelentősebb. Az idő múlásával további erőforrásként szolgál valamennyi természeti kincs, közöttük egyre nagyobb súllyal az energia is. Nem utolsósorban maga az ember szintén erőforrássá, méghozzá szellemi erőforrássá vált. A kezdeti, *fizikai energián* alapuló tevékenysége során felhalmozott tapasztalatok hosszú idő alatt – a természetben egyedülálló konverziós folyamatban – *szellemi energiává*, kollektív tudássá integrálódtak.

Jóllehet az emberiség számára a természeti kincsek szinte mindegyike erőforrás, az energián kívül e pontban csak néhányval foglalkozunk.

<sup>97</sup> A tűz feletti uralom több ezer évvel a földművelés előtt alakult ki. A vándorló csoportok felégettek olyan erdőterületeket, amelyeket aztán megműveltek. Az erdőségek elvesztése azonban olyan mértékben rontotta a talaj vízmegkötő képességét, hogy végül a gabonatermesztés csökkenése következett be.

A legelő, a termőföld<sup>98</sup> és a víz<sup>99</sup> már a korai civilizációkban a sorsukat meghatározó erőforrások voltak. Egyes társadalmak eltűnéséhez hozzájárult a földek túlóntözése vagy az erdők kiirtása következtében kialakult talajromlás (erózió, szikesedés), és emiatt az élelmiszer-termelés csökkenése. Ez a sumer civilizáció esetében ötezer évvel ezelőtt következett be, a majaké pedig fél évezrede olvadt be más közép-amerikai civilizációkba.<sup>100</sup> Elhalásuk összetett okai között bizonyára szerepet játszott a – jó gazdálkodást biztosító – kellően erős államok hiánya is. Velük szemben Egyiptom, Kína és India civilizációinak fennmaradása nagymértékben az erőskezű (nemegyszer zsarnoki) vezetőiknek köszönhető. Kína történetének egyik legfényesebb korszaka a *Csin*-, majd a *Han*-kor (Kr. e. 206 – Kr. u. 220) volt. Olyan vizsgarendszert hoztak létre, amely az erős állam érdekében a legjobbak hatalomra kerülését biztosította, és megszilárdult az egészséges, bürokratikus kormányzott Kína. Az élelmezés, a termőföld és a víz szerepe közötti összefüggést felismerve kétezer kilométer hosszú hajózható csatornát építettek a déli gabona-/rizstermő vidékek és az északi főváros összekötésére. A közismerten fejlett, erős állammal rendelkező rómaiak is nagy súlyt helyeztek a termőföld-gazdálkodásukra. Államiságuk olyan modellt hozott létre, amely – noha a birodalom katonai értelemben később megbukott – megvetette a későbbi nyugati civilizáció alapjait.

A Római Birodalomban Kr. e. a 2. században a népesség fogyatkozni kezdett az élelemtermelés visszaesésébe torkolló és a birodalom hanyatlását veszélyeztető mezőgazdasági feltételek romlása miatt. Ezt felismerve Tiberius és Caius Gracchus fontos feladatának tekintette a hanyatlás megállítását. Ehhez eszközül az élelmiszer-termelés, a földdel való gazdálkodás javítását, valamint a kisbirtokosok támogatását rendelte el. A Gracchusok reformjainak eredményeként hatvanezer család jutott földhöz, és a birodalom hamarosan elérte a valaha volt legnagyobb kiterjedését. Ha a korai civilizációk túlélését segítették az erős államok és azok végrehajtó apparátusai, ez ma miért lenne másként?

A termőtalaj vékonyodásának oka ma is az elhibázott földhasználat és a túltermelés okozta erózió, valamint a klímaváltozás. A világ termőtalajának

<sup>98</sup> A Föld felszíne 51 milliárd hektár (510 millió km<sup>2</sup>), ennek kevesebb mint egyharmada szárazföld, ez utóbbinak is csak tört része termőföld. A nem egészen másfél milliárd hektár szántóföld – amelynek mintegy a felén termelnek gabonát – jelenleg több mint 7 milliárd embert lát el. (Ígaz, távolról sem egyenlő bőséggel.)

<sup>99</sup> Bolygónk felszínének 71%-át víz borítja. Ez mintegy 1400 millió köbkilométer vízmennyiséget jelent. A vizek két fő csoportra oszthatók: sós- és édesvizekre. Ez utóbbiak a teljes vízkészletnek csupán 2,5%-át teszik ki, és döntő része annak is a sarki jégtakarókban halmozódott fel. Az ember számára ma könnyen hozzáférhető édesvíz alig éri el a teljes földi vízkészlet 1%-át.

<sup>100</sup> A legrégebb civilizált nép a sumer volt. A természeti környezet kedvezett számukra az öntözéses földművelés kialakításához. Sorsukat az pecsételte meg, hogy a túlzásba vitt öntözés következményeként a talaj elszikesedett, ami az élelmiszer-termelés csökkenéséhez vezetett. Ezen nem segített az sem, hogy a termények templomgazdaságban történt elosztása érdekében ismerték a lajstromozást, azaz az írást.

80 százaléka mérsékelten vagy jelentősen erodálódott. Az évi erózió mértéke meghaladja a 4 millió, a sivatagosodás a 8 millió hektárt. (worldometers) Ha nem teszünk drasztikus lépéseket, a világ termőtalaja akár 60 éven belül el is tűnhet. (Kínában ma az erózió üteme a természetes regenerációs képesség 57-szerese, míg Európában 17-szeres, Amerikában 10-szeres, Ausztráliában pedig 5-szörös a mutató.) Ez az élelmiszerárak megugrásához és globális élelmiszeri válsághoz vezethet. John Crawford, a Sydney Egyetem professzora szerint: „Nem túlzás azt állítani, hogy a termőtalaj a legértékesebb erőforrásunk, ám képtelenek vagyunk biztosítani fennmaradását a gyermekeink számára, nem is beszélve az unokáinkról.”

1960-ban egy hektár megművelhető földre világátlagban két fő jutott, ez az adat – ha a tendenciák nem változnak – 2050-ben hat lesz. A belátható jövőben a mezőgazdasági termékek piacán a közelmúlt úgynevezett kínálati piaca átalakul keresleti piaccá, az élelmiszerek drágulnak majd. Az élelmiszer – és a termőföld – újra stratégiai tényező lesz.

Az energia és a vízfelhasználás között fontos összefüggések léteznek. A villamos energia termelése hűtővizet igényel. Az olajtermelés szintén vízigényes. A világon felhasznált mennyiség mintegy háromnegyed része jut öntözésre, közel egytizede a háztartások, egyötöde pedig az ipar fogyasztása. Ma a víz túlnyomó részben energia felhasználásával kerül a fogyasztóhoz. Az élelem termelésének évi vízigénye világviszonylatban meghaladja a 6000 km<sup>3</sup>-t, 2030-ra pedig megközelíti a 9000 km<sup>3</sup>-t. (Egy kilogramm gabona termeléséhez 1500 liter vízre, egy kilogramm marhahús előállításához pedig tízszer annyira van szükség.) A világ élelmiszer-termeléséhez használják fel a gyorsan növekvő összes vízmennyiség nagyobb felét. Magyarország összes vízfelhasználása 20 km<sup>3</sup>/év (ez a 7. helyet jelenti a világon). Ennek közel a kétharmada mezőgazdasági felhasználás. A legvízhiányosabb ország Szaúd-Arábia, ebből következően nagymértékű élelmiszerimportra vagy a tengervíz sóatlanítására szorul.

Amennyiben a jövőben az egész emberiség többlet vízigényét (évente 64 milliárd m<sup>3</sup>-t) teljes egészében a tengervíz sóatlanításával biztosítanák, úgy pusztán annak villamosenergia-igénye – Jacques Foos, a Centre National des Arts et Métiers, Sciences et Technologies Nucléaires professzora szerint (*Le Monde*, 2011.) évente 30 db 3. generációs atomerőmű építése (Evolutionary Power Reactor – EPR) vagy 65 000 5 MW teljesítményű szélenerőmű létesítése válna szükségesé. A legtöbb iparágban a beruházások helyszínének kiválasztásakor szintén fontos szemponttá válik a víz rendelkezésre állása. Az energetika (főleg az atom- és a fosszilis erőművek, a bioüzemanyagok előállítása, a termikus napenerőművek) ugyancsak vízigényes iparág. A vízhiány megoldásának lehetőségei között kell megemlíteni az importot, a tengervíz költséges (kb. 0,5 USD/m<sup>3</sup>) és energiaigényes sóatlanítását, valamint a szennyvizek regenerálását. A víz értéke már eddig is megsokszorozódott, de az igazi árrobbanás még előttünk áll.

A feszült világgazdasági helyzet és a geológiai okok miatt egyre fokozódik a világ energiaellátásának sebezhetősége, gyorsan emelkednek a beruházási költségek, nőnek az árak. A Nemzetközi Energiaügynökség legfrissebb (2014) felmérései szerint<sup>101</sup> 2035-ig a világ összes energetikai beruházása két évtized alatt eléri majd a 48 ezermilliárd dollárt, amelynek az ötödét az energiahatékonyság növelése terén kell megvalósítani. Jól mutatja az előrejelzések bizonytalanságát, hogy a mostani becslés éppen a háromszorosa annak, amennyit egy évtizeddel korábban prognosztizáltak, még hozzá akkor három évtizeddel előrettekintve. A sebezhetőséghez hozzájárul, hogy a jövőben mind több ország válik importálóvá, így bővülnek a nemzetközi szállítások, következésképpen fokozódik a behozatalra szorulóknak függősége. Már a jelenben is problémát okoz, hogy az energiahányos országoknak gyakran politikailag nem kellően stabil régiókból kell fedezniük szénhidrogénigényüket. Akár a csővezetékek elzárása, akár a tankerek terrorista blokkolása beláthatatlan káoszt okozhat. Mindemellett egyre súlyosabbá válnak a környezetre gyakorolt hatások is. Amint arra rá fogunk mutatni, a jelentkező problémák közül ki kell emelni a kőolajvagyon nagyságának – ebből eredően élettartamának – bizonytalanságát. A vagyonaatok többségükben nincsenek auditálva. Nem valószínű, hogy e téren változás lesz, hiszen az az érintett országoknak nem érdeke. Egyrészt azért nem, mert az OPEC-országoknál a magasabb bevételt biztosító termelési kvóták magasabb szinten történő megállapítását a vagyonaatokhoz kötik. Másrészt pedig az a tapasztalat, hogy az olajipari fejlesztésekhez szükséges banki hitelek jobb kondícióit a bemutatott magasabb vagyonaértékek kedvezőbben alapozzák meg.

A különböző nemzetközi intézmények szerint a világ energiaigénye a közelgő 2030-as esztendőre 45-50%-kal lesz nagyobb a jelenleginél.<sup>102</sup> Az összes energián belül továbbra is a fosszilis energiahordozók iránti kereslet túlsúlyára lehet számítani, és az energiakérdés meghatározó területe várhatóan ezután is a szénhidrogén-ellátás marad. Leginkább reflektorfényben minden bizonnyal továbbra is az olaj lesz, de mellette a földgáz jelentősége mind hangsúlyosabbá válik. Indokolt erről az emberiség energiaigényének kétharmadát alkotó két szénhidrogénről együtt beszélni, hiszen ezek részben helyettesíthetik egymást. Napjainkban azt valószínűsítik, hogy az olajigény a mai – több mint évi 4,1 milliárd tonna (kb. 86 Mbpd)<sup>103</sup> – felhasználással szemben 2030-ra elérheti a 6 milliárd tonna körüli értéket, a földgázé pedig – szemben a jelen-

<sup>101</sup> Vö. International Energy Agency: *World Energy Investment Outlook* – Special Report. London, 2014. június 3.

<sup>102</sup> A jövő alakulását lényegében három tényező fogja a leginkább befolyásolni: a világ népességének növekedése, a fogyasztás mennyisége és minősége, valamint azok a technológiák, amelyekkel ez utóbbiakat, továbbá a közlekedési eszközöket stb. előállítják.

<sup>103</sup> 1 Mbpd (million barrel per day – naponta egy millió hordó)  $\approx$  évi 50 millió tonna olaj. Egy hordó: 159 liter. 1 tonna olaj a sűrűségtől függően 7,0–7,5 hordó olajnak felel meg.



legi 3,1 milliárd m<sup>3</sup>-es fogyasztással – meghaladhatja az 5 milliárd m<sup>3</sup>-t.<sup>104</sup> Az igények kielégíthetőségét illetően azonban szükséges megjegyezni, hogy ma már – sajnálatos módon – évről évre csak alig az egynegyedét találjuk meg a felhasznált kőolajmennyiségnek. A feltárás és a kitermelés egyensúlya 1980 táján megszűnt. Ezért túlságosan leegyszerűsített és nem elfogadható az az évtizedeken keresztül hangoztatott érvelés, amely szerint valamely fosszilis energiatípus élettartamát a ma ismert vagyon és a jelenlegi felhasználási szint hányadosaként határozzák meg, és aminek értelmében a hagyományos kőolaj élettartama még 40 év lenne. Ez az állítás ugyanis nem veszi figyelembe az igények folyamatos növekedését. A hangoztatott „még 40 évre elegendő olaj áll rendelkezésre” mondás félrevezető. Igaz, ma már egyre kevesebben hangoztatják.

Az erőforrásokkal – benne az energiával – folytatott gazdálkodást napjainkban a nemzetek kölcsönös függőségének erősödése jellemzi, és azt az egész világot érintő üggyé teszi. A csökkenő feltárási eredmények és a növekvő felhasználás tapasztalata alapján tehát jogos az a kérdés, hogy a fosszilisenergia-igények iránti fedezete valójában milyen távon áll rendelkezésre. A jövő energiabiztonsága számára fontos lenne, hogy az emberiség hosszú történetét tekintve epizódjellegű szénhidrogénkorszak – a vagyon véges voltából következően – eltartson addig, ameddig sikerül a legfontosabb felhasználási területeken a növekvő igényeknek megfelelő mennyiségű helyettesítő energiaforrást megtalálni. Kétségtelen, hogy a probléma megoldásának időszerevése különösen az olaj esetében jelentkezik, a gáznál az ígéretesebb nem hagyományos gázok szolgálatba állítása következtében kevésbé sürgető.

<sup>104</sup> Jellemző, hogy a világszerte felhasznált kőolaj mennyisége óránként több mint 0,5 millió tonna, a földgázé pedig mintegy 300 millió m<sup>3</sup>.





## 6. Tévedések és remények

*Nemcsak a válság fertőző, hanem a téveszmék is. – Stiglitz<sup>105</sup>*

*A tudomány stratégiája valószínűségi jellegű. Úgyszólván sohasem tudjuk bizonyossággal, melyik kutatás lesz kifizetődő és melyik nem. A felfedezések – a genotípus mutációihoz hasonlóan – véletlen jellegűek. – Lem<sup>106</sup>*

Még az értelmiségiek viszonylag széles körét is az a meggyőződés (?) vezérli, hogy a tudomány és a technológia – miként eddig, a jövőben úgyszintén – biztos megoldja az energiakérdést is. Ezt a vélekedést örömmel veszi át a jobbára csak az energia árával foglalkozó laikus média, mintha az energetikai probléma abban merülne ki. Így nem csoda, ha a közvéleményt is ez a szemlélet hatja át. Sokan hiszik azt, hogyha szükség lesz rá, az egyelőre kis szériás energiatermelő és -felhasználó új megoldások, bár perspektivikusan, előreláthatólag még *idejében* alkalmasak lesznek nagy volumenű sorozatgyártásra. Ezzel pedig gond nélkül fel lehet majd váltani a jelenlegi megastruktúrákat. A más téren megjelenő különböző (globális) problémák – mint például a világot érintő pénzügyi válsághelyzetből való kilábalási esélyek – manapság különösen gyakori interpretálása mellett nem szorulhat háttérbe, hogy az energia fenyegető hiánya (is) milyen súlyos következménnyel járhat.

A ma élők az elődeikhez képest lényegesen több részismerettel rendelkeznek ugyan, azok közül azonban – mint Buridán számára,<sup>107</sup> éppen az informá-

<sup>105</sup> Joseph Eugene Stiglitz (1943–) amerikai közgazdász professzor a Columbia Egyetemen, Nobel-díjas, a globalizáció bírálója. Több mint negyven tiszteletbeli doktori és legalább nyolc tiszteletbeli egyetemi tanári címmel rendelkezik. Stiglitz az egyik legbefolyásosabb közgazdász a világon.

<sup>106</sup> Stanisław Lem (1921–2006) lengyel író. Az egyik legolvasottabb sci-fi szerző. Gyakran bocsátkozik filozófiai spekulációkba a technológiáról, az intelligencia természetéről és a kölcsönös megértés nehézségeiről. Témáit néha fikcióként mutatja be, máskor az esszé vagy filozófiai könyv műfaját választotta.

<sup>107</sup> Buridán számára két teli vályú közé állítva éhen halt, mert nem tudta magát elhatározni, hogy melyikhez nyúljon. Ma még nagyobb a probléma, hiszen az ilyen vályúkból, átvitt értelemben az újabbnál újabb információkkal és felfedezésekkel teli kutakból, amelyek ráadásul sokszor ellentmondanak egymásnak, egyre több van.

cióbőség zavara okán – nem tudják kiválasztani a számukra igazán fontosakat. Az egyik legveszélyesebb tévhitük az, hogy a jövő valamiképpen a meghoszszabbított jelen lesz, de ha mégsem, majd a tudósok kitalálnak *valamit* az újonnan megjelenő problémák megoldására. Magukévá teszik azt a hiedelmet, hogy a felmerülő energiahiány-problémák leküzdésében az ember szinte mindenható. A bőség tévhitében élők beleszülettek a pazarló életvitelbe – erről a 10. fejezetben bővebben írunk –, azt tehát magától értődőnek veszik. Közben kapcsolatuk a természettel egyre gyengül, megfélemedeznek arról az evidenciáról, hogy a Föld nyersanyagvagyonra – azon belül a fosszilis energiáé és a hasadóanyagoké egyaránt – véges. Ezt a felfogást – főleg ha erre a természeti korlátra gondolunk – nemcsak túl önhittnek, hanem felelőtlennek, sőt veszélyesnek is kell ítélnünk. Az szintén baj, hogy nemcsak a tömegek, hanem sokszor még a döntéshozók is hajlamosak arra, hogy a viszonylag gondtalan, de legalábbis emberileg a nehézségeket biztosan áthidalható energetikai jelentetítsék ki a jövőre. Sokszor azt hiszik, hogy az energiához való hozzájutás üzleti alapon vagy erőszakos módon bármikor megoldható, és nem minden esetben vannak tudatában az energetika bonyolult mivoltának.

A tudósok és a technológusok többsége természetesen más kategóriát képvisel. Egyesek magabiztosak, mások belátják korlátaikat. Többnyire ők tudják a legjobban, hogy a tudomány sem mindenható. Ezt jól fejezte ki Davy<sup>108</sup> – a róla elnevezett bányalámpa és az ipari forradalom kibontakozását segítő sok más találmány birtokosa –, amikor azt mondta: „Felfedezéseim közül a legjelentősebbeket tévedéseim sugallták.” Faraday<sup>109</sup>, az elektrotechnika nagy alakja bevallotta, hogy elképzeléseinek alig egytizede hozott eredményt. Helmholtz egy vándorral hasonlította össze magát, aki nem ismerve az ösvényt, kénytelen volt újra meg újra végigjárni ugyanazt az utat, mielőtt megtalálta volna a csúcsra vezetőt. Ezután így fogalmazott: „Munkámban semmit sem mondtam a hibákról az olvasónak, hanem mindössze leírtam az ösvényt, amelyen most már minden nehézség nélkül eljuthat ugyanabba a magasságba.”

**Érdekes tévedések.** Az említett példákon kívül léteznek más természetű tévedések is. Egy-egy tudós az eddigi teljesítményekkel befejezettnek látja a tudomány épületét. A 20. század előestéjén (1899) Duell<sup>110</sup>, a Szövetségi Szabadalmi Hivatal elnöke állítólag azt javasolta, hogy zárják be a hivatalt, mert

<sup>108</sup> Sir Humphry Davy (1778–1829) angol kémikus, az elektrokémia megalapítójának tekintik. 1815-ben fejlesztette ki a bányalámpát.

<sup>109</sup> Michael Faraday (1791–1867) angol fizikus és kémikus, a Royal Society tagja erőfeszítéseinek köszönhetően a technológia képessé vált az elektromosság felhasználásra. Néhány tudománytörténész úgy emlegeti őt, mint a természettudomány-történet legnagyobb kísérletezőjét.

<sup>110</sup> Charles Holland Duell (1850–1920) az Egyesült Államok Szabadalmi és Védjegy Hivatalának elnöke, majd szövetségi bírója volt.

már mindent feltaláltak. Nem sokkal később – 1903-ban – Michelson<sup>111</sup> azt a megjegyzést tette, hogy felfedezték a fizika összes törvényét. 1928-ban pedig Born<sup>112</sup>, Einstein munkatársa mondta azt, hogy „a fizika tudománya hat hónapra belül lezáródik”.

Einstein 1917-ben bevezette a kozmológiai állandót, amely az univerzum saját gravitációjából eredő összehúzódnak kiegyensúlyozására szolgált. Elméletét később elvetette, és élete legnagyobb tévedésének tekintette. Ez azonban egészen más megvilágításba került 1998-ban, amikor a távoli szupernóvákat vizsgáló kutatók a Hubble űrtávcső és más műszerek méréseire alapozva kimutatták, hogy a világegyetem tágulása gyorsul. A kozmológusok ekkor jöttek rá, hogy Einsteinnek mégis igaza lehetett, és tényleg létezik egy taszító erő, amelyről azonban a létezésén kívül semmit nem tudunk.<sup>113</sup> Ez az úgynevezett sötét energia.

És minek nevezzük a következő meglepő fordulatot, amelyet az ENSZ változékony magatartása jellemez: A mai közkeletű felfogás szerint a melegeéstől kell félni, pedig alig néhány évtizede még az új jégkorszak rémítette az embereket. 1974 áprilisában az ENSZ-ben bizottságot is létrehozott ennek a kérdésnek a vizsgálatára, amely arra az eredményre jutott, hogy a globális hőmérséklet évenként 0,15 °C-kal csökken, és 2015-re a végeredmény 0 °C lesz. Berényi szerint ez a botrányos tévedés önmagában is óvatosságra kellene, hogy intse a mai vészjóslókat.

A tévedések gyakran abban jelentkeznek, hogy az innovációk a tudósok feltételezéséhez képest gyorsabban vagy lassabban valósultak meg, vagy esetleg nem is reménykedtek azok realitásában.

***Az innovációk gyors vagy lassú megvalósulása.*** Érdekes módon az úgynevezett kishitűség némelykor éppen a legnagyobb tudósok részéről tapasztalható. A kétkedő természetű Eddington azt állította a Harvard Egyetem háromszáz éves fennállásának ünneplésekor, hogy „a szubatomi energiának praktikus mértékben való kihasználása utópisztikus álom, és úgy látszik, valószínűleg az is marad”. Még Einstein is tévedett, amikor szemléletes képet rajzolt a New York Times tudományos riporterének arról a végtelen kicsi esélyről, hogy valaha is feltárjuk az atom energiáját: „Nemcsak gyenge céllövők vagyunk, hanem sötétben lövöldözünk madarakra egy olyan vidéken, ahol nagyon kevés madár

<sup>111</sup> Albert Michelson (1852–1931) amerikai fizikus, 1907-ben első amerikaiként kapott Nobel-díjat a fénysebesség megméréseire vonatkozó korábbi kísérletéért.

<sup>112</sup> Max Born (1882–1970) német fizikus, 1954-ben nyerte el a fizikai Nobel-díjat a német Walther Bothe társaságában a szubatomi részecskék viselkedésének statisztikai leírásáért.

<sup>113</sup> A kozmológiában a sötét energia az a feltételezett energiaforma, amely az egész világegyetemben jelen van, erős antigravitációs hatást fejt ki, a gravitációs vonzást semlegesíti. Ez jelenleg a legelfogadottabb elmélet annak a megfigyelésnek a magyarázatára, hogy a világegyetem gyorsulva tágul.

van.” Rutherford<sup>114</sup> egy előadásban az atommag hatalmas energiájáról beszélt, de kijelentette, hogy az atomenergia gyakorlati felhasználása lehetetlen, mert a folyamatot a Földön nem lehet létrehozni (tudni való, hogy egyes fizikusok már akkoriban is vélelmezték, hogy a Nap energiáját a magreakciók adják). Rutherford kishitűségére azonban Szilárd<sup>115</sup> rácsáfolt. Sokoldalúan képzett elméjének egy villanása azt súgta, hogy ha lenne egy olyan kémiai elem, amely két neutront bocsát ki, miután elnyelt egy neutron, amely megfelelően instabil, akkor ezzel az elemmel létre lehet hozni a nukleáris láncreakciót. Ez volt a későbbi atombomba-elmélet kiinduló receptje. Szilárd 1934 márciusában beadta első szabadalmi kérvényét a neutronos láncreakcióra, és Rutherfordtól lehetőséget kért, hogy a Cavendish Laboratóriumban<sup>116</sup> végezhesse kísérleteit. Mivel ahhoz akkor a hitetlenkedő Rutherford nem járult hozzá, Szilárd végül a londoni St. Bartholomew’s Hospitalban kezdett kutatni. 1936-ban beadta újabb szabadalmát. Próbálta meggyőzni Fermi<sup>117</sup> és Bohrt<sup>118</sup>, hogy a folyamat megvalósítható, de ők is csupán évekkel később hittek neki. Fermi egyébként 1939 februárjában arról nyilatkozott, hogy egy atombomba, még ha elméletileg kivitelezhető is, a gyakorlati megvalósítás legálább 25–50 évnnyire van. (Amint az köztudott, nemcsak a fissziós atomerőmű, hanem – sajnos – az atombomba elkészítése is gyorsan megvalósult).

Korunkban a sokak által optimistán remélt gyors eredmények helyett a lassú előrehaladást példázza a fúziós energia emberi szolgálatba állítása. Amint az szakmai körökben köztudott, a fúziós erőmű minimális radioaktív hulladék keletkezése mellett működne. Megvalósítására azonban a fél évszázaddal ezelőtti szabadalmi bejelentés ellenére – többek között a szükséges extrém magas

<sup>114</sup> Sir Ernest Rutherford (1871–1937) Nobel-díjas kémikus és fizikus. 1911-ben felfedezte az atommagot.

<sup>115</sup> Szilárd Leó (1898–1964) magyar származású fizikus volt az első, aki felismerte, hogy a nukleáris láncreakció (és ezzel az atombomba) létrehozható. Mivel félelmetes lehetőségnek tartották, hogy először esetleg a náci Németország fejlessze ki az atombombát, Szilárd Leó és tudóstársai meggyőzték Fanklin D. Rooseveltet, hogy ebben nekik kell elsőnek lenniük. Tevékenyen részt vett az erre irányuló Manhattan-tervben.

<sup>116</sup> A mai Cavendish Laboratórium a Cavendish-leszármazottak adományából jött létre. A Cambridge-i Egyetem kancellárja, William Cavendish (1808–1891) hatalmas vagyonából fizikai laboratóriumot létesített, emléket állítva a család legnevezetesebb tudós tagjának, Henry Cavendish (1731–1810) angol fizikus-vegyésznek. Henry Cavendish a Royal Society tagja többek között felfedezte a levegő összetételét. Egy speciális eljárással – amelyet ma Cavendish-kísérletnek nevezünk – meghatározta a Föld tömegét és sűrűségét. Foglalkozott alkalmazott tudományokkal, így meteorológiával és villámvédelemmel.

<sup>117</sup> Enrico Fermi az első nukleáris reaktor kifejlesztésének aktív résztvevője volt.

<sup>118</sup> Niels Henrik David Bohr (1885–1962) Nobel-díjas dán fizikus, aki az atomszerkezet és a kvantummechanika tudományterületén végzett kutatásai elismeréseként 1922-ben elnyerte a fizikai Nobel-díjat. 1938-ban a Magyar Tudományos Akadémia tiszteletbeli tagjává választotta.

hőmérsékletek miatt – gyakorlati eredmény eddig még nem született. Teller<sup>119</sup> 1988-ban úgy nyilatkozott, hogy negyven éven belül nem várja fúziós elektromos energia megjelenését. Jelenleg a franciaországi Cadarache város mellett nemzetközi összefogással épül egy ITER-nek<sup>120</sup> nevezett kísérleti létesítmény, amelynek a küldetése a fúzió tudományos és technológiai megvalósíthatóságának a vizsgálata. A berendezés alapja az a jelenség, hogy könnyű atommagok fúziója közben a fosszilis energiákhoz viszonyítva elméletileg négy és fél milliószeres energia szabadul fel. Az ITER az első ilyen jellegű globális együttműködés, amelyben az építési költségek közel felét Európa vállalja, míg a további hat résztvevő (Kína, India, Japán, Dél-Korea, Oroszország és az USA) egyenlő mértékben osztozik a nagyobb részen. A mai várakozások a korábbi elképzelésekhez képest jelentős „csúszást” tételeznek fel, aminek értelmében 2050 előtt nem várható az első ipari célú fúziós erőmű belépése. Ez az innovációs ciklus tehát – jó esetben is – legalább egy évszázados lehet. Mégis reményt ad a távlati energiaellátás biztosítására.

**Geológiai bizonytalanságok.** A téves, bizonytalan információk gyakran geológiai-technikai-technológiai természetűek. A nehézségeket, valamint az energiaváltások rövidülő periódusait jobbra csak a természettudományok művelői láthatják, bár ők sem egyformán. A gondok a fosszilis energiavagyonok nagyságának – következésképpen élettartamának – megítélésével kezdődnek. Ennek jellemző példáját a ma már a globális csúcstermelés (peak oil) közelében járó „hagyományos” kőolaj szolgáltatja. (2009-ben a hagyományos kőolajat nagy mennyiségben termelő félszáz országból már több túljutott a termelése csúcán, és csupán a negyedük tudott növekedést felmutatni.

Évtizedeken keresztül egészen a közelmúltig azt hallhattuk, hogy az olaj élettartama még legalább 40 év. Részben ezzel magyarázható, hogy mind a kormányok, mind a felhasználók hosszú időn keresztül úgy viselkedtek, mintha nem érzékelték volna az olajtermelés tetőzésének, majd várható csökkenésének a veszélyét. Annak megértéséhez meg kell ismernünk a „peaking of oil, vagy peak oil”, azaz az olajtermelés tetőzésének fogalmát. Ez azt fejezi ki, hogy az egyes hagyományos kőolajmezők/kutak termelése egy ideig növekszik, majd a maximum után fokozatosan csökken. Az egyes szénhidrogénkutaknak, valamint a kutak összességét alkotó világtermelésnek is sajátos – a Gauss-elosz-

<sup>119</sup> Teller Ede (1908–2003) magyar származású amerikai atomfizikus, aki ahidrogénbomba-kutatásokban való aktív részvétele miatt vált közismertté. A Magyar Tudományos Akadémia 1990-ben választotta tiszteletbeli tagjává. Számos kitüntetéssel 1994-ben megkapta a Magyar Köztársaság Érdemrendjének Középkeresztje a Csillaggal kitüntetését, 1997-ben a Magyarság Hírnevéért Díjat, 2001-ben a Corvin-lánc kitüntetését. 2003-ban a legmagasabb amerikai polgári kitüntetését, az Elnöki Szabadság-érdemrendet vehette át.

<sup>120</sup> International Thermonuclear Experimental Reactor – Nemzetközi Kísérleti Termonukleáris Reaktor

láshoz hasonló – életgörbéje van. A tapasztalat azt mutatja, hogy a tetőzés a vagy-on mintegy fele kitermelésekor következik be. Az egyes szénhidrogénkutak termelési életgörbéjének összessége egy-egy ország vagy régió, illetve akár az egész világ termelésének alakulását is szemlélteti. Elmélete segítségével King Hubbert<sup>121</sup> geológus 1956-ban megjósolta, hogy a kőolajtermelés az USA 48 államában 1970-től kezd csökkenni, ami szinte naptári pontossággal be is következett. Ma – 2004 óta – világméretben egy plató formájában a hagyományos olajtermelés tetőzésének korát éljük. Egyrészt a nem hagyományos olajok termelése, másrészt az „all liquids” fogalmának bevezetése azonban fenntartja a növekedés látszatát. Az utóbbiak közé tartoznak az LPG<sup>122</sup>, a bioüzemanyagok, valamint a szénből (CTL) és a földgázból (GTL) előállított üzemanyagok is.<sup>123</sup>

**Megtévesztések és szándékos félrevezetések.** Különleges kategóriát képeznek azok a tudatos megtévesztésen alapuló esetek, amelyek – nem mellékesen – árnyékot vetnek a bizonyításokon és a megismételhető kísérleteken alapuló természettudományokra. Ennek példáit kortárs közírók: Albrecht Fölsing *A svindli szerepe, tudósok és az igazság*, valamint William Broad és szerzőtársa a *Csalás és megtévesztés a tudományban* című könyvükben sorolják fel.<sup>124</sup> Kárt okozhat a sajtó, ha enged a szenzációhajászásnak, és felnagyítja egyes tudományos „eredmények” jelentőségét. Ilyenkor hozzájárul ahhoz, hogy a nagyközönség a tudománynak olyan túlzott bölcsességet tulajdonítson, amellyel valójában nem rendelkezik. Persze a tudományos hírek tudósítói nem egyedül felelősek a hamis hiedelmek terjedéséért. Sok értelmiségi közömbösége a természettudományok iránt meglehetősen siralmas.<sup>125</sup> Amint arról az Előszóban említést tettünk, a természettudományos/műszaki és a humán kultúra fokozatosan elkülönül. Ez pedig azért hátrányos, mert a humán értelmiségnek a természettudósokénál nagyobb befolyása van a közvélekedésre.

Szándékos félrevezetést jelenthetnek az 1980-as évek második felének statisztikáiban a kőolaj dokumentált vagyonaadatok is, elsősorban egyes OPEC-

<sup>121</sup> Marion King Hubbert (1903–1989) geológus több geológiai és a geofizikai eredményt ért el. Nevéhez fűződik az olajtermelés időbeli alakulását modellező, haranggörbéhez hasonló úgynevezett Hubbert-görbe, az olajhozamcsúcs elméletének egyik központi eleme.

<sup>122</sup> LPG: a kőolaj finomítása során melléktermékként vagy a földgáz bányászása során kinyert folyékony halmazállapotú szénhidrogén gázok elegye (Liquefied Petroleum Gas). Gépjárművek üzemanyagaként használják; CTL: Coal to Liquid; GTL: Gas to Liquid.

<sup>123</sup> A szén szintézisgázzá történő alakítása után – a németek által a II. világháborúban, Dél-Afrikában pedig ma is alkalmazott úgynevezett Fischer-Tropsch-szintézisével – motorhajtóanyag-gyártó (CTL) eljárás, amely alkalmazható földgázra (GTL) is.

<sup>124</sup> Az energia fogalma egyébként is számos áltudományos nézet és gyakorlat forrása lehet, gondoljunk például „bioenergiára” alapozott gyógyítási tevékenység létezésére.

<sup>125</sup> Rutherford egy ízben joggal méltatlankodott, amikor is egy alkalommal megjegyezte Bohrnak: „Bizonyos humanisták azzal büszkélkednek, hogy fogalmuk sincs arról, mi történik, amikor kapjuknál megnyomnak egy gombot és a csengő megszólal a konyhában.”



országokban. Ezek váratlan növekedést mutattak ki, holott akkor éppen nem is voltak azt megalapozó látványos feltárási eredményeik. Mindezt az tette lehetővé, hogy a vagyonadatok többségét nem auditálták, ennél fogva azok nagyságát az egyes országok a saját érdekeikhez (például bevételnövelési törekvéseikhez) igazíthatták. Az OPEC-értekezleteken az egyes tagországok termelési kvótáit ugyanis a közölt vagyonadatokhoz kötik. Nagyobb vagyon nagyobb termelési kvótát, több bevételt jelent nekik. Ezenkívül a nagyobb vagyon dokumentálása az olajkutatásokhoz és fejlesztésekhez szükséges banki hitelek előnyösebb kondícióit is kedvezőbben alapozza meg. A vagyonok tartós „bőségének” hitét leginkább az táplálja, hogy egyes statisztikában a nehezen, drágán, energiaigényes és környezetszennyező módon kitermelhető nem hagyományos olajat (vagy gázt) szintén a vagyonhoz sorolják. Ezt tapasztaljuk – amint azt a Második részben látni fogjuk – például az észak-amerikai olajhomoknál és a venezuelai nehézolajnál.<sup>126</sup>

Mindennek a megítéléséhez figyelembe kell venni, hogy a kőolaj nem hagyományos bázison történő pótlása/kielégítése általában jóval kevésbé környezetbarát technológiai lehetőség, mint azt sokan hiszik. Az elektromos meghajtású autóknál figyelembe kell venni a villamosenergia-termelés, a bioüzemanyagoknál a mezőgazdasági talajmunkák és a betakarítás okozta környezetszennyezést. Ezen túlmenően az is valószínű, hogy a nem hagyományos üzemanyagok képtelenek lesznek a növekvőnek prognosztizált globális igények *menyiségi* kielégítésére. Az US Global Investors és az OECD úgy becsüli, hogy az úgynevezett „tight oil” (meghatározását lásd a Második részben) – mint nem hagyományos olajok – termelése a 2012 évi 2-ről 2035-ig mindössze legfeljebb 6 Mbpd-re nőhet, miközben az igények meghaladják majd a 100 milliót.

A hagyományos kőolaj helyettesítésével kapcsolatban meg kell említeni azt is, hogy a nem hagyományos olaj (olajpala, olajhomok, nehézolajok) termelési kilátásait kedvezőtlenül árnyalhatja a súlyos környezetvédelmi konzekvenciákkal járó a kinyerésük energetikai korlátja is. Ez utóbbi azt jelenti, hogy figyelembe kell venni az úgynevezett „energetikai megtérülést” – angol mozaikszóval az EROEI-t – vagyis azt, hogy hogyan aránylik egymáshoz a kitermelés művelete során befektetendő és az alkalmazáskor nyerhető energiamennyiség.<sup>127</sup> Ha az előbbi kalorikusan több, mint a kinyert terméké, akkor a művelet értelmetlen. (Ezzel a problémával bővebben a Második részben foglalkozunk.)

<sup>126</sup> Ezzel magyarázható, hogy a venezuelai vagyont 1991-ben még csak 8, 2013-ban pedig már 46 milliárd tonnában dokumentálták. Hasonló okok miatt a kanadai adat ugyanezen idő alatt 5-ről 28 milliárd tonnára nőtt (BP Statistics).

<sup>127</sup> Energy Returned on Energy Invested. Megjegyzendő, hogy az EROEI számítása bonyolult, amiből az adódik, hogy a különböző források meglehetősen eltérő adatokat szolgáltatnak.

Az új típusú üzemanyagoknak – főleg a villamosenergia-meghajtás esetén – a gyakorlatba történő *tömeges* átültetése a kiépült infrastruktúrák méretei és a felhasználók nagy száma miatt még a remélt viszonylagos eredményesség esetén is jelentős időt igényel. (Gondoljunk például a világ egymilliárd közeli gépkocsállományára és az évi több mint 80 milliós globális autógyártásra (2012). Ebből Kínában 19 millió db valósul meg,<sup>128</sup> több mint az Európai Unióban összesen, vagy annyi, mint az USA-ban és Japánban együttesen. Az autógyártók zöme ma is a belsőégésű – igaz, egyre jobb fajlagos üzemanyag-fogyasztású – motorokat alkalmazó modelleket állít elő.)

**Közgazdasági természetű tévhitek.** A tévhitek fontos csoportja közgazdasági természetű. Soros<sup>129</sup> írja *A kapitalizmus globális válsága* című könyvében, hogy nem létezik tökéletes, önkorigáló piac, ahogy azt annyi piaci fundamentalista hiszi. A piac mindenhatóságát többek között Stiglitz is tagadja. Szerinte „az a régi hiedelem, hogy a szabad piacok mindig növelik a hatékonyságot, egyszerűen téves”. Úgy tartja, hogy helytelen a szabadpiaci elvek rögeszmés alkalmazása. Igazi szabad piac ugyanis legfeljebb az elméleti tankönyvekben létezik, a valóságban soha. Ezt Budapesten a *Haladó kormányzás* elnevezésű konferencián hangsúlyozta. A globalizációt sem lehet egyetlen szempont alapján megítélni. Egyfelől hasznosnak nevezhető az, hogy elindult a technológiák, az eszmék áramlása, így egyes országok és régiók a Távol-Keleten nagy fejlődésen mentek keresztül. Latin-Amerikában azonban a tőkepiac felszabadítása, a liberalizáció és a privatizáció révén a régióba érkezett hatalmas spekuláns tőke fokozta a bizonytalanságot, ami újabb válsághoz vezetett. Ezért be kell látni, hogy nincsenek örökkévaló pozitív gazdasági tételek, azok egy idő után meghaladottá vál(hat)nak. A naiv tévhitek elosztatása érdekében fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a sokasodó problémák (hangsúlyosan az olyan globális kihívások, mint a népességrobbanás, az élelmiszer-, a víz- és az energiagondok, a klímaváltozás stb.) támasztotta világkereskedelmi feladatokat a „mindenható” piac önmagában már azért sem tudja megoldani, mert az csak arra képes, hogy forgalomba hozza a reálsféra eredményeit.

Az a tény, hogy az energiakérdésekben gazdaságfilozófiai szempontból sem egységesek a nézetek, a közhiedelmet is befolyásolja. Egyre inkább világossá válik gazdasági szempontból is (ami etikai okokra visszavezethetően régen tudott), hogy olyan gazdaság- és társadalomfilozófiai szemléletre van szükség, amelyben nemcsak a gyors profitszerzés igénye dominál, hanem kellő súlyt kap a közjó szempontja, a távlati jövőre tekintettel lévő ésszerűség is. Korten *A tőkés társaságok világmente* című könyvében arról ír, hogy „a ka-

<sup>128</sup> Az Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles (OICA) adatai alapján.

<sup>129</sup> Soros György (1930–) magyar származású amerikai befektető, közgazdász.



pitalizmus egyik hiedelme a következő: a piac valami csodás mechanizmus segítségével automatikusan a közösség javává alakítja át az egyes szereplők kapzsiságát. Ezzel a kijelentéssel csupán az a gond, hogy a piac nem rendelkezik ilyesfajta mechanizmussal. [...] A kapitalizmus az erkölcsös emberrel (homo moralis) szemben a gazdasági embert (homo economicus) állítja a középpontba.” Mindennek ellenére az ideologikusan ismételtetett neoliberális propaganda következtében még sokan hisznek a piac mindenhatóságában. Meggyőződésből vagy érdekből szakmai körökben is – bár csökkenő mértékben – még vannak követői az idejétmúlt gazdaságfilozófiának.<sup>130</sup> Valószínű, hogy az eredetileg liberális, mára neoliberálissá vált elképzelés híveinek egy része új elméletekhez pártolna, ha ismerne ilyeneket.

Ezzel kapcsolatban megemlítjük, hogy amikor az ipari civilizáció kifejlődött, még nem érződtek az erőforrás-korlátok hatásai. Mára azonban az ásványi nyersanyagok körvonalazódó fogyatkozása és a környezet egyre inkább érzékelhető romlása miatt napról napra nyilvánvalóbbá válik, hogy fordulópont előtt állunk. A nehézségeket, valamint az energiaváltások rövidülő periódusait jobbra csak a természettudományok képviselői – többek között a geológusok – látják, a hétköznapi embernek kevés fogalma van róluk. Az eddigi változások a várhatónál összehasonlíthatatlanul lassabban zajlottak, így az azokhoz való alkalmazkodás viszonylag könnyen ment végbe. Mint szinte mindenütt, energiafronton is gyorsulás tapasztalható. Hivatkozhatunk az US Department of Energy számára készített 2005-ben készített Hirsch-jelentésre: „A megelőző energiaátmenetek fokozatosak és evolutívak voltak. A peak oil hatása gyors lesz és forradalmi. Az, hogy felkészüljünk rá, sok időt és erőfeszítést kíván”.<sup>131</sup>

Legyen szó akár az előbb-utóbb elkerülhetetlenül szűkössé váló kőolaj pótlásáról, akár az új villamosenergia-termelési rendszerek<sup>132</sup> bevezetéséről stb., *annyira* még egyikük sem *teljesen* kész technológiai lehetőség, hogy biztonságos környezeti feltételek mellett olyan tempóban álljon rendelkezésre, amilyenben a – elsősorban a fejlődő országokban tapasztalható és a várhatóan továbbra is rohamosan növekvő – leendő szükséglet azt megkívánja. Vagyis további jelentős kutatásokra van szükség. Ráadásul – amint arra már utaltunk – a kiépült infrastruktúrák és a felhasználó állomány méretei miatt még a remélt eredményesség esetén is hosszú időt igényel a kielégítő gyakorlati megvalósítás.

Az új útra lépés érdekében az emberiségnek saját legfőbb és végső tartalékát, a tudást, azaz a szellemi energiát kell latba vetnie! Ennek olyan tech-

<sup>130</sup> A neoliberális gazdaságpolitika tíz téveszméjének leírását a Polgári Szemle 2012. decemberi számában olvashatjuk.

<sup>131</sup> Robert Hirsch 2005-ben publikált híres jelentése az USA Energiaminisztériumának kérésére készült. Ez volt az első hivatalos jelentés, amely közeli olajkitermelési csúccsal számolt.

<sup>132</sup> Például az uránvagyon végessége miatt is jobb hatásfokú újabb generációs nukleáris reaktorok – már megkezdett – elterjesztése is időigényes feladat.

nológiapolitikát, gazdaság- és társadalomfilozófiai szemléletet kell szolgálnia, amely az említett etikai szempontokat is szem előtt tartja. Ezért tudatváltásnak kell(ene) végbemennie, méghozzá mind a politikusok, mind a médiaszemélyiségek, mind pedig az átlagemberek milliárdjai fejében. Mivel a válságok többsége – így az energiáé is – elhibázott tudati/szellemi eredetű, a megoldás kulcsát is ezen a téren kell keresni! Egy adott civilizáció életképességét ugyanis leginkább az határozza meg, hogy miként él kivételes tulajdonságával, azaz a tapasztalat és a tudás hatalmával, valamint azzal, hogy miként tud a természet erőforrásaival összhangban cselekedni. De a civilizáció megtartásához az is szükséges, hogy a széles tömegek az energiatakarékosságot a mindennapi életben is gyakorolják, amiben viszont a kormányok sokoldalú támogatása sem nélkülözhető. Ezzel a kérdéssel jelentősége miatt a Megoldások keresése című fejezetben még foglalkozunk.

## 7. Az emberi tényező

*A civilizáció lényegében az iskolákban tanított szövegekben él, amelyeket megtanulunk és a nehéz időkben újra meg újra felidézünk.* – Niall Ferguson<sup>133</sup>

*Az emberiség sorsában nem állhat be általános javulás, amíg gondolkodásmódjának alapvető jellegében nem következik be nagy változás.* – John Stuart Mill<sup>134</sup>

### **Az oktatás, a kutatás, a nevelés, a kultúra és az etika jelentősége**

A probléma ma sokkal élesebben jelentkezik, mint korábban. Ma már el sem képzelhető, hogy a természettudományi kutatások eredményeinek mindennapos élvezői a televízió nézésekor, a számítógépek és a szövegszerkesztők természetes könnyedséggel való alkalmazásakor, a háztartásokban használt megannyi új szer vagy a gyógyszerek felhasználásakor fogalmat alkossanak maguknak ezek lényegéről. Ez teljesen új helyzet, hiszen a múlt század fordulójának művelt polgára, ha akarta, megérthette mindazokat a tudományos vívmányokat, amelyeket a mindennapi életben felhasznált. A természettudományokban olyan méretűvé vált a specializálódás, hogy csak a szakértők szűk köre képes a különböző természettudományi kérdések igazi megértésére. Ez a szédületes fejlődés az oktatás és az ismeretterjesztés szempontjából is fontos új feladatokat jelent.

A társadalmi alkalmazkodóképesség feltételeiként meg kell őrizni, sőt bővíteni szükséges mind az egyéni, mind pedig az igényes közművelődés és oktatás/nevelés, valamint a kutatás támogatásának kereteit. Az oktatás ala-

<sup>133</sup> Niall Fergusont a Harvard Egyetem történészprofesszorát a világ száz legbefolyásosabb embere között tartják számon.

<sup>134</sup> John Stuart Mill (1806–1873) angol filozófus és közgazdász. Két jelentősebb szakmai művet írt. 1844-ben jelent meg a Tanulmányok a politikai gazdaságtan néhány eldöntetlen kérdéséről és 1848-ban A politikai gazdaságtan alapelvei és néhány alkalmazásuk a társadalomfilozófiára. Ezekben a termeléssel, az elosztással, a cserével, a kapitalizmus fejlődésével és az állam gazdasági szerepével foglalkozik.

pozza meg a kutatást, ez utóbbi pedig a technológiafejlesztést. Korunkban ugyancsak aktuális Szent-Györgyi Albert<sup>135</sup> intelme: „Számos fejezete ellenére a mi oktatásunknak egyetlen tantárgya van: olyan emberek nevelése [...], akik képesek egyenesen állni, tekintetüket a szélesebb horizonton hordozva. Ez a feladat – bármely szinten – legfontosabb közintézményünk az iskolát, a legfontosabb közéleti személlyé a tanítót teszi. A holnap olyan lesz, amilyen a ma oktatása.”

Túlzás nélkül állítható, hogy a válságok – nem elhanyagolható mértékben – elsődlegesen gazdaságfilozófiai, szélesebb értelemben szellemi, etikai eredeztetésűek. A máris érzékelhető környezeti és az egyre inkább fenyegető nyersanyagválság jórészt ezek következménye lesz/lehet. Ne legyenek illúzióink: a napi gondokkal küszködő és rövid távú előnyök megszerzésére predisponált átlagember – éljen bárhol a világon – rendszerint csak néhány évre, nem pedig emberöltő(k)re gondolkodik előre, vagyis hosszabb távú jövője érdekében aligha képes – a szinte korlátlanul képzelt lehetőségei kielégítéséről való – bárminemű önkéntes lemondásra. Ráadásul a fogyasztás állandó növelésében érdekelt társadalmi berendezkedés rafinált manipulációkkal (pl. reklámokkal) még fel is fokozza a természetes genetikai örökségünk mély rétegeiben rejlő, rövid távú előnyökre hangolt fogyasztói ösztönök működését. A tömeg tehát, ha nem lesz megtanítható előrelátóan gondolkodni, akkor e már-már rögzült késztetéseket követni is fogja.

Felelős „írástudók” segíthetnének kiemelni a társadalmakat az egyoldalúan a *most*-ra irányuló gondolkodásmódból, beláttatva az átlagemberekkel is, hogy a fennmaradás érdekében számolniuk kell a világ változó jellegével, főleg pedig azzal, hogy a változások irányának és sebességének alakulásához maguk is hozzájárulnak. Ezt azonban egyelőre alig-alig teszik meg, akiknek élen kellene járniuk, feltételezhetően főleg azért, mert ők maguk sem ismerik a könyvünk kihívásokkal foglalkozó fejezetében (3. fejezet) nagy vonalakban taglalt problémák horderejét. Ezen a helyzeten nem csupán új gazdaságfilozófiával, de a társadalom tagjainak oktatásával, minden szinten történő felvilágosításával lehet és kell javítani.

A civilizáció jelenlegi szintjének anyagi bázisát a természeti erőforrások mára kialakult kihasználása (kifosztása) képezi. Ennek mértékére jellemző, hogy a nem megújuló energiaforrásokból a világ népessége ma folyamatosan annyi energiát használ fel, amennyit csak az emberek százmilliárdjainak *fizikai erejével* lehetne előállítani. Ez a virtuális létszám többszöröse annak, mint amennyi a homo sapiens megjelenése óta valaha is ténylegesen élt 80–100 mil-

<sup>135</sup> Nagyrápolti Szent-Györgyi Albert (1893–1986) Nobel-díjas és Kossuth-díjas magyar orvos, biokémikus. A '30-as években izolálta a C-vitamint, 1936-ban pedig a P-vitamint. Munkásságát 1937-ben orvosi és élettani Nobel-díjjal ismerték el. Magyarországon 1937-ben Corvin-koszorúval tüntették ki.

liárd emberé.<sup>136</sup> Hogy a mai civilizációs szintre eljuthattunk, ahhoz rendkívüli emberi adottságokra – és természetesen időre – volt szükség. Ösztönös viselkedésének meghaladására az embert a veleszületett vagy a szerzett biológiai jellegzetességei mellett az idők folyamán kialakult kultúrája is segítette. Fizikai tevékenységeiből és készségeiből származó tapasztalatai – egyedülálló hatásfokú szellemi konverziós folyamatban – tudássá integrálódtak.

A civilizációk az emberiség kollektív szellemi energiájának a gyümölcsői. Fennmaradásukat a tapasztalat, a természettudományos *kutatás-tudás-technológia és az alkalmazás egymásutánja* – napjaink kifejezésével élve az innováció láncolata –, nem kevésbé kultúrájának megtartása biztosítja. A kollektív tudásnak és a kultúrának ez a szerepe valamely kor cselekvő embere számára sokszor rejtve van, és csak utólag válik világossá. Senki előtt nem lehet kétséges, hogy a változások felgyorsulása miatt az innovációs láncolatnak fokozott támogatására van szüksége.<sup>137</sup> Természetesen nem csupán az anyagi dotáláson múlik egy-egy innováció sikere. Jelenleg már összehasonlíthatatlanul kevesebb idő áll rendelkezésre, mint korábban, hiszen napjainkra a természet kiuzsorázási folyamata nagymértékben előrehaladt.

Tudomásul kell venni, hogy a technológiai fejlődés előre meg nem jósolható volta miatt az eligazodni kívánók, sőt a legnagyobb lángelmék jövőre irányuló tudása is fogyatékos. A jövő „tervezése” során ezt az emberi tényezőt senkinek sem szabad figyelmen kívül hagynia. Azt is látni kell, hogy a tudomány útja göröngyös, és az eredményekre gyakran sokat kell várni. Következésképpen a gyors eredmények esetleges elmaradása nem indokolhatja a tudomány támogatásának megkurtítását, a közvetlen hasznot nem azonnal hozó kutatóintézmények felszámolását. A kormányok költségvetéseit kidolgozóknak legalább ennyit tudniuk kell, és mindenütt, ahol felelős kormányzás van, ott tisztában is vannak ezzel.

<sup>136</sup> Jean-Noël Biraben (1928–) orvos, demográfus, az Institut National d'Études Démographiques (INED) igazgatója szerint 80, Szergej Petrovics Kapica (1828–2012) orosz fizikus-matematikus szerint pedig 100 milliárd ember élhetett a kezdetektől. E szerint a valaha élt embereknek tehát mintegy a 10 %-a kortársunk. Kapica édesapja, Pjotr Kapica atomfizikus volt, aki 1978-ban Nobel-díjat kapott az alacsony hőmérsékletek fizikája terén elvégzett kutatásaiért, keresztapja pedig Ivan Petrovics Pavlov fiziológus, a feltételes reflex leírója volt.

<sup>137</sup> Havas Attila 2009-ben rámutatott a hazai innovációs helyzet paradox voltára: „Miközben nagyszámú tudomány-, technológia- és innovációpolitikai eszközt alkalmaznak Magyarországon, a magyar nemzeti innovációs rendszer teljesítménye nemzetközi összehasonlításban gyenge”, jóllehet rendelkezünk a sikeres innovációs rendszer minden lényeges alkotóelemével (oktatás, kreativitás, jogi környezet stb.). Ezek kapcsolatrendszere azonban nem kielégítő. E könyv szerzője szerint hiányzik egy olyan költségvetési intézmény, mint a korábban volt önálló Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság (OMFB), amely 2000-ben beolvadt az Oktatási Minisztériumba. Ezenkívül hiányzik annak az intézményes számbavétele, hogy milyen kihívásokkal kell a társadalomnak és az államnak szembenéznie, illetve megfelelő fejlesztésekkel felkészülnie azokra.

Korunk átlagembere több információval rendelkezik, mint az előző generációk, azonban csak ritkán tudja kiválasztani a fontosat, így könnyen elhamarkodott véleményt alkot az energiakérdésekben is. Ráadásul a közvéleményt befolyásolja az is, hogy – amint már említettük – az energia problematikáját illetően gazdaságfilozófiai szempontból sem egységesek az irányadó nézetek. Az uralkodó piaci szemléletből az egyén azt a következtetést vonja le, hogy elsősorban a *most*, legfeljebb a *közélfjövő* az irányadó. Ez nagymértékben hozzájárul ahhoz, hogy a gazdag társadalmak számottevő hányada nem tud ellenállni a piaci növekedést mozgató erőknek, és – ha megteheti – enged túlzott kényelemszeretetének, pazarló hajlamának. Nem számol a nyersanyag-/energiavagyonok végességével, tehát nélkülözi a jövő generációk iránti felelős gondolkodást. Élete végeredményben ezért többé-kevésbé sivárnak nevezhető.

Mindebből következik, hogy a jövő bizonytalan energiahelyzetéhez történő alkalmazkodási képesség feltételeiként meg kell őrizni, sőt bővíteni kell mind az igényes egyéni, valamint közművelődési és oktatási/nevelési feltételek kialakításának, mind pedig a kutatások támogatási kereteit.

Az energetika szempontjából is fel kell tehát hívni a figyelmet a fél évszázaddal ezelőtt (1967) Philip H. Coombs<sup>138</sup> által diagnosztizált oktatási világváltásra adott nemzetközi válaszként kidolgozott, úgynevezett *élethosszig tartó tanulás* programra. Coombs szerint a célnak már nem a hagyományos értelemben vett képzettségnek kell lennie, hanem a tanulási környezet változásaira való adekvát reagálásnak. 1996-ban jelent meg az UNESCO *Oktatás: rejtett kincs* című kiadványa, amely Delors-jelentés<sup>139</sup> néven vált ismertté. Eszerint az oktatásnak az a feladata, hogy a gyermekkortól kezdve egész életen át segítsen mindenkét abban, hogy dinamikus ismereteket szerezhessen a világról, a többi emberről és saját magáról. A jövő nemzedékének nevelése, oktatása, a tudomány és a kutatás művelése befektetés a jövőbe. Megtérülése abban remélhető, hogy az emberiség alkalmazkodni tud majd az egyre gyorsabb ritmusban fejlődő világhoz, és ezzel biztosítja túlélését az előtte tornyosuló kihíváshalmaz káoszában. Ugyanis, amint Goethe mondta: „Nem elég a tudás, alkalmazkodni is kell; nem elég az akarás, cselekedni is kell.”

Kérdés, hogy miként lehet az oktatást nemcsak az ismert, hanem az előre pontosan nem ismerhető folyamatokhoz is adaptálni? Ezért a kész ismeretek átadása mellett a megismerés folyamatának eszközeit szintén hozzáférhetővé kell tenni, lehetőleg mindenki számára. Mindenekelőtt meg kell tanulni *hatékonyan tanulni*. Továbbá meg kell tanulni egyre tevőlegesebben együtt-

<sup>138</sup> Philip H. Coombs (1915–2006) helyettes államtitkárként Kennedy elnök megbízásából az oktatási rendszer átalakításával foglalkozott.

<sup>139</sup> Jacques Delors az UNESCO Európa Bizottságának elnöke volt.

működni másokkal, ezzel megkönnyíteni az emberiség közös problémáinak megoldása érdekében indított projektek – idetartozik az energetika is – megvalósítását. Nem utolsósorban meg kell tanulni *gondolkodva cselekedni* és értelmesen élni, valamint ezzel rációvezette társadalmakat kiépíteni. Változó világunkban – amelyben az innováció az egyik legnagyobb hajtóerő – a gondolkodás elsajátíttatása mellett kiemelt feladat a pozitív képzelőerő és a kreativitás fejlesztése. „A képzelet fontosabb, mint az alkotás, mert minden alkotás megalapozója.” (Einstein)

Arra is törekedni kell, hogy az oktatás ne kizárólag az ismeretközlést, a nevelés pedig ne csupán a gyakorlatias magatartást, hanem *etikai (nevelési) normákat is szolgálva* tanítson meg többek között „energiatakarékosan” élni. Szintén etikai kérdés, hogy a haszonelvű tudásfelfogás mellett erősödjön a tanulás és az ismeretszerzés önmagában vett öröme és annak társadalmi elismerése.

Fel kell ismertetni mindenkivel, hogy a jövő nem a meghosszabbított jelen. Más élet-, illetve viselkedésformára, más, többek között energiatudatos fel fogásra van szükség. A mindennapi életben ezernyi lehetőség adódik az energiafelhasználás egyre racionálisabbá, takarékosabbá tételére. A lehetőségeket például időszakosan kiadott füzetekben lehetne célszerűen közkinccsé tenni. A fogyatkozó energiavagyon és a környezet romlása miatt a neveléssel azt is el kell érni, hogy ne pusztán önérdékből, hanem a belénk rögzítendő etikus normákat követve is tanuljunk meg „energiatakarékosan” élni.

A társadalom sorsát leginkább befolyásoló vezetők, tudósok tevékenységének hatékonyságát javítandó, még többre van szükség. Nem elég, hogy ki-kí a maga területét jól ismerje. Látnia, ismernie kell a saját diszciplináját a más területekkel való összefüggésében és kölcsönhatásában is. Ezzel kapcsolatban idézzük Szilárd Leót: „Ismerd föl a dolgok összefüggéseit és az emberek cselekedeteinek törvényeit, hogy mindig tudd, mit is csinálsz.” (Erről lesz szó a következő pontban.)



## A szintetikus látásmód erősítésének szükségessége

*Az emberi emlékezet mintegy tükör, amely miután befogadta a környezet tárgyainak képeit, élettől elevenedik meg, s új rendbe helyezi el őket. Az elsajátított ismeretek nem hevernek tétlenül, hanem egyesek elfakulnak, mások viszont felragyognak, úgyhogy csakhamar új festmény tárul elénk, amelynek kompozíciója a legerősebb élményekből tevődik össze. – Ralph Waldo Emerson<sup>140</sup>*

*Általában azt hiszik, hogy a tudományos kutatás a logika tervszerű alkalmazásán alapul; az ismeretlenbe irányuló, intuitív tapogatózások ugyanis feledésbe merülnek, és ami publikálásra kerül és fennmarad, az csak az eredményhez vezető legegyszerűbb logikus út. [...] Azt gondolják, csak ez az út vezet a megismeréshez. – Selye János<sup>141</sup>*

A tudomány- és technológiaterületek sajátos korlátokkal, mondhatjuk úgy is, hogy szelektivitással rendelkeznek. A csillagász Eddington mondott el egyszer egy példabeszédet arról az emberről, aki a tengerek mélyének élővilágát egy olyan hálóval tanulmányozta, amelyen hét centiméteresek lyukak voltak. Miután sok mintát merített a tenger élővilágából, arra a következtetésre jutott, hogy a tenger mélyén nem élnek hét centiméternél kisebb halak. A halászat során alkalmazott módszerünk – állítja Eddington – meghatározza, mit foghatunk ki a vízből. Ha a természettudomány szelektív, akkor nem jelenthetjük ki, hogy a valóságról alkotott képe teljes.

Civilizációnk fennmaradása és a továbblépés érdekében a jövőbe vezető lehetőségek labirintusában az energetika tekintetében is szakadatlanul keresni kell a biztosan nem ismert jövőbe vezető „országutat”. Egyrészt azért, mert különböző (mellék)utak jöhetnek számításba – természetesen eltérő gazdasági, ellátásbiztonsági és környezeti következményekkel. Másrészt pedig azért, mert a perspektivikusan reálisnak tűnő megoldásokból is több létezhet. (Gondoljunk csak – például – a nukleáris út esetén az urán- vagy a tórium-bázisú változatra!) Még csak sejtethjük, hogy évtizedek múltával a jelenlegiek mellett melyek lesznek a valóban tartósan beváló, valamint a mennyiségi igényeket is kielégítő (új) energiafajták és biztonságos energiahasznosítási technológiák. (A napenergia? A fúziós energia? Vagy más?) A világunkban létező összefüggések ismeretének elegendőnek *kellene* lennie ahhoz, hogy megtaláljuk egy majdani tartós energiahány-helyzet kialakulásának az ellenszerét.

<sup>140</sup> Ralph Waldo Emerson (1803–1882) amerikai esszéíró, költő. Az írásaiban megfogalmazottak túlnőttek a korán. Az itt idézett látónoki gondolatát a mai agykutatás eredményei igazolják.

<sup>141</sup> Selye János (1907–1982) osztrák–magyar származású kanadai belgyógyász, vegyész, a stressz kutatójaként szerzett világhírt. 1936-ban jelent meg erről első publikációja a *Nature* című folyóiratban. Az *Életünk és a stressz* című könyvét 1964-ben magyarul is kiadták.



Ma az energetika tekintetében sokan úgy látják, hogy a „megújuló” források fejlesztése jelenti a fő irányzatot, de hogy a hazai körülmények között közülük melyik és milyen mértékben (nem utolsósorban, hogy milyen áron), az egyelőre meglehetősen homályban van. Még fontosabb – pedig szívesen megfedkeznek róla –, hogy a megújulók egyike-másika milyen műszaki feltételek mellett áll majd rendelkezésre, főleg pedig az, hogy alkalmazásukhoz milyen előzetes energia- és nyersanyagigényre (pl. nemes- vagy ritkafémekre), mekkora területre stb. van szükség. Azt sem lehet tudni, hogy sikerül-e a fúziós energia tömeges alkalmazása terén valamikor előbbre jutni. Valószínű, hogy arra még szerencsés esetben sem kerülhet sor egy fél évszázadon belül. Sokoldalúan kell(ene) gondolkodni! „A legtöbb baj onnan ered, hogy amikor beállítjuk magunkat egy nézőpontba, gátlás fejlődik ki bennünk, amely megakadályozza, hogy más perspektívában is lássuk a problémát [...] a valószínűtlennek látszó szokatlannal szemben vakfoltok keletkeznek, pedig éppen a nagy felfedezések leggazdagabb forrása.” (Selye János)

A nem gyakori kivételek közé tartozik Szent-Györgyi Albert, akinek az agya először volt képes arra, hogy kortársainak atomfizikai felfedezéseit, később a kvantumfizika eredményeit átültesse és hasznosítsa az orvostudományban. Hosszú és meggyőző küzdelemben az élet összekapcsolta az élő anyagot felépítő molekulák megnyilvánulásait az atomok, illetve az elemi részecskék viselkedésével. Ez a példa is bizonyítja, hogy a már birtokunkban lévő ismereteket az energetika szempontjából is szintetizálni kell, hiszen a problémák megoldásához egyre inkább transzdiszciplináris erőfeszítésekre van/lesz szükség.

A szinte minden területen – így az energetikáén is – megmutatózó problémákra vonatkozóan kijelenthető, hogy a jó megoldás a tudásban, az igényes gondolkodásmódban és viselkedésformában rejlik, azaz egy más minőségű energiában: a szellemiben. Selye találó hasonlata: „Az elmében ugyanolyan hatalmas szellemi erő van felhalmozva, amilyen fizikai energia az atommag belsejében.” Ennek gyakorlati elérhetősége érdekében a legkülönbözőbb irányokból érkező befolyásoló impulzusok a jövőben gondolkodók számára akkor hatnának igazán megtermékenyítően, ha azokat integráltan sikerül(ne) átlátniuk. Az energiával kapcsolatban minden irányban megnyilvánuló univerzális befolyás és érzékenység különösen alkalmas arra, hogy az integrált látásmód szükségességére ráirányítsa a figyelmet. Mielőtt a specializáció, az egyes területeken felhalmozódó ismerettömeg és a váratlan természeti jelenségek miatt végleg kiesik a kezünkől a gyeplő, szükség van/lenne oly módon használhatóvá szintetizálni a tudományos arzenált, hogy az hozzásegítsen meglegelni a fontos részterületek labirintusában a jövőbe vezető helyes utat. Jó megoldások születhetnek abból, ha azok a periférikus háttérismeretekkel alátámasztott inspirációk segítik azt! Ezt a problémát Norbert Wiener az 1970-es években a következőképpen ecsetelte: „... a múlt tudományából roppant raktárunk

volt<sup>142</sup>, amelyet még nem használtunk fel feltalálási célra. Ha mindezt pótolni akarjuk, olyan gondolatkörre van szükségünk, amely valóban egyesíti a különböző tudományokat, és megoszlik saját szakterületükön alapos felkészültségű emberek között, akik megbízható ismeretekkel rendelkeznek a szomszédos tudományterületeken is.” Foglalkozik ezzel a fontos kérdéssel a U. S. Joint Forces Command *The Joint Operating Environment* 2010. évi sok-sok mindenre kiterjedő jelentése is.

Ezek a tapasztalatok azt sugallják, hogy az egyetemi oktatásban helyet kellene kapnia egy új, a társadalomban mindenkor jelen lévő, a „nagy” összefüggéseket kereső hallgatókat segítő, *fakultatív* tantárgynak. Anyagát a különböző diszciplínák tudósainak úgy kellene összeállítani, hogy az – egyfajta szintézisre való törekvés céljából – tömören, de együtt tartalmazza valamennyi természet-tudományos terület legfontosabb törvényeit, megfelelő szerkesztéssel, segítve a különböző szaktudományok legfontosabb ismereteire való rálátást, megkönnyítve az összefüggések felismerését.

Amint Richard Feynman fogalmazta meg: „Az emberi értelem a természetet – pusztán célszerűségi okokból – fizikára, kémiára, biológiára és geológiára osztja fel, ám figyelemmel kell lennünk arra, hogy a természetnek nincs tudomása erről a felosztásról.”

E könyv szerzője több mint két évtizede kezdeményezte néhai Pungor Ernő akadémikus a Magyar Mérnökök és Építészek Világszövetsége akkori elnökének támogatásával egy, a különböző diszciplínákban létező legfontosabb ismereteket összefoglaló, nem túl terjedelmes, tehát könnyen „befogadható” mű kidolgozását. Az elgondolás háttérében az állt, hogy a társadalomban mindenkor vannak olyanok – főleg az ifjúság körében –, akik szintetikus ismeretek megszerzésére törekszenek. Az ő számukra lehetne elkészíteni egy ilyen *fakultatív* tárgyként oktatandó tananyagot. Az 1992-ben javasolt elgondolás – sajnálatos módon – nem valósult meg.

Az oktatás megújítására vonatkozó igény alaposágát a legújabb agykutatási eredmények is igazolják. A széleskörűen „beszerzett” információk összessége, de legalábbis azok túlnyomó része ugyanis még felejtés során sem tűnik el az agyból, csak tudatalatti, hallgatólag (készenléti) állapotba (tacit knowledge)<sup>143</sup>

<sup>142</sup> Wiener itt a II. világháború kutatásaiban felhalmozott tapasztalatokra gondolt.

<sup>143</sup> A „tacit knowledge” kifejezést először Polányi használta az 1966-ban megjelent *The Tacit Dimension* című könyvében. Szerinte a „tacit knowledge” az ember megfigyeléseinek, intuícióinak, érzelmeinek, tapasztalatainak, élményeinek, internalizált információinak a hatalmas rejtett tárháza. Szerves része az integrált személyes tudatnak.

kerül, és onnan – valami inger hatására, „szükség szerint” előhívódhat.<sup>144</sup> Ez oly módon lehetséges, hogy az agyban adatredukció történik abban az értelemben, hogy információk tömkelegét értelmezi, és személyes világgá rakja össze. Ami pedig egyszer személyessé vált, még ha van is adatvesztés, az információk zöme integrálódhat.

Egyébként már Freud óta tudható, hogy amit egyszer tudunk, azt nem felejtjük el véglegesen. James Lovelock<sup>145</sup> is rámutatott arra, hogy a tudattalan lényegesebb szerepet játszik a tudatos gondolkodásnál, amely csak a felszínre mutatja. Ami a tudattalanban történik, az sokdimenziós, komplex. Ami ebből a felszínre kerül, az csak a töredék. Az igazán fontos az agyunk tudattalan részében történik. Ezt a feltevést megerősítette Csicsvári József, a Bécs melletti IST Austria kutatója. Kutatási eredményei szerint az emlékezet az új ismeretek, az összetett információk szervezésében fontos szerepet játszik az agykérgi régió. Ez – a szervezet belső informatikája – alvás közben működik igazán. Ez utóbbi olvasható ki szempontunkból a Vizi E. Szilveszter és társai szerkesztésében 2002-ben megjelent *Agy és tudat* című munkájának egyik írásából is (Ádám György: *A tudattalan reneszánsza*), ha tapasztalatait az általában áttöréseket eredményező természettudományi ismeretekre alkalmazzuk.

Vélhető, hogy a személyes tudás hatékonysága esetenként akár a csoportmunkáét is meghaladhatja, hiszen a hallgatag tudás, szemben az explicit tudással, nehezen átadható. Jó példa erre Bessemeré<sup>146</sup>, aki bár nem a vasiparban dolgozott, periférikus ismeretei révén olyan találmányok birtokosa lett, amelyek világhírűvé tették. Magyarán az szolgálhat, hogy az agyban adatredukció történik abban az értelemben, hogy az információkat értelmezi, és személyes világgá rakja össze. Általában így születnek a széles tudásalappal rendelkezők – a részinformációkat meghaladó – heurisztikus felismerései, amelyek növelik a technológiai áttörések esélyét. A heurisztikus felismerés természetesen csak a felkészült

<sup>144</sup> Többek között Werner Gitt könyvéből tudjuk, hogy az agy százezer milliárdnyi idegsejtéből (neuronból) anyagcsere- és támasztósejtéből áll. Mindegyik neuron – adó-vevőként működve – szinapszisain keresztül több ezer másik neuronnal áll kapcsolatban. Az emberi agy tárolókapacitása így közel végtelennek mondható, a gond legfeljebb „előhíváskor” kezdődik. Az idegsejtek közötti kapcsolatok képesek – használatuk tréningjétől függően – erősödni vagy gyengülni, az előhívást elősegíteni vagy hátráltatni. Az idegsejtek közötti lehetséges kapcsolatok száma egyenesen csillagászati. Az agy egy másodperc alatt ennek megfelelően óriási mennyiségű műveletet tud végrehajtani. Amikor agyunk döntést hoz, addigra elemzett és kiértékelt minden információt a külvilágból.

<sup>145</sup> James Ephraim Lovelock (1919–) független tudós, környezetvédő. Megteremtette a „szuperélőlény” fogalmát: ez Gaia (a görög mitológiában a Föld istenasszonya), amely felöleli nem csupán az élőlényeket (bioszféra), hanem a velük szoros összefüggésben lévő minden szervetlen összetevőt is. (Lásd még az 12. fejezetet!) Lovelock tekintélyére jellemző, hogy felkérést kapott a NASA-tól a marsi élet lehetőségének kutatására.

<sup>146</sup> Henry Bessemer (1813–1898) érdeklődése igen széleskörű volt. 1838 és 1883 között összesen 129 szabadalmat jelentett be. Acélgártási találmánya tette világhírűvé. 1877-től a Royal Society, 1895-től az American Academy of Arts and Sciences tagja. 1879-ben lovaggá ütötték.

elmét érheti el. Fontos a jó könyvtár, de azért nem árt az agyat is „terhelni” az ismeretekkel. „Ismert részekből meglepő egészek keletkezhetnek.” (Érdi Péter)

Itt kell megemlíteni az intuíció<sup>147</sup> jelentőségét. Selye János megfogalmazásában: „Az intuíció az a tudattalan intelligencia, amelynek révén elmélkedés vagy következtetés nélkül jutunk ismerethez. Racionális megismerés nélküli közvetlen felfogást vagy megismerést jelent. Az a villanás, amely a tudatos gondolkodás és a képzelőerő között érintkezést teremt. Először össze kell gyűjtenünk a tényeket, majd elraktároznunk azokat az emlékezetünkben. Ezután a racionális gondolkodás követelményei szerint logikus rendszerezés következik. Olykor ez a folyamat már önmagában is elegendő a keresett megoldáshoz. De ha a tények a tudatos elmélkedés után sem nyújtanak harmonikus képet, a tudatnak le kell mondania arról a meggyökeresedett szokásáról, hogy kikényszerítse a konvencionális rendet, szabad teret kell engednie a fantázia játéknak. Ekkor a gátlásmentes képzelőerő vezérlete alatt számtalan többé-kevésbé véletlenszerű asszociáció következik. Csakhogy a fantázia kaleidoszkópja által konstruált számtalan ténymozaik közül valamelyik olyan közel kerül a valósághoz, hogy intuitív villanást idéz elő, s ennek robbanóereje a tudatba löki a felismerést. Más szóval a képzelőerő a tények újfajta kombinálására irányuló tudattalan képesség; az intuíció pedig az az adomány, amely a használható álmképet a tudatba hozza. Maga az alkotás mindig tudattalan; eredményei csak a bizonyítás és a felhasználás révén kerülnek a tudatos elemzés szférájába. Az ösztön gondolatokat teremt, anélkül, hogy gondolkodni tudna; az intellektus csak felhasználni tudja a gondolatokat, de megalkotni nem.” Poincaré szintén döntő szerepet tulajdonított az intuíciónak. A jelenséget Koestler is érzékelteti a következő gondolatával: „A legtöbb tudományág történetében voltak olyan időszakok, amikor a tapasztalatok értékelése oly mértékben szubjektív és véletlenszerű volt, hogy hozzá képest az irodalomkritika egzakt tudománynak nevezhető.” Érdemes szem előtt tartani a Polányi Mihály<sup>148</sup> megfogalmazta és az agykutatók körében szállóigévé vált mondást, amely szerint: „Többet tudunk, mint amennyit el tudunk mondani.”

A sok példa közül most megemlítünk néhányat. Legismertebb történet erre vonatkozóan a sokszoros feltaláló Arkhimédészé. A legenda szerint fürdés közben fedezte fel a felhajtóerőt, aminek öröme kiugrott a kádból, és végigrohant az utcán a palotáig azt kiáltozva, hogy Heuréka! (megtaláltam). A történet szerint az uralkodó megbízásából azt kellett tisztáznia, hogy tiszta aranyból van-e annak koronája. Arkhimédész rájött, hogy ha vízbe mártja a koronát, akkor a víz szintje

<sup>147</sup> Intueor (latin): megnéz, megfontol, megvizsgál. A szó mai használatában (intuíció) azt jelenti, hogy az információszerzés, felismerés látszólag nem gondolkodási és következtetési folyamatok során történik. Ez a folyamat egy belátás végeredményét adja anélkül, hogy az ehhez vezető gondolati lépések tudatosulnának.

<sup>148</sup> Polányi Mihály, Michael Polanyi, Pollacsek (1891–1976) magyar–brit tudós, munkássága a fizikokémiától a közgazdaságtanon keresztül a filozófiáig terjedt.

annyival emelkedik, amennyi a korona térfogata. A koronát, valamint vele azonos súlyú arany-, illetve ezüsttömböt a vízbe merítve a térfogatok különbözőségéből meg tudta állapítani, mennyi ezüstöt kevert az ötvös a korona aranyához.

A szénhidrogének szerkezeti felépítését már megfejtették, de a benzol titkát sokáig nem sikerült felderíteni. Évek múltak el, amíg sikerült a dolog nyitjára bukkanni. 1865-ben Kekulé<sup>149</sup> oldotta meg a talányt. Ő mondta el a következőket: „...félálomba merültem. A szemem előtt repkedtek az atomok. Hosszú, lazábban vagy szorosan összekapcsolódó sorok; valamennyi vonaglik, gyűrűzik, mint a kígyó. És egyszer csak az egyik kígyó bekapja a saját farkát. Úgy ugrottam fel, mintha a villám csapott volna be mellettem. Az egész éjszakát munkával töltöttem: kidolgoztam a hipotézis következményeit.” (azaz megjelent Kekulé képzeletében a benzolgyűrű szerkezete). Kierkegaard<sup>150</sup> is érzékelte az álomban töltött idő különleges szerepét, amikor azt mondta: „Az álom a legnagyobb zsenialitás.”

Sir Frederic Banting az inzulint, Ilja Mecsnyikov pedig a fagocitózis jelenségét<sup>151</sup> szintén az agyuk szintetizáló készségének köszönhetően fedezték fel.

A tacit knowledge ismét más nevezetes – éber – esete a láncreakció gondolatának a megszületéséhez kapcsolódik. A történet a következő: Egyes fizikusok már akkoriban is vélelmezték, hogy a Nap energiáját a magreakciók adják. 1934-ben Londonban a Royal Societyben Rutherford egy előadásban az atommag hatalmas energiájáról beszélt, de kijelentette, hogy az atomenergia gyakorlati felhasználása lehetetlen, mert a folyamatot a Földön nem lehet létrehozni. Az előadásról hazatartó Szilárd Leót azonban irritálta, hogy valamit megvalósíthatatlannak mondanak (más források szerint Szilárd nem vett részt az előadáson, csak a London Timesből értesült Rutherford véleményéről). Az általa is terjesztett hagyomány szerint, amikor később London belvárosában, a Southampton Lane-en ballagva megállította egy piros lámpa, akkor ötlött eszébe a neutronok láncreakciója, mint az atomenergia kiszabadításának lehetősége. (Barátai szerint azonban ebben a történetben van némi szépités, ugyanis Szilárd sosem állt meg a piros lámpánál.) A gyakorlati megoldást mindenesetre a következőkben látta: ha lenne egy olyan kémiai elem, amely két neutront bocsát ki, miután elnyelt

<sup>149</sup> Kekulé, Friedrich August (1829–1896) német kémikus, egyetemi tanár, a szerves kémiai kutatók úttörője, kiemelkedő jelentőségű tudós volt. Felismerte, hogy a szén négy vegyértékű, és a szénatomok láncá kapcsolódhatnak össze (1858), majd felfedezte a benzol gyűrűs szerkezetét (1865). Munkássága a szerves vegyületek szerkezetének megismerését tette lehetővé, ami a szerves kémia forradalmát hozta magával.

<sup>150</sup> Soren Aabye Kierkegaard (1813–1855) dán egzisztencialista filozófus.

<sup>151</sup> Ilja Mecsnyikov (1845–1916) a fagocitózis felfedezője, amely az immunrendszer egyik legfontosabb védekező mechanizmusa, a sejteknek a baktériumokat és egyéb anyagokat megemésztő képessége. Az idegen anyagok bekebelezését a falósejtek (fagociták) végzik. Az immunválasz felismerési szakaszában általában ők találkoznak először a kórokozóval. Az elpusztult, legyengült kórokozókat a makrofágok takarítják el.

egy neutron, akkor ezzel az elemmel létre lehet hozni a nukleáris láncreakciót. Csak fel kell halmozni belőle a kritikus mennyiséget. Ez volt a későbbi atombomba-elmélet kiinduló receptje. Egyébként Szilárd számos ötletét Wells<sup>152</sup> munkái – amelyek egyikében megjósolta az atomenergia-kutatást – inspirálták.<sup>153</sup>

Amikor Bohr elvitte annak a hírért Amerikába, hogy 1939 januárjában Hahn<sup>154</sup> és Strassmann<sup>155</sup> cikke megjelent a maghasadásról, Szilárd Leó azonnal átlátta, hogy a felfedezés utat nyit a láncreakciónak, az pedig a nukleáris fegyver elkészítésének. Ahhoz immár szinte minden ismeret rendelkezésre állt, és csak idő kérdése volt, hogy ki is fejlessze valaki. Ezért javasolta, hogy titkosítsák a kutatási eredményeket, nehogy a németeknek nyújtsanak segítséget egy nukleáris fegyver elkészítéséhez. Ezzel elindult a fegyverkezési verseny. Mindazonáltal Szilárd elkezdett aggódni a bomba felhasználásának következményei miatt, és szükségét érezte, hogy figyelmeztesse erre az USA kormányát is. Egyenesen Rooseveltnél fordult, de folyamodványa Rooseveltnél halála miatt nem járt sikerrel. Truman került a kormány élére. Mivel az atomenergiával és az atombombával kapcsolatos ügyeket annyira szigorúan intézték, ő is csak az elnöki eskü letétele után ismerhette meg a kutatási eredményeket. A bevetést ellenző tudósok helyett a katonai vezetésre hallgatott, így a II. világháború az atombomba ledobásával zárult. A háború után Szilárd a Pugwash-konferenciák (Tudósok a békéért és a nukleáris leszerelésért) aktív tagja lett. Ez a Bertrand Russell<sup>156</sup> által kezdeményezett mozgalom, amelynek alakuló ülését a kanadai kis halászfaluban, Pugwash-ban, első érdemi összejövetelét pedig 1957 végén a londoni St. Bartholomew's Hospital Medical College-ben tartották (éppen ott, ahol 23 évvel korábban Szilárd elkezdte magfizikai kutatásait). A konferencia Szilárd javaslatára nemcsak arra figyelmeztette a tudósokat, hogy felelősek munkájuk következményeiért, hanem arra is, hogy forduljanak a kormányokhoz, megakadályozandó a tudományos és technikai újítások alkalmazásának potenciálisan káros hatásait. Szilárd a természettudományokon is túlterjedő, a legszélesebb értelemben vett humánus és szintetikus érzékétől hajtva kezdettől fogva ezt a felfogást hirdette és gyakorolta. Javaslatára alapították ki a forródrótot az Egyesült Államok és a Szovjetunió között, amely lehetővé tette a közvetlen kapcsolatot egy esetleges atomháború kirobbanásának elkerülése érdekében.<sup>157</sup>

<sup>152</sup> Herbert George Wells (1866–1946) angol író, szinte minden műfajban alkotott, de főleg a sci-fi műfajban írt műveiről ismert.

<sup>153</sup> Williams, Donald: *The Birth of the Bomb: Leo Szilard*.

<sup>154</sup> Otto Hahn (1879–1968) német kémikus, a radioaktivitás és a radiokémia úttörője. Ő figyelte meg és jelentette először az atommaghasadást (az uránét), amiért 1944-ben Nobel-díjat kapott.

<sup>155</sup> Fritz Strassman (1902–1980) német kémikus, Enrico Fermi-díjas.

<sup>156</sup> Bertrand Russell (1872–1970) angol matematikus, logikus, filozófus és szociológus, Nobel-díjas közéleti személyiség.

<sup>157</sup> Lengyel Vivien: Szilárd Leó, és az első atommáglya megalkotásához vezető út. *E-villamos – A Magyar Mérnöki Kamara Elektrotechnikai Tagozatának Lapja*. Megjelent online 2012. június 18-án.



## 8. A legfontosabb energiatüggős területek

Világunkban az energia mindenütt jelen van. Civilizációnk fenntartásának feltételeként immár egyre beláthatóbb szükségesség az energia és az életünket meghatározó energiatüggős területek szerteágazó kapcsolatrendszerének megismerése. A hosszú távra tekintő összefüggések közül az energiapolitikusoknak legalább a legfontosabbakra rálátással kellene rendelkezniük. Ebben a döntéshozókat a különböző szakembereknek kell segíteniük. Mivel az érinthető területek teljes felsorolása lehetetlen, csak néhány, valóban meghatározót emelünk ki. Ezek az élelmezés, a mobilitás, az ipar, a fűtés és a hadiipar.

### A világelelmezés

*Élelmezésihiány okozta a régi civilizációk eltűnését. Ez a veszély most is fenyeget.* – Lester Brown<sup>158</sup>

Az emberiség történetében az élelmezés érdekében a legelő, a termőföld és a víz birtoklása mindenkor döntő szerepet játszott, megszerzése népvándorlásokat, háborúkat gerjesztett. A termőtalaj az emberi társadalom kincse, az élővilág elsődleges tápanyagforrása, a természet szűrő és méregtelenítő rendszere, a biodiverzitás fő fenntartója. Ökológiai funkcióinak megőrzését elsődlegesnek kell tekinteni. Bolygónk mintegy másfél milliárd hektár szántóföldje jelenleg már több mint 7 milliárd embert lát el, ráadásul naponta legalább 200 ezerrel leszünk többen. A múlt század első felében a népesség megkétszereződéséhez még 50 évre volt szükség, jelenleg mindössze ötödannyira. A termőterület ezzel szemben – a növekvő nyersanyag- és energiatüggős (bioenergia) célra történő igénybevétel miatt, valamint azért, hogy elnyeli az ipar, a városiasodás, az autópályák építése stb. – csökken, ráadásul a minősége is romlik. A legjobb talajaink több tízmillió hektárja megy tönkre évente. E két tendencia eredőjeként a világ sok országában súlyos az élelmezésihiány, közel

<sup>158</sup> Lester R. Brown (1934–), az Earth Policy Institute és a Worldwatch Institute alapítója, több mint ötven könyv szerzője.

1 milliárd ember alultáplált - elsősorban Afrikában és Ázsiában.<sup>159</sup> Az ENSZ Emberjogi Bizottsága szerint a világ évi halálozásából 70 millió főé az alultápláltságra vezethető vissza, a Worldwatch Institute szerint pedig ugyanezen ok miatt óránként 300 kisgyermek hal meg.

A FAO úgy nyilatkozott, hogy immár kevesebb gabonát termelünk, mint amennyit elfogyasztunk, következésképpen a gabonataralékok csökkennek, az árak pedig véstesen emelkednek, nem csupán a búzáé, hanem a takarmánygabonáéval - elsősorban a kukoricáéval - összefüggésben a húsé is.

Az egyre nagyobb gondot jelentő világelelmezéshez a termésátlagok további növelésére van/lenne tehát szükség, aminek azonban - akár a fajtanemesítésre, akár a műtrágyázásra/növényvédelemre gondolunk - megvannak a határai. 1990-ben egy hektáron 2,5 tonna búzát termesztettek, 2010-ben már 3 tonnát és csak némi optimizmussal remélhető, hogy 2025-re elérhető a 3,3 tonna. (Kiss)

Egységnyi elvetett mag az ókori Athén környékén átlagban két-, két és félszeres termést hozott. Ez az érték az ókori Róma jó földjein három-négy-szeres, viszont az ókori Mezopotámia legjobb földjein hatvan-nyolcvanszoros, Egyiptomban (csak a Nílus mentén) harminc-ötvenszeres is lehetett. Európában a középkorban a legjobb földeken jó években elérhették a tíz-tizenöt-szörös maghozamot is. A világon két olyan vidékről tudunk, ahol a középkorban a termésátlagok elérték, sőt meg is haladták a 20. századi mezőgazdasági teljesítményt: Granada környékén a Córdobai Kalifátus fénykorában és az inka birodalomban, amely a teraszos földművelés legfejlettebb változatát képviselte. Ez utóbbi ma is minden idők legjobb kihasználtságú termőföldjei között lenne az akkori termésátlagokkal, valamint azzal, hogy kerék hiányában is meg tudták oldani a központi tartalékok mozgatását olyan körülmények között, ahol ma is nehéz a közlekedés. Az ókorból számos olyan, akkor virágzó terület ismert, amely ma már csak gyéren lakott sivatag, esetleg jelentéktelen mezőgazdasági tevékenység folyik rajta. Ezek némelyike részben éghajlati változásoknak esett áldozatul (pl. a Szahara), de van olyan is, amelyet maga a túl intenzív művelés tett tönkre. Mezopotámia területe például az intenzív öntözés miatt elszikeseedett, ahol az ókorban termő haszonnövények többsége már régóta nem él meg (egyes latin feljegyzések szerint).

A nitrogénműtrágya-gyártáshoz nyersanyagként elsősorban földgázra (a világ energiafelhasználásának több mint 1%-át nitrogénműtrágya-gyártáshoz használják fel), a talajműveléshez, a betakarításhoz és a vegyszeres növényvédelemhez (a mezőgazdaság kemizálásához) pedig üzemanyagra, illetve petrokémiai alapanyagra van szükség. A fajtanemesítés mellett az energiaigényes öntözésnek, valamint az 1960 és 2000 között megszerződött (!) ugyancsak

<sup>159</sup> Forrás: FAO (Food and Agriculture Organisation).



energiaigényes műtrágya-, továbbá a növényvédőszer-felhasználásnak köszönhetően a termésátlagok tehát nőttek, de a műtrágya-felhasználáshoz képest csak tizedannyival. Ez azt jelenti, hogy telítődés tapasztalható.

A mezőgazdaság rákényszerült a műtrágyák alkalmazására. Gyártásukra a világháború után piac nélkül maradt lőszergyárak is ráálltak. A szerves trágyázás mellőzése miatt viszont a talaj ásványi anyagokban és nyomelemekben szegényedik. Így ezek nemcsak a növényeinkből, hanem a szervezetünkől is hiányoznak. Ráadásul, mivel a növény nem áll ellen a kártevőknek és vitaminokat sem tud előállítani, elterjedt a gyomirtó- és permetezőszerek alkalmazása. Ezzel viszont olyan anyagok jutnak a talajba és a növényekbe, amelyekre az élő szervezeteknek semmi szükségük nincs, sőt egyenesen károsak.

Az utóbbi években azonban nemcsak a kőolajjal, hanem a vízellátással kapcsolatban is borúlátó prognózisok jelentek meg. Közismert, hogy a víz a földekre és az élelmiszer-feldolgozó üzemekbe főleg villamos energia segítségével jut el. Az összes édesvíz 70%-át a mezőgazdaság – tehát az élelemtermelés –, a többit kisebb arányban a háztartások, nagyobbban az ipar használja fel. A világ éves globális vízigénye meghaladja a 6000 km<sup>3</sup>-t (Mészáros-Somlyódy), 2030-ra pedig megközelíti a 9000 km<sup>3</sup>-t.<sup>160</sup>

Elméletileg egy kcal növényi protein előállításához 2,2 kcal-t igényel, az állati (marha) pedig 25-öt, a gyakorlatban azonban a fajlagos energiaigény ennél is lényegesen nagyobb, és országoként jelentősek a különbségek. Jó példa erre, hogy az USA-ban 65 000 MJ (1,55 toe) fosszilis- és villamosenergia-felhasználással 5800 kg rizst termelnek, a Fülöp-szigeteken pedig 170 MJ-lal<sup>161</sup> (0.004 toe) 1250 kg-ot. Kiszámolható, hogy a fülöp-szigeteki energiafajlagos látszólagos egynylcada az amerikaiénak. Ez azonban csupán azt jelenti, hogy a Fülöp-szigeteken az üzemanyagok (stb.) jó részét az ember fizikai munkája helyettesíti. (Ezzel a problémával a 10. fejezetben részletesebben foglalkozunk.) Összességében az élelemtermelés energiaigényességére jellemző, hogy a termeléstől az asztalra kerülésig terjedő teljes láncolathoz – országról országra változóan – ötször-tizenötször annyi fosszilis energiára van szükség, mint amennyit maga az elfogyasztott élelem tartalmaz, de ez az arány a sertéspcsénye esetében közel hetvenszeres. (Manning) A felhasznált energiában a legnagyobb tétel a műtrágyáé, majd a talajművelésé és a szállításé. Az Egyesült Államokban az élelemtermelésre vetített energia egy főre számítva évente összesen 400 gallon<sup>162</sup> olajegyenértéket képvisel (ebben azonban nem szerepel a hűtőlánc, a csomagolás és a főzés). Pfeiffer a *Wilderness Publications*-ben kis túlzással úgy fogalmaz, hogy a szó szoros értelmében „megesszük a fosszilis energiát”.

<sup>160</sup> 1 MJ = 2,38.10<sup>-5</sup> tonna olajegyenérték (toe).

<sup>161</sup> A felhasznált fosszilis és elektromos energiamennyiséget a később említendő fantomrabszolga elnevezéssel illetjük.

<sup>162</sup> 1 US gallon = 3,78 liter

Ma az emberiség nagyobb fele (száz évvel ezelőtt még alig a tizede) – Magyarország a lakosság kétharmada – városokban, a termőterülettől távol él, ami nélkülözhetetlenné teszi az élelmiszerek rövidebb vagy hosszabb távú szállítását. A világ közel négy milliárd városi emberének (de egyre gyakrabban a vidékinek is) életmódja miatt az élelmiszeripar a közvetlen fogyasztásra szánt, friss élelmiszerek helyett többnyire tartósított élelmiszert gyárt, nagy beszállítói és értékesítési távolsággal, ami azt jelenti, hogy nagy energiaigénnyel is. Az USA-ban az élelmiszer a termelőhelytől a fogyasztóig átlagosan több mint másfélszer mérföldet tesz meg. Az energiaárak növekedése miatt tehát nemcsak a termelés és a feldolgozás, hanem a szállítás drágulása is növelni fogja az élelmiszerárakat, mégpedig annál jobban, minél nagyobb az út a termelőtől a fogyasztóig. Ehhez még az a veszély is hozzájárul, hogy – a soha nem látott mértékű urbanizációból következően – szállítási (energia)zavar esetén tömegeket fenyegethet kisebb-nagyobb ellátási hiány.

A világelelmezés romlásának, ha valami, akkor az idejében végrehajtott (re) lokalizáció veheti az elejét. A relokalizáció olyan stratégia, amelyik a társadalom fenntartását a helybeli élelmiszer-termelésre (de sok minden másra: a helyi energia és egyéb javak előállítására stb.) alapozza. Az a célja, hogy az energiabiztonság fokozásával is erősítse a lokális (élelmiszer-)gazdaságot, és javítsa a szociális egyenlőség feltételeit. Ezt a módszert az eredetileg olcsó energiára alapozott kereskedelmi globalizáció napjainkra kialakult negatív következményeinek el- lentsúlyozására válaszul célszerű alkalmazni. A félreértések elkerülése érdekében szükséges hangsúlyozni, hogy a lokalizáció egyáltalán nem kereskedelemellenes. A célja az, hogy diverzifikált helyi gazdaságokat hozzon létre egy esetleges ellátási hiány következményeinek vagy a helyi vállalatok totális ellehetetlenülésének elhárítására. Ez a gazdaságfilozófia a globális verseny helyett egy a kooperációra épülő rendszert részesít előnyben. Elméletben Pimentel és Giampietro már az 1990-es évek elején cikkek sorozatában mutatott rá arra, hogy a világelelmezés szempontjából milyen súlyos következményekkel járhat az energiahiány, különösen a nagy népsűrűségű országokban.<sup>163</sup> Ez a probléma minden következményével együtt már régóta ismeretes. Erre egészséges reagálást tapasztalhattunk Kubában: egy a web-en is megtalálható film (*How Cuba Survived Peak Oil*) bemutatta, hogyan hárították el – legalábbis részben – a szovjet olajszállítmányok 1990-es elmaradásának a kárait. A városi élelemtermesztés gondolata másutt is felmerült.<sup>164</sup> Kuba példájának esetleges alkalmazását Pat Murphy *Community Survival Strategies for Peak Oil and Climate Change* című könyvében úgy-

<sup>163</sup> Az egy négyzetkilométerre jutó népesség tekintetében eleve nagyok a különbségek. Míg az világ-átlag 400 fő/km<sup>2</sup>, Nyugat-Szaharáé 1, az USA-é 34, Németországé 670, Kínáé 1200, Indiáé 1700, Japáné pedig 3000 fő/km<sup>2</sup>.

<sup>164</sup> Frejia van Duijne: Scenarios for the future urban farming. *The Futurist – A Magazine of Forecasts, Trends, and Ideas about the Future*. World Future Society. Megjelent online 2013. május 22-én.

nevezett C tervnek nevezi. A Természervédelmi Világalap Élő Bolygó jelentése szerint 2006-ban Kuba volt a világ egyetlen olyan országa, amelynek a fejlődését „fenntarthatónak” lehet nevezni. Kuba mára olyan ország lett, amely a fosszilis energia nagyon korlátozott forrásaival is fennmaradt és gazdaságilag fejlődött. A kubai üzenet világos: az emberiség egy energiaszegény világban is életben maradhat, sőt fejlődhet, ha tanul a példából.

Kuba elindult az energiamegtakarítás és a megújuló energiaforrások nagyobb mértékű felhasználása útján. Az áram nélkül maradt iskolákat, kórházakat, szociális intézményeket napelemekkel szerelték fel. A gyermekek sokat tanultak az energiáról, és befolyásolták a családjukat is, hogy takarékosabban éljenek. Kompakt fluoreszcens izzókat osztottak szét a családoknak, lecserélték a régi nagy áramfogyasztású háztartási gépeket. Decentralizálták az áramtermelést – ezekkel állították elő a villamos energia igények negyedrészt. Takarékosásra ösztönző tarifarendszert dolgoztak ki (havi 100 kWh alatti fogyasztás esetén nagyon olcsón jutottak az elektromos energiához). A gépesítettség kényszerű, részleges visszaszorulása miatt sikeresen ráálltak az önfenntartásra alapozott mezőgazdaságra. Bármelyik város lakó kaphatott körülbelül egyharmad holdnyi kertművelésre alkalmas földet a városok szélén. Közel 400 ezer városi gazdaság működik 50 ezer hektáron olyan földterületeken, amelyek egyébként kihasználatlanok lennének. A városi gazdaságok egy év alatt 1,5 millió tonna zöldséget termesztettek szintetikus vegyszerek nélkül, és a városokban elfogyasztott zöldségek 70%-át állítják elő. Egyedül Havannában 8000 kis farmot hoztak létre. Olyan mezőgazdasági technikákat fejlesztettek ki, amelyek alkalmazkodtak a vegyszerek hiányához, valamint a szűkös üzemanyag-, áram- és gépeltáshoz. Ezek közé tartozott a szerves trágyák használata, az állati erejű vontatás, a vegyes művelés és a biológiai rovarirtás. A városi kertek és gazdaságok kialakítása nagy lendületet adott a belföldi zöldség- és gyümölcs-termesztésnek. Alkalmi kertészeti mozgalom bontakozott ki, a támogatásukra olyan törvényeket dolgoztak ki, amelyek támogatták a helyi kezdeményezéseket. A kereskedelmi reformok négy évtized óta először tették lehetővé a magántermelői piacok működését.

Egy esetleges élelmiszerhiány-helyzet kivédésére – a peak oil következményeinek elhárítására – egy amerikai nonprofit szervezet, az Arthur Morgan Institute for Community Solutions is fókuszál. Ackerman pedig könyvet adott ki, amelynek tárgya az, hogy miként lehetne újra kiépíteni a helyi és biztonságos élelmiszer-rendszert. Ennek keretében többek között azt a kérdést feszegeti, hogy mekkora az a távolság, amelyen belül lokális élelmiszer-ellátási megoldásról beszélhetünk.<sup>165</sup>

<sup>165</sup> Rebuilding the Foodshed: How to Create Local, Sustainable, and Secure Food Systems (Community Resilience Guides).

A mezőgazdasági termelés átmeneti vagy tartós visszaesése azonban a legtöbb esetben a fejlődő világ gyorsan növekvő népességét érintheti a legkedvezőtlenebbül. A Nyugat rövid távon annyiban lehet „szerencsésebb”, amennyiben a korábban megnőtt mezőgazdasági termésátlagokat nem követte népességük számának gyors megugrása. Az igények jó részéről azonban nekik is le kell mondaniuk, hogy túlélésük – legalább ideig-óráig – biztosított legyen. Hosszabb távon azonban népességcsökkenésük a nyugati civilizáció eltűnésének veszélyét vetíti előre.

Szerencsés az az ország, amelyik képes lakosságának élelmezési önellátására. A magyar – sajnálatosan kellően ki nem használt – élelemtermelési potenciállal szembeállítható, hogy Irán és Egyiptom gabonaszükségletének 40%-át, Algéria, Japán, Dél-Korea, Tajvan a 70%-át, Izrael és Jemen a pedig 90%-át kényszerül importálni. A külföldi eredetű élelem Magyarországon is elterjedt, miközben a lehetőségeinkhez képest kevés a hazai termék, jóllehet az alapvető élelmiszerekből szinte teljesen önellátók lehetnénk<sup>166</sup>, legfeljebb némi választék bővítés lenne indokolt. Elkésérítő, hogy azt az élelmiszert, amelyet a falusi emberek egyébként a saját földjükön is megtermelhetnének, ma már Magyarországon is tömegesen nagyáruházakban vásárolják meg. Ezen változtatni kell!

## Szállítás és közlekedés

A Világ Energia Tanács (WEC)<sup>167</sup> szerint a közlekedés/szállítás összes energiafelhasználása 2007-ben kb. 2,3 milliárd tonna olajegyenérték (toe), döntő mértékben üzemanyag volt. Ez utóbbinak több mint a kétharmadát a közúti személy- és áruszállítás, a fennmaradó hányadot pedig a légi közlekedés, a tengeri szállítás, a vasút és a csővezetékes szállítás tette ki. A világ gyorsan szaporodó, körülbelül egymilliárdos gépkocsiállománya a WEC szerint 2050-ig a két és félszeresére, az üzemanyag-igénye azonban – a hatásfokjavulás következtében – „csak” 30-80%-kal nőhet. Összességében a cseppfolyósszénhidrogén-igényt emellett tovább növeli a petrolkémiai ipar.

A személyszállítást a gazdag országokban a személygépkocsi, a szegényekben pedig – egyelőre – az autóbusz dominálja. Az amerikaiaknak – az alvóvárosok tömeges kialakítása miatt – több mint a háromnegyede jár saját autóval munkába és a privát autózás fejeként évente megközelítette a 15 ezer km-t,

<sup>166</sup> A multinacionális tőke behatolása a kelet-közép-európai régió országaiba először az élelmiszeripart és az élelmiszer-kereskedelmet célozta meg. Ennek oka a nyugati túltermelés folytán felgyülemlett raktárkészletek eladására irányuló törekvés volt. Ezért a külföldi tőkeérdekeltségek már az első rendszerváltó kormányokat a hazai élelmiszer-feldolgozó üzemek értékesítésére vették rá. A privatizáció után pedig jelentős részben felszámolták azokat, és e régió országait elárasztották a multiplázák, amelyeknek egyik fő profilja az élelmiszer-kereskedelem, és amelyek a hazai termékek helyett elsősorban dömpingárut dobnak piacra. (Prugberger)

<sup>167</sup> WEC=World Energy Council.

míg a tömegközlekedésben ez a mutató nem érte el a 400 km-t. A helyzet azonban valamelyest változóban van. A fejlett országokban a tömegközlekedés fejlesztései, az üzemanyagár-emelkedések, a parkolási nehézségek stb. következtében az autózás lendülete mintha lecsengést mutatna. 2010. évi adatok szerint 1000 főre az Egyesült Államokban 800, az európai országok többségében 500-600, Kínában 83 (1912), Indiában 5 (1912) autó jutott. A jövőben a gépkocsállomány növekményének zöme a fejlődő országokban várható. Kínában például a motorizáció csak most kezdődik igazán, ahol már több autót adnak el, mint az USA-ban, és a világ második legnagyobb kőolajfogyasztójává vált. Befolyásolta a szénhidrogén-felhasználást az is, hogy 1950 és 2010 között ötvenszeresre nőtt a turistautak száma.<sup>168</sup> Nem kétséges, hogy a 21. század mobilitási szokásait az üzemanyag-beszerzési lehetőségek alakulása és a technológia (a nem hagyományos üzemanyagok rendelkezésre állása, illetve az elektromos autók elterjedése), továbbá az emberi mentalitás változása és sok egyéb tényező is befolyásolja majd.

A légi közlekedésben – a Boeing egy tanulmánya szerint – a világ kereskedelmi repülőgép-állománya 2006-ban 27 ezer db volt, és ez 2025-ig megkétszereződhet. A kerozin ára természetesen jelentősen befolyásolja a légi közlekedés gazdaságosságát. Egy 2006-ban végzett számítás szerint az USA-ban – gallononként minden cent árnövekedés 200 millió dollár költségnövekedést jelentett a légitársaságok számára<sup>169</sup>, és az olajár emelkedése miatt ez az összeg egyre nő. (Európában egyébként az USA-hoz képest viszonylag kisebb távolságok, valamint a légiközlekedés drágulása miatt egyre jobban teret hódítanak az energiatakarékos villamos gyorsvonatok.) A világ repülőgép-flottájának átlagos üzemanyag-fogyasztása – a terheléstől, a repülési magasságtól, a sebességtől stb. függően – óránként átlagosan mintegy 2,5 tonna (azaz másodpercenként kb. 1 liter). Az utasszállításban az Airbus legkorszerűbb változatainak fajlagos felhasználása – a kontinensen belüli utakon 2,5-3 liter/fő/100 km-es szintre csökkent. A Boeing szintén ezt az értéket tervezi elérni, amit az is igazol, hogy a korábbi 747-es típusának 4,1 liter/fő/100 km-es fajlagos fogyasztását a továbbfejlesztett változatnál már 3,1-re mérsékelte.

Nemzetközi adatok szerint egy utast vonat vagy metró negyedannyi, autóbusz feleannyi, repülőgép tizenötödannyi energiával szállít, mint a személyautó. Még nagyobb az eltérés áruszállítás esetén. Valamely árut egységnyi távolságra elszállítani közúton tizenkétszer, légi úton pedig százhetvenszer annyi üzemanyaggal lehetséges, mint vasúton. Ez utóbbi tekintetében csak a vízi úton történő fuvarozás takarékosabb.

<sup>168</sup> A World Tourism Organisation statisztikái 1950-ben húszmillió, 2010-ben pedig egymilliárd turistautóról számolnak be.

<sup>169</sup> A. Bosset – J. Fenner – G. Matthey – O. Thommen: Quel avenir pour le transport aérien? Lausanne, année académique 2006-2007. École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Mai 2007.

Az alternatív motorhajtóanyagok elterjesztésére irányuló erőfeszítések ellenére az igények még sokáig túlnyomó részben kőolajtermékben jelentkeznek, de egyre nyilvánvalóbb, hogy csupán hagyományos forrásokból azok nem lesznek kielégíthetők.<sup>170</sup> Az ebből eredő feladatot az is jellemzi, hogy nemcsak az üzemanyaggyártóknál (az olajipar), hanem a legnagyobb fogyasztóknál is jelentkeznek tennivalók. Elkerülhetetlen lesz tömeges méretben korszerűsíteni vagy felváltani a világ szüntelenül növekvő szállító és közlekedési állományát. Ma az egymilliárdos személygépkocsiállomány 60-70 milliós évi gyártókapacitással párosul. Emellett nem szabad megfeledkezni az autóbuszok és a kamionok százmillióiról, a dízelmozdonyok százezreiről, a legkülönbözőbb méretű hajók – ha a halászhajókat is ideszámítjuk – millióiról. Ennek a feladatnak a végrehajtása – még új koncepciók rendelkezésre állása esetén is – évtizedeket igényel majd. Egy USA-ban végzett felmérés szerint 10-20 évre lehet szükség. A fő probléma az, hogy az új, valóban tömeges termelésre alkalmas gyártási technológiák bevezetése még csak most bontakozik ki.

Az elektromos közúti közlekedés több mint száz éve ismert. Egy ideig (kb. 1930-ig) nőtt az eladott elektromos autók száma, de azután az olcsóbb üzemű, benzinbázisú kocsik kiszorították őket, és csak az 1973-as olajkrízis után fokozódott újra irántuk az érdeklődés. 1997-ben a Toyota Prius, 2010-ben pedig a Nissan Leaf-eladások lendültek fel. 2012-ben az elektromos autók állománya<sup>171</sup> az EVI 15 tagállamában 200 ezer db volt.<sup>172</sup> A legtöbb elektromos autó ekkor az USA-ban (70 ezer), Japánban (45 ezer) és Kínában (12 ezer) futott. A cél az, hogy az összes darabszám 2020-ig 20 millióra növekedjen, de ez még mindig csak az akkori állomány körülbelül 1-2%-át jelenti majd. A másfél tucat modellből a legnagyobb példányszámú a Nissan Leafből 2013-ban közel 50 ezer volt forgalomban. Nem tudható azonban, hogy az egyébként kétségtelenül létező különböző – szerényebb kapacitású – szériák vagy egyedi példányok megjelenése közül melyek lesznek az igazi tömegtermelésre alkalmas „befutók”.

Reális lehetőség az elektromos akkumulátor meghajtású autó használata. Már létező megoldásról van szó, szélesebb körű elterjedésére a villamos energia tárolásának lényeges javításával (megoldásával) lehet számítani. Ezeknél az autóknál az infrastruktúra kiépítése (akkumulátorcsere lehetősége az autópályákon stb.) szintén számításba veendő. A hibrid motorokban együtt van az akkumulátor és a hagyományos belső égésű motor. Ezekben egy központi egység vezérel mindent: elosztja a feladatokat a villany- és a benzinmotor között.

<sup>170</sup> Természetesen környezetvédelmi okok miatt is támogatni kell a közúti gépjárműmotorok hatáskörének javítását.

<sup>171</sup> Elektromos autó alatt a plug-in hibrid, az akkumulátoros és az üzemanyagcellás autókat értjük.

<sup>172</sup> Az EVI Electric Vehicle Initiative az International Energy Agency (IEA) által szervezett kezdeményezés.



Indításkor az elektromos erőforrást aktiválja, és ameddig az akkumulátor kellő töltöttséggel rendelkezik, nem avatkozik közbe, csak gyorsításkor működteti a benzinmotort. Egyébként a benzinből nyert energia a kerekek hajtása mellett egy generátoron keresztül a villanymotort is táplálja. A rendszer a kerekek mozgási energiáját fékezésnél villamos energiává alakítja, ez szintén az akkumulátorba kerül.

Az üzemanyagcellák is részt vállalhatnak az üzemanyag-problémák megoldásából. A hagyományos, hidrogénnel működő üzemanyagcellának azonban több hátránya van: problémát jelent a hidrogén – ez idő szerint legelterjedtebb energiaigényes elektrolízissel történő – termelése, szállítása, elosztása és tárolása. Oláh<sup>173</sup> javaslata értelmében azonban hidrogén helyett metanol is használható. Azt magában a gépkocsiban kellene előállítani egy úgynevezett direkt metanolos tüzelőanyag-cellában (Direct Methanol Fuel Cell: DMFC). Ennek az alapja, hogy metanol keletkezik CO<sub>2</sub>-ből vizes közegű elektrokatalitikus redukcióval, vagyis anélkül, hogy előbb a vízből hidrogént kellene készíteni. Ha sikerül a folyamat során keletkező CO<sub>2</sub>-t visszacirkulálni, a metanol reverzibilis energiahordozóként szerepelhet. (A DMFC folyamatosan üzemeltethető, működése megfordítható, elektromos energia tárolására is alkalmas, hatásfoka jobb az ismert akkumulátorokénál.)

Távlatilag az üzemanyagigényekkel lépést nem tartó kőolajtermelés miatt feltehetően a közlekedést/szállítást inkább a villamos energiára kellene alapozni, nem pedig gabonabázisú üzemanyagra! Ugyanis ha az említett „váltás” a gabonaalapú élelmiszer-ellátás rovására történik, az meglehetősen etikátlan, mivel a szegény országokban az élelmiszerár-emelkedés számottevően növeli a világ éhezőinek létszámát.<sup>174</sup> Világbanki adatokból levezethető, hogy az alapvető élelmiszerek árának átlagosan 1%-os emelkedése 16 millió fővel növeli az alultáplált emberek közel egymilliárdos tömegét. Az USA-ban már 1978-ben elindult a gabonabázisú – elsősorban kukorica – etanolprogram, és ezzel csökkent a búza termőterülete. Kína is millió tonnát fordít bioetanol előállításra. Magyarországon szintén folyik bioetanol-gyártás.<sup>175</sup> Mindez történik annak ellenére, hogy a gyártási folyamat meglehetősen energiaigényes. Kérdéses, hogy a többlépcsős technológia miatt a kinyert energia kalorikusan számottevően meghaladja-e a befektetettet, másként szólva rossz az energetikai megtérülése. (Ezzel kapcsolatban lásd a 6. fejezetet, illetve a Második részt).

<sup>173</sup> Oláh György vagy George Andrew Olah (1927–) Széchenyi-díjas magyar származású amerikai kémikus, 1994-ben kémiai Nobel-díjat kapott.

<sup>174</sup> Magyarországon két, bioetanol előállító üzem működik. (Hazánk a búzaexport tekintetében viszonylag előkelő (12-13% körüli) helyen áll, és világpiacon részesedése meghaladja az 1%-ot. Legalább ezt a pozíciót meg kellene tartani).

<sup>175</sup> Az amerikai-ír tulajdonban álló cég Európa legnagyobb bioetanol-előállító üzemét építheti fel Mohácson, a beruházás mintegy ötvenmilliárd forintba kerül, megvalósításának határideje 2014.

Az elmúlt években a globális felmelegedés és a fosszilis energiahordozók árának drasztikus emelkedése a mezőgazdasági terményekből, így a kukoricából és a szójából előállítható etanol, valamint az egyéb bioüzemanyagok előretörését hozta. A fogyasztók magatartása és az állam megváltozott hozzáállása a világ számos pontján forradalmasítja a mezőgazdaságot. Az USA-ban és Nyugat-Európa számos országában E85 néven megvásárolható a bioüzemanyag. Az E85 jelzés a bioetanol keverési arányát fejezi ki az üzemanyagban. 85% etanol mellé 15% normál 95-ös benzint kevernek (a 15% benzintartalom szükséges az üzemanyagrendszer alkatrészeinek kenéséhez, és segíti a hidegben történő motorindítást is). A keverék oktánszáma 105. Brazília a cukornádból előállított bioüzemanyag segítségével függetlenítette gazdaságát a kőolajtól. Az USA-ban a kukorica vetésterülete megnőtt a búza rovására, miközben egyelőre még a világ legnagyobb búzaexportőre. A takarmánykukorica 45%-át már bioüzemanyag előállítására használják.

A gabonabázisú termelési gyakorlattal szemben megoldás lehet viszont a főként hulladéknak minősülő növényi részek – az úgynevezett második generációs biomassa – hasznosítása. Az Nemzetközi Energiaügynökség és az OECD 2008 novemberében megjelent áttekintése szerint a második generációs bioüzemanyagok előállítása 100–130 \$/hordó<sup>176</sup> kőolajár esetén – azaz e sorok írásakor – versenyképes.<sup>177</sup> Az Európai Unió belül 2020-ra kötelező 10%-os bekeverési arányt már belőlük célszerű fedezni. Nuria Basset és társainak kutatásai alapján az EROEI-mutatójuk is kedvezőbb az első generációsokénál. A napenergiának az üzemanyaggyártásra történő felhasználási lehetősége kiváló lehetne a közlekedési/szállítási problémák leküzdésében. Armarolinál talákoztunk is ezzel a gondolattal. A Kaliforniai Technológiai Intézetnél több mint száz kutató foglalkozik azzal, hogy miként lehetne a fotoszintézist lemásolni, és napfény segítségével CO<sub>2</sub>-ből – a természetben tapasztalt megvalósulásnál azonban jobb hatásfokkal (ezzel kapcsolatban lásd a Második részt) – szénhidrátokat felépíteni, amelyekből már viszonylag könnyen szénhidrogének állíthatók elő.

Az Európai Unió a kőolajfüggőség csökkentése érdekében átfogó stratégiát irányoz elő az alternatív üzemanyagok (földgáz, villamos energia, bioüzemanyagok, hidrogén, LPG) terjesztésére, egyben a megfelelő infrastruktúra bevezetésére. Meghatározza továbbá azokat a minimális célokat, amelye-

<sup>176</sup> Egy Mb = 1 millió barrel (hordó). Egy Gb ≈ 1 milliárd hordó. Egy hordó: 159 liter. Egy tonna olaj a sűrűségétől függően 7,0-7,5 hordó olajnak felel meg.

<sup>177</sup> Vö. *International Energy Outlook 2014: World Petroleum and Other Liquid Fuels – With Projections to 2040!*

U.S. Energy Information Administration, Office of Integrated and International Energy Analysis  
U.S. Department of Energy. Washington, DC, September 2014.



ket 2020-ig, 2025-ig és 2030-ig el kell érni.<sup>178</sup> A klímabarát és takarékos közlekedés terén fontos a lakosság szerepe.<sup>179</sup>

### Az ipar energiafelhasználása

A globális energiafelhasználás mintegy felét az ipar igényli. Az elmúlt években az ipari termelés szerkezete jelentősen átalakult, és ez a folyamat nyilvánvalóan nem áll le. A chipgyártás, az elektronika, a számítógépgyártás, a robottechnika, a biotechnológia, a vegyipar és az űrtechnika húzóágazattá vált. A nehézipar, a bányászati és a kohászati tevékenység egy része viszont válságágazat lett. Egy-egy iparágon belül termékszerkezet-váltásra került sor.

Nagy kőolajfogyasztó a globális felhasználáson belül – közel 30%-os részesedéssel – az ipar. Számottevő mennyiségű energiát használ fel a kohászat és az építőanyag-ipar, valamint – főleg szénhidrogént – a vegyipar. A nitrogénműtrágya-gyártáshoz földgázra, az útépitéshez pedig bitumenre van szükség. A villamosenergia-termelés szenet, földgázt és nukleáris fűtőelemet igényel. Míg az összes ipari energiafogyasztáson belül a vegyipar részesedése növekszik, az energiaipar saját felhasználása mérséklődik, ami elsősorban annak tulajdonítható, hogy az energiaipari átalakítások hatásfoka javul. Az informatika is eneregiafogyasztóvá vált. Az Edison Electric Institute szakértői szerint az USA szerverei az Egyesült Államok villamosenergia-fogyasztásának 2%-át igénylik<sup>180, 181</sup>. Az iparnak csupán egyetlen ágazata – a petrokémiai – igényli világszerte az olajfelhasználás 11%-át. Ez annak tulajdonítható, hogy ezen a területen az olaj nem csupán energiahordozó, hanem nyersanyag is. Ezért a vegyipari energiafelhasználással foglalkozunk viszonylag részletesen.

A szerves vegyipar nyersanyagbázisának alakulása sajátos utat tett meg. Az első eljárások növényi és állati forrásokból indultak ki. A fellendülést a petrokémiai ipar megjelenéséig – az acélgégyártás kokszigényével összefüggésben – a kőszénkátrány nyersanyagbázisként való felhasználása adta. A 20. század első felében hatalmas hajtóerőt jelentett a szénhidrogének nyersanyagként való megjelenése, fokozatosan leváltva a szénbázist. Létrejött a petrokémiai ipar.

<sup>178</sup> Teljes elektromos töltőpont-lefedettség hazánkban egyelőre csak az M1-esen és az M7-es balatoni szakaszán épült ki.

<sup>179</sup> Magyarországon 2010-ben 17 000 autóbusz, 2,3 millió személygépkocsi üzemelt, éves futásteljesítményük kb. 7900 km, az átlagfogyasztás pedig 8,1 liter/100 km volt. Az utóbbi tíz évben 10%-ról 20%-ra nőtt a dízel-meghajtású autók aránya, de ez még mindig alacsonyabb a német és az osztrák aránynál (30% vagy több). Ezekben az országokban az új beszerzések legalább 50%-a dízelüzemű. A belső égésű motorok hatékonysága tehát még jelentős tartalékokkal rendelkezik.

<sup>180</sup> Benchmark Server Energy Efficiency – AMD vs. Intel.

<sup>181</sup> Villamosenergia-havária esetén a világháló és a hordozható telefonrendszer használata komoly zavart szenvedhet el. Ezért olyan szervereket kell létrehozni, amelyek korlátlan ideig képesek működni külső villamosenergia-ellátás nélkül.

A szénhidrogénekkal kapcsolatban – tehát nemcsak a kőolaj, hanem a földgáz esetében is – sajátos jellegzetesség, hogy egyikük sem csupán energia-, illetve üzemanyag-termelésre szolgál, de mindkettő nélkülözhetetlen alapanyaga a szerves vegyipari termékeknek, azaz a – választékában százezres nagyságrendben előállított – közszükségleti cikkeknek, a szerkezeti anyagoknak, a műtrágyának és a növényvédő szereknek, valamint a gyógyszereket előállító iparoknak. A szerves vegyipar nyersanyagbázisát világátlagban ma már négyötöd részben a kőolaj adja. A fennmaradó hányad zöme – főleg az Egyesült Államokban – földgázra épül, és csak 1-2%-át teszi ki a szén (1960-ban a szerves kémia alapanyaga még 56%-ban szénből származott).<sup>182</sup> Évente mintegy félmilliárd tonna olaj- és gázterméket használnak fel petrokémiai nyersanyagként. A petrokémiai ipar úgynevezett szervesetlen ágában a világ szinte teljes nitrogénműtrágya-gyártása földgázon alapszik. Becslések szerint a következő 2-3 évtizedben a petrokémiai termékek iránti igény várhatóan megkétszereződik, a műtrágyák termelése pedig legalább 25%-kal nő. Jóllehet egyelőre még a szénhidrogén marad a szerves vegyipar legfontosabb nyersanyagbázisa, de indokkal merült fel, hogy hosszú távon fel kell készülni arra a zöldvegyiparra, amely nem szénhidrogént, főleg pedig nem olajterméket használ fel. Idővel tehát a vegyiparnak is meg kell majd újulnia. Előrelátó kutatók (Huber, Avelino, Hailes) már készülnek a nyersanyagváltásra. Ez azt jelentheti, hogy bizonyos mértékben át/vissza lehet majd térni a szénre vagy a mezőgazdasági forrásokra, amint az az olajkorszak előtt volt is. A szénre történő esetleges visszatérésnél nemcsak a környezetvédelmi problémák jelentkeznek majd fokozottan, hanem kérdésessé válhat a petrokémiai-bázisú termékpaletta mára kialakult választékának kielégíthetősége is. A zöldvegyiparként emlegetett leendő eljárások fő nyersanyagai a már ismert gyakorlat szerint a cukrok, a keményítő, a lignocellulóz, valamint a zsírok. Az alkalmazásba kerülő új nyersanyagok természetesen új eljárásokat és termékeket eredményeznek majd. A mikrobiológiai bázisú vegyi termékek előállításának lehetőségeit többek között az amerikai Joint Bioenergy Institute kutatja.

## A fűtés

Az összes energiafelhasználásnak az USA-ban közel a felét<sup>183</sup>, Európában mintegy 40%-át az épületeké teszi ki. Tehát a megtakarítási lehetőség is leginkább itt keresendő. Ez világszerte százmilliókat érint. (Az American Gas Association szerint

<sup>182</sup> Vö. World Oil Outlook 2012! Organization of the Petroleum Exporting Countries. OPEC Secretariat, Vienna, Austria, 2012.

<sup>183</sup> Amint arról a The Daily Energy Report beszámol, Amerikában a Rockefeller Alapítvány és a Deutsche Bank számításai szerint 300 milliárd dollár befektetéssel elérhető energiamegtakarítás 10 év alatt 1000 milliárd dollár költségcsökkenést eredményezne. Ráadásul a szigetelési munka – 3 millió munkaév létesítésével – a munkanélküliséget is enyhítené.

csupán az USA 113 millió háztartásából közel 70%-ban használ földgázt, ami a teljes földgázfogyasztás körülbelül egynegyedét jelenti.) Magyarország 4,3 milliós lakásállományának a háromnegyede családi ház, ahol közel kétharmad részben használnak földgázt fűtésre, főzésre és vízmelegítésre. (Tájékoztató adatok szerint a fűtés 62%-ban földgázból, 20%-ban tűzifából, 15%-ban távhőből, valamint 3%-ban szénből tevődik össze. Ezek a számok természetesen rövid távon is módosulhatnak valamelyest.) Az országos gázfelhasználásból a lakosság részesedése – bár lassan csökkenő tendenciával (2005: 33%, 2009: 29%) – közel egyharmadnyi.

Hazánkban a legrosszabb energetikai állapotban az 1967 előtt épült lakások vannak. Néhány évtizeddel ezelőtt százezrek költöztek – akkoriban legtöbbször más választás híján – rossz hőszigetelésű panellakásokba. Jónak, azaz a jelenleg is érvényben lévő normáknak megfelelőnek pedig csak az utóbbi években elkészültek mondhatók. Az épületek energiafogyasztását a terjedő klimatizáció egyre jobban befolyásolja.

Egy energiatakarékos építésű ház fűtésienergia-fogyasztása egy régi építésűének a fele vagy a harmada. Egy régi építésű ház energiafogyasztása évente és m<sup>2</sup>-enként 160–400 kWh. Ha minden hazai köz- és lakóépület megfelelően volna szigetelve, becslések szerint évente milliárd köbméter nagyságrendű földgáz (illetve azzal egyenértékű energia) lenne megtakarítható.

Az energiatakarékos házak legnagyobb számban Németországban, Ausztriában, Svájcban, valamint a skandináv országokban találhatók, de számuk rohamosan nő világszerte. Az Európai Unió irányelvének megfelelően 2019-től minden új középület energiafelhasználása csak „közel nulla” lehet. Az úgynevezett passzívházakban<sup>184</sup> általában a fűtési hőigény legnagyobb részét a napsugárzás és a belső hőnyereség kiaknázása révén biztosítják, és csak kisebb részét elégítik ki az ott lévő beépített hőtermelő berendezések. A kívánt hőmérséklet eléréséhez szükséges viszonylag alacsony hőmennyiséget főleg a napsugárzásból, sőt az épületben tartózkodó személyek és az ott lévő műszaki berendezések által kisugárzott hőből is fedezik. Hideg időben ezekben is kell fűteni, jóllehet az enyhébb téli napokon nincs rá szükség. A passzívházak éves fűtési energiaigénye egy négyzetméter fűtött alapterületre vonatkoztatva nyugat- és közép-európai klimatikus viszonyok mellett legfeljebb 15 kWh/m<sup>2</sup>, a mediterrán országokban pedig még annál is kevesebb, Skandináviában viszont valamivel több. Az első passzívház (Passivhaus) 1990-ben a németországi Darmstadtban épült föl. Bécsben az első passzív magasház 80%-os energiamegtakarítást tett lehetővé. Hasonló megtakarítást ér el a kopenhágai 950 m<sup>2</sup> alapterületű Green Lighthouse irodaház. Magyarországon az első passzívházat 2009-ben építették fel Szadán.

<sup>184</sup> A passzívházak jó hőszigetelésüknek köszönhetően nem igényelnek hagyományos fűtési rendszert, de azért valamilyen fűtésre azokban is szükség van. A kellemes hőmérséklet fenntartása megoldható kizárólag a levegő frissen tartásához megmozgatott légtömeg utánfűtésével vagy utánhűtésével.

A passzívház tervezésénél a legfontosabb elvek a következők: megfelelő tájolással a téli szoláris energia hasznosítása, a nyári hővédelem biztosítása, a kiváló hőszigetelés, a fal-, a tető- és a padlószerkezetekre előírt hőtechnikai értékek betartása, a háromrétegű, nemesgázzal töltött üvegezésű hőszigetelt ablakszerkezetek, a nagy hatékonyságú szellőzőberendezések alkalmazása hőcserélővel, a földhő hasznosítása stb. A passzívház előnyei közé tartozik az alacsony fűtési költség mellett a kellemes hőérzet (a határoló falak belső felületi hőmérséklete megegyezik a belső levegő hőmérsékletével, nem alakul ki huzat, egész évben friss a levegő minden lakóhelyiségben, valamint szabályozott a páratartalom). Nem elhanyagolható haszon, hogy a szellőzőrendszer kiszűri a bejövő levegőben található pollenek 70%-át, továbbá a minimális energiafelhasználás következtében alacsony a CO<sub>2</sub>-kibocsátás.

Először a legtöbb hőt elvesztő falak és a födém megfelelő szigetelését kellene megoldani. Az ingatlantulajdonosok a skandináv országokban átlagosan 200, Szlovákiában 100-120, Lengyelországban 150, Romániában 120, a nálunk enyhébb időjárással rendelkező Szlovéniában 100 mm vastagságú szigetelőanyagot alkalmaznak, miközben a magyar otthonok homlokzati szigetelése többnyire vékonyabb (a Knauf Insulation adatai). A szigetelés egy ház árának nagyságrendileg az 1%-át teszi ki. A vastagság növelésével érthetően mérséklődik a tüzelőhőigény, ugyanakkor nő a beruházás költségterhe. Az energiamegtakarítást természetesen befolyásolja az is, hogy a falak szigetelését kombinálják-e a födémével és a nyílászárókéval is.

A szigetelés gazdaságosságát tehát a tüzelőanyag árának az alakulásától, valamint hitelből történő beruházás esetén a kamat nagyságától függő bizonytalanság terheli. Mivel az energiahatékonyság jelentősége aligha vitatható, az épületállomány hőszigetelése nemzeti feladat. Ebben a feladatban a gazdaságossági vizsgálat célja nem csupán az egyes esetekben hozandó döntés segítése. Fontos a különböző típusú épületek korszerűsítésének a rangsorolása is. Az ütemezésnél tekintettel kell lenni a magán és közösségi forrásokra. A rangsorolást végző vizsgálatokra csak szakszerű tervezés képes. A Magyar Mérnöki Kamara keretében megalakult az Épületenergetikai Szakosztály, amely a különböző szakterületek integrálásával felkészíti a mérnököket az előttük álló feladatokra, és már el is kezdte az adatbázisban szereplő épületenergetikai tanúsítványok ellenőrzését.

A hazai épületállomány energiahatékonyságának növelése az energiapolitika része. Egy országos szintű épületszigetelési-, illetve megújuló energiákra való átállási program – minden eddiginél hathatósabban támogatva – jelentős számú munkahelyet is teremtene az építőiparban. Az alábbiakban rámutatunk arra, hogy az ezt figyelembe vevő energiapolitika miként ötvöződik a szélesebb értelemben vett gazdaságpolitikával.

Az épületek takarékos fűtőhő-előállításában a kapcsolt – hőt és villamos energiát együttesen termelő – kogenerációs egységek is fontos szerepet játszhat-

nak. Ennek az ésszerű megoldásnak – ha a hőtárolás<sup>185</sup> nincs megoldva – a környék hőfelvevő képessége jelenti a korlátját. A gazdaságossági összehasonlításra lehetőséget kínál a más villamosenergia-termelési módokkal történő összevetés. A kapcsolt erőmű fajlagos tüzelőanyag-felhasználása a kombinált ciklusú gázturbináénál<sup>186</sup> is alacsonyabb. Minél drágább a gáz, annál nagyobb a megtakarítás.

A kapcsolt energiatermelés azonban nemcsak az épületek fűtését teheti gazdaságosabbá, hanem – gondolván például a hőigényes élelmiszer-feldolgozó (vagy egyéb) iparra – *ipartelepítési tényező is* lehet. Így lenne elérhető az, hogy a – gazdaságossági kitériumként jelentkező – viszonylag egyenletes hőfelvevő készség a fűtési időszakon kívül is, tehát egész évben megmaradjon. A kogeneráció haszna lehetne az is, hogy csökkentené az importgáztól való függőségünket, ezáltal növelve az ellátásbiztonságot. Ezt a vidékfejlesztési programmal kombinált megoldást mindenképpen támogatni kellene. Mindezek figyelembevétele – komplex volta miatt – a gazdaságpolitika részévé tehető.

### A védelem, illetve a háborús energiaigények

*Ha uralni akarod a világot, ellenőrizned kell a kőolajat. Az összeset. Mindenhol.* – Collon<sup>187</sup>

*A hadiipar nagy mennyiségű értékes anyagot igényel, de semmit nem termel az emberi jólétre. A fegyverzet termelésében és felhasználásában nincs lebetőség a „zárt” folyamat szervezésére.* – Kapica<sup>188</sup>

Mindenekelőtt meg kell említeni, hogy a háborúskodások nem katonai beavatkozásokkal, hanem a piacokért folyó árharcokkal kezdődtek. Az 1910-es évektől azonban a gépkocsik sorozatgyártásának megjelenésével és a hadigépezetek olajra történő átállásával már egyre inkább az olajlelőhelyek megszerzéséért folytatódott, bár az árverseny a nemzetközi olajkartell megalakulásáig (1928) sem teljesen tűnt el.<sup>189</sup>

<sup>185</sup> A hőtárolás technikailag viszonylag egyszerű. Feltöltés közben egy tartály felső részébe vezetik a meleg vizet, miközben ugyanannyi hideget vezetnek ki az alsó részéből, kiürítés közben pedig fordítva.

<sup>186</sup> A kombinált ciklusú erőműben egy gázturbina-generátor egység elektromos áramot termel. A gázturbinából távozó még meleg gázzal további áramot termelő gőzturbinát hajtó gőzt állítanak elő, így az elektromosenergia-termelés összhatéfoka javul.

<sup>187</sup> Michel Collon belga esszéista.

<sup>188</sup> Pjotr Leonyidovics Kapica (1894–1984) szovjet atomfizikus, akadémikus. 1978-ban megosztott fizikai Nobel-díjat kapott az alacsony hőmérsékletek fizikája terén végzett úttörő jellegű kutatásaiért. Egyik kezdeményezője a Pugwash-konferenciák nevű, az atomfegyverek betiltását célul kitűző tudósmozgalomnak, amely 1995-ben Nobel-békedíjat kapott.

<sup>189</sup> Az angol–amerikai–holland olajtársaságok 1928-ban megállapodásra jutottak a Royal Dutch Shell-hez tartozó skóciai Achnacarry-kastélyban. Ekkor jött létre a „hét nővér” megállapodása, mint magánmegállapodás, de ezt a kormányok is tudomásul vették.

A lelőhelyekért folytatott versengés diplomáciai, sőt katonapolitikai formát is öltött, és ez utóbbi miatt háborúk kirobbanását és kimenetelét befolyásoló tényezővé vált.

Tudvalevő, hogy az olaj az első tankok, tengeralattjárók és repülőgépek megjelenésével már az I. világháborúban is szerepet játszott.

1917 végén Cambray-nél több száz angol tank áttörte a drótakadállyal védett német állásokat. Ez volt tankok alkalmazásának első esete. A repülőgépek hadicélú felhasználásánál először lőfegyverrel támadták az ellenséges gépeket: lehetőségként az kínálkozott, hogy a másodpilóták pisztollyal lőjék le az ellenfél első pilótáit. Ez esetben a gépeknek 10-20 méterre meg kellett közelíteniük egymást. A légi harcokban a kézi géppuskák használata kezdetben nem bizonyult sikeresnek, ugyanis szétlőhették saját gépük légszárját is. Egy remek, Roland Garros nevű pilóta azonban rájött arra, hogy ha a fegyvert a repülőgép hossz tengelyével párhuzamosan rögzítik, akkor a forgó légszár körén keresztül magával a géppel lehet célozni. Döntő jelentőségű viszont az lett, hogy a holland származású, de Németországban élő Anthony Fokker (1890–1939) szinkronizálta a gépfegyver lövéseit a légszár forgásával, így minden egyes lövedék a légszár lapátok között haladt el.<sup>190</sup> Az I. világháború alatt a Fokker Werke GmbH 700 repülőgépet szállított a német légierőnek. Hamarosan nemcsak a felderítésben és a légi harcokban, hanem a bombatámadásokban is megmutatkozott a repülőgépek jelentősége. Először oly módon, hogy az ellenség menetszlopaira kézzel dobáltak gránátokat.

Kevésbé ismeretesek viszont a két világháború között a tengerentúlon lezajlott korai olajháborúk. 1932 és 1935 között százezer halottat követelő harcok folytak Bolívia és Paraguay között a Standard Oil kutatási szférájában a Gran Chaco egyébként más okokból is vitatott területén találni remélt kőolajlelőhelyekért, amelyeket Royal Dutch Shell ugyancsak meg akart szerezni magának. A Standard Oilt – azon keresztül Bolíviát – az Egyesült Államok, a Royal Dutch Shell pedig az európai országok támogatták repülőgépekkel és tankokkal. A béketárgyalásokon Paraguay területet nyert, jelentősebb mennyiségű kőolajat azonban – szemben a földgázzal – később sem találtak.

1935-ben egy másik dél-amerikai országban – Chilében – adta ki Hans von Kiesling bajor vezérkari tiszt az emlékiratait, amelyben a következőket írta: „A Közel-Kelet fejleményei sokkal nagyobb befolyást gyakoroltak a világháború kitörésére, mint ahogy azt általában gondolják.” Akkor már biztos volt, hogy a legnagyobb olajvagyonok a Közel-Keleten találhatók.

Igazi harcászati jelentőségét a II. világháborúban nyerte el a repülőgép és a harckocsi. A németek és a japánok egyaránt kőolajhiányban szenvedtek. 1941-ben Francia Indokínának a japánok által történt megszállása után Roosevelttől olaj-

<sup>190</sup> A mechanizmus lehetővé tette, hogy a Fokker-gépek gépfegyverei úgy lőjenek előre a légszár körén keresztül, hogy csak akkor tüzeljenek, amikor a légszár a tűzvonalon kívül van. Ez eredményezte a háború kezdeti szakaszában a brit sajtó által Fokker Scourge néven emlegetett német légifölényt.



embargót rendelt el Japánnal szemben, amelyet revansként a Pearl Harbort érő japán légitámadás követett az amerikai tengeri flotta ellen. Ez váltotta ki az USA belépését a II. világháborúba, amelynek kimenetelét nagyban befolyásolta a kőolaj megléte vagy hiánya, befejezésére pedig az atombomba tett pontot.<sup>191</sup>

A háborús energiaigények konkrét nagyságáról viszonylag kevés, főleg becsült információ áll rendelkezésre. Így tudunk arról, hogy Amerika – kölcsönszerződés keretében – Nagy Britanniát és a Szovjetuniót támogatta. (Ellentételezésnek minősült például – Anglia esetében – bizonyos katonai támaszpontok ingyenes használata az USA által.) A Szovjetunióknak pedig – harci eszközök (repülőgépek, harckocsik stb.) mellett – többek között energiahordozókat (olajat millió tonnás nagyságrendben) és erőművi berendezéseket (több tucat vasútra szerelt mozgó villamos erőművet) szállított Amerika. Ez lehetővé tette, hogy a Szovjetunió a háború kezdeti szakaszában pótolja saját hadiiparának a harcok során kiesett kapacitását. Ebben az időszakban a szovjetek számos gyárat telepítettek az Urál-hegység-től keletre, hogy megvédjék azokat az előrenyomuló Wehrmacht fenyegetésétől. A háború során folyamatosan nőtt a szovjet hadiipari termelés, míg végül a szövetségesek szállításai elvesztették a korábbi jelentőségüket. (Wikipédia).

A legnagyobb haderővel rendelkező tíz ország: az USA, Oroszország, Kína, India, Franciaország, Németország, Dél-Korea, az Egyesült Királyság, Törökország és Japán. Ők rendelkeznek a legnagyobb hadi repülőgép-, harckocsi- és hadihajó-állománnyal. Jóllehet erre vonatkozó adatok a világhálón rendelkezésre állnak, a valóságos energiafelhasználásukra vonatkozó adatok nem ismeretesek.

A kőolaj csővezetékes és tankhajós szállítási vonalainak a terrorizmus elleni védelme békeidőben is energiát, valamint nem csekély költséget igényel. A csővezetékek, a tárolók, a kőolajfinomítók és a tankhajók is esetleges (terror) támadások célpontjai lehetnek. A tankerek szintén fegyverként szolgálhatnak, hiszen egy teljes sebességgel haladó szupertanker<sup>192</sup> irányát valamelyik kikötő vagy tengerszoros közelében aligha lehet rövid idő alatt megváltoztatni, így az lezárhat egy egész tengerszorosot. Terrorista manőverek előidézhetik a szállítási útvonalak eltorlaszolását vagy katasztrófákat okozhatnak a kikötőkben, akár a világ kőolajellátását is jelentősen megzavarva. A csővezetékes és a tengeri szállítási útvonalak védelmét tehát egyaránt biztosítani kell. Van néhány olyan kritikus hely – úgynevezett chokepoint – a világon, amelyek egy-egy ilyen támadás szempontjából különösen veszélyesek. A legjelentősebb stratégiai fontossággal a híradásokban nem véletlenül legtöbbet szereplő – a Perzsa-öböl és az Arab-tengert összekötő, az Iránnal, Ománnal és az Egyesült Arab Emírségekkel körülvett – Hormuzi-szoros bír. Ez bonyolítja le a legnagyobb forgalmat. Rajta keresz-

<sup>191</sup> Szilárd Leó tartott attól, hogy az atombombát bevetik a háborúban, így – amint arról már a 7. fejezetben írtunk – többször kísérletet tett annak megakadályozására.

<sup>192</sup> A legnagyobb tankerek – az ember által készített legnagyobb mozgó létesítmények – 300 000 tonna felettiek.

tül naponta átlagosan 14-15 tanker halad át, mintegy évi 800-850 millió tonna olajat szállítva. Ez a mennyiség a világ kőolaj-felhasználásának az ötödrésze, a vízi úton lebonyolított olajkereskedelemnek pedig több mint a harmada. A globális cseppfolyósítottgáz-exportnak jelentős része ugyancsak ezen a tengeri átjárón halad keresztül. A szoros részleges vagy teljes lezárása drámai hatással lenne a világgazdaságra. Az első komolyabb konfliktusra az 1980-1988-as iraki-iráni összeütközés úgynevezett tankerháborújában került sor, amikor is időnként negyedével csökkent az ott keresztülhaladó forgalom. Ekkor több száz hajót ért kisebb-nagyobb károsodás, de az Egyesült Államok flottája képes volt fenntartani a szállításokat. A chokepointok közé tartozik még a kalóztámadásoknak különösen kitett Malaka-szoros, valamint a Szezei-csatorna, az Indiai- és a Csendes-óceánt összekötő Bab el-Mandeb-szoros, a Dardanellák, továbbá a Panama-csatorna.

Az Institute for the Analysis of Global Security a szállítási védelem igényét – békés időben is – összességében legalább 50 milliárd USD-ra teszi. (Az ODAC<sup>193</sup> becslései szerint ez 15-20 dollárral emelheti az importált kőolaj hordónkénti árát.) A CIA World Factbook szerint az USA-nak a csupán „védelmi célú” olajigénye körülbelül annyi, mint az olajfelhasználás szempontjából a 34-36. helyen álló egy-egy ország összes felhasználása.

Az egyes részleteket illetően jellemző a páncélosok és a repülőgépek fajlagos üzemanyag-felhasználása. Az 1970-es években szolgálatba állított 1500 lóerős<sup>194</sup> német Leopard-2 a Bundeswehr fő harckocsitípusa – attól függően, hogy milyen harci feladatot látott el – 300-800 liter üzemanyagot használt fel 100 km-enként. Egy amerikai Abrams harckocsi 1 gallon üzemanyaggal ma is mindössze 0,6 mérföld megtételére képes, ami 100 km-enként kb. 400 litert jelent. A légi hadviselés úgyszintén energiaigényes. Jellemző, hogy egy 7200 km hatótávolságú Boeing B-52H 48 ezer gallon (180 ezer liter) üzemanyagot tud vételezni, és percnként 55 gallont fogyaszt. Egy feltöltéssel 12-14 óráig repülhet.

Nem valószínűsíthető, hogy az Air Force rövid időn belül át tud állni valamilyen más üzemanyagra, bár a távoli célja az. A védelemnek a hagyományos üzemanyagoktól történő függetlenedése reálisan évtizedekbe kerülhet (Sohbet Karbuz, Stacy Closson).

<sup>193</sup> ODAC: Oil Depletion Analysis Centre.

<sup>194</sup> A lóerő a teljesítmény mértékegységeként elavult, ennek ellenére használatban van. Annak idején James Watt vezette be a gőzgép teljesítményének mérésére. Általában a 735 wattnak megfelelő metrikus lóerő (volt) használatos. Egy átlagos ember folyamatosan körülbelül 0,1 lóerő kifejtésére képes. Az SI mértékegységrendszer hazai bevezetése (1980) óta a lóerő kikerült a hivatalos mértékegységek sorából.



## 9. A föld energiavagyonának elvi megítélése

*Az optimisták úgy számítanak a technikára, mint gyermek a Mikulásra. - Laherrère*<sup>195</sup>

A Föld természeti kincseinek az a köre, amely az ember által felhasználható vagyonnak tekinthető, az ember és a természet összetett kapcsolatrendszerének változásával folyamatosan módosul. Vagyis a mindenkori vagyont csak az emberi társadalom fejlődésének egy-egy szakaszában szabad a termelés számára lehetségesen felhasználható nyersanyagként kezelni. A szén minden bizonynyal viszonylag hosszabb ideig rendelkezésre áll majd, az arról való mennyiségi gondolkodást nyugodtan hagyhatjuk a következő generációkra. A hagyományos módszerekkel kinyerhető szénhidrogéneknél – elsősorban a kőolajnál – azonban más a helyzet, sőt bizonyos mértékben a hasadóanyagoknál is. Ezek napjaink problémái. Ezúttal elvileg csak azt jegyezzük meg, hogy ha fel is fedezünk újabb lelőhelyeket, illetve készleteket, akkor azok nem a végességüket, legfeljebb a készletek volumenét befolyásolják, azaz a termelés tetőzésének valamivel távolabbra tolódását okozzák. A független szakértőkből, főként geológusokból álló szövetségek (ASPO, ODAC, PCI stb.)<sup>196</sup> már egy idő óta folyamatosan figyelmeztetnek, hogy a hagyományos kőolajvagyon kimerülése a nem túl távoli jövőre várható. Az olajkészletek esetében erről a nagy társaságok egy része – általában – még ma is hallgat, illetve azt hangoztatja, hogy a piaci erők és a technológia fejlődése mindent idejében megoldanak majd, többek között a nem hagyományos olajok (nagy energiabefektetéssel és óriási környezetszennyezés árán történő) termelésbe állításával. Derűlátó szemlélet uralja a médiumokat, ezzel szemben egyes független szakértők (akiket peszsimistának neveznek) véleménye nem kap kellő nyilvánosságot. A World Oil Outlook 2013. Organization of the Petroleum Exporting Countries prognózisai azt jelzik, hogy a majdan felmerülő olajszükségleteknek az olajpala és olajho-

<sup>195</sup> Laherrère évtizedeken keresztül a TOTAL vezető geológusa volt, ma pedig az Association for the Study of Peak Oil and Gas és az Oil Depletion Analysis Centre tanácsadója.

<sup>196</sup> A 2001-ben alapított ASPO (Association for the Study of Peak Oil and Gas) olyan egyetemi intézmények hálózata, amely a világ olaj- és gáztermelése tetőzésének meghatározására jött létre. ODAC: lásd előbb!) PCI: Post Carbon Institute.

mok, kiegészítve a szénből és földgázból együttesen előállítható cseppfolyós termékkel csak 7-8%-át fedezhetik a majdani igényeknek. A fogyasztói társadalmak átlagemberei a tényeket és a viszonylag „reális” jóslásokat nem veszik figyelembe, hiszen azokat alig ismerik. Pedig ezt az igen nagy horderejű kérdést nem volna szabad ilyen nagyvonalúan kezelni. A világon felkutatott mintegy 65 ezer mező listáján az összes vagyon 94%-a csupán 1,5 ezerben található. A legnagyobb 1700 mező termelése évente több mint 6%-kal csökkent, gyorsabb ütemben, mint ahogy azt korábban feltételezték. A múlt század ötvenes-hatvanas éveiben évente 20-30 (szuper)óriásmezőt találtak, 2000 óta azonban már csak összesen három országban (Irán, Brazília, Kazahsztán). Az ASPO vállalja azt, hogy a majdani globális igények kielégíthetőségével kapcsolatban a pesszimista véleményalkotók közé sorolják, és állítja, hogy az olajtermelés tetőzése világméretben már be is következett (valójában ez inkább stagnálásként jelentkezik), ami belátható időn belül súlyos ellátási nehézséget okoz.

Az emberiség növekvő igényeinek a források végső kihasználásáig történő kielégítése – tetézve azt a környezet egyensúlyának megromlásával – kiszámíthatatlan következménnyel járhat. A szénhidrogének felhasználásának sebessége – amint arra könyvünk elején is utaltunk – ma már a valamikori átlagos keletkezési sebességéhez viszonyítva közel a milliósorosára becsülhető. Az egyre súlyosabb környezeti hatások, a feszült világgazdasági helyzet miatt a világ országainak többségében fokozódik az energiaellátás sebezhetősége. Nincs globális felmérés arra vonatkozóan, hogy a megújuló energiaforrások milyen mértékben és milyen következményeket maga után vonva tudják majd helyettesíteni a hagyományosakat.

Utalni kell arra a lehetőségre is, hogy amennyiben nem sikerül kellő mennyiségű olcsó helyettesítő üzemanyagot előállítani vagy más technikai megoldást találni, az olajárak növekedése miatt nagy kihívás előtt áll a gépkocsiipar. Hosszabb távon a szállítás problémájának sikerétől sok függ majd, mert kudarc esetén a kereskedelmi globalizáció válsága is beköszönhet, legalábbis bizonyos áru körökben (gabona, nagy volumenű élelmiszer és vegyi termékek, textil stb.). Ezekben az esetekben előtérbe kerülhet a relokalizáció – amiről már szót ejtettünk –, azaz az említett termékcsoportok helybeni megtermelése. A változások – ha bekövetkeznek – szinte mindenkit érinthetnek. A következményeket (háborúk az energiahordozókért, éhínségek stb.) nehéz megjósolni.

Mindez indokolja úgynevezett B terv(ek) elkészítését. Lester Brown ezen az olajfüggőség csökkentését, a megújuló energiákba, az energiatakarékosságba, a szén-dioxid-emisszió csökkentésbe történő befektetéseket érti.

## 10. A pazarlás bosszúja

*Mivel az emberek korlátlan gyarapodása a Föld javainak nagy részét veszélybe sodorhatja [...], az utánunk következő nemzedékekre tekintettel őszintén azt kívánom, hogy elégedjünk meg azzal, amink van, mielőtt még a körülmények kényszerítenek bennünket az önmegtartóztatásra. – John Stuart Mill*

*A civilizációk nem gyilkosság áldozatai lesznek, hanem saját magukat ölik meg. – Arnold Toynbee<sup>197</sup>*

*A civilizáció célja a letelepedett élet és pompa elérése. Azonban van egy határ, amelyen nem lehet túllépni. Amikor az emberekre virágzás és pompa köszönt, ezt hamarosan túlfogyasztás és szertelenség követi. Ezzel az emberi lélek saját magát aknázza alá mind az evilági jóllétét, mind pedig szellemi életét tekintve. – Ibn Khaldún<sup>198</sup>*

A nyugati társadalmak kialakult komfortjának alapja az olcsó energia volt. Az energiatermelés gyors bővülése idején a gazdag országok emberei gondolkodás nélkül éltek az egyre több energia felhasználása által nyújtott lehetőségekkel. Ma már tudjuk: az energia egyszerre motorja mind a jónak, mind a rossznak, azaz nemcsak az életminőség javításának, hanem – a pénz ösztönzésének hatására – a hamis szükségletek generálásának is. A fejlődő országok e tekintetben bizonyára szívesen követnék a gazdagokat, ennek „fedezete” azonban a Földön nem áll rendelkezésre. Világunk minden emberének az amerikai fogyasztására való emeléséhez négy-öt bolygó energia- és nyersanyagforrására volna szükség.

A 20. század végén az információs és kommunikációs technológiák első virágzása a gazdasági növekedést serkentette. A globális média olyannyira tele volt lelkesedéssel, hogy nehezen lehetett a hatása alól szabadulni. Az üzleti guruk, a technológiai előrejelzők és a kulturális kommentárok egyaránt úgy

<sup>197</sup> Arnold Toynbee (1889-1975) brit történész.

<sup>198</sup> Ibn Khaldún (1332–1406) az arabok legnagyobb történetírója. Civilizációelméletének kidolgozásával a történelemnek mint önálló tudománynak az elméleti megalapozását végezte el, valamint ő volt a birodalmiság első, s talán máig legnagyobb teoretikusa is.

üdvözölték az új korszakot, mint a kapitalizmusnak valami minden korábbinál magasabb rendű megjelenését, holott az érdem egyértelműen a természettudományokat művelőké (beleértve természetesen a matematikusokat is). A globalizálódó gazdaság arra törekedett, hogy planetáris áruházzá varázsolja a világot, és így elszabadult a fogyasztás tobzódása.<sup>199</sup> Ebbe pedig nem annyira az egyén, hanem az energiabőség bővületében élő és előrelátásra nem képes társadalom egésze szinte intézményesen hajszolta bele magát. A hétköznapi emberek számára az eluralkodott piaci szemlélet szinte önigazolás a mostra irányuló nézeteiket és viselkedésüket illetően. (A messzebbre tekintés eleve ellentmond a darwini elveknek.) Különösen az utóbbi évtizedekre jellemző, hogy az emberiség gazdagabb része hozzászokott az energia túlfogyasztáshoz.<sup>200</sup> Ezért a számára „elegendő” energiánál lényegesen többet használ fel. Az energiabőségben élő polgár pedig immár ragaszkodik mindahhoz, amiben él, és ösztönösen csak életformája változatlanágában gondolkodik. Ezért azonban az emberek csak viszonylag kevésbé felelősek, hiszen az energiabőségbe beleszülettek. A baj az, hogy azt természetesnek és örökké tartónak vélik, ráadásul komolyan senki sem figyelmezteti őket a források végességére. Sokszor olyan agyonreklámozott, de felesleges – ugyanakkor többnyire energiaigényes termékek – megszerzésén fáradoznak, amelyekbe a mohó és rafinált piac gyakran szándékosan beprogramozta a rövid élettartamot.<sup>201</sup> A fogyasztói társadalomnak jelmondatává vált: „Használd, dobd el, vegyél újat!”<sup>202</sup> Javítana a helyzeten, ha a reklámozott termékeken kötelezően feltüntetnék azok élettartamát. Akkor talán az emberek mérlegelnék, hogy valóban szükségük van-e rájuk. (A Worldwatch Institute szerint világszerte évente 500 milliárd USD-t fordítanak reklámokra.)

<sup>199</sup> A pazarlás egy szélsőséges példája a párizsi járdák burkolása: a Bretagne-ból, a Massif Centralból származó helyett Kínából szállítottak gránitot hozzá.

<sup>200</sup> A technológiai társadalomban élő mai ember átlagosan annyi energiát használ fel, amennyi a saját fizikai erejével előállíthatónak a sokszorososa. Ráadásul az energiafelhasználás nem is nyers fizikai erőként, hanem a változékony igényekhez alakítva – nemesített formában – történik. A kőolajipar szempontjából szemléletes példa, hogy egy liter benzinben rejlő energia egy fizikai munkás 1-2 heti munkavégzésének felel meg. Gondol-e erre az autós, amikor tankol?

<sup>201</sup> E jelenség előzményei egyébként a fogyasztási cikkekre már másfél évszázaddal ezelőtt is tapasztalhatóak voltak. Erről tanúskodik Mark Twain (1835–1910) bon mot-ja: „A civilizáció a szükségtelen szükségletek végtelen megsokszorozódása”.

<sup>202</sup> A Nebrascai Lincoln Egyetem tudósításából tudjuk, hogy a Coloradói Mineral Information Institute által közreadott tanulmány szerint egy újszülött amerikai csecsemő várható élettartama alatt 253 tonna (560 000 lbs) szenet, 300 m<sup>3</sup> (80 000 gallon) olajat és 160 000 m<sup>3</sup> (5,7 millió köbláb) földgázt használ majd fel. A közelmúltban megjelent kimutatás – amely a 2003. évi adatokat tartalmazza – a többi fontos nyersanyagokét is magába foglalja. Vö. ehhez *Future Challenges for the U.S. Geological Survey's Mineral Resources Program-ot!* National Research Council of the National Academies, The National Academies Press, Washington, DC, 2004. 19. o.

A pazarló módon felhasznált energia összköltsége 2012-ben 544 milliárd USD volt. Az, hogy hol húzódik a határvonal a pazarlás és a korszerű életvitelhez nélkülözhetetlen energiafogyasztás között, nehezen határozható meg. A bőség korában erre a különbségtételre nem is nagyon törekedtek. A társadalom csak akkor érzi, hogy pazarlóan él, amikor valamiben hiányt kezd szenvedni. Már volt viszonylag tartós hiányhelyzet korábban is az energiaellátásban, legutóbb például a múlt század hatvanas éveinek első felében, pedig akkor még globális hiányról nem lehetett beszélni. Akkor a szenespincék előtt sorban álltak az emberek, és az iskolákban Magyarországon – mint sok helyen másutt is – szénszünetet kellett elrendelni. A hiány fogalmának meghatározása annak tudatosítása, hogy az élelmezés, a vízellátás, a modern gyógyászat, a lakhatás, a munkavégzés, a kommunikáció, a honvédelem stb. – egy szóval a technikai civilizáció – elegendő energia nélkül összeomlana.<sup>203</sup> Ennek belátása világossá teszi, hogy minden ésszerűtlen és luxusfogyasztás pazarlás, amelynek csapdájába az örökkévaló bőség hamis hiedelmének bővületében csúsztak a gazdag társadalmak. Meadows<sup>204</sup> a következőképpen nyilatkozott a luxusról: „Számítalan szokásunk mélyen be van ágyazódva, és gyakorolnunk kell, hogy megszabaduljunk tőlük.” Arra a kérdésre pedig, hogy miként fog bekövetkezni a szükséges változás, a következőképpen válaszolt: „Egymást követő krízisek nyomán”

Az emberek zöme – kellő tájékozottság hiányában – nem gondol sem a szénhidrogén-vagyon végességére, sem pedig annak valóságos használati értékére.<sup>205</sup> De még a tájékozott ember is, bár tisztában van a globális és egyéni takarékoság jelentőségével, azt inkább másra hagyná, esetleg azért nem él vele, mert nincs olyan anyagi helyzetben, hogy annak többnyire költséges megoldásaiba beruházzon. Mi más ez a végzetes pazarlás, mint visszaélés a természet véges mennyiségben rendelkezésre álló nyersanyag- és energiavagyonával? Ha nem sikerül időben megálljt parancsolni a pazarlásnak, a természet a maga módján, mindenekelőtt a vagyonok kimerülésével fog „közbeszólni”. A következmények először a hagyományos kőolajnál jelentkeznek majd, amelynek termelése 2005 óta nem nő. Ebből jogosan vélelmezhető, hogy az gyakor-

<sup>203</sup> Várhatóan előbb-utóbb szűkülnek a fejlettek támogatási készségei/lehetőségei.

<sup>204</sup> Dennis Meadows (1942–) a New Hampshire-i Egyetem professzor emeritusa, a világ egyik legismertebb környezetteoretikusa, *A növekedés határai* című könyv szerzője. Szerinte nagyjából az '50-es évek óta egyértelmű, hogy az olajat előbb-utóbb pótolni kell, és az is, hogy ha nem sikerül, az a ma ismert civilizáció végét jelenti. 1972-ben *A növekedés határai*-ban már egyértelműen azt írta, hogy ha az ipari termelés és a népesség növekedése ebben az ütemben folytatódik, annak katasztrofális következményei lehetnek. 1972-ben pedig egy, a Spiegelnek adott interjúban kifejtette, hogy a világ alapvetően nem változott meg, és ma már látszanak a súlyos következmények. [...] Az erőfeszítések láthatóan célt tévesztenek, de mintha nem találnánk az okát.

<sup>205</sup> Egy Boeing 747 utaszállító repülőgép 1-1,5 millió fantomrabszolga fizikai teljesítményével egyenértékű. Ez utóbbi azt jelenti, hogy minden egyes utasért 2-3 ezer fantomrabszolga „dolgozik” a repülés időtartama alatt (ezek száma az autózás esetén pár száz).

latilag már elérte a csúcst, és ezután valószínűleg csak csökkenés, jó esetben egy darabig még stagnálás várható. A felmerülő többletigények kielégítése csak úgy lehetséges, hogy – kiegészítésként – az üzemanyagokba más, nem hagyományos kőolajból származó cseppfolyós terméket is bekevernek. Ennek megfelelően egyes statisztikákban a kőolaj helyett az „all liquids” kifejezést (lásd a Tévedések és remények című fejezetet) használják, és ezzel elrejtik a hagyományos kőolaj 2004 óta tartó termeléstetőzésének jelenségét. A fogalom így már nem csupán a hagyományos kőolajra, hanem minden olyan „cseppfolyós termékre” is vonatkozik, amely a kőolajbázisún kívül más – a felhasználhatóság szempontjából hasonló minőségű – termékeket is magába foglal.

A nyugati társadalomban is jelen lévő tudatlanságból, még inkább pedig a kényelemszeretetből eredő, az energiateljesítményre is jellemző pazarló/luxus tömegfogyasztás alakulása és az erkölcsi kategóriák elvesztése egyaránt hozzájárul a fenntartható élet kibontakozó válságához. Ezt egyre többen veszik észre. Brzezinski már 1990-ben úgy nyilatkozott, hogy „a Nyugat a hedonista relativizmus sivár világa lett, nincsenek abszolút értékek, a jó életet a mesterségesen felpörgetett fogyasztás indexei jelentik”. A média többnyire mégis csak partikuláris módon foglalkozik az energiával: rosszabb esetben csupán az árával, jobb esetben a környezeti hatásával is, de a pazarlásról ritkán ejt szót. A ma emberének pedig gondolnia kellene arra, hogy hosszú távra – legalább a néhány generáción túlnyúló időre, de esetleg már saját időskorára is – kellő mennyiségű környezetbarát energia álljon biztonsággal a Föld lakóinak rendelkezésére.

A pazarlás azonban más civilizációkat is veszélyeztet. Nemcsak a Nyugatot, hanem a – jövőben várható többletigény/fogyasztás zöméért „felelős” – demográfiaileg túlsúlyba kerülő fejlődő világot is, ahol már nem kizárólag a népességrobbanás gerjeszti az igény/fogyasztás növekedését.<sup>206</sup>

Illúzió elvárni – morálisan ez nem is tehető meg – a fejlődő világtól, hogy lemondjon a technika azon eredményeiről, amelyeket a mai kor gazdag társadalmi élveznek. Márpedig a fejlődő világ Nyugathoz történő életszínvonalbeli felzárkózáshoz bolygónk nyersanyag-vagyonának körülbelül a négy-ötszörösére volna szükség, ami abszurdum. Az egész emberiség számára biztosíthatónak hinni a pazarló Nyugat fogyasztási szintjét, a természet nem ismeretét jelenti. Az összetett problémát alátámasztja a hatalmi központ elmozdulása a Távol-Kelet, illetve Dél felé, párosulva a globális politikai ébredéssel. Michael Wood

<sup>206</sup> A leggyorsabb energiaigény-növekedés Afrikában, Indiában, Latin-Amerikában és a Közel-Keleten várható. Ennek következtében részesedésük a világ energiateljesítményéből a 2010. évről 2040-re 2-4%-kal nőhet, míg az OECD-országok összességének aránya – felhasználásuk nagyságának változatlanul maradása mellett – kb. 10-12%-kal visszaeshet.



tolmácsolásából tudjuk, hogy Vang Tao<sup>207</sup> 1870-ben a következőket állította: „Tudás, technológia, energia. 100 éven belül Kína átveszi Nyugat összes vívmányát.” Igaz, hogy azóta bőven eltelt a 100 év, de ma már mindenki előtt világos, hogy gazdaságilag és technológiailag Kína ugyancsak a Nyugat nyomába eredt. Kiszámíthatatlan dolgok történhetnek, amelyekről azt sem tudjuk pontosan, hogy milyenek lesznek, és azt sem, hogy mikor következhetnek be. Mindenesetre szertefoszlik a „történelem vége” fukujamai szlogen délibábja, amely végeredményben a világbéke beköszöntését vizionálta. Az érezhető életszínvonalbeli polarizáció egyre inkább ellentételeket szül a világban. Valami történni fog, de nem tudjuk, hogy mi! A politikusok bölcsességére volna szükség ahhoz, hogy elejét vegyék a civilizációk összezsugorulásának.

### A fantomrabszolgák szerepe

A természeti energiák használati értékének megértését megkönnyíti, ha megismerkedünk a „fantom rabszolga” fogalmával. Statisztikai adatokból levezethető, hogy a nyugati civilizáció átlagembere mai életviteléhez (élelmezés, közlekedés, lakhatás, kényelmi szolgáltatások stb.) naponta 70–140 ezer kcal – esetenként több – kóolajjal egyenértékű<sup>208</sup> összes energiát használ fel. (Az alsó határ éppen a magyar mutatónak felel meg.) Ezzel szemben a magunkhoz vett táplálék energiataralma közismerten mindössze 2,5-3,0 ezer kcal/nap.<sup>209</sup> A különbség forrása a természettől kapott (elvett), jobbára véges mennyiségű fosszilis energia. A számok nagyvonalú összevetéséből az adódik, hogy a természet a nyugati világ minden egyes emberét – ha figyelembe vesszük az emberi szervezet komplex, az agyét is magában foglaló<sup>210</sup> legfeljebb 30%-os „biológiai határfokát” is – 75-150, polgárainak összességét pedig hozzávetőleg (több

<sup>207</sup> Vang Tao (1828–1897) kínai reformer, politikus, lapalapító. Sokat tett Kína és a Nyugat közötti kapcsolat megteremtéséért.

<sup>208</sup> Az USA, Kanada és Izland egy főre jutó energiafajlagosai még a felső határt is meghaladják.

<sup>209</sup> Ezek a számok azt jelentik, hogy a nyugati ember átlagos összes energiafogyasztása évente és fejéenként 2,5-5,0 tonna olajegyenérték (toe/fő/év), miközben élelmének energiataralma mindössze 0,1.

<sup>210</sup> Az agy jelentős mennyiségű áramot használ, amely lényegében veszendőbe megy, és hő formájában távozik, illetve szétsugárzódik a környezetébe. A vér, amikor elhagyja az agyat, valamivel melegebb, mint amikor oda belépett. „Egyetlen számítógép sem közelíti meg az energiagazdaságosságát az agyét, mint az agy. A számítógép nem választ ki gondolatokat, mint a máj az epét, ahogy a korai materialisták állították, nem is adja ki azokat energia formájában, mint ahogyan az izom kifejti aktivitását. Az információ nem anyag és nem energia. Az olyan materializmus, amely ezt nem fogadja el, manapság nem boldogul.” (Norbert Wiener). Joe Breskin szerint jellemző, hogy az agy energiaigénye az egész testének kb. a 15%-a. Ez egyenlő az összes izoméval. (Ez utóbbi a fizikai munkavégzés esetén megkétszereződhet.) A fennmaradó energia a testhőmérséklet fenntartására és a többi szerv működtetésére fordítódik.



százmilliárd képzeletbeli fantomrabszolgaként szolgálja.<sup>211</sup> Ez utóbbi virtuális létszám – amint arra a 7. fejezetben már utaltunk – nagyságrendileg akkora, mint amekkora a Földön valaha élt összes emberé.

A technika lehetővé teszi, hogy a benzinkútnál, a konnektorból, a gáz-csapnál stb. – az áremelkedések dacára, még ha ez visszatetszőn hangzik is – ma „olcsón” és kényelmesen jussunk energiához. A fantomrabszolgák fikatív seregének példája alapján be kell látnunk, hogy még a növekvő árak sem tükröz(het)ik az energia valódi, szinte felbecsülhetetlen használati értékét, amely egyébként is megfizethetetlen lenne.

### Az életminőség alakulása

Egy közösségben az átlagos életminőség nemcsak az anyagi jóléten múlik, hanem a szubjektív jólétek átlagolásán alapuló társadalmi jóléttől is függ. Sok ilyen szubjektív összetevő méréséhez azonban nincs olyan általános egyenérték, mint a gazdasági jólét mérése esetében a pénz. Ilyen esetekben különféle módokon kérdezett és felvett preferenciarangsorok határozhatók meg. Az életminőség így nem jellemezhető megfelelően sem az egy főre jutó GDP-vel, még kevésbé a fajlagos energiafelhasználással. (A GDP elsősorban a nemzetközi összehasonlítások és a globalizáció informatikai igényei miatt lett a legtöbbit emlegetett jelzőszám.) A torzulásokat az magyarázza, hogy a GDP egy része nem a jólét fokozását, hanem annak éppen az ellenkezőjét okozza. Ha például az emberek cigarettát vásárolnak, növelik a GDP-t, ugyanakkor fokozzák az állam egészségügyi kiadásait is. Amikor kivágjuk erdeinket, nem könyveljük el a termelőképességben és a környezeti egyensúly megtartásában jelentkező veszteséget. Paradoxon, hogy a környezetszennyező és az kiküszöbölő tevékenység egyaránt GDP-növelő tényező. A GDP értékéből nem vonják le a természeti, a társadalmi, az emberi, az intézményi, sőt még az ember által alkotott

<sup>211</sup> Az első rabszolgatartó társadalmak az i. e. 5-4. évezredben az ókori keleti típusú államokban alakultak ki. Ezekben a rabszolgatartás foka nem haladta meg a házimunka elvégzésének igényét. Athénban a peloponnészoszi háború kitörésekor legalább százezer rabszolga volt, számuk felülmúlta a szabad népességét, a házimunkán kívül bányákban is dolgoztatták őket. Ekkor a rabszolgák a legfontosabb és a legdrágább kereskedelmi cikkek közé tartoztak. A Római Birodalomban a 2. században alakult ki a klasszikus rabszolgatartás, amikor Róma megszerezte a Földközi-tenger feletti ellenőrzést, és rengeteg rabszolga állt rendelkezésre a hadifoglyok sokasága és a rabszolgaszerezésért folytatott kalózkodás következtében. Spartacus idejében a rabszolgasereg a források szerint gyorsan 90 ezres létszámúra duzzadt. Thomasz Jenő *A római földkérdés* című könyvében azt írja, hogy a „Kr. e. 1. században mintegy 1,5 millió lehetett a rabszolgák száma családotul”. 1650 és 1900 között Amerikában több mint 10 millió rabszolga szállt partra. Az afrikai Henry Adamsnek a *History of the United States of America*, Vol I-IV. 1890-ben New Yorkban kiadott művéből pedig azt tudjuk meg, hogy az Amerikai Egyesült Államoknak az 1800-as népszámlálás szerint 5 308 483 lakosa volt, ennek közel egyötöde fekete rabszolga.

javak értékcsökkenését sem. Tovább torzítja a valóságról alkotott képünket az, hogy GDP a bruttó, nem pedig a nettó hazai termék alakulását méri.

Több országban kiigazították a GDP-adatokat, mivel belátták, hogy a gazdasági növekedés ellenére a jólét valójában csökkent vagy azonos szinten maradt. Reálisabb értékelésre törekedett az ENSZ is. Fejlesztési Szervezete (UNDP) 1990-ben kidolgozta az emberi fejlődés indexét (HDI), amely számításba veszi mind a születéskor várható élettartamot mind az iskolázottságot. Ezt a széles körben viszonylag könnyen kiszámítható átfogó indexet manapság már gyakorlatilag minden ENSZ-tagállamra alkalmazzák. A HDI ideális esetben 1,0 lenne. A 2012. évi mutató a vizsgált 186 országot négy kategóriába sorolta. Az első helyet Norvégia (0,96), a másodikat Ausztrália (0,94), a harmadikat az USA (0,94), a negyediket pedig Hollandia (0,92) foglalta el. Magyarország – a felső kategóriában – (0,83 értékkel) a 37. helyen szerepel, miközben a világátlag 0,69. Természetesen ez a mutató sem tökéletes. Nem oldja meg a gazdaság állapotának a jellemzését, és nem veszi figyelembe az emberek boldogság iránti igényét sem („a pénz nem boldogít, de jó, ha van”).

A londoni New Economics Foundation kutatói szerint egy új mérőszám lehet a Happy Planet Index (HPI, magyarul: boldog bolygó index), amelynek központi gondolata, hogy sem a GDP, sem a HDI nem veszi figyelembe az emberek boldogság iránti igényét. A Happy Planet Index az emberi jóllét elérésének hatékonyságát méri. A HPI három különálló jelzőszámot foglal magába: a várható élethosszt, az étellel való elégedettséget, és az (részletesebben I. a 12. fejezetet!) ökológiai lábnyomot. Ezen az ENSZ által is elfogadott, de nem kötelező mutató szerint a skandináv országok és Kanada állnak az élen, de előkelő helyen szerepel Costa Rica, Bhután, valamint meglepő módon Kuba is. Az életminőség jellemzésére világszerte számos más módszert is kidolgoztak. Ilyen például a Kanadában kidolgozott GPI (Genuine Progress Indicator, a valódi fejlődés jelzőszáma). Az amerikai gyakorlatban ez utóbbi – amely figyelembe veszi többek között a nem kereskedelmi szolgáltatásokat, valamint a természeti erőforrások kimerülését, továbbá a természet károsítását – az utóbbi évtizedekben stagnálást mutat, jólleget a GDP nő. A különböző módszerekkel bővebben Sebestyén Tibor a Polgári Szemlében megjelent *Életminőség és boldogság* című cikke foglalkozik.<sup>212</sup>

Egy másik, itt nem részletezett jellemző azt mutatja, hogy az egy főre jutó összes energiafelhasználás 70 ezer kcal/nap/fő (2,5 toe/fő/év) értékig növeli jelentősen az életminőséget. (Hasonló megállapításra jutott Armaroli és Balzani is az *Az energiaellátás jövője* című közleményben.) Ez a fajlagos küszöbértéknek is tekinthető, és a magyaréhoz viszonylag közel van. Ebből számunkra az a tanulság vonható le, hogy életminőség-javulás érhető el jelentős többletenergia fel-

<sup>212</sup> Sebestyén Tibor: *Életminőség és boldogság*. Polgári Szemle, 2005. június, I. évfolyam, 5. szám

használás nélkül is. Ahhoz a tudatos kormányzati politikával a komparatív szempontból előnyösebb, jobb energiahatékonyágú termelési szerkezet kialakítása mellett az oktatás, valamint a kutatás és az egészségügy fejlesztésének célszerű prioritást élveznie. Hiábavaló a technika fejlődése és a természettudományos ismeretek egyébként nélkülözhetetlen bővítése, ha a fogyasztásorientált emberiség tudata nem változik. Fel kell ismerni, hogy az etikus gondolkodás vissza/megszerzése, a kevesek által birtokolt tudásanyag globálissá tétele létkérdése a boldogulásnak, sőt a fennmaradásnak is. Az emberiség számára legfontosabb kérdéseket a piac önmagában – a félreértelmezett ideológiai nézetekkel szemben – nem képes megoldani, amit be kell láttatni mindenkivel. A neoliberalizmus eszméje halványul, új eszme azonban a gyakorlatban még nem terjedt el. Ebből a szempontból lényegében terméketlen átmeneti időszakot élünk. Bizonyára az urbanizáció megfordítása, a lokalizáció, a glocalizáció<sup>213</sup>, a takarékoság és természetesen a technológiai fejlődés, valamint az emberiség szellemi szintjének magasabbra emelése lesz/lenne a megoldás. Összhangban azzal, amit az emberi tényezővel, valamint a válságokkal szembeni védekezéssel kapcsolatban már korábban említettünk, a jelen kor írástudóit felelőssé kell tenni a rendszerint csak néhány évben gondolkodó átlagember tudatának megváltoztatásáért, akit ki kell rántani a rövid távú hozzáállásból! A figyelmeztetéseknek – essék szó akár a mai nyugati civilizáció összeomlásának veszélyéről is – felrázóaknak kell lenniük!

Az életmódváltás kezdeti lépései nyilvánvalóan nehezek lesznek, de elkerülhetetlenek. Amennyiben ezeket nem tesszük meg, és nem változtatunk energiafelhasználási szokásainkon radikális önmérsékletet gyakorolva, súlyos nehézségeket hagyományozunk utódainkra. Ez lesz majd a mai pazarló élet tényleges bosszúja.

<sup>213</sup> A glocalizáció ma még kevésbé elterjedt fogalom. A globális és a lokális szavak egybeolvasztásával keletkezett. Egyrészt jelöli azt a folyamatot, ahogyan egy lokálisan keletkezett áru, életforma vagy kulturális minta világméretben elterjed, azaz globálissá válik, másrészt utal arra az adaptációs folyamatra, ahogyan ez a globálisan terjedő áru vagy életmódminta terjedése során idomul, igazodik a helyi kulturális környezethez, azaz ismét lokálissá válik. A gazdaságnak azokat a stratégiai helyszíneit helyezi középpontba, amelyek képesek a globális és a lokális erőforrások koncentrálására.

## 11. Energiatakarékosság, hatékonyságnövelés

A magunk mögött hagyott évtizedek energiapazarló voltát az eddigi eredmények ellenére sem sikerült még felszámolni, bőven van tehát tennivalónk. Az energiahatékonyság (inverze az energiaigényesség) tudatos javítását a gazdaságpolitika fókuszába kell helyezni! Általa befolyásolhatjuk legjobban az energiafelhasználás alakulását.<sup>214</sup> Ezzel kapcsolatban néhány területen konkrét feladatokat említünk. Bizonyos számszerűségek bemutatása csupán nyomatékul szolgál kívánatos teendőink irányának vázolásához.

### **Az energiaigényesség értelmezésének kettősége**

Az Energia Világtanács 2007. évi 20. Kongresszusa megállapította, hogy egy ország energiaigényesség-javítása annál gyorsabb lehet, minél nagyobb ott a növekedés üteme. A számszerűség megítélésben bizonyos kettősség áll fenn. Az egyik felfogás szerint azt – mint a felhasznált energia fizikai mennyiségének és a hozzáadott értéknek a hányadosát – a hivatalos árfolyamokon számolt GDP-re, a másik szerint pedig egy bizonyos vásárlóerőt reprezentáló termékkosár GDP-jére (PPP)<sup>215</sup> vetítik. Bár ez utóbbit – azaz a vásárlóerő-paritás szerint számított GDP-t – mindenekelőtt nemzetközi életszínvonal-összehasonlításokra használják, gyakran találkozni lehet vele energiahatékonysági összevetésekben is. Tudni kell róla, hogy a PPP alkalmazása olyan közgazdasági módszer egy alternatív árfolyam kiszámítására két valuta között, amely azt méri, hogy mennyi – egy úgynevezett fogyasztói kosarat alkotó – terméket és szolgáltatást lehet vásárolni valamely valutában egy másikhoz képest. Vele kapcsolatban az a probléma, hogy elvileg országonként azonos termékkosarak árait kellene összehasonlítani, ami azonban a gyakorlatban ritkán teljesíthető. Ismeretes olyan vélemény is, amely szerint a vásárlóerő-paritás egyenesen egy mágia,

<sup>214</sup> Az energiaigényesség (intenzitás) az egységnyi GDP megtermeléséhez szükséges energia.

<sup>215</sup> PPP: Prices and Purchasing Power Parity – vásárlóerő-paritás. Valójában a PPP alkalmazása az itt érzékeltettnél bonyolultabb.

nem más, mint törekvés arra, hogy statisztikával – látszólag megnyugtató módon – el lehessen tüntetni a szegényebb országok közvéleménye előtt a saját gazdaságuk leszakadásának mértékét. A két módszer különbözőségéből adódó eltérés viszonylag csekély a fejletteknél, ahol nagy az egy főre jutó energiafelhasználás, viszont tetemes a kevésbé fejlettek esetében. Többen a PPP alapján, mások a hivatalos árfolyammal számolt energiaigényesség figyelembevételével elvégzett összehasonlítást helyezik előtérbe. Ezzel magyarázható az a kétféle megítélés, amelynek értelmében egyesek azt állítják, hogy a magyar energiahatékonyság gyakorlatilag megfelel a fejlett országokénak, mások viszont csupán a felére vagy még annyira sem értékelik azt.

A hivatalos valutaárfolyamokon alapuló számítás – annak ellenére, hogy azok ingadozásokon eshetnek át a gazdasági körülmények jelentősebb változása nélkül is – jobban kifejezheti valamely ország teljes társadalmi termelésének és fogyasztásának együttes energiahatékonysági színvonalát, különösen a felzárkózni kívánók számára. Ezt a számítást ugyanis nem befolyásolja a PPP-eljáráshoz nélkülözhetetlen fogyasztói kosár óhatatlan önkényessége. Mivel a két módszer között objektív összehasonlítási lehetőség igazán nincs, egyikük eredménye sem tekinthető tökéletesnek. Minden esetben meg kell tehát adni, hogy melyik módszerrel számolt GDP-re vonatkoznak a mutatók. Az EU, a Nemzetközi Energiaügynökség és több más szervezet általában ezt meg is teszi a tárgyilagosságra való törekvés érdekében.

Mivel az országos energiaigényesség-csökkenés ütemében az energiatakarékosság és az ágazati energiahatékonyság javításában való előrehaladás sebessége együttesen leképeződik, érdemes megvizsgálni, hogy az milyen hatást gyakorol az energiafelhasználásra. A szóban forgó tényezők között – a szerző által kidolgozott és az ENSZ által is elfogadott – összefüggés a következő:

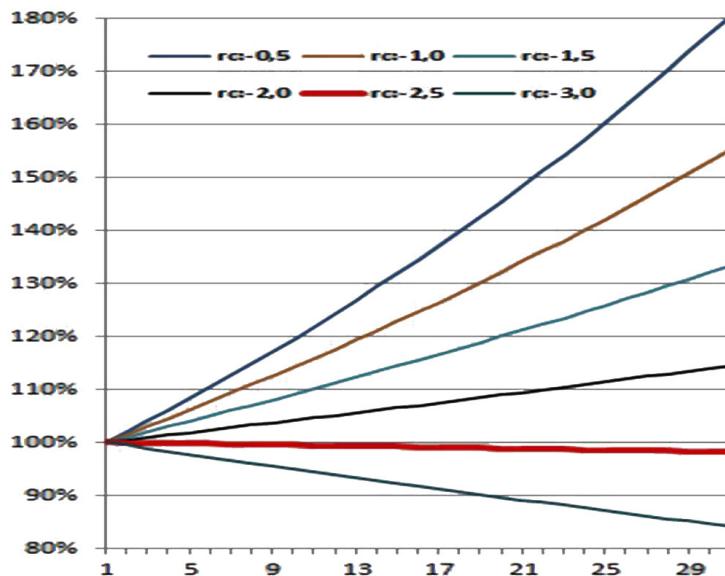
$$r_b = r_a + r_c + (r_a \times r_c) / 100,$$

ahol  $r_a$  a hozzáadott érték-,  $r_b$  az energiafelhasználás-,  $r_c$  az energiaigényesség-változás évi átlagos üteme.

A képlet alapján nem csupán az energiafelhasználás növekedési üteme, hanem a konkrét energiafelhasználás is meghatározható a kiindulási év adatának százalékában. A segítségével példaként rajzolt ábra szemlélteti, hogy konstans  $r_a$  és csökkenő  $r_c$  esetén egyre meredekebben nő az energiafelhasználás.<sup>216</sup> Viszont, amikor az energiaigényesség csökkenési üteme eléri vagy meghaladja a GDP növekedését, már mérséklődik az energiafelhasználás.

<sup>216</sup> Természetesen a fent közölt képlet alkalmas bármely más ütem figyelembevételére is.

A jövőbeni energiaigények a bázisév százalékában 2,5% GDP-növekedési ( $r_a$ ), valamint különböző energiaigényesség-csökkenési ( $r_c$ ) ütemek függvényében



Az ábra alapján látható, hogy a GDP növekedési és az energiaigényesség csökkenési üteme abszolút értékének azonossága esetén (ezúttal: 2,5%/év) az energiafelhasználási görbe a 100% alatt fut. (Lásd ezzel kapcsolatban a táblázatot is!) Ez annyit jelent, hogy az energiaigényesség a GDP-nél jobban befolyásolja az energiafelhasználás alakulását.

Az energiaigényesség-csökkentés ütemének számszerű előirányzása terjed. Az energiahatékonyság szempontjából Japán után a második helyen álló EU-nak az 15-ök számára már az 1995/96-ban megjelent Zöld, illetve Fehér könyve – PPP-alapon – 2020-ig évi 1,7%-os energiahatékonyság-javulást javasolt. (Ez – fejlett országokról lévén szó – az említettek értelmében közel esik a hivatalos bázison számoltéhoz, így alkalmazható a felzárkózókkal való összehasonlításokhoz.) Az Energy Outlook 2030. pedig úgy becsli, hogy a világ átlagos energiaigényessége a 2010. évi mintegy 1,6 toe/1000\$-ról 2030-ig 1 toe/1000\$-ra csökken (2010-es áron), ami 2,3%-os évi javulási ütemet jelent, ráadásul az utóbbi időpontra az országok között is jelentősen mérséklődnek a különbségek.

Az energiaigényességi mutató javulási ütemének szelektív gyorsításával remélhetően el lehet érni, hogy az elmaradottabb országok előbb-utóbb felzárkózzanak a jobb energiahatékonyságúakhoz. Az Európai Unióhoz való csatlakozásunkkor ebben is rosszul álló Magyarországon 1993 és 2000 között a mutató értéke – hivatalos árfolyamon számolt GDP alapján – évente átlagosan kb. 3,6%-kal csökkent. Ez az ütem ugyanebben az időszakban kétszeresen megha-

ladta a világtáglagét. Legalább ezt megközelítő teljesítményt kellene nyújtanunk a jövőben is. Példaként említhető, hogy átlagosan évi 2,5%-os GDP-növekedést és ugyanolyan ütemű energiahatékonyság-javulást feltételezve 10 év múlva csak kb. háromnegyed annyi energiára lehet szükségünk, 25 év múlva pedig mintegy feleannyira, mint stagnáló hatékonysággal. (F/A. Lásd a táblázatot!)

A jövőbeni energiaigények a bázisév százalékában évi 2,5 %-os  $r_a$ , valamint különböző  $r_c$  ütemek függvényében<sup>217</sup>

		energiafelhasználás a bázisév %-ában						
	$r_c$	bázisév	5. év	10. év	15. év	20. év	25. év	30. év
A	0	100	113	128	145	164	185	210
B	-0,5	100	110	122	134	148	164	180
C	-1,0	100	108	116	125	134	144	155
D	-1,5	100	105	110	115	121	127	133
E	-2,0	100	102	105	107	109	112	114
F	-2,5	100	100	99	99	99	98	98
F/A			0,86	0,77	0,68	0,60	0,53	0,46

### Példák az energiaigényesség-csökkentési lehetőségekre

A közlekedésben/szállításban a motorok és a járművek fejlesztése mellett fontos a közlekedést tervező logisztika (a fuvarszervezés, az útvonaltervezés, az elosztó és a szállítási rendszerek kialakítása stb.). Ez, beleértve a műholdas követő- és irányítórendszert is, nagymértékben csökkentheti a szállításra felhasznált energia mennyiségét. Ilyen irányba hat az egyes közlekedési ágazatok (vízi, vasúti, illetve közúti szállítás) ésszerű feladatmegosztása, kihasználva a fajlagos energiaszükségletek különbözőségét. (Michelberger)

A villamos energia termelésében is van megtakarítási lehetőség. Kiemelendők a jó hatásfokú hő- és villamos energia együttes (kapcsolt) előállításának előnyei. Bővítésük nem csupán az energetikai hatékonyságot javítják, de vidékfejlesztési tényezők is lehetnek. Amint az köztudomású, a kapcsolt energiatermelésnek a környezet hőfelvevő képessége a korlátját képezi. Megfelelő hőigényes ipartelepítéssel azonban azt növelni lehet. Példaként említjük, hogy a vidéki - főleg hőenergiát igénylő - élelmiszerfeldolgozó-ipar fejlesztésével egyszerre két cél is elérhető: a termelés bővítése, valamint az energiagazdálko-

<sup>217</sup> Ezek az előrejelzések függetlenek attól, hogy a számítás az említettek közül melyik módszerrel történik.



dás ésszerűsítése. E területek összekapcsolása révén – célszerűen klaszterek<sup>218</sup> keretében – a kiemelkedő mezőgazdasági adottságából eredő komparatív előnyeit Magyarország egyre jobban kihasználhatná.

Első gyakorlati lépésként kínálkozik a relokalizációs gazdaságfejlesztés kialakítása. A gazdasági prioritások közé célszerű sorolni – a vidékfejlesztéssel összhangban – a helyi élelmiszer-termelést. Ennek megoldása lehet olyan helyi közösségek létrejöttének elősegítése klaszterek keretében, amelyek biztosítják a lokális gazdasági körforgást a termeléstől az értékesítésen keresztül a fogyasztásig. A globalizált világban a klaszterek révén a régióknak – amint azt a 6. fejezetben bővebben kifejtjük – jobb esélyük van alkalmazkodni az állandó változásokhoz, mert résztvevői az egymáshoz való közelségük révén rugalmasabbak, mint a multik vagy akár az iparági nagyok.

A kogenerációnak nemcsak a termelői hőfelhasználásban, hanem a lakossági ellátásban is fontos szerepe van. Számítások szerint Európában a kogeneráció bővítésével és az épületszigeteléssel elérhető – főleg földgázban realizálható – megtakarítás évente több tízmillió tonna olajegyenértéket is elérhet. (Lásd még a 8. fejezetet!) Az épületek energiagazdálkodásában található az energiamegtakarítás egyik nagy tartaléka. A legjobb példa erre Dánia, ahol a villamos energia több mint felét hővel kapcsolatosan állítják elő (Magyarországon alig 20%-át, de az Európai Környezetvédelmi Ügynökség 2012. évi adatai szerint ezzel az aránnyal is az előkelő 4. helyen állunk az országok rangsorában). Dániában a '80-as években még mindössze 15 kogenerációs erőmű létezett. Ezzel szemben ma már százával működnek a – több mint 60%-ban távfűtéses háztartást, a közintézményeket és a helyi termelést hővel és villamosenergiával ellátó – decentralizáltan elhelyezett kis teljesítményű kogenerációs egységek. A jól kiépített hálózatok azt is lehetővé teszik, hogy a távfűtő rendszerbe egyéb termelők is betáplálhassák a számukra fölösleges hőt. A távhő-infrastruktúra kialakításában nagy szerepet játszott az állam. A dán társaságok a fűtési rendszereiket exportálják is.

Az épületek energiaellátásánál a megtakarítás másik eleme a szigetelés. Egy valóban országos szintű épületszigetelési, illetve az épületek megújuló energiákra való átállási programja – államilag még erőteljesebben segítve – nemcsak számottevő energiamegtakarítást eredményezne, hanem jelentős számú munkahelyet is teremtene. Ráadásul az energiaigények így elérhető mérséklése fokozná az ellátás biztonságát. Komplexitása miatt ez a program a következő évek gazdaságpolitikájának egyik fontos eleme lehet.

<sup>218</sup> A klaszter egy gyűjtőfogalom, amely a gazdasági tevékenységek térbeli koncentrációjának eltérő megjelenési formáit foglalja össze. A gyakorlatban alulról szerveződő helyi gyártók, szállítók, kutatók, szolgáltatók együttműködése keretében dolgoznak. Az regionális fejlesztés szemlélete napjainknak ahhoz a megfigyelhető realitáshoz igazodik, amely szerint az együttműködő stratégiák egyre sikeresebbek a globális gazdaságban is.

Az energiaigényesség javításához az egyik szakágazati lehetőség a vegyiparban kínálkozik a szelektívebb katalizátorok, a hideg-, a meleg- és a nyomásenergia ésszerű hasznosítása, a veszteségmentes szintézisek kidolgozása, oldószerként a víz minél gyakoribb felhasználása, a szobahőmérsékleten lejátszódó reakciók kifejlesztése, valamint a nanoszűrőes elválasztás stb. révén.

Országos viszonylatban az említett relokalizáció támogatásán kívül – tudatos ágazati struktúrapolitikával – a leginkább energiahatékony ágazatok fejlesztése révén a gazdaságpolitika rendelkezik a legnagyobb lehetőséggel. Amint az köztudott, nagy energiaigényességű ipari tevékenységek: a kohászat, az építőanyagipar és a nehézszerkezetgyártás. A jobb energiahatékonyágak közé sorolhatók: a finomvegyipar, a gépipar, a könnyűipar, az informatika és a turizmus. Az anyag- és energiatakarékosság szempontjából fontos terület az egyszer használatos termékek helyett a tartósak használatának bővítése, illetve azok újrahasznosítása stb. A fémek újrahasznosítása becslések szerint kétszer-tízszer energiahatékonyabb, mint az ércekből való kiolvasztásuk. Az UNEP jelentése szerint globálisan a vizsgált mintegy hatvan fém kevesebb mint harmadát hasznosítják újra legalább ötven százalékban. Viszonylag magas – 70–90 százalékos – az ólom, a vas, az acél és az ékszerészetben használt nemesfémek újrahasznosítása, 15 százalék alatti viszont az elektronikában igénybe vett arany és ezüsté, más fémeknél – indium, tellúr, szelén, lantán – pedig gyakorlatilag nem létezik. Különösen igaz ez számos olyan speciális fémre, amely kulcsfontosságú új technológiák nélkülözhetetlen alapanyagát képezi. A legtöbb tiszta technológia – így például a hibrid autók vagy a szélturbinákban található mágnesek – olyan fémeket igényelnek, amelyeket szintén alig hasznosítanak újra.

Az energiapolitikának pedig szerteágazó – itt nem részletezett – feladatai mellett a lakosság felvilágosításával, valamint megtakarítási programokkal is segítenie kell a hatékonyságjavulást. Az ugyanis a legbiztonságosabb energiaforrás, mert kizárólag tőlünk függ. Ráadásul ezen a területen komoly tartalékok vannak.

## 12. A környezeti veszélyek etikus megközelítése

*A természetnek engedelmességgel parancsolsz. – Lord Francis Bacon*

*Az ember eleve a természet része, még akkor is, ha megkülönbözteti magát tőle azért, hogy kibasználhassa – Arnold Toynbee*

*A mai közkeletű felfogás szerint a melegedéstől kell félni, pedig alig néhány évtizede még az új jégkorszak rémítette az embereket. 1974 áprilisában az ENSZ-ben bizottságot hoztak létre ennek a kérdésnek a vizsgálatára, és ez arra az eredményre jutott, hogy a globális hőmérséklet évenként 0,15 °C-kal csökken, és 2015-re a végeredmény 0 °C lesz. Ez a botrányos tévedés önmagában is óvatosságra kellene, hogy intse a mai „vészjóslókat”. – Berényi Dénes*

A környezet megóvásának kérdése különböző korokban és helyeken többször felmerült. A londoni lakosság a 13. és a 14. század fordulóján II. Edward királynál tiltakozott a szénrel való tüzelés bevezetése ellen a füst miatt. A király ezért pénzbírsággal és a tüzelőhelyek lerombolásával büntette a kőszén használatát, sőt egyeseket még ki is végeztetett. A lerombolt tűzhelyek mégis újraépültek, a kőszénhasználatot már nem lehetett megállítani. A környezetvédelmi mozgalmak kialakulása elválaszthatatlan az ipari forradalom által jelzett változásoktól. A nagy gyárak létrejötte és a szénhasználat elterjedése magával hozta a fokozódó légszennyezést, ráadásul a szemet mennyisége is növekedésnek indult. Az első környezetvédelmi törvényt 1863-ban hozták Nagy-Britanniában. A világon egyre gyakrabban tapasztalható erőfeszítések azonban jobbra helyi jellegűek voltak. Rachel Carson 1962-ben megjelent és számos nyelvre lefordított *Néma tavasz* című könyve felhívta a figyelmet az emberi egészségre és az élővilágra leselkedő veszélyekre. Ez a munka erőteljesen hatott a környezeti mozgalmakra. Sokan a *Néma tavasz* megjelenését tekintik mind a civil, mind az állami környezetvédelem kezdetének.

Az USA 1957-ben kezdte el tűzhangyairtó programját, amelyben DDT-vel és más féregirtókkal kevert tüzelőolajat permeteztek repülőgépekről a földekre. Rachel Louise Carson (1907-1964) amerikai tengerbiológus, ökológus, író ennek hatására kezdte tanulmányozni a rovarirtószerek környezeti hatásait. A *Néma tavasz* című könyvében példákkal bizonyította, hogy a DDT maradandó környezeti károkat okoz. A mű hatásaként a világ legtöbb országában betiltották DDT használatát. Hazai gyártásának, behozatalának és felhasználásának tiltása 1968-ban lépett érvénybe.

Intézményesen csak 1968-ban hívta fel a figyelmet a globális veszélyekre a Római Klub. Ez széles értelemben figyelmeztetett arra, hogy a környezetszennyezés és az erőforrás-felhasználás mértéke meghaladja a „fenntarthatóság” szintjét.<sup>219</sup> A Worldwatch Institute kutatásai szerint az ipari szennyezés a fejlődő országokban ugyanolyan ártalmas az egészségre, mint a malária és a tbc. A közvéleményt leginkább a nukleáris és a kémiai veszélyek, valamint a klímaváltozás foglalkoztatják. A legsúlyosabb nukleáris baleset Csernobilban (1986) és Fukusimában (2011), a legsúlyosabb vegyipari pedig az indiai Bhopalban (1984) történt. Ez utóbbi 2500 ember halálát, valamint mintegy húszezer érintett tartós megbetegedését okozta. Ezek a katasztrófák nyilvánvalóan és egyértelműen az emberi tevékenységhez köthetők. Sokak szerint a klímaváltozással kapcsolatban is ez utóbbi valószínűsíthető, bár 100%-os biztonsággal nem mondható el. (Ezzel kapcsolatban a vélemények különbözőségére a későbbiek folyamán részletesebben visszatérünk.)

Jogosan merül fel a kérdés, hogy a fenntarthatóságot biztosíthatja-e az embernek a természet rendjére és a környezetre gyakorolt okos(abb) magatartása, vagy léteznek-e olyan nagyobb – geológiai, illetve kozmikus – erők is, amelyek veszélyeztetik azt, és velük szemben tehetetlen az ember.

A Föld természeti kincseinek zabolálatlan kizsákmányolása és azzal szoros összefüggésben környezetünk módszeres tönkretétele nem folytatható. Ha nem változtatunk, előbb-utóbb le kell mondanunk arról a jólétről és kényelemről, amelyet – legalábbis a gazdag országokban – már megszoktunk, holott egy-két emberöltővel korábban nem is álmodtunk róla. Nem tudhatjuk biztosan, milyen tálmányok születnek, amelyek forradalmasíthatják a még várhatóan évtizedekig szaporodó emberiség környezetbarát energia- és nyersanyagigényei kielégítésének fenntarthatóságát. Nincs alapja annak a végletesen pesszimista hiedelemnek sem, hogy feltétlenül katasztrófára kell számítanunk. De – Engelman<sup>220</sup> szavaival élve – „majdnem vallásos hit kell ahhoz a meggyőződéshez, hogy kedvező változások fogják meghozni a környezeti színdarab végkifejletét”.

<sup>219</sup> A fenntartható fejlődés az emberiség jelen szükségleteinek kielégítését úgy valósítja meg, hogy nem rontja a jövő generációk életminőségét.

<sup>220</sup> Robert Engelman a Washingtoni Worldwatch Institute elnöke.

Miközben erre a nehéz kérdésre választ keresnénk, emlékeztetjük az olvasót, hogy mind a talaj, mind a víz, mind pedig a légkör a sok százmillió év fejlődése során nyerte el jelenlegi minőségét. A Földnek ez a kémiaiag összetett rétege jelentős részben élő teremtmények – többek között az emberek – halmaza, amelynek elemei biológiailag szinte áttekinthetetlen rendszerben kapcsolódnak össze. A hatalmas természeti erők (véletlen?) kölcsönhatásainak jóvoltából a fagyos – mínusz 270 °C-os – világűrben száguldó, a belsejében pedig több ezer °C-on izzásban<sup>221</sup> levő bolygónk bioszférájában az élethez szükséges természeti egyensúly nemcsak kialakult, hanem a mai napig fenn is maradt.<sup>222</sup>

Mi teszi képessé ennek az egyensúlynak a fenntartására a viszonylag „vékony” bioszférát? Fél évszázaddal ezelőtt írta Schrödinger<sup>223</sup>: „Valóságos csoda, hogy bolygónkon négy milliárd éve a hőmérséklet szinte állandó, a tapasztalható ingadozás a biogén hőmérsékleti zóna határain belül maradt. A kilengések amplitúdója alacsony volt.” Még akkor is szinte csoda, ha most néhány fokos, az emberiséget próbára tevő hőmérséklet-emelkedés közben/előtt állunk? Ez a hőmérsékletváltozás ugyanis elenyésző a világűr és Föld belső hőmérsékletkülönbségéhez képest, de megviselheti az emberiséget. E „csodát” Lovelock az általa létrehozott Gaia-elmélettel magyarázza. Ennek az a lényege, hogy a Föld összes élő és élettelen része egy szorosan összefüggő rendszert alkot, amely homeosztatikus működésű, azaz képes fenntartani létezésének feltételeit. Az elmélet az élő és a nem élő organizmusok egymásra ható, ideális életfeltételekre törekvő egységét mutatja be.

Az élet – a biológiai sokfélesége (a biodiverzitás)<sup>224</sup> – az évek százmilliói óta folyamatosan változik.<sup>225</sup> A fajok száma újabban feltehetően csökken (noha újak is jelennek meg), az élet folytatódik. A fajok egy részének pusztulása a környezeti változásokhoz való alkalmazkodás hiányának a következménye volt, és az ma is. A földi fajok 60-70 százalékának „élettartama” – a kialakulásától az eltűnéséig – 150-300 ezer év. (Kordos László) A megmaradó fajok túlélésének

<sup>221</sup> A Föld belseje felé haladva a hőmérséklet nagy részben a radioaktív anyagok bomlása miatt nő. A földköpeny alsó részén eléri a 4000 °C-ot.

<sup>222</sup> A Millennium Ecosystem Assessment 2007-es jelentése azt állapította meg, hogy a nagy élőrendszerek több mint fele érzékelhetően, többségük visszavonhatatlanul sérült. A fajok egy része már kipusztult – jelentős részben az emberi tevékenységek miatt – és ez a folyamat most gyorsulni látszik.

<sup>223</sup> Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger (1887–1961) osztrák fizikus, Nobel-díjas. Kiemelkedő munkát végzett a statisztikus fizikában, a relativitáselméletben. Schrödinger a kvantummechanika róla elnevezett alapegyenletének felállítója. Biofizikával is foglalkozott. „Mi az élet jellemző vonása? Mikor mondjuk az anyag egy darabkájáról, hogy él?” – teszi fel a kérdést. „Ha »csinál valamit«, mozog, anyagcsere révén kapcsolatban áll környezetével stb., s mindezt hosszabb időn át »teszi-annál, mint ahogy azt az élettelen anyagtól hasonló körülmények között elvárnánk” – válaszolja.

<sup>224</sup> A biodiverzitás a DNS-ben (az örökítő anyagban) meglévő különbségekből ered.

<sup>225</sup> Jelenlegi ismereteink szerint a Föld kb. 4,6 milliárd éves. Több mint 3,5 milliárd évesek azok a kőzetek, amelyekben már élőlény-maradványokat találtak. Ezek az élőlények egysejtű, a ma élő prokariótáknál is egyszerűbb szervezetek lehettek.

az a magyarázata, hogy – jöllehet az átörökítő információkat tartalmazó DNS kémiai szerkezete (a géneket alkotó bázisok – adenin, citozin, guanin, timin – sorrendje) rendkívül stabil – mutációk (másolási hibák) révén mégis magában hordozza az alkalmazkodás (az evolúció) lehetőségét a szélsőségesebb (például a hőmérsékleti) körülményekhez is. Az alkalmazkodást elősegítő változások természetét Schrödinger már egy évtizeddel Crick és Watson DNS-modelljének bemutatása (1953) előtt megsejtette.<sup>226</sup> Az ember alkalmazkodóképessége jó. A túlélését biztosító adaptációt D. Meadows, a New Hampshire Egyetem professzor emeritusa egy koppenhágai konferencián a következőképpen jellemezte: „Nem fogunk kihalni. Az emberiség túlélte a jégkorszakot, most pedig túl fogjuk élni a »hőkorszakot«.” Majd hozzátette: „Azt azonban kétlem, hogy a végén több milliárd ember fog repkedni, és hatalmas gépkocsikkal közlekedni a Földön.”

Ezek után kissé bővebben térjünk rá a mostanában leggyakrabban említett kihívásra, a klímaváltozásra.

Az emberi tevékenység befolyása mellett klímaváltozást okozhatnak a földrészek tektonikus mozgásai,<sup>227</sup> a vulkánkitörések, a vízgőz, a földpálya paramétereinek változása, a bolygót érő külső hatások, közöttük leginkább a napsugárzás változékonysága. Például a napfolttevékenység intenzitásától függően emelkedik vagy csökken a Föld hőmérséklete, beleértve az óceánokét is, befolyásolva ezzel a vele egyensúlyban levő légkörét.<sup>228, 229</sup> (Knopnak és szerzőtársainak 2009-ben, a Nature-ben megjelent cikke szerint 125 ezer évvel ezelőtt, az utolsó interglaciális

<sup>226</sup> Schrödinger a röntgensugárzás által okozott mutációk gyakoriságából kiszámította, hogy „a röntgenfotonnak egy ötvenmilliomod köbcentiméternyi térfogaton belüli piciny célpontot kell eltalálnia ahhoz, hogy egy-egy öröklődő változás a sugárzás hatására bekövetkezzék. Ez a térfogat pedig már a molekulán belüli tartományba esik. Az öröklődő információkat tehát valamilyen módon, a molekulán belüli atomi csoportoknak kell hordoznia”. (Gánti) Hogy miként, arra maga Schrödinger utal: „Az atomok jól rendezett társulása, amely nagyszámú lehetséges elrendezésre nyújt alkalmat, elég nagy ahhoz, hogy a determinációk bonyolult rendszerét kis térfogatban egyesítse. Az atomok számának a struktúrában nem is kell nagyon nagyok lennie ahhoz, hogy szinte korlátlan számú elrendezés legyen lehetséges”. Egy évtized múlva a Watson-Crick-modell igazolta Schrödinger feltételezését. A DNS négyféle „bázist” tartalmaz, és e négyféle jel több százas csoportokat (géneket) alkot. Mutációjuk bekövetkezése kimeríthetetlen számú variációs lehetőséget hordoz, közöttük az alkalmazkodását is.

<sup>227</sup> A légkörben a szén-dioxid és az oxigén egyensúlya a biológiai ciklussal összhangban változik. Ennek során az oxigént a növény a levegő szén-dioxidjának felhasználásával fotoszintézis útján állítja elő, míg a szén-dioxid nagyrészt a szerves anyag oxidálódása során jön létre. Így a földtörténet során a bioszférában a szerves anyag lebomlásának/beágyazódásának az aránya befolyásolta a légkör szén-dioxid-tartalmát, amelyre a biológiai cikluson túl további tényezők is hatással vannak. Az egyik a vulkánok okozta exhaláció, a másik a kőzetek mállása, amelyek intenzitásváltozásai szoros összefüggést mutatnak a lemeztektonikai folyamatok sebességével. (Császár és társai)

<sup>228</sup> Mérések mutatták ki, hogy a Föld hőmérséklete és a Nap tevékenysége között kapcsolat áll fenn. Az időjárási hatásoknál figyelembe kell venni a napfoltok aktivitásának fokozódását kísérő napkitörések gyakoribbá válását.

<sup>229</sup> A NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) mérései szerint az utóbbi 40 évben a világtengerek hőmérséklete 300 méter mélységben 0,56 °F-kal nőtt.



alatt a sarkok hőmérséklete 3-4 °C-kal, glóbuszunké pedig 1-2 °C-kal magasabb volt a jelenleginél.) A levegőben és a vízben oldott (szervetlen) CO<sub>2</sub>-tartalom egymáshoz való aránya tudniillik függ a hőmérséklettől. Hőmérséklet-emelkedés (az imént említett okok közül bármelyiknek is az eredménye) esetén – a jól ismert természeti törvényeknek megfelelően – a világtengerekből CO<sub>2</sub> deszorbeálódik és jut a légkörbe, csökkenés esetén viszont az abszorpció a domináns. Az ezen elvek mellett lejátszódó folyamatokban a végeredményt illetően a mennyiségi tényezők fontos szerepet játszanak. H. G. Franck másokkal közösen már 1979-ben bemutatta, hogy a tengervíz 0,005% oldott (tehát szervetlen) CO<sub>2</sub>-t tartalmaz, és a benne felhalmozott CO<sub>2</sub> 38 ezermilliárd tonna tiszta szénnek felel meg. A levegő CO<sub>2</sub>-tartalma ezzel szemben 0,03%-ot tesz ki, a benne levő karbon pedig „csak” 640 milliárd tonna, az ember által okozott emisszió pedig „mindössze” 9 milliárd tonna/év. Franck és Knop adatai jól egyeznek más – többek között az Indianai Egyetem által közzétett – hivatkozásokban találhatóakkal. A tengervízben oldott CO<sub>2</sub> a légkörben levőnek tehát a hatvanszorosa (a bioszférában található pedig a százharmincszorosa). Az arányok miatt az említettek értelmében – akár nem antropogén okok miatt történő – hőmérséklet-emelkedés hatására a tengervízből már kis deszorpció bekövetkezése is viszonylag nagy CO<sub>2</sub>-koncentráció-emelkedést okoz a légkörben. Bonyolítja az egyensúlyi helyzetet, hogy a tengerek felszínéről felszálló CO<sub>2</sub>-ból szintetizálják a planktonok és más élő szervezetek a szerves széntartalmukat, befolyásolva ezzel nemcsak a tengerek, hanem – az említettek következményeképpen – az atmoszféra CO<sub>2</sub>-mértékét is. Még tovább komplikálja a karbon ciklust az, hogy az atmoszférában és a tengervízben lévőhöz egyaránt több nagyságrenddel nagyobb mennyiségben jelen lévő szervetlen üledékek és kőzetek kémiai reakciói szintén részt vesznek/vehetnek a máig is csak nagy vonalakban tisztázott „biogeokémiai ciklusnak” nevezhető folyamatokban. A Föld éghajlata az évmilliók során számos változáson ment keresztül, amelyekre csak különböző tudományterületek – csillagászat, fizika, kémia, geológia, biológia – tanulmányozásával következtethetünk, de nem hagyható ki a történelem, a régészet és a gazdaságtörténelem sem. A földtörténeti múlt éghajlatának kutatásával a paleoklimatológia tudománya foglalkozik. A klíma ingadozása tehát rendkívül összetett jelenség, és csak a geológiai múltba való visszatekintés útján ítéltető meg. Reményi szerint nem lehet tudományos megállapítás az, ha elismerik ugyan számos paraméter befolyását, a klímaváltozást mégis csak a szén-dioxid-koncentráció növekedésének a számlájára írják. Berényi *Hogy állunk a klímaváltozással?* című cikkében a klímaváltozással kapcsolatos bizonytalanságokat a következő mondattal érzékelteti: „A klíma bármiféle módszerrel történő stabilizálása képtelen és eleve kudarcra ítélt vállalkozás.” Reményi pedig így ír: „A 19. század vége óta megfigyelt átlagos hőmérséklet-emelkedést valós tényként fogadhatjuk el. Ez a következtetés természetesen nem okvetlenül jelenti azt, hogy a melegedés valóban az üvegházhatású gázok növekedése miatt következett. be”.



2008-ban az UNESCO-nak *A Föld Bolygó Nemzetközi Éve* rendezvényén a következő mondatok hangzottak el: „A Föld nincs abszolút egyensúlyi állapotban. A mélybeli dinamikus folyamatok a felszínen is megnyilvánulnak, és ez megnöveli a természeti veszélyek hatását.” Elég a vulkántevékenységre gondolni. A tektonikaformáló hatalmas erők ma is működnek. Mindazonáltal a kilengések amplitúdója és annak következményei mindeddig nem haladták meg azt a határt, amely a földi élet fennmaradását – egészében – lehetővé teszi. Ez csak a természeti erők globális kölcsönhatása, valamint az élővilág alkalmazkodásának eredményeként létezhet(ett). Megjegyezzük, hogy ez összhangban lehet(ne) Lovelock elméletével, amely azonban – kritikusai szerint – egy képzelt világ modellje.

Egy-egy civilizáció életképességét alapvetően befolyásolja, hogy miként tud alkalmazkodni a sokasodó kihívásokhoz (köztük a klímaváltozásokhoz). A ma létező civilizációk társadalmainak – köztük a nyugati típusúnak is – eddig volt ideje az újhoz való többé-kevésbé rugalmas alkalmazkodásra, de nem tudjuk, hogy a változások felgyorsulása miatt ez a következőkben is így lesz-e. A kérdés az, amit többször is felteszünk: Ha a teljes élővilágra nem is, a civilizált emberi létezés számára meddig maradnak meg a fennmaradáshoz szükséges feltételek?

A megadhatatlan válasz helyett iparkodjunk ezután is alkalmazkodni a gyorsan változó körülményekhez, mindenekelőtt a természethez. A környezet kiuzsorázásának és rombolásának fékezését – és e tekintetben távolról sem csupán a CO<sub>2</sub>-koncentráció kérdéséről van szó – meg kell állítani. Egy becslés szerint évente százezer megatonna nyersanyagot és energiahordozót termelnek ki a földi ökológiai rendszerekből, és ennek jelentős hányada hulladékként kerül vissza a környezetbe. (Papp) Kémiai-biológiai szempontból különösen jelentős a kén-, a nitrogén- és a foszfor-ciklus. Ez és az egyéb kihívások (lásd a 3. fejezetet!) kombinálódásában rejlő veszélyek leküzdése érdekében sok mindenre tekintettel kell lennünk, még hozzá minél hamarabb és minél hatékonyabban, hiszen éppen a problémák torlódása miatt nem nézett még szembe az emberiség ennyire összetett problémával. Be kell látnia mindenkinek, hogy ennek a megoldása távolról sem lehet csupán piaci ügy. Amennyiben nem helyesen reagálunk, beláthatatlan, kaotikus helyzet alakulhat ki. A megelőző tennivalókat a kormányok és a nemzetközi szervezetek szintjén kell összehangolni. Azoknak a világ jelenségeire való jobb rálátási lehetőségük okán elsődleges szerepet kell kapniuk. Ennek érdekében – és sok egyéb ok miatt is – mielőbb meg kell(ene) újulniuk mind az egyéneknek, mind a kormányoknak, mind pedig a nemzetközi szervezeteknek. Erre a problémára a hordereje miatt a későbbiekben még kitérünk, hiszen nem csupán a klímaváltozásról van szó, hanem a kihívások seregéről. A helyzet feltárásával kezdve elengedhetetlen kilépnünk a rövid távú gondolkodás és a szűklátókörűség ördögi köréből, az emberi szellem teljes teremtő erejét latba vetve pedig a felismerést mihamarabb cselekvésbe kell fordítanunk, amíg van rá időnk!

A Föld komplex túlterhelésének jellemzésére kimunkált statisztikai mutatószám – az úgynevezett ökológiai lábnyom (HEF)<sup>230</sup> – a Föld egészére máris kb. 30%-os többletet jelez. A Globális Ökológiai Hálózat szerint az 1 milliónál nagyobb lakosságú országok közül az Egyesült Arab Emírségnek, Katarnak, Dániának és az Egyesült Államoknak van a legnagyobb ökológiai lábnyoma. Ha mindenki annyit fogyasztana, mint ezeknek az országoknak a lakói, több mint 4 Földre lenne szükségünk. Bolygónk hőmérsékleti egyensúlya megbomlani látszik, vele kapcsolatban – mint okról – ma túlnyomórészt a klímaváltozáshoz vezető üvegházhatású gázok<sup>231</sup> (elsősorban a szén-dioxid) kibocsátásáról esik szó, jóllehet a szennyezés ezernyi más jelét is tapasztaljuk. E pontban az antropogén szén-dioxid-emisszióknak a klímaváltozás – jelentős részben az energetikához köthető? – legnagyobb publicitást kapott problémakörével foglalkozunk, mivel az energetikát és rajta kívül úgyszólván mindent a CO<sub>2</sub>-kibocsátás tükrében vizsgál a hivatalosság.

Környezetünk hőmérsékleti egyensúlyának a megítélésében az igazi problémát az antropogén és a nem antropogén folyamatok által előidézett változások elkülönítésében, illetve az azok egymáshoz viszonyított arányának a bizonytalanságában ismereteink hiányossága okozza. „Egyszerűen nem értjük eléggé az éghajlati rendszert, mint egészet.” (W. Kutschera) De „ha nem értjük a jelenlegi folyamatokat, honnan vesszük a bátorságot a megítéléséhez?”

A bizonytalanság és a nehézségek dacára – adataink, tapasztalataink, valamint a józan gondolkodásunk segítségével – kíséreljük meg szemügyre venni azt, hogy az évek óta tapasztalt „klímaváltozás” mennyiben tulajdonítható az emberi tevékenység hatásának.

Az antropogén emisszió legnagyobb felelősei a villamosenergia-termelés, az ipar és a szállítás/közlekedés, valamint az erdőirtás. A Carbon Monitoring

<sup>230</sup> Az ökológiai lábnyom fogalmát William Rees vezette be a múlt század hetvenes éveiben. A HEF-mutató (Human Ecological Footprint) a természetbe történő emberi beavatkozást összegző szám. Azt fejezi ki, hogy az adott népesség mekkora területről fedezi a fogyasztásához szükséges erőforrásokat (ha/fő). Egyesíti a művelésbe vont területek nagyságát, az infrastruktúrával lefedett területet és a szennyezőanyag-kibocsátás semlegesítéséhez szükséges földmennyiséget. Ez a Föld egy lakójára átlagosan mintegy két hektáryi terület. A lábnyomszámításokat a Globális Lábnyom Hálózat (Global Footprint Network) végzi. Az USA HEF-indexe 10, Magyarországé 3,5, Afganisztáné 0,1. Ahhoz, hogy minden ma élő ember elérje az USA lakosainak színvonalát, négy további bolygóra lenne szükség.

<sup>231</sup> Amikor a Naphól a Föld légkörébe behatoló sugárzás a Föld felszínéről visszaverődik, az energia nem jut vissza maradéktalanul a világűrbe, mert egy részét nem engedi ki a légkör. Hőcsapda keletkezik, akárcsak egy üvegházban. Az igazi üvegház átengedi a napfényt, ám a talaj és a növények által visszavert sugarak már nem tudnak ugyanolyan könnyen kijutni az üvegházból. A behatoló sugárzásként áthalad az üvegen, de a talajt elérve hosszú hullámú hősugárzássá alakul át, amelyet már nem enged át az üveg, így és a belső tér felmelegszik. A Föld légkörében is hasonló jelenség játszódik le. Az üvegtető szerepét itt az üvegházhatású gázok és a vízpára tölti be. A legfontosabb üvegházhatású gázok a szén-dioxid, a metán, a dinitrogén-oxid, a perfluor karbonok, a freonok és az ózon.

for Action (CARMA<sup>232</sup>) globális adatbázisa szerint a villamosenergia-termelés negyedrészen felelős a globális melegedésért. Ami pedig az erdőirtást illeti, magától értődik, hogy a kevesebb erdő kevesebb CO<sub>2</sub>-t köt meg. Ezenkívül az égetéses irtás során szintén szén-dioxid jut a levegőbe. Egy felmérés szerint a 20. század utolsó évtizedében a deforesztáció (50–120 ezer km<sup>2</sup>/év) jobban hozzájárult a CO<sub>2</sub>-feldúsuláshoz a levegőben, mint a földgáztüzelés, és megközelítette az összes fosszilis tüzelőanyag elégetéséből származó CO<sub>2</sub> emissziójának a harmadát-negyedét.

A klímaváltozásért egyedül az emberi tevékenységet felelőssé tevők szerint a Föld hőmérsékletének emelkedésében egyértelműen az antropogén kibocsátások, azon belül domináns mértékben a CO<sub>2</sub>-é játszik közre. A metán- és nitrogén-emisszió főleg a mezőgazdaság számlájára írható, de a jövőben a klatrátokból<sup>233</sup> a klímaváltozás gyorsító hatására történő metánfelszabadulás egyenesen katasztrofális lehet. Azt feltételezik, hogy amennyiben nem teszünk eleget a kibocsátások csökkentése kívánalmának, az üvegházhatású gázok légköri koncentrációja már 2035-re eléri az ipari forradalom előtti érték kétszeresét. Ennek következményeként 2 °C feletti globális hőmérséklet-emelkedéssel kell szembenézni, de nem lehet kizárni azt sem, hogy a globális hőmérséklet-növekedés meghaladja akár az 5 °C-ot is. Fatih Birol, a Nemzetközi Energiaügynökség vezető közgazdásza 2011-ben úgy nyilatkozott, hogy – ha nem változtatunk a fosszilis energia felhasználásának trendjén, öt éven belül visszafordíthatatlanná válik az éghajlatváltozás. Ma még nem tudható, hogy az ökológiai rendszer miként és meddig viseli majd el a terhelésnövekedést. Az inercia még a megszokott mederben tartja ugyan a természet rendszereit, de a klíma változása elkezdődött.

Másként vélekednek a klímaváltozás okáról az úgynevezett „szkeptikusok”.<sup>234</sup> Abból indulnak ki, hogy az éghajlatváltozások – az emberi jelenléttől függetlenül, tehát nem antropogén okra visszavezethetően – több százezer évre visszatekintve természetes jelenségek voltak, melegedési és lehűlési periódusok, valamint a légköri CO<sub>2</sub>-koncentráció-változások (a NOAA12 vizsgála-

<sup>232</sup> A 2007-ben alapított CARMA célja információt szolgáltatni a tisztább, alacsony karbon-tartalmú jövő érdekében.

<sup>233</sup> A metán légköri koncentrációja 2005-re az ipari forradalom előtti időszak két és félszeresére nőtt. Mivel üvegházhatást okozó gáz, romlást okozhat a permafroszt területeken a metán-hidrátok destabilizációja is. A 11 ezer évvel ezelőtti jégkorszakban befagyott, és a permafroszt által elzárt állapotban klatrát formájában megbúvó metán mennyiségét Larry Smith 70 milliárd tonnára teszi. (A permafroszt olyan talaj, amely legalább két éven keresztül fagyott állapotban van.)

<sup>234</sup> A szkeptikus kifejezést csak azért használjuk, mert a köztudatban ez terjed. Valójában a kifejezés helytelen, mert azt érzékelteti, hogy hívei valamely megdönthetetlen elméletben kételkednek, holott erről tudományos szempontból nem lehet szó.

ta szerint<sup>235</sup> egymással többnyire közel szinkronban követték egymást). Ezért hiba az antropogén emissziót első számú felelőssé tenni a klímaváltozásért. Az utolsó jégkorszak 1,5 millió évvel ezelőtt kezdődött. A Neander-völgyi és a modern ember kialakulása az ingadozó jégkorszakok idején ment végbe. Krisztus előtt 12 ezer évtől a jég visszaszorult, megindult a mezőgazdasági tevékenység.

Hozhatunk példákat a közelebbi múltból is. Észak-Grönlandot 982-ben fedezte fel Vörös Erik viking hajós, növényzete alapján ő nevezte el zöld földnek. Ezt az időszakot a kis jégkorszakot megelőző kedvező éghajlat jellemezte.<sup>236</sup> Abban az időben Grönlandon gabonát arattak, de egyéb adatokból is világos, hogy akkor a globális hőmérséklet magasabb volt, mint napjainkban. Várkonyi Nándor írja róla a következőket: „A vegetáció olyan éghajlatra utalt, amelyet most a Genfi-tó környékén találunk. Ugyanez a táj (értsd: egykor ugyanilyen hőmérsékletű és növényzetű) ma kb. a 70° északi szélesség alatt terül el. E vidék roppant hőmérsékleti eltolódását a sarkpont elmozdulásával szokás magyarázni a harmad- és negyedkorban. A növényfélék maradványaiból, valamint egy sor földtani és természettani leletből kitűnik, hogy Nyugat-Grönland a 30° északi szélesség alatt feküdt.” A 14–17. században a jégsapkák délebbre húzódtak, a mezőgazdasági munkákkal tölthető időszak egy hónappal lerövidült és a föld hosszabb ideig maradt fagyott, így az erózió hatása is hamarabb érvényesült. Két évszázadon át – 1550 és 1740 között – az éghajlat különösen hidegre fordult. A 14. század egész második felében a tél jellemzően novembertől márciusig tartott, sok hóval és jéggel. A nyarak hűvösek voltak, ősszel gyakori volt a pusztító vihardagály Hollandiában. A kis jégkorszak egyik mélypontja 1586/87 volt. Még a 17. század első negyede is hidegnek számított. Tanúskodnak erről olyan korabeli holland és flamand festők művei is, mint Pieter Bruegheléi. A termőföldek rövidebb idő alatt merültek ki, és egyre több helyen pusztított éhínség. A közellátás akadozása a városokban is gondot okozott. A nagy hideg következtében Londonban sokáig vásárokat lehetett rendezni a befagyott Temzén. A legenda szerint a Duna jegén választották 1458-ban királlyá Hunyadi Mátyást. A kor kelet-közép-európai uralkodóinak problémaérzékenységére jellemző, hogy 1335-ben a cseh, a lengyel és a magyar király Visegrádon találkozott a nehézségek leküzdése érdekében azért, hogy közös gazdasági stratégia alakítson ki. (Nevezhetjük ezt az első Visegrádi találkozónak, ami többszöri perszonaluniók kialakulásához is vezetett.) A 17. század második negyedétől azután az időjárás melegebbé vált, például az 1636-es és 1637-es tél rendkívül enyhe volt.

<sup>235</sup> Ez alól kivétellel is találkozhattunk. A múlt század negyvenes éveinek közepe és a hetvenes éveinek közepe közötti időszakban a szén-dioxid-szint növekedett, míg a hőmérséklet csökkenést mutatott (Berényi). A légkör szén-dioxid-tartalma és a földi átlaghőmérséklet összefüggése nem teljesen egyértelmű.

<sup>236</sup> A kis jégkorszak időszakának pontos meghatározása körül jelentős viták vannak a klimatológusok körében.

Zbigniew Jaworowski,<sup>237</sup> az ENSZ EGB Radioaktív Sugárhatások Tudományos Bizottságának volt elnöke 2004-ben az USA Szenátusának készített írásában, majd 2007-ben a *Century Science & Technology* folyóiratban rámutatott, hogy az északi féltekén végzett sok tízezer mérés szerint a 19. század első évtizedeiben – tehát a villamosenergia-termelés előtti időben – átmenetileg előfordult a jelenleginél magasabb CO<sub>2</sub>-koncentráció a levegőben. Cikkében Jaworowski a következőket írja: 1812 óta a CO<sub>2</sub>-koncentráció az északi félteke légkörében háromszor jelentkezett 400 ppm<sup>238</sup> feletti maximum: 1825-ben, 1857-ben és 1942-ben. Ezt erősítette meg Tim Ball 2012-es írása is. Miskolczi Ferenc a NASA-nál folytatott kutatásai során empirikus adatokra támaszkodva azt állítja, hogy az üvegházhatású gázok szerepe bolygónk felmelegedésében túlbecsült. Kertész Ádám szerint pedig: „...az üvegházhatás nem csak és nem elsősorban antropogén hatásra következik be.” A kételyeket növeli, hogy a légkör CO<sub>2</sub>-tartalmában az antropogén eredetű a természeteshez képest mindössze csak legfeljebb néhány százalék. (Kutschera)

Mégis, 2007 óta – amikor az Éghajlat-változási Kormányközi Testület (IPCC) megkapta a Nobel-békedíjat – a „CO<sub>2</sub>-komplexus” szinte dogmává vált, és hivatalosan már-már csaknem minden emberi tevékenységet a CO<sub>2</sub>-emisszió függvényében minősítenek. Ugyanakkor egyre többen kételkednek ebben a dogmában. Peter Dorannak, az Illionis-i Egyetem professzorának 2009-ben végrehajtott felmérései szerint míg a klímakutató tudósok mintegy 97%-a, addig a földtudományokkal foglalkozóknak 82%-a, a kőolaj-geológusoknak pedig csupán a 47%-a hisz az antropogén emissziók klímaváltozást okozó hatásában. Azóta a kételkedők száma gyarapszik.

A szkeptikusok tehát nem hisznek abban, hogy a Föld klímája elsősorban az emberi beavatkozás következtében változik. Az szerintük eltörpül a részben ismert, de nagyobb részben kevésbé ismert természeti (kozmosz) jelenségek hatása mellett. Minthogy a szén-dioxid kis koncentrációban van jelen a légkörben – mint már említettük – az üvegházhatás nagy részéért a vízgőz,<sup>239</sup> a vulkáni és a naptevékenység, valamint az erdőirtás a felelős. A kételkedők számottevő része sem tagadja, hogy van összefüggés a CO<sub>2</sub>-koncentráció és a Föld hőmérsékletének változása között, de úgy vélik, hogy valamilyen okból (például a naptevékenység miatt)<sup>240</sup> a felmelegedés volt előbb, és azt követte a CO<sub>2</sub>-koncentráció növekedése a tengerből történő deszorpciója követke-

<sup>237</sup> Zbigniew Jaworowski (1927–2011) lengyel fizikus, több mint 300 tudományos cikk szerzője, alpinista.

<sup>238</sup> ppm: pars per million: az egész rész egymilliomod része

<sup>239</sup> Évente mintegy 450 ezer km<sup>3</sup> vízgőz jut a levegőbe párolgás révén. (Ezt az adatot összehasonlítva a globális vízigény korábban említett adatával, az állapítható meg, hogy a természetben 75-ször több víz párolog el évente, mint amennyit az emberiség felhasznál.)

<sup>240</sup> A napműködés 2007 óta egyre erőteljesebb. (Erdélyi Róbert, a Sheffieldi Egyetem magyar kutatója)



ményeként. Ezt igazolják Lüthi (Nature, 2008) és Jouzel (Science, 2007) adatai is. Berényi szerint az ok-okozati kapcsolat azért is problematikus, mivel pontos jégfuratmérések szerint az Antarktison a hőmérséklet-emelkedés mintegy ezer évvel megelőzi a CO<sub>2</sub>-növekedését. Lehetséges, hogy a felmelegedés szabadítja fel a szén-dioxidot és nem fordítva”. A szkeptikusok szerint az antropogén CO<sub>2</sub>-emisszió önmagában nem okozna észrevehető éghajlatváltozást, ha nem kombinálnódna más természeti folyamatokkal. A széles körben elfogadott szemlélettel kapcsolatban, miszerint a katasztrofális felmelegedést az üvegházhatású gázok hatalmas mennyiségű emissziójával okozzuk a fosszilis energiaforrások elégetéséből származó szén-dioxiddal, az iparszerű állattenyésztésből és a rizstermesztésből származó metánnal, Válas György a következőket írja: „Az állítás nem igazolható. Valóban hatalmas mennyiségű szén-dioxidot bocsátunk az atmoszférába a fosszilis energiaforrások elégetésével. De mihez képest hatalmas mennyiséget? A vulkánok természetes emissziójához képest? Hogy ezt kimondhassuk, tudnunk kéne, mennyi szén-dioxidot emittálnak a vulkánok és a posztvulkáni területek. Ezt azonban nem tudjuk. Még azt se tudjuk, mennyi vulkán van a Földön, hiszen a többségük az óceánok mélyén, ismeretlenül lapul. Egy-egy robbanásos vulkáni kitörésben hatalmas mennyiségű gáz szabadul fel, éppen ettől robbanásos a kitörés. A kiszabaduló gáz három összetevője közül pedig az egyik a CO<sub>2</sub>. A sok tízezer kilométer hosszú szubdukciós zónákban alábukó óceáni lemezek egyik fő összetevője a tengeri élőlények mészvázából képződött mészkő, a CaCO<sub>3</sub>. Amikor az alábukó lemez eléri a köpeny hőmérsékletét, a mészkő nem olvad meg, mint a vulkáni kőzetek és a kvarc, hanem disszociál. A belőle felszabaduló CO<sub>2</sub> a vulkánokon át az atmoszférába távozik. Tudjuk, hogy ez gigantikus mennyiség, de nem tudjuk, mennyi. Tudományos lelkiismerettel nem mondhatjuk ki, hogy ehhez képest meghatározó az antropogén emisszió. Mihez képest rengeteg a CO<sub>2</sub>, amelyet kibocsátunk? Az óceánok kompenzáló képességéhez képest? De hiszen arról se tudjuk, mekkora... Minden tudományos alapot nélkülöz az az állítás, hogy a felmelegedést mi magunk okozzuk. Így aztán a klímánkat nem is tudjuk megvédeni.”

Mindenesetre, az antropogén és/vagy nem antropogén hatás dilemmája miatt egyaránt tudománytalan az atmoszféra CO<sub>2</sub>-tartalmának biztosan elsődleges szerepet tulajdonítani, valamint az emberi hatás befolyását egyértelműen tagadni. Mind a két érvelésnek megvan ugyan a maga logikája, de teljes bizonyossággal egyik nézet sem rendelkezik. Nem kétséges, hogy az ember által előidézett hatások valamilyen mértékben növelik a nem antropogén melegedés mértékét, valamint az is igaz, hogy a két effektus bizonyos mértékig mintegy „elfedi” egymást.

Teljes bizonyossággal azonban ma nem eldönthető, hogy a Föld hőmérsékletének változása milyen mértékben tekinthető az emberi tevékenység következményének. *A kockázatot ezért - főleg nagysága miatt - mindenkinek*

*figyelembe kell vennie, a problémát etikusan megközelítve. Ezt a szkeptikusoknak is be kell látniuk. A bizonytalanság azt sugallja, hogy etikai szempontokat szem előtt tartva, ha bármely részben is igaz az emberi beavatkozás hozzájárulása a klímaváltozáshoz, a következmények ellen védekezni – tehát az antropogén CO<sub>2</sub>-emisszió ellen küzdeni kell –, ami természetesen elsősorban a legjelentősebb kibocsátók kötelessége. Ennek viszont a halvány jelét sem látjuk, ha a legnagyobb szennyezőket – az USA-t, Kínát, Oroszországot, Japánt vagy Indiát – tekintjük. Hazánk az egy főre eső CO<sub>2</sub>-emisszió sorrendjében az országok között körülbelül az 50. helyen áll, az egy főre jutó fajlagossal pedig még ennél is hátrább, tehát a kis szennyezők közé tartozik. A magyar emisszió a legnagyobb kibocsátó öt országának mindössze a néhány ezreléke.<sup>241</sup> Gyakorlati szempontból számunkra ez azt jelenti, hogy indokolatlan a szén/lignit szerepét teljesen kizárni az erőműfejlesztési programból.*

<sup>241</sup> Erre a viszonylag alacsony emissziókra tekintettel kell lennünk az erőműépítés mérlegelésekor, annál is inkább, mivel négy milliárd tonna fölötti lignitvagyonunk az országok sorrendjében a huszonnegyedik, tehát meglehetősen jó és megbízható hazai bázist jelent. Ugyanakkor az ENSZ-statisztika szerint az egy főre jutó – ráadásul csökkenő tendenciájú szénfelhasználásunk (2010-ben 0,4 tonna/fő) az európainak (0,9 t/fő) a felét sem éri el.



## 13. A népesség

A zöldforradalom – többek között az energiatermelés 20. századi megtízszereződése „jóvoltából” – nagymértékben hozzájárult ahhoz, hogy a világ népessége ez alatt több mint meghatszorozódott, és szaporodása a fejlődő országokban egyelőre megállíthatatlannak látszik. A század elején (1915–1965) a népesség megkétszereződéséhez még 50, a második részében (1965–2000) pedig már csak 35 évre volt szükség. A több mint 7 milliárdból ma alig több mint 1 milliárdot tesz ki a nyugati civilizáció népessége. Miközben a Földön naponta mintegy 200 ezer fővel leszünk többen, a népességtöbblet szinte teljes egészében a fejlődő országokban jelentkezik. Az ENSZ felmérése szerint a világ húsz leggyorsabban szaporodó népességű országának mindegyike közülük kerül ki. Ezért nem túlzás azt a következtetést levonni, hogy a világ természeti környezetének sorsa előbb-utóbb az ő kezükbe kerül. Hangsúlyozzuk, hogy ennek a jövőre nézve sorsdöntő következményei lehetnek, aminek a jelentőségét lehetetlen túlbecsülni.

A népességnövekedés problémái kombinálódhatnak más kihívásokkal. Az International Alert<sup>242</sup> szerint a klímaváltozás 46 országban – együttesen a világ népesség 2,7 milliárdnyi részét érintően – súlyos konfliktusokat idézhet elő, további 56 országban pedig komoly politikai labilitást okozhat. Az így érintettek listáján vezető helyen állnak Nyugat- és Közép-Afrika államai. Már most összecsapásokat jelentenek Ghána északi részéből az ott élő pásztorok és földművesek között. Bangladesben és Indiában, a Gangesz mentén, ahol mintegy 400 millió ember él, szintén veszélyes változások következhetnek be. A konfliktusok egyre-másra szaporodnak. A fejlett országok lakosai sem mondhatják el, hogy ez a probléma nem érinti őket, hiszen a határokon átnyúló migráció egyre inkább az egész világra kiterjedő problémává válik. Ha energia-, víz- és termőföld híján nem lesz mit enniük és inniük, az „éhező és szomjazó” országokból elvándorlók elárasztják a gazdagokat. Tanulni kell a történelemből: a tömeges elvándorlások korábban is háborúkhöz vezettek, amint az például a 13. században is történt, „amikor aszály pusztított Mongóliában, a mongolok

<sup>242</sup> Az International Alert londoni székhelyű nem kormányzati nemzetközi szervezet. Célja világszerte megakadályozni az erőszakos konfliktusokat.

lerohanták Kínát” – írta David Zhang, a Hongkongi Egyetem földrajzprofesszora. A nemzetközi migrációnak az ENSZ szerint becsült mértéke 2010 közepén meghaladta a 200 millió főt, azaz a bevándorlók aránya a világ népességének mintegy a 3%-a. Pólyi Csaba az *Új népvándorlás – Migráció a 21. században Afrika és Európa között* című tanulmányban leírja, hogy a legnagyobb immigráció-növekedést a fejlett országokban élő bevándorlók száma mutatja, ami 1990 és 2010 között körülbelül 50% volt. A bevándoroltak koncentrációja Európában a legnagyobb, ahol minden tizedik lakos migráns, azaz a háromszorosa az említett világátlagnak. A nettó évi bevándorlás (az országba érkező és az azt elhagyó emberek számának különbsége) célországai Európában Németország, Spanyolország, az Egyesült Királyság, Olaszország és Franciaország, valamint egyéb gazdag országok: leginkább az USA, Japán, Kanada, Ausztrália és Szaúd-Arábia. (World by Map) A már meglepedett immigránsok aránya Luxemburgban és Izraelben a legnagyobb. Az elvándorlás különösen számottevő Szíriából, Szomáliából, Moldvából, Kirgizisztánból, Szudánból, Mexikóból, Afganisztánból, de Bangladesből és Indonéziából is.

A 21. századot sokan a tömegmigráció évszázadának jövendölik. Ha nem ölt túlzott méreteket, bizonyos szempontból előnyös is lehet, elsősorban Európa számára, hiszen itt a sajnálatosan csökkenő népességet csak bevándorlással lehet kompenzálni. A probléma azonban nem ilyen egyszerű, hiszen a befogadó országokban nem elhanyagolhatók a negatív következmények sem. Például az, hogy a szakképzetlen bevándorlók körében fokozódhat a munkanélküliség. A migráció egyre súlyosabb közegészségügyi feladatot is ró az érintett országokra. A menekülttáborokban meg kell teremteni azokat a minimális, de szükségszerű feltételeket, amelyek elengedhetetlenek a tömeges járványok kialakulásának a megelőzéséhez. Fennáll az etnikai konfliktusok veszélye is. A fentiekből belátható, hogy a világra kiterjedő demográfiai változások szinte mindenre, a civilizációkra is mély befolyást gyakorolnak. Az a civilizáció, amelyben nem születik elég gyermek, saját magát ítéli halálra. Történeti tapasztalatok szerint egyetlen olyan kultúra sem maradt fenn sokáig, ahol a termékenységi index mutatója kisebb volt, mint 1,9, de a tartós fennmaradáshoz legalább 2,1-re lenne szükség.<sup>243</sup>

A Föld gazdaságilag legfejlettebb térségeiben a születésszabályozás eszközei könnyen elérhetők. A fiatalok gyakran később házasodnak meg (sőt nem is nagyon házasodnak), és az anyáknak „kevesebb idejük marad a gyerekszülésre”. A termékenységi ráta évtizedek óta a reprodukciós szint alatt van – főként a nagyobb fokú jólétre való törekvés és az individualista gondolkodás folytán.

<sup>243</sup> A termékenységi index a szülőképes korú nőkre jutó születések átlaga. A népesség középtávú fennmaradásához a rátának el kell érnie vagy legalább meg kell közelítenie a 2,1-es szintet, csak ebben az esetben biztosított a populációban a két szülő „pótlása”. 1,3-es érték alatt a népesség gyors ütemű fogyása valószínűsíthető, tehát belátható időn belül bekövetkezhet annak teljes eltűnése is.

A leggyorsabban csökkenő népességű 20 országból 13 európai. A termékenységi mutató világátlagban 2,5, az USA-ban – csak a dél-amerikai bevándorlásnak köszönhetően – megközelíti a 2,1-et, Kanadában viszont csak 1,6, Európában pedig alig éri el a 1,4-et. Ez utóbbi megfelel a magyar átlagnak is.<sup>244</sup> Európa a népességcsökkenés rekordere. Az EU tagállamaiban 2005 és 2050 között mintegy 90 millióval eshet vissza a munkabíró népesség létszáma. A legnagyobb népesedési problémák Kelet-Európában várhatók, ahol a 2010-es népességszám egynegyedét veszíti el a régió (elsősorban Oroszország és Ukrajna révén). A csökkenő népességen belül – ha csak változás nem történik – különösképpen zuhan a szakképzetté tehető létszáma, hiszen ebben a kategóriában az európaiak termékenységi indexe még az átlagosnál is alacsonyabb.

A fejlődő országokban viszont magas ez a mutató. Ott a családok nem nélkülözhetik a gyerekek segítségét a földeken, valamint az idős szülők ellátásában. Ezekben a térségekben a gyors népességszaporodáshoz hozzájárul a fogamzásgátló eszközök hiánya is. Az európaiak számára különösen fontos az afrikai kontinens népességgyarapodási dinamizmusa. Ott a kontinens lélekszáma 2009-ben lépte át az egymilliárdos küszöböt. Az ENSZ demográfiai előrejelzése szerint lakosainak létszáma 2030-ra meghaladja a másfél milliárdot, a század közepére pedig megközelíti a kétmilliárdot. Ez a páratlan demográfiai robbanás már önmagában is vándorlási kényszert eredményez. Bizonyosra vehető, hogy a migrációs térkép átrajzolódik. A prognózisok szerint az afrikai munkaképes korú népesség 2005 és 2050 között 800 millióval nő, igaz, nem tudható, hogy milyen arányt ér el majd közöttük a 21. század igényeinek megfelelő szakképzettségűeké. Ahogy Dövényi Zoltán fogalmaz a Tarrósy István és szerzőtársai által írt *Új népvándorlás - Migráció a 21. században Afrika és Európa között* című tanulmánykötetében: „Azt nem tudjuk megmondani, hogy évtizedek múlva milyen jellemzői lesznek a Magyarországot is érintő nemzetközi vándorlásnak. Az viszont bizonyos, hogy aligha tudunk kimaradni belőle, ezt már az ország földrajzi helyzete sem teszi lehetővé. Az is a jövő egyik nagy kérdése, hogy Afrika mikor talál meg bennünket, mint migrációs célterületet. Ennek egyelőre különösebb jelei nincsenek, de ez nem garancia a jövőre nézve.” Európa sorsa Afrika lesz?<sup>245</sup> Erre a reális lehetőségre megfelelő stratégiával kell felkészülni. Ezt teszi Magyarország is.

„Az illegális migráció, mint veszélyforrás kiszámíthatatlanul és hatványozottan jelenik meg, mivel egyértelmű táptalaját képezi a szervezett bűnözés-

<sup>244</sup> Magyarországon az eddigi legalacsonyabb termékenységet Budapesten regisztrálták 2000-ben, az 1,05-os érték pontosan a fele volt a fennmaradáshoz szükséges szintnek.

<sup>245</sup> A legnagyobb népesedési problémák Kelet-Európában várhatók, ahol a 2010-es népességszám egynegyedét veszíti el a régió (elsősorban Oroszország és Ukrajna révén). Viszont a népesség a leggyorsabban a Közel-Keleten és Afrikában nő. Bizonyosra vehető, hogy a migrációs térkép átrajzolódik.

nek, valamint a terrorizmusnak. [...] Az illegális migráció elleni fellépésnek a célkitűzések megvalósulását biztosító folyamatos elemzésen, együttműködésen, integrált rendészeti és rendvédelmi megközelítésen alapuló, proaktív szemléletű kontrollfolyamatként kell megjelennie.” (Migrációs stratégia és az azon alapuló, az Európai Unió által a 2014–2020-as ciklusban létrehozott kerülő Menekültügyi és Migrációs Alaphoz kapcsolódó hétéves stratégiai tervdokumentuma).

Mivel hazánk az illegális migráció nemzetközi útvonalán többségében eddig csak tranzitországgként szerepelt, a kapcsolódó bűncselekmények Magyarországon még nem jelentenek meghatározó kockázati tényezőt, illetve nem éreztetik a lakosságra és a társadalomra gyakorolt közvetlen hatásukat. Ugyanakkor prognosztizálható, hogy Magyarországon is egyre erősödni fog a célország jelleg, ami az illegális bevándorlók mind nagyobb számú letelepedési szándékát, valamint az ország területén való hosszabb távú berendezkedését eredményezheti. Már is komoly kihívást jelent, hogy a menedékkérők jelentősen megnőtt létszáma próbára teszi a hazai intézményrendszert, egyben milliárdos anyagi támogatási igényt generál. Míg 2011-ben kevesebb mint ezer külföldi érkezett illegálisan, számuk 2013-ban már megközelítette a húszezret. Az érintettek elsősorban a szegénység elől menekülnek, és velük kapcsolatban eddig több mint hetven származási országot rögzítettek a hatóságok.

Jelenleg Európa muszlim lakosainak létszáma mintegy 52 millió fő. Mértékadó körök véleménye szerint ez a szám a következő húsz évben megkétszereződhet. Az USA-ban 1970-ben százezer muszlim élt. Mai létszámuk meghaladja a kilencmillió főt. Állítólag Kadhafi<sup>246</sup> mondta a következőket: „A jelek arra utalnak, hogy Allah hatalmas győzelmet tartogat az iszlámnak Európában. Győzelmet kardok, puskák, csaták nélkül. Nekünk nincs szükségünk terroristákra.”

A világ változóban van, ideje felébredni! A Nyugat hanyatlását mi sem fejezi ki jobban, mint családjainak alacsony termékenységi indexe. Ha pedig egy népesség hanyatló ágba kerül, a kultúrájával is az történik. A fejlett országokban a népesedéspolitikát prioritásként kell kezelni, hiszen a népességcsökkenés jobban jellemzi életképességüket/életképtelenségüket, mint – az egyelőre még meglevő – technológiai élenjárásuk. A folyamat sebessége sokak számára nem elég szembetűnő ugyan, történelmileg azonban robbanást jelez előre.

<sup>246</sup> Moammer Kadhafi (1942–2011) líbiai katonatiszt, forradalmár, diktátor volt. Az arab egység szószólójává vált, az arab államok egységes arab nemzetbe való tömörülését szorgalmazta.

## 14. Pesszimista és optimista jövőképek

*Az Úr, akié a jóshely Delpoiban, nem mond ki semmit, nem rejt el semmit, hanem jelez. – Hérakleitosz*

*A jövő bejelentés nélkül érkezik. – George F. Will<sup>247</sup>*

*A jelenünk alapja a múltban, a jövőnké a jelenben rejlik – Sir Andrew Colin Renfrew*

*Nemcsak a tegnap múlt el, de a jövő sem fog örökké tartani – John Naisbitt<sup>248</sup>*

Az optimizmus és a pesszimizmus fogalma olyan régi, mint maga a civilizáció. Minden nemzedékben vannak olyanok, akik a jövőbeni fejlődésben csak a hanyatlást, a kőkorszakba való lecsúszást látják, és minden generációban léteznek olyanok, akik biztosak koruk és a jövő újításaiban, mondván, hogy azok megoldják az időről időre felmerülő problémákat, legyenek azok bármilyen súlyosak is. E problémák egyike a jövőbeni energiaellátáshoz kötődik. Korunk embere (a homo hydrocarbonus) számára fontos kérdések, hogy meddig tart még a rendelkezésre álló fosszilis energia bőségéből eredő – legalábbis a nyugati civilizáció embere vonatkozásában – „paradicsomi” állapot, mi jön utána, és melyek a legsürgősebb teendők. Az első két kérdésre határozott feleletek felelősséggel nem fogalmazhatók meg, a harmadikra viszont igen: a választ e fejezet végén adjuk meg.

A jövő globális energiaellátását elsősorban a nagy nemzetközi szervezetek, a legjelentősebb energetikai társaságok, az egyes kormányok energiapolitikusai, az egyes energetikai ágazatokat képviselő szakemberek, továbbá közgazdászok és jövőkutatók prognosztizálják.<sup>249</sup> A jövőkutató gyakran nem geológus, nem kémikus és nem is egyéb természetkutató. De az energiával behatóan

<sup>247</sup> George Frederick Will (1941–) amerikai konzervatív Pulitzer-díjas újságíró és szerző.

<sup>248</sup> John Naisbitt (1929–) amerikai jövőkutató.

<sup>249</sup> A British Petrol 2012-ben készítette legújabb prognózisát.

foglalkozó szakembert is meg-megzavarja a növekvő, gyakran ellentmondásos információdömping, részben az energiaforrások nagyságára, részben pedig az új energiafélések technikai, mennyiségi igénybevételi lehetőségeire vonatkozóan. Ráadásul az előrejelzésekkel kapcsolatban gyanítható, hogy sok cég megvásárolja a céljaikat kiszolgáló szervezetek „jövendőmondó” munkáját. Ezek összegyűjtik és megrostálják a világból származó információkat, majd a kapott adatok alapján elméleteket vagy – ahogy manapság inkább nevezik azokat – modelleket állítanak fel. Ezeknek a modelleknek azonban gyakran nincs megfelelő kapcsolatuk a természetes világgal, és hiányzik belőlük az első kézből származó információ. Nem csoda, ha ezek a prognózisok gyakran téveseknek bizonyulnak. Joggal mondja Ian G. Barbour, hogy minden modell korlátozott, és egyik sem adja a valóság teljes vagy adekvát képét.<sup>250</sup> Patrick Artus francia közgazdász szerint az elmúlt néhány évben a makroökonómia formális tudománnyá vált, amelyből semmit nem tudhatunk meg a valóságról. Mindazonáltal az előrejelzések – a bizonytalanság dacára – nélkülözhetetlenek. Azokat azonban megfelelő óvatossággal kell kezelni, valamint sokoldalúan – független és a lehető legjobb szakértők bevonásával – szükséges megvitatni.

A prognóziskészítők/véleményformálók a globálisan jelentkező energetikai problémák várható következményeit a jövőt illetően két alapvetően eltérő – pesszimista és optimista – szemléletben tárgyalják, a média pedig ugyancsak e két megközelítés szerint kommentálja azokat. Nem lehet célunk e két, sokszor végletesen eltérő jövőkép részleteibe bocsátkozni, de célszerű fő vonalaikban tudni róluk, ezért néhány szóval utalunk rájuk.

Egyetlen túlzottan határozott jövőképet alkotni helytelen, önhitt feladat, forgatókönyvekben kell gondolkodni, és figyelembe kell venni, hogy a szakmaiak mellett milyen más, az energiaellátásra potenciálisan ható etikai és kulturális tényezők léteznek még, olyanok, amelyekre a szakemberek általában nem is gondolnak. A forgatókönyveknek azonban se szeri, se száma, kezelésük tehát alapos mérlegelést igényel. Az alternatívákat sokszor – nem indokolatlanul – a kőolaj jövőjével, újabban a megújuló energiaforrások térhódításával kapcsolatban alakítják ki. (A kérdés természetesen ennél sokkal bonyolultabb.) „Jövő önmagában nem létezik, csak jövők léteznek, csakis jövők léteznek [...], a múlt az egyetlen megbízható tudásforrásunk a röpké jelenel és az előttünk álló többféle jövővel kapcsolatban, amelyek közül csak egy fog megtörténni” – írja Niall Ferguson. A történelem tanulmányozása annyiban segít a jelen vadonatúj problémáira irányuló megoldások keresésében, hogy megtanít civilizációnk esendőségére. Meg kell kísérelnünk a múlt tapasztalatait az egyre gyorsabban változó jelen kontextusában szemlélni, hogy azokat is figyelembe

<sup>250</sup> A világ különböző aspektusait hol az egyik, hol egy másik modell ragadhatja meg jobban.



véve a jövőre vonatkozóan helyesebb következtetésekre juthassunk! Hiszen sorsunk végső soron szellemi síkon fog eldőlni.

Az optimisták egyik tipikus képviselője – legalábbis természettudományos körökben – Peter Atkins<sup>251</sup> kémikus, oxfordi egyetemi tanár. Szerinte „a tudomány még sohasem találta szembe magát olyan akadállyal, amelyet ne tudott volna leküzdeni, vagy amelyről ne lehetne ésszerűen feltételezni, hogy leküzdésére megvan a képessége, és azzal alkalmas időben élni is fog”. Az optimisták többsége az energetika, főleg az olajellátás tekintetében – úgy tűnik – megfélekedzik, vagy nincs tudomása arról, hogy egyes statisztikákban a még tapasztalt „termelésnövekedés” már nem a hagyományos kőolajnak, hanem a más komponenseket is magában foglaló terméknek (all liquids) köszönhető. E nézet képviselői azzal is számolnak – ami egyébként nem irreális – hogy a hagyományos kőolaj kitermelése során csökkenteni tudják majd a földben maradó olaj hányadát. Véleményük szerint a szénhidrogénvagyon rendelkezésre állása csak pénz kérdése, a technológia egészen biztosan megoldja a műszaki problémákat, és bár drágábban, de hosszú távon is bőséges lesz az (olaj) energia rendelkezésre állása. A látszat azt mutatja, hogy a nyugati országok vezető politikusainak és közgazdászainak meglehetősen széles körét szintén az a meggyőződés vezérli, hogy miután sikerül rendbe tenni a gazdaságot, lesz majd pénz és technika az olaj-/energiaprobléma rendezésére is. Egyébként, bár a peak oil jelenséget ők sem vitat(hat)ják, annak a bekövetkeztét több évtizeddel távolabbi időpontra prognosztizálják.

A kitermelt olaj egy évszázaddal ezelőtt a 10%-a volt a földben levőnek, fél évszázaddal ezelőtt a 25%-a, most pedig 35%-ra tehető a hozam. Olajbányászati technológiák javításával el kell érni, hogy 40-60 %-ra növekedjen a kőolaj kinyerése a rezervoárból. Ezeknél lényegében a kőolaj felszínre juttatását célzó, úgynevezett másodlagos és harmadlagos eljárásról van szó, valamint esetenként (például a mélytengeri kutatásoknál és kitermelésnél) csúcstechnológia alkalmazására van szükség. Elsősorban víz- vagy CO<sub>2</sub>, illetve felületaktív anyagok besajtolásról van szó, de mikrobiológiai eljárások is ismeretesek, újabban pedig ultrahang alkalmazásával is kísérleteznek.

A véleményformáló médiumok többsége szintén osztja a derülítő véleményt, rajtuk keresztül pedig – minthogy a leggyakrabban az ő nézeteiket képviselők nyilatkoznak meg – a mit sem sejtő, struccpolitikára egyébként is hajlamos népszerűség ugyancsak ebben a tudatban él. A hétköznapi emberek szé-

<sup>251</sup> Peter Atkins (1940–) és néhány más neves tudósnak nem sikerül különbséget tenni tudományos és filozófiai kérdések között. „Ők hajlamosak a tudomány hatókörét olyan eszmékre is kiterjeszteni, amelyek valójában nem képezik magának a tudománynak a részét. Az istenhit és a materializmus alternatív hitbéli rendszerek, amelyek mindegyike azt tartja magáról, hogy átfogja az egész valóságot.” (Barbour) Ők azt feltételezik, hogy a tudományos módszer az ismeretek egyetlen megbízható forrása – ezt a feltételezést a felfogás bírálói gyakran szcientizmus névvel illetik.



les körében – különösen a fogyasztói társadalmakban – elterjedt az a felületes vélekedés, amely szerint a „tudóstársadalom majd kitalál valami megoldást” a fogyatkozó szénhidrogénkészletek pótlására, egyáltalán az energiaprobléma megoldására.<sup>252</sup> Laherrère az optimisták véleményét szellemesen úgy kommentálja, hogy „azok úgy számítanak a technikára, mint gyermek a Mikulásra”. Az emberi önhittség és egyes közgazdászok tévedésének leleplezéséhez a széles nyilvánosság előtt Robert Nadeau adta elsők között a nevét a *The Economist has no Clothes* című, a Scientific American Magazine 2008. március 25-én megjelent cikkében.

„Reál-optimistának” tekintendő a magyar származású amerikai Oláh, aki a fosszilis energiahordozók kiváltásának lehetőségét a metanol-gazdaság széleskörű elterjesztésében látja. *Beyond the fossil fuels...* címmel a Magyar Tudományos Akadémián 2009-ben tartott előadásában kifejtette, hogy a szén-dioxidnak hidrogénnel lejátszódó reakciója alapján történő metanol-előállítás ipari elterjedése hozzájárulhat az energia-, egyszersmind a környezeti problémák megoldásához, amennyiben a légkörben lévő/halmozódó CO<sub>2</sub> lenne az egyik „nyersanyagforrás”.

A pesszimista tudósok – és ők vannak nagyobb számban – viszont arra figyelmeztetnek, hogy a fosszilis energiák kimerülése a Föld lakosainak meg lehetőségen nagy tömegeire nézve akár végzetes hatást is gyakorolhat. Fred Hoyle<sup>253</sup> szerint „amint elfognak a fosszilis energiahordozók, nem leszünk képesek megtartani technológiai civilizációnkat, így csak egy dobásunk van”. Richard C. Duncan<sup>254</sup>, az Energy and Man Institute igazgatója azt állítja, hogy az energiatermelés bekövetkező csökkenése „...azért tragédia, mert igazából nem elkerülhetetlen, csakhogy az előrelátás nem erősségünk, és bizonyos szempontból ez nem a mi hibánk. A természetes kiválogatódás réges-régen rossz irányba terelt minket, rövid távon gondolkozók és magunkra koncentrálok vagyunk”. Olduvai elmélete értelmében az összes energiatermelés már 2025 tájára bekövetkez(het)ő csökkenése a népességét is maga után vonja majd (ez a „lehetőség” a demográfusok számításaiból eddig jobbra hiányzott),

<sup>252</sup> Ez a felfogás önkéntelenül is M. Iljin és E. Szegál: *Hogyan lett az ember óriás?* című 1950-ben írt könyvére emlékeztet.

<sup>253</sup> Sir Fred Hoyle (1915–2001) a Royal Astronomical Society kozmológusa. A II. világháborúban a radarok fejlesztésén dolgozott. 1957-ben a Royal Society tagjának választották, 1972-ben lovag-gá ütötték. Ő alapította meg a Cambridge-i csillagászati intézetet és 1971-től két évig a Királyi Csillagászati Társaság elnöki székét is elfoglalta. A világegyetem születését leíró elméletnek a Big Bang (Nagy Bumm) elnevezést adta 1949-ben tartott rádióelőadásában. Egyébként a világegyetem állandó állapotú modelljének volt a híve, és az elnevezést gúnynévnek szánta. Hoyle az úgynevezett pánspermia elmélet egyik legnagyobb támogatója volt. Az elmélet szerint az élet nem a Földön keletkezett, hanem a világűrben, üstökösökben vagy a csillagközi porfelhő szemcséiben került bolygónkra. Ez az elgondolás az utóbbi időben megint előtérbe került. Ugyanakkor azonban nem magyarázza, csak elodázza az élet kialakulásának nagy kérdését.

<sup>254</sup> Richard C. Duncan a San Diegó-i Egyetem professzora

és „az emberiség a barlangokból a Holdra, onnan a barlangokba kerül vissza”. Dmitrij Orlov szerint az összeomlás öt egymás után következő szakaszban várható, méghozzá a következő sorrendben: pénzügyi, kereskedelmi, politikai, szociális és kulturális téren. (Reméljük, hogy a világ nagy részét érintő jelen pénzügyi krízis nem a többinek a bevezetője.)

Ma a pénzpiacok már határok nélküliek, a pénzmozgások gyakorlatilag szabályozatlanná váltak. A modern információtechnikanak köszönhetően óriási pénzek mozoghatnak a világban a másodperc tört része alatt. Az államkötvények jelentős része külföldiek kezében van, akik – ha valami nem tetszik nekik – pillanatokon belül kivonhatják pénzüket az adott országból. A nemzeti pénzpiacok mára teljesen globálissá váltak, és elszakadtak a reálgazdaságtól. A valutapiacokon naponta megforduló összegek jóval nagyobb értéket képviselnek, mint a megfogható termékek kereskedelmével létrejövő értékek. Ez a rendszer óriási hozamokat biztosít a spekulánsoknak, miközben maga az egész rendszer rendkívül bizonytalan alapokon nyugszik. A devizapiaci forgalmat egy olyan játék generálja, amelyben a spekulánsok különféle adatok (államadósság, külkereskedelmi egyenleg stb.) hatására megpróbálják kitalálni, hogy erősödik-e vagy gyengül valamely deviza vásárlóereje és kereslete egy másikéhoz képest a következő pillanatban, ezzel meghatározva az árfolyamokat. Emlékeztetünk Soros György font elleni spekulációjára, amivel szemben a nem túl távoli múltban még a brit jegybank is tehetetlen volt. 1992. szeptember 16-án a brit árfolyamrendszer teljesen összeomlott, ami később az akkori kormány bukásához is jelentős mértékben hozzájárult.

Dennis Meadow azt állítja, hogy ha nem korlátozzuk a fogyasztást és a népesség gyors növekedését, nincs esélye a civilizációnak, azaz az összeomlás nem kerülhető el. Szerinte az emberiség nem készült fel egy várható krízisre, hogy idejében elhárítsa a veszélyt. Úgy gondolja, hogy fejlődés alatt ma az életszínvonal és a termelés szakadatlan növekedését értik, amihez viszont egyszerűen nincsenek források. A politika nem képes a helyzet kezelésére. Rövid távra szóló megoldásai hosszabb távon inkább súlyosbítják a bajt. A demokrácia működik, de az sem oldja meg a népesedési, a klimatikus, a forrás- vagy a regionális problémákat. R. Hardman, az Egyesült Királyság geológiai társaságának volt elnöke, az olajkészletek kimerülését elemző londoni központ igazgatói tagja szerint a válságos pillanat gyorsan közeledik, talán gyorsabban, mint ahogy fel tudunk rá készülni.<sup>255</sup> Holmes, B. és Jones, N. szerint pedig „a világ jobb esetben globális recesszióra számíthat, rosszabb esetben pedig háborúkra, éhínségekre és tömeges kivándorlásokra. Az üzemanyagárak az égbe szöknek, gazdasági káosz keletkezik – sokkal rosszabb lesz, mint az 1970-es években bekövetkezett olajárrobbanás idején volt. Ez a válság azonban nem év-

<sup>255</sup> *Küzdelem az energiáért*. Összeállította: Schultz György. BME. Megjelent online 2004 áprilisában.

századokkal van előttünk, a válságos pillanat nem akkor következik be, amikor az olajkutak kimerülnek, hanem akkor, amikor az igények meghaladják a termelést.” M. Simmons, a világ legnagyobb energetikai befektetési társaságának közelmúltban elhunyt elnöke szintén meglehetősen borúlátó véleményt fejtett ki. Az olyan előrejelzések, mint a Római Klubé, a Pentagoné vagy a Bilderberg-csoporté, már prognosztizálták a globális problémák kumulálódásának lehetséges időpontját is, 2030 és 2070 közé teszik. Serge Latouche szerint viszont az összeomlás már elkezdődött: „a biológiai sokszínűség csökkenése, a klímaváltozás és ennek következményei, mint például az éhezés vagy a környezeti katasztrófák fokozatosan rágják szét a globális rendszert. Tehát mindenképpen eljutunk valamiféle »nemnövekedéshez«, a kérdés csak az, hogy tudatosan és békés úton felkészülünk-e rá, vagy kaotikusan, beláthatatlan következményekkel érünk el odáig”. Intézményesen az ASPO, valamint a Post Peak Living társaság képviseli leginkább a szakmai pesszimizmust. 2009 óta a Nemzetközi Energiaügynökség (IEA) sem tudja kellő biztonsággal megjelölni, hogy a 2030-ra prognosztizált olajigény jelentős része milyen forrásból lesz kielégíthető.

Hetesi Zsolt összegyűjtötte és kommentálta a pesszimista nézeteket: „A Nyugat megpecsételte sorsát: önmagát kiüresítette, ellenségeit felfegyverezte, mert az őt egykor hatalmassá tevő titkok immár bárkit felemelhetnek. A felzárkózó Kelet számára a fejlett technológia átvétele nem fausti kaland, hanem hideg számítás, mellyel e szorgalmas, hedonizmustól megkímélt népek komótosan megfojtják az elfajzott, kifáradt, önmaga árnyékává vált Nyugatot. E helyzetből nincs kiút, csak ábránd, hogy a kór visszafordítható, »az optimizmus gyávaság, [...] a dicsőséges vég az egyetlen, amit nem lehet elvenni az embertől«. A hanyatlás évtizedeit (évszázadait?) méltósággal végigkísérni, ez a nyugati ember sorsa, mely alól nem bújhat ki.”

## 15. Megoldások keresése – a civilizációk jövője

*A globális fenntarthatóság központi feladata, hogy meg kell hosszabítani a viszonylagos stabilitás korszakát, amely az utóbbi ~10 000 évben [holocén]<sup>256</sup> lehetővé tette fajunk felvirágzását és civilizációink kialakulását. Ez általánosan kívánatos társadalmi-gazdasági állapotot fejez ki. E feladat jelentős része az, hogy a bioszféra működését megjelenítsük az emberek tudatában, a pénzügyi és gazdasági tranzakciókban és a társadalom egészében. – Carl Folke<sup>257</sup>*

*Nincs erősebb hadsereg az egész világon, mint egy eszme, amelynek eljött az ideje. – Victor Hugo*

Bacon bon mot-ját („A tudás hatalom.”) Auguste Comte<sup>258</sup> a következő módosítással idézi: „Tudni, hogy előre lássunk, előrelátni, hogy előbbre jussunk.” Gunnar Adler-Karlsson<sup>259</sup> pedig a Capri Philosophical Park tízéves fennállását ünneplő 2010-ben tartott előadásán a következő módon értelmezte a tudás jelentőségét: „Tudni, hogy előre lássunk, előrelátni, hogy megelőzzük a rosszat.”

A korábban említett, egyidejűleg jelen lévő számos kihívás kezelésére az eddigi csekély eredményű problémamegoldó magatartás hatékonyabbá válására még világszerte is csak kezdeti erőfeszítések léteznek. Ezek közé tartoznak a globalizáció ellensúlyaként a lokalizáció és a glocalizáció, az UNEP Global Green New Deal Update programja, az ICLEI-törekvés<sup>260</sup> tevékenysége, valamint a GTI-

<sup>256</sup> A holocén (jelenkor) a legújabb meghatározások szerint 11 700 évvel ezelőtt kezdődött, és máig tart.

<sup>257</sup> Carl Folke a Svéd Királyi Tudományos Akadémia Beijer Ökológiai és Gazdasági Intézetének professzora és igazgatója.

<sup>258</sup> Auguste Comte (1798–1857) pozitivista filozófus.

<sup>259</sup> Gunnar Adler Karlsson (1933–) svéd közgazdász.

<sup>260</sup> Az ICLEI – Önkormányzatok a fenntarthatóságért mozgalom – 1990-ben alakult. Jelenlegi 1200 tagja között van többek között tizenkét 10 millió feletti lakosságot számláló város.

mozgalom,<sup>261, 262, 263</sup> a legújabban létrehozott, Bill Gates által szponzorált és a Dominikai Egyetem által támogatott Big History Project,<sup>264</sup> továbbá természetesen valamennyi energiatakarékosági és megújulóenergia-fejlesztési program.

Ahhoz, hogy tudjunk, tanulni és kutatni kell. Az oktatás jelentőségével és lehetséges továbbfejlesztésével kapcsolatos gondolatok részletesebb kifejtésével a 7. fejezetben foglalkoztunk. Az ismétlések elkerülése érdekében ezúttal oda utalunk vissza. Ezért ebben a fejezetben „csak” a kutatás és a fejlesztés fokozott támogatásának szükségességére térünk ki.

## A kutatás és a technológiafejlesztés

A természetben rejlő lehetőségeket a tapasztalatnak és a kutatómunkának van esélye felismerni, ez utóbbinak kibontakoztatni, a technológiának pedig az ember szolgálatába állítani. Szembe kell szállni azzal a – remélhetően már végleg magunk mögött hagyott – felfogással, amely szerint elég „csak azt a kutatást támogatni, amelyik közvetlenül hasznot hoz”. De az a felfogás sem fogadható el – pedig gyakran találkozunk vele –, amely szerint a kutatást hagyjuk a nagyobb országok számára, aztán majd tőlük átvesszük az eredményeket. És mindez nem hagyható csak a leggazdagabb országokra. Nem vonhatja ki magát a jövő nemzedékek iránt tanúsítandó felelősség alól egyetlen olyan ország sem, amelyik anyagiakban szegény ugyan, de oktatási hagyományai és szellemi kapacitása alapján átlagon felüli teljesítményre predesztinált. Jó példája ennek Magyarország, ahol – nem kis részben az egykori iskolarendszernek is köszönhetően – olyan jelentős személyiségek éltek, vagy ahonnan olyanok származtak el, akik az energetikában maradandót alkottak.<sup>265</sup>

Kellő mennyiségű és minőségű energiát termelő, valamint azt felhasználó iparérett új megoldások, valamint az infrastruktúra szükséges cseréje nem az égből pottyannak le. Ismeretes, hogy az eredmények sokszor véletlenszerűen születnek meg, nem tudható tehát előre, hogy azokat melyik kísérlet hozza meg. Többek között Volta, Ampère, Faraday, Fleming (penicillin) munkásságának eredményei sorozatos véletlenek összjátéka volt. Ma már az igényeknek az

<sup>261</sup> United Nations Environment Programme. Az UNEP felhívja a G20-as tagországokat, hogy GDP-jük legalább egy százalékát olyan beruházásokra fordítsák, amelyek elősegítik a zöldgazdasági szektorok fejlődését. Kiemelten ajánlja, hogy adjanak prioritást az épülő és a meglévő épületek energiahatékonyságának javítására, támogassák a megújuló energiatípusokat és a fenntartható közlekedést. Az ICLEI segíti az egyes városok ezirányú tevékenységét.

<sup>262</sup> United Nations Environment Programme – Global Green New Deal.

<sup>263</sup> Toward a Transatlantic Green New Deal: Tackling the Climate and Economic Crises. Prepared by the Worldwatch Institute for the Heinrich Böll Foundation. Heinrich Böll Stiftung, 2009.

<sup>264</sup> A The Big History Project egy ingyenes online tanfolyam.

<sup>265</sup> Elég legendás atomtudósainkra gondolni, a dinamó, a transzformátor, a porlasztó, a torziós inga magyar feltalálói, a Nobel-díjas Szent-Györgyi Albertre vagy Oláh Györgyre.

új eljárásokkal oly módon történő kielégíthetősége, hogy a fenntarthatóság kritériumai ne sérüljenek, attól is függ, hogy miként sikerül a technológiai eredményeket gazdaságilag elfogadható és a környezetvédelmi követelményeket is kielégítő megoldásokkal hasznosítani.

Az alap kutatás Stiglitz szerint (is) mindig az állam feladata. Oda folyamatosan kell befektetnie. Tőle származik a következő idézet: „Ha egy országban lelassult a gazdasági növekedés, s nő a deficit, akkor sem szabad visszafogni a kutatásra és az infrastruktúra fejlesztésére költött pénzeket.” Mint meggyőző gyakorlati példára, emlékeztetünk arra, hogy a kilencvenes évek világméretű fejlődését, az internetalapú „új gazdaság” elterjedését épp az amerikai kormányzat által támogatott, a hatvanas évek elejétől katonai célokra fejlesztett rendszer tett lehetővé. (Informatikai fogalomgyűjtemény)

Mindazonáltal – bár tapasztaljuk a technológiai fejlődés gyorsulását – a bizonytalanságok az energetika tekintetében megmaradtak. A kutatási eredményeknek a gyakorlatba történő bevezetésébe vetett hitünk azonban nem rendülhet meg, csak némi realitást kell társítani hozzá. Utalunk ezzel kapcsolatban mindarra, amiről a 7. fejezetben már bővebben foglalkoztunk a felhalmozott tudás szintézisével kapcsolatban. Amint arról Norbert Wiener az 1970-es években is írt, „a múlt tudományából roppant raktárunk volt, amelyet még nem használtunk fel feltalálási célra. Ha mindezt pótolni akarjuk, olyan gondolatkörre van szükségünk, amely valóban egyesíti a különböző tudományokat, és megoszlik saját szakterületükön alapos felkészültségű emberek között, akik megbízható ismeretekkel rendelkeznek a szomszédos tudományterületeken is.”

A jövőre vonatkozó bizonytalanság leküzdésében kell említeni többek között azokat a technológiai erőfeszítéseket, amelyek a nem hagyományos olajok és földgáz kitermelésének a hatékonyságát növelik, egyúttal minimalizálják a környezetet károsító hatását. Az egyelőre megkerülhetetlen szénfelhasználásnak környezetkímélő technológiákra van szüksége. A nukleáris energia alkalmazásának – esetleges baleset esetén felmerülő romboló, illetve mutációkat és rákot<sup>266</sup> okozó biológiai – kockázatát csökkentendő fokozni kell a biztonsági előírásokat, háttérbe szorítva annak költségkihatásait. A villamos energia termelésében a megújuló energiaforrások igénybevételével kapcsolatban terjedtek el a leginkább derűlátó vélemények.

A továbbiakban – a teljesség igénye nélkül – címszavakban említünk néhány fontos kutatás-fejlesztési területet.

Egyelőre, és még várhatóan évtizedekig a szén marad a villamos energia fő termelési bázisa, megelőzve a földgázt és a nukleáris energiát. A közvetlenül előttünk álló évtizedek villamosenergia-ellátása érdekében fontosak a már

<sup>266</sup> A csernobili katasztrófa után a pajzsmirigyrák előfordulása drámai növekedést mutatott azok körében, akiket gyermekkorukban ért a sugárzás.



többé-kevésbé kitaposott úton járó lehetőségek: a nagyobb hatásfokú és az egyre inkább környezetbarát fosszilis energia bázisú, a biztonságosabb és jobb uránhasznosítású és továbbfejlesztett „hagyományos” nukleáris bázisú, valamint még inkább a megújuló energiákon alapuló fejlesztések. A fosszilis bázisú villamosenergia-termelés környezetvédelmi kritériuma világszerte a keletkező szén-dioxid füstgázokból történő kivonása, valamint földalatti tárolókba történő „eltemetése”, ami azonban 20-30%-kal növeli a termelési költségeket.<sup>267</sup> A feladat nagyságára jellemző, hogy az Európai Unió erre a feladatra 50 milliárd eurót fordítana. Ebből az összegből 2020-ig 22 ezer kilométeres vezetékhalózatot építené ki évente egymilliárd tonna szén-dioxid – 300 leválasztási pontról a tengeralatti tárolási helyekre vagy a kimerült gáz- és kőolajmezőkre történő – „utaztatására”. Fel kell hívni a figyelmet egy másik lehetőségre. Nanotechnológiai kutatások alapján nagy jelentőségű lehet a szén-dioxidnak a füstgázokból (esetleg a levegőből) történő kivonása, majd nanocsövekre felvitt platina katalizátor segítségével szénhidrogénné történő átalakítása.<sup>268</sup> Igaz ugyan, hogy a CO<sub>2</sub>-emisszió éghajlat-módosító hatása 100%-osan nincs bizonyítva, de az egész emberiség sorsát érintő súlyos klímaváltozási veszély lehetősége miatt a problémát világméretben kezelni próbálják. Egy-egy csekély emisszióval rendelkező kis ország a kibocsátás-csökkenés kötelezettsége alól nehezen tudja kivonni magát, pedig a legsúlyosabb felelősség a nagy kibocsátóké.

A nem hagyományos kőolaj, főleg pedig a szintén nem hagyományos földgáz ipari méretű kitermelése ma már több helyen gyakorlat. Az utóbbi első sorban az USA-ban és Kanadában folyik – igaz, jelentős energia-, vegyszer- és vízfelhasználás, valamint környezetrombolás árán –, és ez a lehetőség létezik másutt is a világon. Európában elsősorban Ukrajna, Lengyelország rendelkezik számottevő nem konvencionális földgázkészletekkel, de 4000-6000 méter mélységben lévő becsült készletei révén egyszerű Magyarország is kitermelő lehet, amennyiben sikerül úrrá lenni a nem csekély technikai nehézségen. A különbség az észak-amerikai és az európai potenciális termelés tekintetében az, hogy míg az előbbi népsűrűsége 20 fő/km<sup>2</sup>, Európában ennek a többszöröse.<sup>269</sup> Nem szorul magyarázatra, hogy a lakosságot annál jobban érinti a környezetszennyező tevékenység, minél nagyobb a népsűrűség. Ezzel magyarázható, hogy az Európai Bizottság azt ajánlja, hogy a palagáz-kitermelési műveletek

<sup>267</sup> CCS-technológia: carbon capture and storage. (Az irodalomban az eljárást gyakran sequestration elnevezés alatt találjuk meg.)

<sup>268</sup> Termodinamikailag valószínűtlen ugyan, hogy az égés során keletkező CO<sub>2</sub> „visszakonvertálható” a kiinduló anyaghoz hasonló tüzelőanyaggá, amennyiben azonban sikerül belőle értékesebb vegyi anyagokat, (esetleg üzemanyagot) előállítani, akkor – technológiai megvalósíthatóság esetén – rentábilis lehet a konverziós folyamat.

<sup>269</sup> Az Európai Unióban átlagosan 115 fő/km<sup>2</sup> a népsűrűség, de vannak országok, ahol ennek több mint a kétszerese (Egyesült Királyság, Németország).



során alkalmazott technológiát megfelelő környezeti és éghajlati óvintézkedések kísérik.

A cseppfolyós szénhidrogének előállításai eljárásai a hagyományos kőolaj (üzemanyagok) helyettesítésére szénből vagy földgázból (esetleg biomasszából) kiindulva viszonylag régtől ismertek. Szénből két úton állítható elő cseppfolyós termék: hidrogénezéssel és elgázosítással. A hidrogénezéssel történő előállítást 1913-ban Bergius<sup>270</sup> szabadalmaztatta. A jelenlegi termelőkapacitás kb. 200 hordó/nap. Egy tonna jó minőségű szénből a gyakorlatban csak 1-1,5 hordó olaj nyerhető ki. Számottevő termelés csak Dél-Afrikában, kisebb mennyiség pedig Kínában van, de a technológia fejlesztése ma is folyik. (Höök) Az elgázosítási eljárást 1920-ban Fischer és Tropsch szabadalmaztatta (F-T-eljárás)<sup>271</sup>. A II. világháború alatt a németek ezzel az eljárással 25 üzemben napi 124 ezer hordó üzemanyagot állítottak elő. A Luftwaffe repülőgépeinek és harckocsijainak üzemanyagát túlnyomórészt az I.G. Farben üzeimi szénből gyártották ezzel az eljárással. Az üzemeket a szövetségesek 1944-ben lebombázták. A háború után Dél-Afrikában újították fel a temelést, amelyet a South African Coal, Oil and Gas Corporation (most Sasol) 200 bpd-re futtatott fel. Rövidesen kifejlesztették az eljárást földgázra is (GTL, lásd a 6. fejezetet!). Ma már több nagy olajipari társaságnak megvan a saját F-T-eljárása.

A biomassza tekintetében ígéretes kísérletek folynak olyan „második generációs” technológiák kereskedelmi hasznosítására, amelyek segítségével bioüzemanyagot lehet előállítani fás anyagokból, fűfélékből és egyes további hulladéktípusokból. Ez a gabonából előállított üzemanyaggyártáshoz képest etikailag elfogadhatóbb gyakorlat, hiszen a világon egy milliárdnyi ember alultáplált, illetve évente több tíz millióan halnak meg éhínség vagy alultápláltság okozta betegség következtében, nem beszélve arról, hogy az eljárások úgynevezett energetikai megtérülése (lásd a 6. fejezetet) is nagyon alacsony. A közelmúltban Huber, a Massachusetts Egyetem professzora számolt be biomassza-bázisú petrolkémiai termékek előállításai lehetőségeiről az egyre jobban terjedő petrolkémiai kőolaj-finomítóknál<sup>272</sup>, tehát a meglévő infrastruktúra felhasználásával.

A társadalom és a gazdaság idegrendszerének is nevezhető villamos energia<sup>273</sup> rendelkezésre állása elsőrendű civilizációs kérdés. Sokoldalú felhasználhatósága miatt rá a mai nélkülözhetelenségén túl különleges szerep várhat. Egyre nagyobb jelentősége lesz majd a fosszilis energiák kiváltásában. Ebben

<sup>270</sup> Friedrich Karl Rudolf Bergius (1884–1949) Nobel-díjas német kémikus.

<sup>271</sup> Franz Joseph Emil Fischer (1877–1947) és Hans Tropsch (1889–1935) német kémikusok.

<sup>272</sup> Petrolkémiai fimomítóknak azokat az üzemeket nevezzük, amelyek a hagyományos termékek (üzemanyagok, kenőanyagok stb.) mellett vegyipari alapanyagokat és késztermékeket is gyártanak.

<sup>273</sup> Érdekes módon erre a hasonlatra költőnk és irodalomtudósunk, Babits Mihály érzett rá először, amikor egyik – egyébként kötetben meg nem jelent verse címéül adta az 1909-ben írt „Nervus Urbis” (a város idege) szavakat, a várost befonó villamosvezeték-rendszerre gondolva.

a szerepében hosszú távon a nem fosszilis energiára alapozott villamos energia termelése akár a nyugati civilizáció megmentője is lehet.<sup>274</sup> Hogy betölthesse ezt a majdani funkcióját – többek között – a villamosenergia-tárolás, valamint a „magas hőmérsékletű” szupravezetés problémáját is meg kellene oldani. A szupravezetés az a fizikai jelenség, amelynek során egyes úgynevezett szupravezető anyagok nagyon alacsony hőmérsékleten elveszítik az elektromos ellenállásukat. A viszonylag magasabb hőmérsékletű szupravezetőkkel egyre több kereskedelmi célú alkalmazás válhat elérhetővé. A kutatások iránya a kritikus hőmérséklet szobahőmérsékletig történő emelése. A magas kritikus hőmérséklet oka ugyan még ismeretlen, de nincs olyan elmélet, amely kizárná a szobahőmérsékletű szupravezetők létezését. Nagyobb távolságokra a szupravezetés azért is különösen alkalmas lehet majd, mert áthidalhatja a fotovillamos energiának a napsugárzás eltérő időpontokban jelentkező maximumát. Az American Superconductor Corporation szerint megvalósítható a „zöld” villamos energiának városokba történő eljuttatása. Ennek érdekében az USA Long Islanden már épített demonstrációs kábeleket, és eredményekről számoltak be Kínában, Dél-Koreában és Japánban is.<sup>275</sup> Igaz, széleskörű elterjedésre a magas költségek miatt egyelőre még nem lehet számítani, és a villamosenergia-ipar is kockázatosnak tartja a technológiát, de a 2011-ben Potsdamban megtartott Nemzetközi Brainstorming Workshopen már bemutattak egy elképzelést az Észak-Afrikából Európába történő villamosenergia-szállítás lehetőségéről az EUMENA keretében (szerencsés esetben magas hőmérsékletű szupravezető kábelek segítségével). A szupravezetés kiaknázásának további lehetősége a villamosenergia-tárolás megoldása. Minderről és több más lehetőségről olvashatunk az Electronic Power Research Institute Technology Watch 2011-es tudósításban. Érdekes, a megvalósítás fázisában lévő eljárást dolgozott ki az amerikai General Electric és a német RWE a szélenergiával termelt áram tárolására.

Az ADELE nevű elgondolás nagy mennyiségű energia hatékony, biztonságos tárolására készül. Az új módszer révén az áramellátás akkor is folyamatos marad, amikor a rákapcsolt szélturbinák nem termelnek. A koncepció lényege, hogy azokban az időszakokban, amikor az áramellátás meghaladja az igényeket, a levegőt összesűrítik, a keletkező hőt átmenetileg egy hőenergia-tárolóban raktározzák,<sup>276</sup> a levegőt pedig földalatti üregekbe sajtolják, lehetőleg a szélturbinák közelében. Amint megnő az igény a villamosenergia iránt, a hőt

<sup>274</sup> 2010-ben Michel Wautelet, a Mons-i Egyetem fizikus professzora azt állította, hogy amennyiben – technikai megvalósíthatóság esetén – villamos energiára konvertálnák az automobilizmus teljes – 2008-as szintű – olajfelhasználását, legalább 5100 többlet 1000 MW-os villamos (atom)erőműre lenne szükség.

<sup>275</sup> *More Power to the GRID*. Oak Ridge National Laboratory Review. UT-Battelle for the US Department of Energy. Volume 38, Number 1, 2005.

<sup>276</sup> Vö.: *Adele – Adiabatic Compressed-Air Energy Storage For Electricity Supply!* RWE Power AG, Essen – Köln, 2010.

visszavezetik, és a sűrített levegő segítségével egy turbinán keresztül áramot fejlesztenek. A sűrítési folyamatban igen fontos szerepe van a levegő hőmérsékletének, hiszen akár 600 °C fölé is emelkedhet. Annak érdekében, hogy megelőzzék a hőveszteséget, a hőt már a levegő tárolása előtt kivonják a sűrített levegőből, és a hőenergia-tárolóba vezetik. Amikor az áramtermelés szükségessé válik, a hőenergia-tároló ismét felmelegíti a sűrített levegőt, mielőtt az meghajtaná a turbinát. A rendszer ebben az esetben az adiabatikus (hőátadás nélküli változás) módszert használja fel, amelyben a sűrített levegő hője nem vész el, hanem benne marad a folyamatban, és így áramtermelésre használható. Ez a módszer elsősorban jóval nagyobb hatékonyságával különbözik a jelenlegi sűrített levegős tárolóktól. Ezen túlmenően a sűrített levegőt nem földgázzal kell felmelegíteni. Tárolókapacitása elérné az egy GWót.

A nukleáris bázisú villamosenergia-termeléssel kapcsolatban mindenképp előt kell megemlíteni, hogy kétségessé vált a közbizalom visszatérése a második nagy nukleáris tömegkatasztrófa után. A balesetek a Three Mile Islandet is ideértve<sup>277</sup> immár a reaktorok körülbelül 1%-át érintették, ami elfogadhatatlan.<sup>278</sup> Ezzel kapcsolatban a minimális tennivaló az, hogy a reaktorok biztonságát lényegesen megnöveljék. Előrelátó, de az atomenergiát nem elutasító országok gondolnak a IV. generációs atomerőművi fejlesztésekre is, amelyek kisebb mennyiségű sugárzó mellékterméket eredményeznek majd, és egyúttal „rövidebb” idő alatt bomlanak le. Megjelenésüket 2030 táján lehet remélni. A távolabbi jövő energiaellátását kívánja megalapozni az a döntés, amely több ország közös összefogásával a fúzióenergia-termelés kutatására irányul. Amennyiben a törekvés sikeres lesz, az energiagondok nagy részét – a légi közlekedés és a petrokémiai ipar kivételével – feltehetően megoldja, hiszen a villamos energia változatos felhasználása a fosszilis energia kiváltására széles körben megvalósíthatóvá válhat. A fúziós villamos energia ipari elterjedésére azonban a fél évszázados múlta visszatekintő kutatás után szerencsés esetben is legalább ugyanennyi időt kell várni. Minden bizonnyal ez lenne az eddigi legnagyobb jelentőségű és egyben a leghosszabb időtartamú innovációs ciklus. (Az angol CCFE<sup>279</sup> becslése szerint a fúzióbázisú villamos energia 2100-ra érné el az összes szükséglet fedezésének 20%-át.) A fúzió egy másik lehetőségét sem

<sup>277</sup> Bár a Three Mile Island-i baleset szakmai szemmel nézve súlyos volt, a környezetbe nem jutott ki jelentős mennyiségű radioaktivitás.

<sup>278</sup> Az ellenzés fő oka a súlyos katasztrófáktól való félelem. Ezt bekövetkezésük konvenciók szerinti valószínűségének tízezer években kifejezett gyakorisága (ritkasága) nem csökkenti, hiszen már eddig is két súlyos (ha a Three Mile Island-it is ide számítjuk, három) baleset volt, amely négy reaktort is érintett, azaz a mai reaktorállomány nagyságrendileg 1%-át jelenti. A bizonytalanság probléma marad, az események időbeni valószínűségi eloszlása nem ismeretes, és meg sem ismerhető. Paradoxon, de a kormányoknak mégis dönteniük kell.

<sup>279</sup> Culham Centre of Fusion Energy.

vetették el véglegesen. A hidegfúzió<sup>280</sup> megvalósítását sokan csak a futurologia körébe sorolják. A Massachusetts Institute of Technology (MIT) ennek ellenére támogat ilyen irányú kutatásokat. Világszerte 200-300 kutató foglalkozik ezzel a sokak által áltudománynak minősített témával.

A megújuló felhasználásának a növekedése – évente 20–40% – minden más energiafajtáét megelőzi.<sup>281</sup> Janet L. Sawin, a Worldwatch Institute programigazgatója egyenesen Edisonra hivatkozik, amikor – köszönhetően a kutatás-fejlesztés eredményeinek – a napenergia várható forradalmi térhódításáról ír.<sup>282</sup> Az L-B Systemtechnik szerint a század közepére a nap- és a szélenergia együttesen (a mai viszonylag szerény részesedésük dacára) a legnagyobb szereplővé válhat, meghaladva akkorra a világ mai energiafelhasználásának akár a felét is. Ha ez túlzásnak tűnik is, a lehetőség – mint egy távoli vízió – húzóereje lehet az egyébként több irányban folytatandó kutató-fejlesztő munkának, tehát a mai teendőknél. A Boeing-Spectrolabnak laboratóriumi körülmények között sikerült a napelemeknél 40% feletti hatásfokot elérni. Jelentős eredmény lenne, ha sikerülne tömegtermelésre alkalmas, 30%-ot meghaladó hatásfokú napelemeket készíteni. Azt remélik, hogy 2020-ra 2–10 cent/kWh-ra lesz leszorítható a napelemekkel termelt villamos energia ára.

Egyre több szakértő foglal állást a nanotechnológiai kutatások energetikai kiterjesztése mellett. Ragaiy Zidan a nanocsöveknek a hidrogéntárolásra vonatkozó kísérleti eredményekről számolt be. Ezenkívül kiemelhetjük a hidrogén előállítását, tárolását és szállítását, valamint általában a kapcsolódó fejlesztéseket (például az információs technológia elterjesztését az energetikán belül és a gépkocsiipar fejlesztését), de idesorolható a lehetőségek olyan további serege is, amelyek némelyikét – egyelőre – a tudósok többsége elutasít.

Az energiaiparban ma már nincs előrehaladás más generikus technológiák (kerámiák, kompozitok, polimerek alkalmazása), a nanotechnológia, a mik-

<sup>280</sup> 1989-ben két amerikai kutató azt állította, hogy sikerült laboratóriumi körülmények között hidegfúziót megvalósítani. Kísérletük nem volt reprodukálható és a tudósok többsége nem hisz benne. Mindazonáltal, a kísérletek folytatódnak. Eddig 18 nemzetközi konferenciát tartottak a hidegfúzió megvalósítása érdekében végrehajtott kísérletek eredményeiről, legutóbb a Missouri Egyetemen.

<sup>281</sup> 2001 és 2006 között a fotovoltaikus energia felhasználása évente 30-40%-kal, a szélenergiáé 20-30%-kal és a bioenergié 15-20%-kal nőtt.

<sup>282</sup> Thomas Alva Edison (1847–1931) amerikai elektrotechnikus, üzletember, feltaláló. 1093 szabadalom kapcsolódik a nevéhez. Volt olyan négyéves időszaka, amikor 300 találmányt jelentett be, vagyis ötnaponta egyet. 1929. október 21-én az izzólámpa születésének 50. évfordulóján Edison tiszteletére nagy ünnepséget rendeztek, amelyen az USA elnöke, Herbert Clark Hoover, Henry Ford (Edison legkedvesebb barátja) is megjelent. Az elnök indítványára egy percre lekapcsolták az izzókat. A szabadságszobor fáklyájának lángját is kioltották arra az időre. Edison születésnapja – Ronald Reagan 1983-as deklarációja óta – a nemzeti feltalálók napja az USA-ban. Edison szorgalmát jellemzi híres mondása: „A zseni egy százalék ihlet, kilencvenkilenc százalék verejték.”

roelektronika, a fotonika (optikai szálak, optoelektronika, lézertechnológia, fényelektromosság alkalmazása), a programozás, valamint a biotechnológia nélkül. A nyilvánvalóan paradigmaváltás előtt álló globalizált világban ezeknek a technológiáknak az energiatemelésbe és -felhasználásba való integrálása a tudás minden korábnál nagyobb szerepét feltételezi. A táblázat leegyszerűsített formában ezt szemlélteti. Minthogy a technológiák a világon nem egyformán fejlődnek, terjedésüket a technológiatranszfer segíti.

A kutatás és a technológiafejlesztés támogatása önmagában nem elég. A gazdaságnak meg kell teremtenie azokat a feltételeket, amelyek az új megoldásokat *tömegesen* tudják bevezetni, hiszen energiára az emberiségnek már évente több mint tízmilliárd tonna olaj-egyenértékű energiamennyiségre van szüksége, és az igények folyamatosan nőnek.

Az energiatechnológiák és a generikus technológiák kölcsönhatása

	Kőolaj	Szén	Földgáz	Villamos energia	Energia-felhasználás
<b>Anyag-technológia</b>	Írányított fúrás, nanotechnológia*	Föld alatti elgázosítás	Membrán-technológia a szigetelésben, a hermetikusság fokozásában	Atomreaktorok gázturbinák, szélenergia, tüzelőanyag-elem	Hőszigetelés, fluid tüzelés
<b>Mikro-elektronika</b>	3D szeizmika	Robotika	Szabályozás	Változó sebességű turbinák	Automatizálás
<b>Fotonika</b>	Műholdas kutatás			Fényelemek, lézeres urándúsítás	Világítástechnika
<b>Programozás</b>	Rezervoár-modellezés		Rezervoár-modellezés	Hálózatvezérlés	Klimatizáció, szállításszervezés, nanotechnológia

\* A petrokémia a kőolaj oszlopban szerepel. Idevágó példaként hozható fel, hogy Braziliában kifejlesztettek egy nanokompozitot tartalmazó polipropilént, amelynek az ütés-, hő- és nedvességállósága többszörösen meghaladja a hagyományos termékét, és gyártása üzemesítés alatt van. (<http://asso.objectif-sciences.com/La-petrochimie-utilise-la.html>)

## Kutatások a sci-fi-közeli területeken

Érdekességként megemlítünk egy – Horst Eckardt és szerzőtársa által leírt – új elgondolást, amelyet kidolgozói úgynevezett ECE-teóriaként<sup>283</sup> ajánlanak energia-előállítására. Annak ellenére, hogy a fizikusok hiába próbálkoztak több mint

<sup>283</sup> Az EC-elméletet alkotóiról nevezték el, Einstein–Cartan–Evans.

fél évszázadon át az összes természetes erő egy elméletben való egyesítésével, Myron W. Evans fizikus végre sikerrel járt. Einstein és Elie Cartan éleslátására alapozva Evans elmélete a tér-idő geometriájából eredezteti az összes természeti erőt. Ahogy Einstein a gravitációt a tér-idő görbületének tulajdonította, Evans elgondolása az elektromágnesességet a tér-idő torzulásához vagy csavarodásához köti. A gravitáció és az elektromágnesesség között fellépő kölcsönhatás - főbb fizikusi köröben elutasított - lehetősége becslések szerint olyan új eredményekhez vezethet, amelyek energia előállítását teszik lehetővé a tér-időből.

Kutatók már régóta foglalkoznak az annihilációs hajtóművek (fotonhajtóművek), vagy akár az antianyag-bázisú energiatermelés gondolatával. Az annihiláció (megsemmisülés) az az esemény, amikor egy elemi részecske az antirészecske-párjával találkozik, mindkettő megsemmisül és a tömegüknek megfelelő  $E = m \cdot c^2$  energia keletkezik. Az anyag és az antianyag találkozásakor a tömeg maradéktalanul energiává alakul, nem pedig úgy, mint a nukleáris erőműben vagy a Napban, ahol a tüzelőanyagoknak alig 1%-a hasznosul. Ott atomhulladék vagy hélium alakjában hamu marad vissza, annihilációnál azonban az anyag tökéletesen eltűnik. Az annihiláció két nagyságrenddel volna hatékonyabb a magfúziónál, amelyet még ugyancsak nem sikerült energiatermelésre használni. Ehhez hiányzik a kellő mennyiségű antianyag, mivel a Földünk és a Naprendszerünk normális anyagból épül fel. Csak ritkán, és akkor is csak egészen rövid időre sikerült a tudósoknak antianyagot előállítaniuk. Mindazonáltal létezik egy a NASA Institute for Advanced Concepts támogatásával kidolgozott projekt, amely szerint mindössze 10-30 milligramm antihidrogént felhasználva juttatnának 10-20 kilogrammos szondát a Naprendszer térségeibe, illetve a Naprendszeren kívülre is.



## 16. Az energiapolitikák

*A tudományos kérdések és a politikai világ időbeli léptéke közötti eltérés tükrében hangsúlyozzuk a hosszú távú politika szükségességét - különös tekintettel a több generációra és nem választástól választásig tervezett tudományos infrastruktúrára. - A Tudomány Világfóruma, Budapest, 2005*

*Nincsenek örök barátaink és örök ellenségeink, csak örök érdekeink vannak, és az a kötelességünk, hogy ezeket az érdekeket kövessük. - Lord Palmerston*

A 18. századtól a szén-, a 20. század elejétől az olajtársaságok üzletpolitikája alakította a társadalmak energiaellátását. Korán számottevővé vált az olajtermelés az egyes amerikai országokban (USA, Mexikó, Venezuela), az egykori Oroszországban és a Szunda-szigeteken.<sup>284</sup> Az olajtermékek eladása érdekében való rivalizálás először csak az Egyesült Államokon belüli kíméletlen versengésben és „csupán” a társaságok közötti *árbáború*ban jelentkezett. Jellemző Ida Tarbellnek, az USA egyik legnevesebb ipartörténészének a véleménye, miszerint „a 19. század második felében az amerikai üzletemberek félelme a Rockefeller által 1870-ben alapított Standard Oiltól csak ahhoz a réműlethez hasonlítható, amelybe Napóleon ejtette Európa uralkodóit a 19. század elején”. A gazdasági harc hamarosan a határokon kívülre is áttevődött, főleg a távol-keleti piacok világitó petróleummal való elárasztásáért. A Shell Kínába, Bangkókba és Szingapúrba szállított Oroszországból a Szezi-csatornán keresztül, még hozzá a töténelemben először tankhajóban és nem hordókban – ezzel forradalmasítva a szállítást! Első versenytársa, a Szumátrán termelő Royal Dutch Company szintén ráállt tankhajók építésére. Újabb riválissá a texasi mezők felfedezése után a Standard Oil (S.O.) vált (1903). Az amerikai társaság sok millió petróleumlámpát adott a helyi lakosoknak ajándékba, hogy majd tőle vásároljanak azokhoz üzemanyagot. Válaszként a Shell és a Royal Dutch 1906-ban egyesült – a multinacionális társaságok csírájává válva – annak érdekében, hogy együtt versenyképesek legyenek az S. O.-val.

<sup>284</sup> A Szunda-szigetek túlnyomó része indonéz felségterület.



A társaságok közötti küzdelem az olajért – amint ezt már a 8. fejezetben is említettük – az 1910-es évektől az olajlelőhelyek megszerzéséért folyt. Ekkortól a versengés diplomáciai és katonapolitikai formát öltött, és ez utóbbi miatt háborúk kirobbanását, illetve kimenetelét befolyásoló tényezővé vált.

A nyugati civilizáció túlélését országaik kormányainak a természeti erőforrásokkal történő okos gazdálkodása nagyban segítheti. Nagy a felelősségük abban, hogy egy – sajnálatosan bekövetkezhető – energiahányt jó előre megelőző, az eddig tapasztaltakénál is drasztikusabb áremelkedés ne okozzon majd pánikot és káoszt. Az energiavásárló országoknak tisztában kell lenniük azzal, hogy az energiabirtokosok politikái minden bizonnyal arra irányulnak, hogy az olajból és a gázból származó bevételeiket energiakészleteik csökkenése során is minél hosszabb ideig élvezhessék. Ezért nem egyszer „kifinomult” politikai eszközökhöz (mint például több mint fél évszázada az Ajax-akció) is folyamodnak.<sup>285</sup>

Mindazonáltal, az, hogy az első olajválság az országok túlnyomó többségét váratlanul érte, azt is jelenti, hogy az 1970-es évek elején a kormányok többsége nem rendelkezett jól átgondolt energiapolitikával. A következmények bebizonyították, hogy a kidolgozásukra bizony szükség van, az elkészítésükre tökéletesen bevált recept viszont azóta sincs. Annyi azonban bizonyos, hogy átfogó összefüggésrendszert célszerű kialakítani.

Az energiapolitikának tehát szélesebb tartalma van, mint ahogyan azt sokan értelmezik, és vele kapcsolatban sokszor csak a különböző rendeletek meghozatalára, a belföldi árak meghatározására, jobb esetben a valóban energiapolitikai jelentőségű energiatakarékosságra gondolnak. Ezek azonban „csak” olyan szükségszerű következmények, amelyek háttérben geológiai és geopolitikai, valamint környezetvédelmi tények húzódnak meg. Jó energiapolitikát csak a kül-, a bel-, a gazdaság- a technológia-, a környezet-, a biztonság- és a kutatópolitikával összhangban lehet megalkotni, ezért a jó energiapolitikus ezen területek művelőit nem csupán tájékoztatja munkájáról, de abba be is vonja őket.

Más válasz adható a belátható egy-két évtized problémáira, és ismét más a távolabbi jövő energiaellátására vonatkozóan. Ez utóbbi feladatot mai kutatásoknak, és nem egy esetben mai döntéseknek kell megalapozniuk. A két – a rövid és a hosszabb távú – megközelítés közül egyik sem mehet a másik rovására. Míg a kormányok számára megkerülhetetlen a rövid és a középtávú ellátás biztosítása, a távlati energiáé a megkívánt vízió nélkül – e téren akár fél

<sup>285</sup> 1951-ben Irán fellépett egy brit olajvállalat ellen, amely a mai BP (British Petroleum) elődje volt. Mohamed Mossadegh miniszterelnök az Irán és az angolok közötti korábban kötött előnytelen olajszerződést meg akarta változtatni, és Irán teljes olajkészletét államosította. Ekkor Anglia az Egyesült Államok segítségét kérte. Washington egy CIA-ügynököt küldött Iránba, aki egyre több iráni angolbarát csoportot rávett arra, hogy Mossadeghet megbuktassák. 1953-ban ez sikerült is, és az amerikai barát Reza Pahlavit hozták vissza külföldről. A történetek átformálták a Közel-Kelet történelmét.

évszázados előrelátás volna szükséges, hiszen egyes energetikai létesítmények ilyen időtartamúak lehetnek – bizonytalanabbá válhat. Az úgyszólván lehetetlennek tűnő kíváncsi teljesség az alap- és energotechnológiai kutatások feltételeinek megléte valamelyest könnyíthet. Szerencsés esetben a hosszú távú problémákat „elintézik” a tudomány-kutatás-fejlesztés blokkjai, feltehetően nemzetközi összefogásban. Itt elsősorban a megújuló energiák gazdaságos és tömeges alkalmazására, továbbá a fúziós villamosenergia megvalósításának a sikerére gondolunk.

A *Washington Times* még néhány évvel ezelőtt is hangsúlyozta, hogy a politikusok nem fordítanak kellő figyelmet az energetikát érintő eurázsiai folyamatokra. Azóta ez a helyzet látványosan változóban van. Ázsia összes energiaigénye 2030-ig 2-3 milliárd tonna olajegyenértékkel nőhet. Ennek közel felét az olajigény-, egynegyedét a földgázigény-növekmény tenné ki. Ez a mennyiség egy-két évtized alatt csaknem egyötöde lehet annak, amennyire az egész világ egy-két évszázad alatt (!) „tornászta fel” az energiafelhasználását. A hivatalos ázsiai energiapolitikát az *Asia/World Energy Outlook 2006* szerint az úgynevezett 3S elvvel lehet jellemezni: ellátási biztonság, fenntarthatóság és piaci stabilitás<sup>286</sup>, amelynek szempontjai erősen emlékeztetnek az európai energiapolitikában foglaltakra. Ez utóbbi középpontjában – deklaratíván – az ellátási biztonság, a versenyképesség és a környezetvédelem áll.

Nem nehéz belátni, hogy azok az országok, amelyeket hosszú távú energiaszállítási szerződések kötnek össze, gazdasági érdekeikkel szemben kevésbé ellenségeskednek. Ennek tudatában az energiafüggőségben lévő európai országok politikusainak át kellene értékelnük a jelenleg fenntartásokkal kezelt, ugyanakkor nagy energiaszállítási potenciállal rendelkező országokhoz fűződő kapcsolataikat. Ha ez a figyelmeztetés nem bizonyul meggyőzőnek, emlékeztünk Lord Palmerston volt angol miniszterelnöknek a mottóban idézett szavaira. (Ezzel kapcsolatban gondolni kellene a politikai okokból energiaembargóval sújtott nagy energiavagyon-birtokosokra, például Iránra.)

A világpiacon árák kihatnak a belföldi árpolitikákra, de közvetve befolyásolhatják az adópolitikákat is. Ezeket azonban nemcsak energiapolitikai, hanem pénzügypolitikai kérdésnek is kell tekinteni. A jogszabályalkotásról pedig azt kell tudni, hogy az csupán eszköze az energiapolitikák érvényesítésének, nem pedig maga az energiapolitika. Jelentősége azonban nagy, nélküle az energiakérdés ma már nem kezelhető. Ebben a pontban az energiapolitikák céljairól, elveiről, az energiaprobléma összetettségéről, elkészítésének nehézségeiről, a figyelembeveendő szempontokról és az úgynevezett forgatókönyvekben történő gondolkodásról olvashatunk. (Megjegyezzük, hogy a forgatókönyveket olyan, a jövőt megközelítő történetekként foghatjuk fel,

<sup>286</sup> *Asia/World Energy Outlook 2006*, IEEJ, November 2006.

amelyeknek az alakulásában nem annyira a pontos számszerűségek a fő ismérvek, mint inkább az, hogy a számításba vehető befolyásoló – környezeti, politikai, technológiai – tényezők milyen tendenciákat indukálhatnak az energetikában, és azokkal kapcsolatban melyek a legfontosabb konkrét energiapolitikai teendők.)

A következőkben az energiapolitikák készítésének egy ésszerűnek vélt sablonját vázoljuk.

### **Az energiapolitikák célja és elvei**

Új morális és gazdasági alapokon nyugvó világot kell előkészíteni, amelyben az energetikának fontos szerepe lesz. A feladatok globális és regionális erőfeszítéseket tesznek szükségessé.

Az Európai Unióban az energiapolitika deklarált céljai: az ellátásbiztonság, a versenyképesség, a környezetvédelem. Alapvető követelmény olyan módon keresni és megtalálni a távlati energetikai célok elérésének megoldásait, hogy azokkal az emberek mai és távlati szükségleteinek a kielégítését a lehető legkedvezőbb módon lehessen biztosítani. Ugyancsak cél a társadalom energiaparáló szemlélete megváltozásának az elérése.

Az energiapolitikának lehetővé kell tennie, hogy birtokában a felelős szereplők magatartása, döntéseik, valamint – akár váratlan helyzetben is szükséges – megnyilvánulásaik helyesek és megalapozottak legyenek. Nemcsak ilyen értelemben elkészített energiapolitikára, hanem annak felelős képviselőjére is szükség van. A célok elérése érdekében pedig valamennyi szereplő, tehát az egész társadalom energiatudatos viselkedése is szükséges.

Az energiapolitika elvileg nem végrehajtásának aprólékosan részletezett módozatait, hanem a tendenciák felismerését, az irányok kijelölését és a stratégiai feladatok meghatározását hivatott szolgálni, méghozzá úgy, hogy alkalmazója „lássa a fától az erdőt”, azaz ne vesszen el a még oly fontos részletkérdésekben sem.<sup>287</sup> Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy az energiapolitikát ne terhelje meg a számok tömkelege. A túl magabiztos, számszerűségében a pontosság hamis látszatát keltő előrejelzések ugyanis félrevezetőek lehetnek. A legfontosabb adatokat (importfüggőség, egy főre jutó felhasználás, energiahatékonyság stb.) természetesen tényszerűen és előrejelző jelleggel egyaránt tartalmaznia kell. Ezek ugyanis tájékoztatói lehetőséget nyújtanak az adott ország számára a nemzetközi trendekhez való viszonyban, az energiahatékonyság alakulásában, nem utolsósorban a nemzetközi kapcsolatok építésében. Mindehhez azt is hozzá kell tenni, hogy az energiapolitika céljainak megvalósításában jelentős

<sup>287</sup> Azok megoldását az egyes részprogramokra hagyja. Viszont ez utóbbiak beindításában, irányuk kijelölésében a szempontokat az energiapolitikának kell megadnia.

mértékben a részprogramokra (mint például az energiatakarékosságera) hárul a fő felelősség. A szempontokat (lásd később!) viszont ezekben is az energiapolitikának kell megadnia. A külkapcsolatok kezelése különösen kiemelt energiapolitikai jelentőséggel bír.

### A feladat nehézségei

Az energiapolitizálásra is alkalmazható Comenius<sup>288</sup> szellemes mondása: „Az előrelátás nehéz művészet, főleg ha az a jövőre vonatkozik.” Az energiapolitikákat bírálni könnyű, megalkotni viszont nehéz.

Kérdés, hogy miként biztosítható az energiapolitikai célok elérése. Várható, hogy kiélezett versengés zajlik (majd) a fogyasztó fosszilis energiaforrásokért a nagyfogyasztó, de energiaszegény Európa és Japán, bizonyos mértékig a gigafogyasztó USA, valamint az ázsiai és a dél-amerikai országok között.

A leküzdendő nehézségek közül mindenekelőtt azt kell említeni, amely az energiaforrások egyenlőtlen földrajzi eloszlásából fakad. Tovább súlyosítja ezt a problémát az, hogy a világ energetikáját jelenleg legjobban befolyásoló kőolaj vonatkozásában tekintélyes geológusok hangsúlyozzák a hagyományos olajtermelés tetőzésének közeledtét/elérkezését. Nehezíti a tisztánlátást, hogy az olajvagyonok adatai – auditálás híján – manipulálhatók. Az így megjelenő úgynevezett „politikai tartalékok” adatainak közreadása attól függ, hogy az adott ország valamely okból milyen képet kíván nyújtani magáról, amint arra könyvünkben többször is utalunk. A bankok ugyanis annál nagyobb készséggel bocsátanak rendelkezésre hiteleket újabb és újabb mezők kutatására és termelésbe állítására, minél nagyobb vagyont tud már eleve felmutatni a kölcsönt igénylő. A másik ok abban rejlik, hogy a nagyobb vagyon demonstrálásával az egyes OPEC-országok termelési kvótáikat (éves termelési engedélyeiket) – és azzal együtt bevételeiket is – növelhessék, hiszen az OPEC-értekezleteken „kiosztott” kvótákat a vagyon nagyságához kötik. Így annak ellenére, hogy a nagy mezők felfedezése megritkult, a publikált vagyonadatok a nyolcvanas években ugrásszerűen emelkedtek. Az is befolyásolja az olajvagyonra vonatkozó információkat, hogy újabban egyes nem hagyományos előfordulásokat (sőt egyéb komponenseket is) szintén közéjük sorolnak, és azokkal együttesen a már többször említett „all liquids” fogalmát használják.

Másféle nehézséget okoz az, hogy a nukleáris energia programjai számos országban megkérdőjeleződtek, és végrehajtásuk megtorpant, holott a vilámos energia iránti szükségletek globális méretekben nőnek. A csernobili

<sup>288</sup> Jan Amos Komenský (1592–1670) a morvaországi Nivnicében született. Püspök, teológus, társadalomtudós és pedagógus, a modern pedagógia megalapítója volt. A kor szokása szerint Comeniusra latinositotta nevét, holott eredeti családneve Szeges volt, mivel szülei magyar kivándorlók ivadékai voltak. Szellemes mondását évszázadokkal később mások szívesen idézték.

sokk után alighogy visszatért az atomenergetikába vetett bizalom, „beütött” a fukusimai nukleáris katasztrófa. A közvélemény ismét megjelent ellenállásán világviszonylatban nem könnyű változtatni, bár több országban az atomerőművek építése (a még meglévő problémák megoldásával együtt) egyre inkább elkerülhetetlennek látszik.

Ismét más - és nem csekély - nehézség az energetika területén megjelenő terrorizmus veszélyeit elhárítani vagy legalább minimalizálni, arra is tekintettel, hogy a hagyományos terrorista módszerek mellett megjelent a kiberterrorizmus (az internet terrorista célú felhasználása) veszélye.

Nehéz előrevetíteni, hogy egyáltalán összeegyeztethető-e a globalizáció az államok szuverenitásának megőrzésével egy olyan stratégiai szektorban, mint az energetika. Végül, de nem utolsósorban nehézséget okoz az is, hogy az egyes energetikai ágazatok gyakran nyomást gyakorolnak a politikára. Ezt senki nem jellemezte jobban, mint Franklin D. Rooseveltt, aki szerint „az a probléma, hogy a választásokon nem lehet nyerni az olajipar nélkül, de kormányozni sem lehet vele, olvashatjuk a *World Plutocracy Oil Rulers* című írásában.

A döntéseket azonban többek között a problémakör összetettségéből adódó nehézségek ellenére is meg kell hozni, hiszen csak azok révén lehet olyan nélkülözhetetlen „tartós fogyasztási cikkekről” gondoskodni, mint az erőművek, a csővezetékek stb. létesítése, valamint a szükséges hosszú távú nemzetközi szerződések megkötése. A fentiekből nyilvánvaló, hogy az energiapolitika megalkotása forгатatókönyvekben való gondolkodást igényel. Minősége nemcsak az alkotók szakmai rátermettségében, hanem a mások ismeretei és gondolatai iránti fogékonyságukban, a világban zajló különböző folyamatokra való rálátásukban is rejlik. Az energiapolitikák elkészítése igazi intellektuális művelet. Belátható, hogy az energiapolitikákat bírálni könnyű, megalkotni viszont nehéz.

### **Hármas paradigmaváltást!**

A fejlődő és a fejlett (nyugati) világnak egyaránt be kellene látnia, hogy egyikük civilizációja sem univerzális. A kulturális/szellemi értékrendben kialakult eltérések dacára arra kell törekedni, hogy a civilizációk minden értékes eleme - így a nyugatié is - az egész világ közös kincse maradjon. Ehhez ismét kollektív szellemi erőfeszítésre van szükség. Jövőbeni energiaellátásunk, bioszféránk egyensúlyának megtartása/helyreállítása érdekében világszerte legalább a következő három területen van szükség paradigmaváltásra<sup>289</sup>: a közgondolkodásban, a közgazdasági elméletben és gyakorlatban, valamint az energiapolitikákban. Globális problémákra globális megoldást kell találni. *Vagy mindenki csinálja, vagy nem fog menni!*

<sup>289</sup> A παραδειγμα (paradeigma) görög szó jelentése: modell, példa.

*Először* is paradigmaváltást kellene elérni a *közgondolkodásban*. Civilizációnk tartósan csak akkor marad meg, ha a széles tömegek, sőt az egész emberi társadalom képes lesz mentálisan is alkalmazkodni a globális kihívásokhoz, beleértve az energetikával összefüggőket is. El kell érni, hogy az energiaproblémával az emberek világszerte ne csupán az áremelkedéseken keresztül szembesüljenek, hanem ismerjék meg annak okait, valamint az energiatakarékosság lehetőségeit. Az energetikai ismeretek szervezett oktatásában<sup>290</sup> a fejlett országoknak saját társadalmuk mellett a fejlődőket is segíteniük kell. Az oktatási és a kutatási támogatás világszerte elégtelen. Az Interacademy Panel (IAP) 2008-ban rámutatott, hogy a fiatalok többsége nem jut megfelelő természettudományos ismeretekhez. A legújabb közgazdasági elméletek is alátámasztják, hogy a fenntartható életnek – a tőke vagy a nyersanyagok mellett – ma már a tudás is a kulcstényezője. Ezt az energiapolitikák sem, hagyhatják figyelmen kívül. A Tudomány Világforumán (Budapest, 2009.) az MTA elnöke hangsúlyozta, hogy nem kerülhető meg a tudomány finanszírozásának kérdése, továbbá foglalkozni kell a tudomány és a politikai döntéshozatal közötti kapcsolatokkal. De az ismeretek bővítése sem elegendő, ha a társadalmak (különösen a gazdagok) túlzottan fogyasztásorientált tudata nem változik. Az emberek nevelésének ezért etikai összetevőket is tartalmazniuk kell. Az energiatudatos (takarékos) szemlélet kialakítása nemcsak gazdasági hasznot ígér, hanem – amint arra már a 3. fejezetben utaltunk – a válságok elleni védekezésben is fontos szerephez jut. A médiának segítenie kellene abban, hogy az emberek a technikai korszerűsítési lehetőségekkel élve a saját és a közösség érdekében maguk is járuljanak hozzá a takarékoság kibontakoztatásához. Számottevő eredmény reálisan csak akkor várható, ha a feladat élére az államok állnak. Az olyan civil kezdeményezések szintén hasznosak, mint például a jövő alapvető kérdéseit vizsgáló, az emberek közötti szolidaritást erősítő, a bolygónk egészségét őrző, ezzel az energiarendszerekre is fókuszáló Svédországban 2003-ban indított GTI világgalmozgalmat<sup>291</sup>, de ilyen célú mozgalmakat kisebb közösségekben is lehet szervezni.

*Másodszor* változtatás szükséges az uralkodó *közgazdasági elmélet és gyakorlat* területén. A pénz vezérelte világgazdaság – a természet figyelmen kívül hagyásával – hozzájárult a globális problémák felhalmozódásához. Ezért nemcsak az emberi tudatban, valamint az energiapolitikákban, hanem a közgazdasági szemléletben és gyakorlatban is globális paradigmaváltásra van szük-

<sup>290</sup> Tehát oktatásról is, nevelésről is szó van. Az előbbi iskolai feladat, az utóbbi a közgondolkodás megváltoztatására irányul.

<sup>291</sup> A Stockholm Environment Institute (SEI) 1995-ben hozta létre a Global Scenario Groupot (GSG), hogy a világ fejlődésének lehetséges alakulását vizsgálja. Ez a nemzetközi csoport működteti a The Great Transition Initiative (GTI) mozgalmat, amelyhez bárki csatlakozhat.



ség. Az ausztráliai születésű Wolfensohn<sup>292</sup>, a Világbank volt elnöke (mellesleg a Bilderberger-csoport kormányzó testületének volt tagja) és számos magas kitüntetés birtokosa már a szervezet 1998. évi közgyűlésén kezdeményezte, hogy alakítsanak ki új stratégiát a neoliberais elvek meghaladására. Szintén ebben az értelemben nyilatkoznak meg más közgazdasági tekintélyek: a piac mindenhatóságát tagadja többek között Stiglitz is. A gyakorlatban a természeti rendszereket (erőforrásvagyon, környezet) elébe kell helyeznünk a pénzügyi szempontoknak. Mindezzel nem várhatunk addig, amíg annyira feltornynosulnak a problémák, hogy már muszáj valamit tenni, mert akkorra késő lesz! Nem olyan a mostani helyzet, mint a korábbi válságok, hanem egy korszak végét jelzi. A piac sok mindent elrendez, de rövidlátó, amint arra már utaltunk, nem számol a távolabbi jövővel, mindent megoldó felfogása elavult. *Soros György* erről a következőképpen nyilatkozott: „Az eddigi rendszer azon a hamis feltevésen alapult, hogy a piacok egymástól függetlenül képesek visszanyerni az egyensúlyukat, és hogy a rendszer önmagát korrigálja. Nemzetközi szabályozásra van szükségünk azért, hogy megőrizzük a nemzetközi piacokat. Ez pedig nem lesz könnyű. „Ha nem leszünk erre képesek, akkor a globalizáció mai formája szét fog hullani.”<sup>293</sup> Tony Judt<sup>294</sup> hasonló gondolatokat osztott meg olvasóival a *The New York Review of Books* 2009. decemberi számában, nem kevesebbet állítva, hogy szakítanunk kell a gazdaság által irányított gondolkodásunkkal, s mielőbb visszatérnünk az erkölcsi fogalmaktól átítatott közbeszédhez. E könyv szerzője 2010-ben *Az Energiapolitika 2000*. Társulatban elhangzott előadásában sürgette a mielőbbi áttérést a pénz vezérelte gazdaságról a természethez igazodó fejlesztésekre. (Erre a problémára a 16. fejezetben még visszatérünk.)

Az ésszerű érvek dacára a régi gazdaságfilozófiának azonban még vannak követői és szószólói, akik vagy nem értik a világ mai helyzetét, vagy az egyéni érdekük teljesen elnyomja a közösségit. Az angolszász, és különösen az amerikai blogvilág tele van a közgazdasági gondolkodás kívánatos megújulására vagy

<sup>292</sup> James David Wolfensohn (1933–) ausztrál származású amerikai ügyvéd, befektetési bankár és közgazdász, a Világbank kilencedik elnöke volt.

<sup>293</sup> Nyilatkozat a lengyel TVN24-nek.

<sup>294</sup> Tony Judt (1948–2010) a „Remarque Institute at NYU” alapítója.



a régi megtartására vonatkozó vitákkal.<sup>295</sup> Az ismétlések elkerülése érdekében felhívjuk a figyelmet arra, hogy a 4. fejezetben további argumentumok találhatóak arra, hogy miért szükséges paradigmaváltást végrehajtani a közgazdasági elméletben és gyakorlatban, ha meg akarjuk kímélni a társadalmakat súlyos megrázkódtatásoktól. Az új gazdaságfilozófia elvi alapja lehet az, hogy a természeti rendszerek (erőforrás-vagyon, környezet, sőt maga az ember is) előbbre valók, mint a pénzügyi szempontok. Mindezzel nem várhatunk addig, amíg annyira feltornyosulnak a problémák, hogy már muszáj valamit tenni, mert akkorra késő lesz! Még az sem zárható ki, hogy energetikai/környezetvédelmi okok miatt idővel felmerül bizonyos emberi luxustevékenységek terjedésének lassítása, végső esetben korlátozása, valamint a termelés és a szolgáltatás tudatos – nem csupán a piacra hagyatkozó – alakításának szükségessége.

A közgazdasági feladat egyik korai gyakorlati lépése a relokalizációs gazdaságfejlesztés kialakítása lehet. Az energiaigényes szállítás drágulása előbb-utóbb várhatóan felértékeli mindenekelőtt a helyi termelést és – mivel ez leginkább a mezőgazdaságra vonatkozik – a termőföldet, amint erre a korábbiakban már utaltunk. Következésképpen a gazdasági prioritások közé célszerű sorolni – a vidékfejlesztéssel összhangban – a helyi élelmiszertermelést mindazon országoknak, amelyeknek erre lehetőségük van. Ennek megoldása lehet olyan helyi közösségek létrejöttének elősegítése, amelyek biztosítják a helyi gazdasági körforgást a termeléstől az értékesítésen keresztül a fogyasztásig. Ilyen céllal pénzügyi alapot hoztak létre Angliában kormánytámogatással.<sup>296</sup> Következésképpen a gazdasági prioritások közé célszerű sorolni – a lokális vidékfejlesztéssel összhangban – a helyi energia- és élelmiszerelőállítás, ez utóbbinak elsőbbséget adva még a mezőgazdaság ipari célú termelésével szemben is. A regionális vállalatok egymással klasztereket alakítva léphetnek fel a multinacionális társaságokkal szemben. A klaszter (cluster) egy gyűjtőfogalom, amely a gazdasági tevékenységek térbeli koncentrációjának valamennyi eltérő megjelenési formáját próbálja összefoglalni. A gyakorlatban olyan cégek gazdasági hálózata, amelyek ugyanabban az ágazatban (előállítók, szállítók, kutatók, szolgáltatók) dolgoznak, illetve azonos ágazatokat fognak össze. Az alulról

<sup>295</sup> A viták nem most kezdődtek. Elég utalni Silvio Gesell (1862–1930) A természetes gazdasági rend című 1916-ban megjelent könyvére. Keynes a következőképpen ír róla: „Gesell [...] fő művét hűvös, tudományos nyelvezettel írta meg, noha keresztül-kasul átitatja a szociális igazságosság iránti olyan méretű szenvedély és érzelmi odaadás, amelyet egyesek tudóshoz nem illőnek találnak... Egészben véve a könyv céljának valamilyen antimarxista szocializmus megalkotását tekintetjük. Reakció ez a laissez-faire-rel szemben, olyan elméletre építve, amely szögesen szemben áll Marxéval, mert a klasszikus hipotéziseket elveti, s a verseny eltörlése helyett kibontakoztatását kívánja.” Talán elég, ha a válság problémakomplexumából egyetlen tényezőt emelünk ki: a kamatos kamatot. Egyfelől azért, mert ennek a társadalmi formációnak ez a legfontosabb mozgatója, másfelől azért, mert ebből közvetlenül levezethető e formáció katasztrófa-tendenciája is.

<sup>296</sup> The Local Energy Assessment Fund – Seeding Community Energy Action.

szerveződő helyi és regionális fejlesztés szemlélete ahhoz a napjainkban megfigyelhető realitásokhoz igazodik, amely szerint a kollaboratív stratégiák egyre sikeresebbek a globális gazdaságban is. Ezért nem meglepő, hogy a klaszteresedés már nemzetközi gyakorlattá vált. A globalizált világban a klaszterek révén a régióknak azért van esélyük jobban alkalmazkodni az állandó változásokhoz, mert résztvevői egymáshoz való közelségük révén rugalmasabb, nyitottabb viselkedésformát képesek kialakítani. A jó kooperációs hálózatok jellemzően klaszterek által lefedett térségekben jönnek létre, a leggyorsabban ott, ahol a lokális társadalom tagjai formális és tacit tudásának redisztribúciója megvalósul. (Jóna György) Az 1990-es évek végére a klaszterek szinte valamennyi fejlett ország gazdaságpolitikájában helyet kaptak. Az USA-ban a munkavállalók több mint fele dolgozik klaszteralapú vállalatnál (jellegzetes képviselője a Szilícium-völgy). A klaszterek Európában elsősorban a kormányzatoktól kapják a támogatást, ezenkívül az Európai Strukturális Alapból is. A magyar klaszterbe tömörült cégek általában kis- és középvállalkozások.

A szállítás drágulása – de sok egyéb motívum szintén – előbb-utóbb bizonyára felértékeli a helyi termelést. Következésképpen a gazdasági prioritások közé célszerű sorolni – a lokális vidékfejlesztéssel összhangban – a lokális energiatermelés mellett a lokális élelmiszerellátást, ez utóbbinak elsőbbséget adva még a mezőgazdaság ipari célú termelésével szemben is. Általában is elő kell segíteni az olyan közösségek létrejöttét, amelyek a helyi gazdasági és pénzügyi körforgást biztosítják a termeléstől az értékesítésen keresztül a fogyasztásig. Ez az elv (*site here to sell here*) nem ismeretlen nyugati közgazdászok előtt sem. Erről van szó Colin Hines, John Cavanagh és Jerry Mander *A globalizáció alternatívái* című közös művében. Az ilyen összefogással történő felemelkedésnek számos példája van a távoli és a közelebbi múltból, valamint a jelenben is. Az egykori Hanza-városok alapozták meg a középkori városi kultúrát Észak-Európában. Területi határai Novgorodtól Londonig terjedtek. A Hanza-szövetségnek fénykorában 220 város volt a tagja. Tőle függött rengeteg észak-európai ország gazdasága. A szövetség a 13. és a 17. század között működött. A közelebbi múltban pedig – a II. világháború előtt – sikeres volt a hazai Hangya szövetkezet, de még az 1960-as és '70-es évek hazai szövetkezeteinek a fejlődése is.

*Harmadszor:* Az energiapolitikák készítésére az egyes országokban általában sajátos szempontokra van szükség. Ezen a téren is paradigmaváltásra lehet szükség. Ezzel foglalkozik a következő fejezet.

### **Az energiapolitikák összetettsége**

Amint azt a 3. fejezetben viszonylag részletesen tárgyaltuk, az egész világra a globális kihívások sokasága nehezedik. Itt ezeket nem részletezve csupán annyit jegyzünk meg, hogy közvetlenül vagy közvetve szinte valamennyi össze-

függésben van az energiakérdéssel, amely ugyancsak egyike a kihívásoknak. Be kell látnunk tehát, hogy a világ egyéb okokból is egyre bonyolultabbá válásával párhuzamosan az energiakérdés is mind összetettebb. Mégis, az ezt nem érzékelő közvélemény részéről az igény a politikusok felé – a végtetekig leegyszerűsítve – egyszerűen úgy jelenik meg, hogy azok „kötelesek garantálni” (!) a jövő biztonságos energiaellátását. Az alaposabban gondolkodó ember viszont szembesül a kérdéssel: hogyan teljesíthető ez az egyszerűen megfogalmazott követelés, amikor a számos, a korábban említett globális kihívás mellett a világ országai között éles gazdasági és politikai konfrontáció tapasztalható. A többek között az energiáért versengő országok mindegyike keresi a maga javát, ami viszont sajnos gyakran csak mások rovására megy. Egyelőre nem ismert annak a minden körülmények között való megoldása, hogy miként egyeztethető össze a globalizáció az egyes államok szuverenitásának megőrzésével egy olyan stratégiai szektorban, mint az energetika. Nagy figyelmet kell fordítani a BRICOPs-országok (energia) politikáira is.<sup>297</sup> Kína és India – a világ legnagyobb energiafogyasztóivá válva – a korábbiaknál lényegesen jobban befolyásolja a versengést az energiaforrásokért, ami nem csupán az árak alakulására, de a politikára is egyre nagyobb nyomást gyakorol majd. 2008-ban Kína a globális olajfelhasználásnak az egy tizedét tudta a magáénak, de annak csak a (csökkenő) fele hazai kitermelésű. Összes energiafelhasználása pedig egy-két évtizeden belül meghaladja majd a világénak az egy negyedét. Ezúttal szintén hangsúlyozzuk, amire többször is utalunk e könyv lapjain, hogy a nemzetközi energia-kereskedelem az egész világot érintő – távolról sem csak piaci – ügy. A World Energy Outlook 2012-ben azt prognosztizálta, hogy a Közel-Kelet az olajexportját 2035-ig Kína és India felé a 2-3-szorosára növeli majd, Európa felé pedig a negyedével csökkenti a jelenlegi szállításait. Ilyen körülmények között, különösen az energiafüggőségben levő európai országok politikusainak mielőbb át kellene értékelniük egyes fenntartásokkal kezelt, ugyanakkor még huzamosan nagy energiaszállítási potenciállal rendelkező országokhoz (pl. Iránhoz) fűződő kapcsolataikat.

A probléma összetettségére jellemző továbbá az is, hogy amennyiben nem sikerül elegendő olcsó helyettesítő üzemanyagot előállítani és/vagy más technikai megoldást találni, az olajárak növekedése miatt nagy kihívás előtt áll az egész szállítás/közlekedés. Az üzemanyag-igényes szállítási problémák megoldásának sikerétől hosszabb távon ugyanis sokkal több függ majd, mint azt gondolnánk. Hiszen kudarc esetén a kereskedelmi globalizáció válsága is beköszönhet, legalább is bizonyos árukörökben, például nagy volumenű élelmiszer-szállítások területén, különösen érintve a világ népességének több mint

<sup>297</sup> Bővebben lásd a 2. fejezetet!

felét kitevő városi lakosságot.<sup>298, 299</sup> Ebben az esetben kerülhet majd előtérbe az érintett termékcsoportok helyben történő előállítás (lokalizáció). Ezzel összefüggésben fontos annak a tisztázása, hogy egyes mezőgazdasági termékek, első sorban a gabona energetikai hasznosításának meddig terjednek a lehetőségei, figyelembe véve a globális termőföld nagyságát, azaz a világelelmezés biztonságát vagy más ökológiai szempontokat.<sup>300</sup>

Tetézi az energiapolitika elkészítésének bonyolultságát, hogy az energiahatékonyság-javítási célok, még inkább a feltételezett technológia fejlődésének sikere mindenkor eleve bizonytalan. Az iparérett, energiát termelő új megoldások (például a fúziós energia remélt sikere) nem az égből pottyannak le. Nem egyszer előfordul az is, hogy nagy jelentőségű eredmények nem a szisztematikus kutatások következményeként, hanem véletlenszerűen születnek meg. És hogyan állunk a hasadóanyag-vagyonnal és -felhasználással? Egyáltalán: az atomenergetika – a teljes nukleáris üzemanyagciklust figyelembe vevő – biztonságával? Az utóbbi évtizedekben tapasztalt, a világ reaktorállományára vetített körülbelül 1%-os súlyos baleseti statisztika mit üzen a számunkra?

A döntéshozók nincsenek minden esetben tudatában az energetika bonyolult mivoltával, és sokszor azt hiszik, hogy az energiához (főleg a kőolajhoz) való hozzájutás üzleti alapon, rosszabb esetben erőszakos módon mindenkor megoldható lesz. A politikus, az üzletember vagy a haderő azonban csak olyan és csak annyi energiát tud megszerezni, amennyi a geológiai lehetőségek bázisán (lásd például a többször említett peak oil jelenséget!), illetve a kor technológiai színvonalán világszerte rendelkezésre áll. A folyamatosan meg-megújuló technológiák pedig egyre több és több kutatást igényelnek (ezekre viszont nem minden esetben bocsátanak elegendő forrást rendelkezésre, éppen rövid távú üzleti megfontolások alapján). Pedig most, amint fogatkozni a természeti energiaforrások, úgy növekszik a fenyegető hiányhelyzetet egyedül kivédeni képes (?) emberi tudás iránti igény.

Fontos, hogy a politikai és/vagy a gazdasági döntési helyzetben lévők az energia által érintett valamennyi területre a lehető legjobb rálátással rendelkezzenek,

<sup>298</sup> A mezőgazdaságban az energiaigényes gépesítés, a műtrágyázás, a vegyszeres növényvédelem, az öntözés stb. hozzájárult a világ gabonatermesztésének 1950 és 1984 közötti 250%-os, az emberiség lélekszámának 1960 és 2010 közötti 3 milliárdról 7 milliárdra történt növekedéséhez. A szektor energiaigényességét jelzi az USA példája, ahol a mezőgazdasági termelés-élelmiszerfeldolgozás láncolata átlagosan tízszer annyi energiát használ fel, mint amennyit az elfogyasztott étel tartalmaz, de a marhahús esetében ez az arány hatvanszoros. Minthogy a világon termelt búzamennyiség legalább ötödrészét a nemzetközi kereskedelem keretei között forgalmazzák, belátható, hogy az energiaigényes szállítási költségek emelkedése miatt a világelelmezés szempontjából milyen következményekkel járna az energiahány.

<sup>299</sup> Folke Günther: *Sustainability through local self-sufficiency*. In: Richard Douthwaite (szerk.): *Before the Wells Run Dry*. FEASTA Review No. 1. Green Books, Cambridge, 2001.

<sup>300</sup> Kedvező módon árnyalhatja ezt a problematikus kérdést a nem gabonát felhasználó, hanem a (faipari) hulladékokat stb. felhasználó második generációs biomassa hasznosítási lehetősége.

és legyen víziójuk döntéseik várható következményeiről. A tömegeket pedig folyamatosan tájékoztatni kell a napvilágra került legújabb energiatakarékossági és hatékonyságnövelési lehetőségekről, valamint a világ alakuló energiahelyzetéről.

### Az energiapolitikák szempontjai

Rá kell mutatni arra, hogy bár a gyakorlatban felmerülő igazi energiapolitikai döntések száma nem túl nagy, az azokat meghatározó ismert és váratlanul felbukkanó tényezőké – éppen az előzőekben említettek miatt – viszont igen. Energiapolitikai háttere van:

- az importfüggő országokban/országcsoportokban a potenciális szállító/tranzitáló országokkal való jó kapcsolat kialakításának és fenntartásának,
- a diverzifikáció értelmezésének (mind a források, mind a szállítási útvonalak, mind pedig az energetikai objektumok földrajzi elhelyezése<sup>301</sup> szerint),
- a jó struktúrapolitikának,<sup>302</sup>
- a gazdasági struktúra változtatásán keresztül (is) a hatékonyságnövelésnek és az energiatakarékosságnak, valamint az azok érdekében szükséges források rendelkezésre bocsátásának,<sup>303</sup>
- a villamosenergia-előállítás mikéntjének (fosszilis-nukleáris-megújuló bázis),
- az energetikai társaságok tulajdonlásának,
- a kutatási-fejlesztési források biztosításának,
- a technológiai fejlődés alternatíváinak,
- a környezet védelmének és a helyi energiaforrások/megújulók fokozott hasznosításának, továbbá
- az energiatakarékos társadalmi tudat kiépítésének, és az energetikai fejlesztési tervek nyilvános kezelésének.

Az energiapolitikának kell figyelembe vennie mindazon további tényezőket, amelyek az iménti felsoroláson kívül befolyásolják a jövő energiahelyze-

<sup>301</sup> A World Nuclear Association szerint Franciaország 58 reaktora 19 telephelyen működik. Az USA „nukleáris földrajza” még diverzifikáltabb (J. T. Harris. INTECH).

<sup>302</sup> Különösen azokban az országokban, amelyekben az energiahatékonyság rossz, az energiapolitikusoknak fel kell hívniuk a figyelmet arra, hogy a gazdaságfejlesztésért felelősök a kis energiaigényességű tevékenységek fejlesztésével érik el a GDP növekedését. Az energiaigényesség változásában a termelési szerkezet korszerűsítése, a technológiai fejlődés és az energiatakarékosság hatása összevontan leképeződik, a jövőre való kivetítésével egyszerű matematikai összefüggései (United Nations Commission for Europe) miatt az energiafelhasználási prognózisokban jól használható.

<sup>303</sup> Az energiapolitika céljai között szerepel az energiatakarékosság, amelynek a megvalósításában az erre irányuló programoké a fő felelősség. Beindításukban a szempontokat az energiapolitikának kell megadnia, kivitelezésükhöz pedig anyagi forrásokat kell biztosítani.

tét. Ezek közé tartozik a népesség növekedése, az energiaigényesség remélt javulása, a természeti erőforrások egyenlőtlen földrajzi eloszlása és kimerülése, valamint az ezekből eredő társadalmi és politikai – akár háborúkba is torkolló – feszültségek éleződése. Ugyancsak ide sorolható a technológiai fejlődés, a környezet szennyezése és a természeti katasztrófák veszélye is. Belátható, hogy a lehetséges energetikai jövőkép csupán változatokban, valamint tendencijelleggel rajzolható meg. De még a tendenciákat is csak változatokban célszerű prognosztizálni, méghozzá úgy, hogy amennyiben azok módosulnak, legyen lehetőség a közöttük való rugalmas átmenetekre, megengedve a változékony jövőhöz való alkalmazkodást. Ez utóbbira egyébként a kormányoknak a társadalmat is alkalmassá kell tenniük.

### **A forgatókönyvek és kialakításuk „technológiája”**

Nem szorul magyarázatra, hogy a jövő kellő ismeretének hiánya miatt illúzió volna azt hinni, hogy a tévedések küszöbölhetők. Minimalizálásukra azonban lehet és kell is törekedni. Mindenekelőtt szükséges vizsgálni, hogy az előbbi pontban említett tényezők miként befolyásolhatják az adott országban a jövő energetikai helyzetét. Ezeket számba véve a jövő bizonytalanságát több lehetséges (globális) jövőképben, az energiabeszerezés és -felhasználás prognózisát pedig változatokban és – az említettek értelmében főleg tendencijelleggel – célszerű mérsékelni. A jó energiapolitikák készítését az jellemzi, hogy célkitűzései mellé elhelyezi a legkülönbözőbb területeken mutatkozó kihívásokból (lásd a 3. fejezetet!) az energetikát érintő legfontosabbakat, és azok együttes figyelembevételével igyekszik felvázolni a lehetséges jövőképeket, valamint az azokhoz vezető utak kialakításának stratégiai tennivalóit. A jövőképek kialakításához indokolt figyelembe venni független szakértők széles körének különböző módszerekkel kimunkált ajánlásait,<sup>304</sup> hiszen az energetikus jobbára csak a saját területén tudja valószínűsíteni a fejlődést, holott az energiafelhasználást szinte minden befolyásolja.

Az egyes energiaterületek teendőit gondosan kiválasztott szakértők dolgozzák ki, munkájukat pedig az energiaprobléma összetettségét legjobban

<sup>304</sup> Ennek egyike lehet a Delphi-módszer vagy annak az internet lehetőségeit felhasználó továbbfejlesztett változata. Az eredeti módszer szakértők által végzett olyan tevékenység, ahol a csoport tagjai előre megszerkesztett kérdőívre adott válaszokat adnak. A szakértők munkáját értékelik, majd újabb szakértői fordulók és újabb értékelések következnek mindaddig, amíg egyetértés nem alakul ki. A kérdések összeállításakor szempontok lehetnek a következők: az energetikának a nemzetközi kapcsolatokra gyakorolt hatása és viszont, a lokális fejlesztés támogatása – mindenekelőtt a mezőgazdaságban és az élelmiszer-termelésben –, a tömegközlekedés fejlesztése, a szállításban a külön-külön vasúti, illetve közúti áruszállítás helyett a kombinált fuvarozás bővítése, a megújuló energiák és a nukleáris energia alkalmazásában történő előrehaladás bemutatása, az egyszer használatos termékek helyett tartós termékek használata, illetve azok újrahasznosítása stb. (Lásd ez utóbbival kapcsolatban a 11. fejezetet!)



ismerő szakemberekből célszerűen létrehozandó *energiapolitikai tanács* koordinálja. A részanyagok figyelembevételével vázolni kell a különböző jövőképekhez rendelhető alternatív stratégiai utakat (nemzetközi kapcsolatok, technológiai fejlesztés stb.), illetve a konkrét beruházásokat. Ezzel válik teljesé egy-egy forgatókönyv. Természetesen – lehetőség szerint – mindegyikben érvényesíttetni kell az előző pontban említett szempontokat.

Az energiapolitika legyen tekintettel arra is, hogy – a világpolitikai helyzet, a gazdasági és a technológiai fejlődés, valamint a környezeti körülmények és a váratlan természeti jelenségek kiszámíthatatlansága folytán – még a tendenciák is változhatnak, szükség esetén legyen mód a forgatókönyvek között való átmenetet biztosítására. Tehát az energiapolitikának olyan hajlékonysággal kell rendelkeznie, amely lehetővé teszi a folyamatosan alakuló jövőhöz való alkalmazkodást. Erre egyébként a társadalmat is alkalmassá kell tennie.

Az energiapolitika „végső” megfogalmazásának a legjobb szakértők véleményeinek a lehető legjobb szintézisét kell tartalmaznia. Valójában azonban nincs végső megfogalmazás. Az energiapolitikákat a körülmények alakulásától függően folyamatosan „karban kell tartani”.

Lester R. Brown, az Earth Policy Institute (Washington) alapítója és elnöke szerint nemzedékünk fő kihívása egy olyan új gazdaság felépítése, amelyet nagymértékben megújuló energiaforrások működtetnek, magasan diverzifikált szállítási rendszerrel rendelkeznek, és amelyik mindent újrahasznosít, illetve újra felhasznál. Ennek az átalakulásnak eddig soha nem látott sebességgel kellene megtörténnie, amit egy úgynevezett vészforgatókönyv írna le. Terve (az úgynevezett B-4 terv)<sup>305</sup> négy fontos célkitűzést határoz meg. Ezek: az éghajlat, valamint a népességszám stabilizálása, továbbá a szegénység megszüntetése és a Föld ökológiai rendszereinek helyreállítása.<sup>306</sup>

Az országok, régiók eltérő helyzetére tekintettel csaknem illuzórikus abban reménykedni, hogy megalkotható lesz valamiféle globális energiapolitika (jóllehet ilyen gondolatok felmerültek). Az – sokak szerint – már a futurologia körébe tartozhat. Kétségtelen azonban, hogy a váratlan események elkerülése érdekében indokolt valamilyen globális előrettekintés.

### **Példák a jó és az elhibázott energiapolitikákra**

A világ túlnyomó része számára súlyos problémát okozott, hogy néhány kivételtől eltekintve az országok az 1970-es évek elején még nem rendelkeztek

<sup>305</sup> A Lester Brown által megfogalmazott úgynevezett B-4 terv – szemben a változást nem feltételező B-1-gyel – azokat a feltételeket határozza meg, amelyek szükségesek a fenntartható fejlődéshez.

<sup>306</sup> Bill Clinton így nyilatkozott Brown elgondolásairól (U.S. News & World Report): „Lester Brown gyakorlatias és érthető módon magyarázza el nekünk, hogy hogyan lehet igazságosabb világot létrehozni, és megmenteni a Földünket. Mindannyiunknak oda kellene figyelniünk a tanácsára.”



energiapolitikával, és váratlanul érte őket az első olajválság, amikor is megismerhették az olajbirtokosok kezében levő „olajfegyver” jelentőségét, ami az egész világra kihatott. A kivételek közé tartozik az Egyesült Államok és Franciaország.

Az Egyesült Államok számára hosszú távon saját szempontjából jó energiapolitikát követett azzal, amit – a jaltai konferenciáról hazatérőben – Roosevelttal alapozott meg Ibn Szaúddal, Szaúd-Arábia királyával a Quincy cirkálón történt találkozásán. Itt elkötelezte az Egyesült Államokat Szaúd-Arábiával való barátságáról és támogatásáról a hosszú távú szaúdi olajszállítások fejében. Ezt megelőzte Roosevelttel a brit nagykövettel folytatott tárgyalása 1943-ban, amikor is – Peter Nolan tolmácsolása szerint – azt közölte Lord Halifaxszel, hogy „a perzsa olaj az önöké. Az iraki és kuvaiti olajon megosztozunk. Ami pedig a szaúd-arábiai olajat illeti, nos, az a miénk.” Ennek az energiapolitikának a következtében az USA nem szenvedett hiányt azóta sem az olajellátásban annak ellenére, hogy saját termelése 1971-ben tetőzött.<sup>307</sup>

Az amerikai mellett sikeres energiapolitikának nevezhető – ugyancsak saját szempontjából – a De Gaulle-i elgondolásnak megfelelően kifejlesztett francia atomprogram, amely Franciaország számára mind a mai napig meglehetősen nagy energetikai függetlenséget jelent.

Minden ország számára követendő példa lehet Dánia energiapolitikája. Ott a kormány egy néhány évtizeddel korábbi döntés eredményeként milliárd dolláros nagyságrendű összeggel támogatta az energiatakarékosságot. Ennek köszönhetően – miközben termelésük 1972 és 2005 között megduplázódott – energiafelhasználásuk változatlan maradt, energiahatékonyságuk pedig megduplázódott, és Európában a legjobb. 2005-ben a primer energiafelhasználásuk 15 százaléka, a villamos energia termelésük 28,5 százaléka megújuló energiaforrásokból származott (ez utóbbi arányt 2020-ig 50%-ra tervezik emelni).<sup>308</sup> Dániában 2,5 millió háztartás távfűtéses. Ezek nagy részét jó hatásfokú kogenerációs egységekből látják el (lásd a korábbi, a Főbb tennivalók az energiahatékonyság javítása érdekében című pontot!). A dán „Főbb tennivalók az energiahatékonyság javítása érdekében” középületekre vonatkozó hatályban lévő szabványa maximum 97 kWh/m<sup>2</sup>/év fűtési igényt enged meg. A legszigorúbb – és ma még csak önkéntesen vállalható – norma 30 kWh/m<sup>2</sup>/év 2020-ra alapkövetelménnyé válik. A dánok az adórendszer kialakítását is az energiahatékonyság szolgálatába állították.

Két évtizeddel ezelőtt Európa még arra számított, hogy kétharmados földgázfüggőségén enyhít majd Iránnak, a világ egyik kiemelkedő földgázbirtó-

<sup>307</sup> Az USA-olajimport igénye – amelynek fő összetevői a kanadai és szaúdi szállítások – összességében csökken, egyrészt a felhasználás mérséklődése, másrészt a hazai nem hagyományos olajtermelés utóbbi években tapasztalható növekedése következtében.

<sup>308</sup> IEA Commends New Danish Energy Strategy (2012)

kosának a szállítása. Ezt – amint arról az *Európai Energiapolitika - Magyar Energiapolitika* című könyvében írta e könyv szerzője – a Törökországon keresztülvezetni tervezett vezeték tette volna lehetővé. Az elképzelést – annak ellenére, hogy az ENSZ Energiabizottsága is foglalkozott vele – a politika felülírta azzal, hogy Európa (is) embargót hirdetett meg Iránnal szemben, amely immár a kínai, az indiai és az orosz energia-együttműködést helyezi előtérbe. Európa eddig nem értette meg az érdekeit szolgáló, a 16. fejezet mottójában idézett palmerstoni szavakat, és ezzel – legalábbis e téren – rossz energiapolitikát követett. Ez azonban orvosolható lehet. Irán belátható időn belül nemcsak a vezetékes, hanem a cseppfolyósított gáz egyik fontos forrásává is válhat. Perspektívikusan – jelenlegi orientációi mellett – feltehetően számít az európai piacokra is, amivel azok valódi diverzifikációt valósíthatnak meg.

Nemzetközi vonatkozásban jó energiapolitikai döntés volt a közelmúltban – az egyelőre ugyan bizonytalan kimenetelű – a fúziós energiatermelés megvalósítására irányuló több ország részvételével történő kutatás megindítása. Amennyiben sikeres lesz, az energiagondok nagy részét – a légi közlekedés és a petrokémiai ipar kivételével – feltehetően megoldja, hiszen a villamos energia változatos felhasználása a fosszilis energia kiváltására aránylag széles körben megvalósítható lesz/lehet. A fúziós energia ipari elterjedésére azonban a fél évszázados múltra visszatekintő kutatás után még szerencsés esetben is közel ugyanennyi időt kell várni. Minden bizonnyal ez lehet az eddigi legnagyobb jelentőségű, egyben leghosszabb innovációs ciklus.



## MÁSODIK RÉSZ



# Energiaforrások

*Nincs rettenetesebb, mint ha a tudatlanságot tevékenykedni látjuk -*  
G. E. Lessing<sup>309</sup>

Miután Európa-szerte kiirtották az erdőségek tetemes részét és a technológiai fejlődés lehetővé tette, a 18. századtól a szén-, a 20. század elejétől az olajtársaságok üzletpolitikája alakította a társadalmak energiaellátását. A szénbányászat terjedésével kölcsönhatásban volt a vas- és acélgyártás fellendülése, a szerves vegyipar kibontakozása, és természetesen végigkíséri a szén egész történetét a tüzelő-/fűtőanyagként történő hasznosítás. Szénbázison indult meg a villamos energia termelése is.

2012-ben a világ primer energiafelhasználása 1,8%-kal nőtt, ami - betudhatóan az évek óta tartó, főleg a fejlett országokban tapasztalt válságnak - alacsonyabb, mint az elmúlt évek 2,6%-os átlaga. Ezzel szemben a nem OECD-országok energiafelhasználása 4,2%-kal bővült, igaz ez az ütem is alatta maradt a korábbiaknak. Az olaj a 13 éve tartó csökkenése dacára még vezet a globális mérlegben.

## A fosszilis energiahordozók

### a) A szén

Az első kőszéntelepek dús növényzetű üledékgyűjtő medencékben 360–290 millió évvel ezelőtt képződtek, ahol a szerves anyagot vastag üledék temette maga alá. A szénülés folyamán először tőzeg keletkezik, amely a folyamat előrehaladtával barnakőszénné (ennek kevésbé szénült változata a lignit), feketekőszénné, majd antracittá alakul.

A világ 860 milliárd tonnás szénvagyonából legnagyobb arányban az USA (28%), Oroszország (18%) és Kína (13%) osztoznak. Az Európai Unió 6%-ban, Magyarország 0,2%-ban részesedik a világkészletekből. (Ez utóbbi magasabb, mint a globális népességben való - 0,14%-os - arányunk.) Kovács Ferenc aka-

<sup>309</sup> Gotthold Ephraim Lessing (1729–1781) német drámaíró, kritikus, esztéta, dramaturg, a felvilágosodás szellemi életének kiemelkedő alakja, a modern színházi kritika megteremtője.

démikus, a Miskolci Egyetem professzor emeritusa írja, hogy az egy főre jutó hazai szénvagyon több mint kétszer magasabb a világtáznál, és majdnem másfélszeresen haladja meg a szénben gazdag országok átlagos jellemzőjét. E szerint aligha igaz a szénvagyonra vonatkozóan gyakran hangoztatott „rosszul ellátott” minősítés, hiszen barnaszén/lignit tekintetében a 24. helyünk a világ ranglistáján nem rossz eredmény.

Jelenleg a világon a leggyorsabb ütemben – évi 2-3%-kal – növekvő fosszilis-energiahordozó-felhasználás a széné, évenkénti termelése megközelíti a 8 milliárd tonnát, annak ellenére, hogy a környezetet a legjobban terheli. A világtermelés fele Kínában van, de a legtöbb szenet mégis ő importálja. Közel egymilliárd tonnát termel az USA, több mint félmilliárd tonnát pedig India. Nagy termelőnek számít még Ausztrália, Indonézia Oroszország (ez a három ország a legnagyobb exportőr), továbbá Dél-Afrika, Németország és Lengyelország. Kína után a fő importőrök Japán, India, valamint Korea.

Ma a szén túlnyomó részét kokszolás után a vaskohászatban, közvetlenül pedig a villamosenergia-termelésben hasznosítják. Ez utóbbiban – világtárlagban – a szén aránya jelenleg 38-40%, és ez a szint a jövőben még évtizedekig fennmaradhat (ha ugyan nem nő). Ennél az aránynál az úgynevezett széntermelő országok adatai lényegesen magasabbak (Dél-Afrika 94%, Lengyelország 86%, Kína 81%, Ausztrália 69%, India 68%, USA 43%). Természetesen nemcsak a jó minőségű szenet használják erre a célra, hanem a lignitet is. A világ lignit-termelésében az első helyen évi 170 millió tonnával (ami hússzorosa a magyar termelésnek) Németország áll, ahol a villamos energia negyedét lignit-bázison állítják elő. (Görögországban a felét.) Magyarországon viszont – az egy főre jutó jó fajlagos szén/lignit-vagyon ellenére – ez az adat mindössze 14%. „Úgy tűnik, hogy más országok (a villamosenergia-termelés szénhasználati arányaival) nem kívánnak küzdeni a globális felmelegedés, a légkör karbonizációja ellen: ...Németország a 190 millió t széntermeléssel, [...] avagy Lengyelország a 140 millió t-s széntermeléssel [...] nem nagyon harcol a globális felmelegedés ellen. Magyarország ezzel szemben – úgy tűnik – magára vállalja a földi klíma »megvédésének« elsődleges feladatát.” (Kovács Ferenc)

A világ széntermeléséből több mint 1 milliárd tonnát a vas- és acélipar igényel. Ez a fontos iparág nagymértékben függ a rendelkezésre álló kokszolható széntől. A világ nyersacél-termelése körülbelül 1,5 milliárd tonna évente, és ennek a termelésnek közel a fele Kínára jut. Az acéltermelésben messze leszakadva következnek Japán, az USA, India és Oroszország. A World Coal Association szerint a nemzetközi kereskedelemben kerülő közel 0,8 milliárd tonna összes szén legnagyobb vásárlója Kína, Japán, India és Dél-Korea. A szénimportok mintegy harmada kokszolható szén, amelynek a felét Ausztrália, a negyedét pedig az USA szállítja. A kokszttermelésben évi félmilliárd tonnával toronymagasan Kína vezet. Őt követi Ausztrália, az USA és Oroszország.



## b) A kőolaj

*Azé a világ, akié az olaj, mert az óceánon a nehezolajjal uralkodik, a levegőben a túlfinomított olajjal, a földön a benzinnel és a kenőolajjal. Azon felül embertársai fölött gazdasági értelemben is uralkodik annak a fantasztikus gazdagságnak az alapján, amelyet az olaj ad, az a csodálatos anyag, amely ma drágább és áhítottabb, mint az arany.* – Henry Berenger, Franciaország első világháborús tapasztalatokkal rendelkező olajbiztosa

**A kezdetek előtt.** A kőolaj és a földgáz a természetes olajforrások, illetve gázfeltörések környéken évezredek óta ismeretes és használatos. Az Ótestamentumban leírt több csodás jelenség természettudományos magyarázatát a kőolaj és a földgáz által keltett jelenségekben találhatjuk. Így a Sínai-félsziget meggyuladt gázkibúvásai okozhatták a pusztában a lángoszlopot. Szodoma és Gomorra pusztulása is köthető egy olaj- és gázkitöréshez. A „guffa”, a babiloniak vesszőkosárszerű, bitumennel szigetelt vízi járműve az egyiptomiaknál szintén kedvelt volt. Ilyen vesszőkosárban találta meg a kis Mózes is a fáraó leánya a Nílus vizén, de az egyiptomiak a múmiák bebalzsamozásához is használtak bitument. **A kezdetek.** A kőolaj iránti tudományos módszerekkel történő kutatás a 19. sz. közepén kezdődött. 1859-ben a titusville-i (Pennsylvania) fúrásoknál nem tudták hová tenni a hirtelen felszínre kerülő olajat, ezért azt az ott használt 42 gallonos whiskys hordókban tárolták. (Innen ered az, hogy az olaj mennyiségére ma is elterjedten használatos a hordó mértékegység.) Igaz ugyan, hogy az első sikeres fúrást két évvel korábban az elzászi Merkwiller-Pechelbronnból végezték, mégis az amerikai fúrás jelentette a modern olajipar kezdetét. Az olajtörténelem rendkívül bonyolult alakulásának kivonatos ismertetését a Függelék tartalmazza.

**A jellegzetességek.** A kőolajipar legfontosabb szereplői a nagy kőolajtársaságok, a nemzeti vállalatok, az OPEC szervezete, az önálló szállítási cégek és a különböző parapetrol<sup>310</sup> tevékenységek. Az ágazat főbb jellegzetességei a következőkben összegezhetők. *Először:* A kőolajipar kockázatos sikerű ágazat. Bár a geológiai tudomány és a technikai feltételek sokat fejlődtek, a kutatófúrások – a mindenkorival árkakkal összefüggő gazdaságossági okok miatt – átlagban ma is csak harmadrészben válnak termelővé. Másfajta kockázatot jelent a terrorizmus veszélye. Az utóbbi tapasztalatok alapján esetleges támadás célpontjai lehetnek a legkülönbözőbb olajipari létesítmények. *Másodszor:* A kőolajipar évről évre egyre technika- és tőkeigényesebb. Elkezdődött a kőolajlelőhelyek

<sup>310</sup> A parapetrol tevékenységi körébe elsősorban a geofizikai kutatás, a fúrás és az offshore termelés sorolható.

műholdas kutatása, a tenger alól történő szénhidrogén-termelés eltolódik a nagy mélységek felé, ami pedig a mindenkori csúcstechnológia igényével jár. *Harmadszor:* A kőolajipar vertikuma nemzetközi keretek között működik. *Negyedszer:* A termelő és a felhasználó országok között az együttműködést megfelelő jogi apparátussal kell alátámasztani. A kőolajipari társaságok érdeke azt kívánja, hogy a kockázatok vállalása fejében biztosított legyen a termelés bizonyos hányada feletti rendelkezés és a haszon repatriálása. A fogadó országok számára viszont fontos, hogy lehetővé váljon a szükségletek kielégítése, a tevékenység jogi ellenőrzése, továbbá a technológiatranszferben való részvétel és a saját fejlesztések számára. *Ötödször:* Több évtizedes tapasztalat utal arra, hogy az olaj háborúk oka, illetve azok kimenetelét befolyásoló tényező lehet. (Lásd bővebben a Függelékét!)

A világ olajéhségének haszonélvezői a kőolajvagyonot birtokló országok és a multinacionális olajtársaságok, a vásárlók pedig kiszolgáltatottjai a sokszor a kulisszák mögött zajló motívumok által befolyásolt áringadozásoknak. Ez utóbbiak pénzügyi kiszolgáltatottságát azonban nem mindig csak a működésükhöz szükséges olajbeszerzés ellentételezések okozzák. Jó példa erre az 1973. évi olajválság után a nemzetközi pénzpiac és egyes olajjal nem rendelkező országok között kialakult helyzet. Ekkor a nagy bankokban elhelyezett – az olajtermelőkhez az áremelkedések eredményeként befolyt nagy mennyiségű és általuk fel nem használt – úgynevezett petrodollár halmozódott fel, ami a bankoknál fokozott pénzkihelyezési kényszert gerjesztett (ez volt a „petrodollar recycling”). Az akkori alacsony kamatú dollárkínálat több országot hitelfelvételre ösztönzött.<sup>311</sup> Később azonban a kamatok jelentős növekedése folytán az adós államoknak nem egyszer törlesztési nehézségeik keletkeztek, esedékes kötelezettségeiket csak újabb kölcsönök felvételével tudták teljesíteni, ily módon adósságspirál áldozatai lettek. Az országok gazdasági helyzetét az olaj tehát közvetett módon is súlyosan befolyásolni tudja.

Civilizációink létkérdése, hogy a gyors fogyasztási tempó mellett az olajvagyon kitartson addig, ameddig sikerül a legfontosabb felhasználási területein a tömeges helyettesítőjét megtalálni. Az olajkorszak nem akkor ér majd véget, amikor az utolsó hordót is a felszínre hozták, hanem akkor, amikor az igények növekedésétől a termelésé – beleértve a nem hagyományos olajokét is – érezhetően elmarad. Ez utóbbiaknak az igénybevétele az olaj utáni korszaknak az „előszobája” (lesz). Az pedig kétséges, hogy az igényeket a nem hagyományos olajok mennyiségben és minőségben ki tudják-e majd elégíteni (főleg, ha figyelembe vesszük az I. részben említett „energetikai megtérülés” fogalmát is).

A nemzetközi szervezetek és a kormányok felelőssége abban is megfogalmazódik, hogy még a viszonylagos olajbőség időszakában felkészítsék a társa-

<sup>311</sup> Többek között Magyarországot is.

dalmakat a jövőben várható, de az eddigi olajválságokkal szemben nem átmene-ti olajhiányra, azaz megelőzzenek egy általános káoszt. A probléma hordereje és a megoldás várhatóan nagy időigénye miatt sürgősen meg kell határozni a konkrét feladatokat. Többek között idejében fel kell készülni a kőolaj helyet-tesítésére, mindenekelőtt a szállítás/közlekedés, a petrolkémiai ipar, továbbá a talajművelés, valamint a védelem terén. Komoly lépéseket szükséges tenni az élelmiszer-ipari termelés ésszerűsítésében is. Nem alaptalan az a feltétele-zés, amely szerint a dráguló szállítás olyan módon hat a versenyre, hogy ismét előtérbe kerülnek a helyi termelési megoldások, ami pedig – legalábbis egyes területeken – ellene hat a globalizációnak. A nagy távolságú szállítások korlá-tozása érdekében szintén deglobalizációs intézkedésekre kerülhet sor, ami az egyoldalú profitmaximalizálást célul kitűző rövid távú piaci gondolkodás hát-térbe szorításához vezethet másutt is.

**A vagyon.** Földünkön az IHS<sup>312</sup> szerint több mint 2000 üledékes medence van. Ezekben – az 1860-as évek elejétől napjainkig – közel kb. 65 ezer olajmezőt találtak, de azok túlnyomó része a világ olajellátása szempontjából viszonylag csekély jelentőségű. Mindössze mintegy 40 szuperóriás-, valamint 330 óriás-mező tartalmazza az eredetileg összesen valamivel több mint 2 ezermilliárd hordóra becsült – hagyományos módszerrel kinyerhető – úgynevezett URR kőolajvagyon 80%-át.<sup>313</sup> Az eredeti vagyonnak közel a felét már kitemelték, a „maradék” kb. 1-1,2 ezermilliárd hordó, azaz 130-156 millió tonna olaj áll még rendelkezésre. (A BP 2013. évi statisztikai adatszolgáltatása szerint 1,7 ezermilliárd hordó – azaz 235 milliárd tonna a hozzáférhető vagyon, ez az adat azonban egyes nem hagyományos olajokat is magába foglal). El kellene érni, hogy megfelelő technológiákkal (EOR és IOR)<sup>314</sup> 20-40%-ról 30-60%-ra bővül-jön a kőolaj kinyerése a rezervoárból. Az adatok persze több okból sem 100%-os pontosságúak. Jellemző Laherrère nyilatkozata is: „Látványos eltérés van a kormányok által közzétett és a technikai adatok között. Ez utóbbiak 1980 óta csökkennek, míg a publikált »politikai« adatok nőnek. Nyilvánvaló az is, hogyha fel is fedezünk újabb lelőhelyeket, azok az olajvagyon végességét nem befolyásolják. Ez nem azt jelenti, hogy vége a kőolajkorszaknak, hanem azt, hogy a tapasztalati harang(Gauss)-görbe értelmében a termelés csökkenése ha-marosan bekövetkezik. Ha az igények mérséklődnek – akár az árak növekedé-se, akár valamilyen gazdasági krízis miatt –, a termelés-csökkenés kezdete még néhány évig kitolódhat. De be fog következni.”

<sup>312</sup> IHS.Inc. Information Handling Services.

<sup>313</sup> Ultimately Recoverable Reserves kategória a már kitermelt és a még kitermelhető vagyon össze-ge, azaz az ultimate kinyerhető vagyon.

<sup>314</sup> EOR : Enhanced Oil Recovery, IOR : Improved Oil Recovery.

A kőolajvagyon főbb birtokosai, termelői és felhasználói 2012-ben

Vagyon, milliárd tonna		Termelés, millió tonna		Felhasználás, millió tonna	
Venezuela*	46,5	Szaúd-Arábia	547,0	USA	819,9
Szaúd-Arábia	36,5	Oroszország	526,2	Kína	483,7
Kanada**	28,0	USA	394,9	Japán	218,2
Irán	21,6	Kína	207,5	India	171,6
Irak	20,6	Kanada	182,6	Oroszország	147,5
Kuwait	14,0	Irán	174,9	Szaúd-Arábia	129,7
Egy. Arab Em.	13,0	Egy. Arab Em.	154,1	Brazília	125,6
Oroszország	11,9	Kuvait	152,5	Németország	111,5
Líbia	6,3	Mexikó	143,9	Dél-Korea	108,8
Nigéria	5,0	Venezuela	139,7	Kanada	104,3
EU	0,9	EU	73,0	EU	611
Egyéb	32,4	Egyéb	1495,6	Egyéb	1607,2
<b>Világ</b>	<b>235,8</b>	<b>Világ</b>	<b>4118,9</b>	<b>Világ</b>	<b>4028,0</b>

Forrás: BP. Statistics

\*35,3 milliárd tonna nehézőlajat beleértve.

\*\*27,3 milliárd tonna homokolajat beleértve. Mivel Kanada aláírta a szén-dioxid-kibocsátást korlátozó kiotói egyezményt, nem biztos, hogy ennek a vagyonnak a teljes mértékű hasznosítására sor kerülhet. Viszont az sem valószínű, hogy ez a vagyon elhanyagolható lesz.

Darabszám szerint az összes mezőnek kevesebb mint egy százaléka tartozik az ún. (szuper)óriásmező kategóriába, de azok adják a világtermelés kétharmadát, így meghatározók a termelési prognózisok szempontjából. A legtöbb ilyen mezőt az 1960-as években lelték fel. Egy-egy ebbe a kategóriába tartozó új mező felfedezése – a kutatási módszerek korszerűsödése ellenére – ma már szenzációszámba megy.

A 20. század folyamán 180-szorosára bővült a kőolajtermelés. Ez lehetővé tette, hogy robbanásszerűen nőjön az élelmiszer-termelés (a gabonatermelés megnégyszereződött) és a népesség, vele párhuzamosan pedig az urbanizáció is felgyorsult. 13%-ról 50% fölé nőtt a városi lakosság aránya, hozzájárulva a mobilitás (az autóhasználat és a légitözlekedés stb.) fejlődéséhez. A kőolaj felhasználási sebessége ma már a  $10^5$ - $10^6$ -szorosa annak, mint ami az egykori keletkezésére vonatkozóan becsülhető.

**Nem hagyományos szénhidrogének.** Ezek után lássuk azt, hogy mit tudunk a nem hagyományos szénhidrogénekről? Olvasható, hogy ez utóbbiakból hatalmas mennyiségek állnak rendelkezésre. A CRS Report for Congress becslése szerint – az észak-amerikai nem hagyományos olajvagyon a szaúd-arábiai hagyományos készleteket többszörösen meghaladja. Így nem kevesen vannak azok, akik azt állítják, hogy az úgynevezett nem hagyományos olajok – igaz, a kitermelési

költségek növekedése árán, de – a tradicionális módszerrel kitermelhető még „sokáig” pótolhatják. A nem hagyományos kőolajvagyonba sorolható az olajpala, az ultramélytengeri olaj, a nehézőlaj és az olajos homok. Ezek többek között Kanadában, Venezuelában és az USA-ban, Európában főleg Észtországban, a Közel-Keleten, továbbá Ázsiában, elsősorban Oroszországban és Kínában találhatók. Az alacsony hozammal kitermelhető palaolajat – hosszú távon, akár csak a szénből és a földgázból történő előállítás is – a hagyományos kőolaj drágulása fokozatosan rentábilissá teszi majd. A nem hagyományos olajok termelése egyelőre Kanadában, az USA-ban, Kínában, Észtországban és Brazíliában valósul meg. Más vélemények (EIA, System for the Analysis of Global Energy Markets ) szerint azonban korántsem jelentik majd a hagyományos eredetű üzemanyagok kiesésének a következmények nélküli helyettesíthetőségét: az olajpalából, az olajos homokból Kanadában legfeljebb évi 6 millió hordóra felfutó termelést valószínűsítenek.<sup>315</sup> Ez azonban nagyságrendileg alig a tizede a jelenleg hagyományosan kitermelt kőolajénak, de a folyamatosan növekvő igényeknek még kisebb hányada. Az eltérés egyre inkább az úgynevezett nem vagy nehezen azonosítható forrás kategóriából kerülne ki. Ebből következik, hogy az úgynevezett nem hagyományos olajok a cseppfolyós üzemanyagok iránti igény kielégítésében bizonyára csak kiegészítő szerepet játszanak majd, tehát valószínűleg csak részben oldják meg az olajproblémát. Például Kanada az albertai olajhomok, az USA és Oroszország a palaolaj, valamint Venezuela az orinocói nehézőlajok birtokában Szaúd-Arábia riválisává válhat. Ezek közül néhány tétel már egyes tekintélyes statisztikákban is megjelenik.

Egyelőre azonban bizonyos zavar van még az elnevezésük körül is. Muqit Ashraf és Manasz Satapathy megkülönböztetése szerint: a Light Tight Oil (LTO) magában foglalja az összes tömör formációban található olajat és kondenzátumot, nem csupán a palamedencékét. Azt sokszor palaolajnak is nevezik, szemben a palától előbb hevítéssel elválasztandó olajpalával.<sup>316</sup> Ez utóbbi finomszemcsés üledékes kőzet, ásványtani összetétele változatos. Az olajpalával szemben viszonylag nagyobb az olajos homok jelentősége. A belőlük történő termelést kétségtelenül beárnyékolják a környezetvédelmi konzekvenciák. Kitermelésükkor ezenkívül energiagazdálkodási szempontból számításba veendő az EROEI-mutató, az úgynevezett „energetikai megtérülés” is, vagyis az, hogy a kitermelhető energiához mennyi energiabefektetésre van szükség.<sup>317</sup> Másként kifejezve, ez energetikai rentabilitás kérdése. Tudnivaló, hogy az idő előrehaladtával a ha-

<sup>315</sup> Megjegyezzük, hogy Szaúd-Arábiában, Irakban és Iránban, Kuvaitban, az Egyesült Arab Emírségekben és Ausztráliában ugyancsak található olajhomokvagyon. Ezek az országok azonban, ameddig hagyományos olajvagyonuk kiaknázzható, aligha szánják el magukat a kitermelésre.

<sup>316</sup> A Schlumberger Pétrotechniques Services szerint a nem hagyományos szénhidrogén-lelőhelyek száma világszerte 80-90, a legjelentősebbek Észak-Amerikában, Oroszországban, Kolumbiában és Argentínában találhatók, 10-15%-ban olajat, 80-85%-ban pedig gázt tartalmaznak.

<sup>317</sup> EROEI: Energy Return on Energy Invested. A különböző források – az EROEI bonyolult számításából adódóan – az energetikai megtérülésre vonatkozóan meglehetősen eltérő adatokat szolgáltatnak.

gyománys olajtermelés EROEI értéke is romlik, a nem hagyományos olajoké pedig rendszerint eleve rossz. Amennyiben több energiát kell befektetni a kinyeréshez, mint amennyit az új termék tartalmaz, a művelet értelmetlen, hacsak... Hacsak az új termék a minősége miatt nélkülözhetetlenebb, mint a befektetett alacsonyabb minőségű inputé. De ez csak kivételes esetben fordulhat elő.

Az olajpalát felépítő ásványok rétegei sötét színű szervesanyag- (kerogén)<sup>318</sup> rétegekkel váltakoznak. Ha a kerogéntartalom csak 2,5 súlyszázalék, akkor a teljes fűtőértékével megegyező energiát kell felhasználni a feldolgozásához. A palaolaj előállítása az olajpala bányászatával kezdődik. Ezután a palát összezúzzák, majd lepárló berendezésben hevítik. Ekkor a kerogén molekuláinak kémiai kötése felbomlanak, folyékony és gázemű szénhidrogének keletkeznek. Egy másik eljárásban a föld alatt végzik a lepárlást. A palát a mélyben robbantással tördelik össze, majd a kőzetet meggyújtják. Ezután a felszabaduló szénhidrogéneket a felszínre szivattyúzzák és összegyűjtik. A vagyonok ipari szempontból akkor válnak fontossá, ha a bennük található kerogén több energiát szolgáltat, mint amennyi a kinyeréséhez szükséges. A kitermeléséhez szükséges nagy mennyiségű gőz előállítására földgázt vagy villamos energiát kell felhasználni. A kínai Fushun Mining Group például 2008-ban 300 000 tonna palaolaj előállításáról számolt be 6,6 millió tonna olajpala feldolgozásával, amely 4,5%-os hozamnak felelt meg.<sup>319</sup> Az észtek ennél kedvezőbben (13%-ot) termelnek. A hozamokat tovább csökkenti a továbbfeldolgozással kinyerendő magas minőségű motorhajtóanyag előállításának energiefelhasználása. A jelenlegi eljárások hátránya továbbá, hogy a finomítás során nagy mennyiségű rákkeltő hulladék is keletkezik. Ráadásul nagy a technológia vízfelhasználása, valamint az elszennyeződött víz tisztítási igénye, továbbá jelentős a teljes technológiai folyamat egyéb környezeti kihatása. A nem hagyományos olaj összetétele (nagyobb kéntartalom, kisebb H/C arány stb.) befolyásolja a kőolajfinomítókkal szemben támasztott követelményeket. A gáznál sok szempontból hasonló, bár árnyaltabb a helyzet. (Lásd a következő pontot!)

A British Petrol statisztikája szerint 2012-ben 4,1 milliárd tonna volt a világ hagyományos kőolajtermelése, de ezt a szintet már 2004-2005 táján elérte. Ez is azt jelzi, hogy a termelése kisebb ingadozásoktól eltekintve a tetőzés fázisában van, az igényeket pedig már csak a nem hagyományos cseppfolyós termékekkel kiegészítve lehet kielégíteni. Az OPEC-országok részesedése a globális hagyományosolaj-termelésből 42% volt, Oroszországé 13%, az USA-é 10%, az Európai Unióé pedig 3%. Ezzel szemben a felhasználásban az USA 20%-kal, az EU pedig 16%-kal részesedik. Ezekből az adatokból kitűnik a nyugati civilizáció - elsősorban az EU - erőteljes importfüggése.

<sup>318</sup> Kerogén: állati és növényi maradványok lebomlásának főleg hidrogént és szenet, de ezeken kívül oxigént, nitrogént és ként is tartalmazó vegyületek keveréke.

<sup>319</sup> Guntis Promitis: Oil shale promise. Oil & Gas Journal, 16. 2008. november 3.



**Kereskedelem.** Nemcsak a kőolaj, hanem a kőolaj-feldolgozási termék is a kereskedelem tárgya, amely csővezetékeken és tankhajókon egyaránt bővül. Amint arra már korábban utaltunk, a tengerhajózásnál ma legalább egy fél tucat olyan kritikus hely (úgynevezett chokepoint) van a világon, amelyek terroristatámadás célpontjai lehetnek, akár csővezetésekről, akár olajtárolókról, akár pedig tankhajókról legyen szó. Példák lehetnek erre az amerikai USS Cole (2000) és francia Limburg tanker (2002) megsemmisítése. Egy tanker terroristák kezében fegyverként is szolgálhat, például oly módon, hogy egy vagy több megsemmisített tanker elzár egy tengersizorost. A szénhidrogént szállító hajók védelmét – több tízmilliárd dolláros ráfordítással – ma főként az USA képes ellátni.

**Felhasználás.** 2011-ben a világon (116 országra elosztva) 655 db kőolaj-finomító volt. A mintegy 4 milliárd tonna olajtermék-felhasználás szerkezete a jövőben várhatóan csak kismértékben változik. A szállítás/közlekedés részesedése marad a domináns, 2035-re közelítve a 60%-ot. Az ipar az olaj negyedrészt igényli a teljes időszakban. Valamelyest csökkenhet a mezőgazdaság és a villamos energia termelésének a részesedése (2035-re 10%, illetve 5%-ra. A World Oil Outlook (WOO 2013, Organization of the Petroleum Exporting Countries) azaz számol, hogy 2035-ig a világ személygépkocsi-állománya hozzávetőleg megkétszereződik, a kínai állomány a nyolcszorosára nő. Az autózható utak hossza Kínában 4 millió km, ezzel már ma is a harmadik helyen áll a világon az USA és India mögött (2005 és 2010 között évente 130 km-t utat építettek!). Érdekes mutató az egy km-re jutó autók száma. Ez Kínában 2010-ben 15, az USA-ban 30 és az OECD-országoké 35 és 60 között volt 2010-ben. 2035-ig 68-ra teszik ezt a kínai mutatót. Hasonlóképpen gyors, évi 4%-os növekedés előtt áll a globális teherautó-autóbusz állomány. Ez azt jelenti, hogy a jelenlegi 200 milliós állomány félmilliárdra nő. E tekintetben minden bizonnyal India áll az első helyen, évi közel 10%-os növekedési rátával, megelőzve Kínát is.

A szénhidrogének felhasználásában jelentős tételt jelent a petrokémiai ipar, amely közszükségleti cikkeket, gyógyszereket stb. gyárt, valamint műtrágyát állít elő. E területen az olajigények évente kb. 3,3%-kal nőnek. 2010-ben 8,8 mboe/d volt a felhasználás, és 2035-re megközelíti majd a 12 mboe/d -t. A petrokémiai iparban való helyettesítésük nem lehetetlen ugyan, mert a szénre vagy a biomasszára való átállás részben alternatívát jelenthet, de a belőlük nyerhető termékpalletta ma élvezett bősége kérdéses. A kőolajfinomítókból kikerülő egyes termékeket felhasználják másutt is, például kenőanyagként, bitumenként útépítéshez stb.

A kőolaj felhasználása villamosenergia-termelésre már eddig is jelentősen visszaszorult. Jelentősebb mennyiséget csak az OPEC országokban fordítanak erre a célra.



**Beruházások.** A World Oil Outlook (2013) szerint a kőolajipari kutatásokra és termelésre globálisan 2012 és 2035 között 5,2 ezermilliárd dollár beruházásra lesz szükség. Az időszak első felében az OECD-országok és az OPEC, illetve a fejlődő országok összességének részesedése ebből az összegből közel egyenlő, majd az utóbbiak részaránya növekvő lehet. A finomítóiparba ehhez képest kevesebbet, mintegy másfél ezermilliárd dollárt szükséges beruházni ugyanezen idő alatt. A tengeri kikötők és tárolókapacitások létesítése ezermilliárd dollárt tehet ki.

### c) A földgáz

*Az ősi tűzimádó vallás hívei számos helyen, például a Kaukázus keleti lábánál, a mai Baku vidékén, valamint Iránban is, a földgázforrások fölé építették templomaikat. Ezek emlékeként az öröktűz - örökmécses formájában - sok vallás mai templomában is megvan.*

A földgáz az olajhoz képest viszonylag későn nyerte el jelentőségét.<sup>320</sup> A világon felhasznált összes energián belül 1940-ben még csak mintegy 5% volt a földgáz részesedése, de mára a négy-ötszörösre nőtt az aránya, és ezzel globális stratégiai szerepet nyert. Világméretű jelentősége abban áll, hogy lényeges a befolyása a politikára, mivel a műtrágyagyártáson keresztül alapvetően érinti a világélelmezést, továbbá százmilliók lakásának fűtését és melegvzellátását szolgálja. A földgáznak a villamosenergia-előállításban világátlagban jelenleg körülbelül 20% a részesedése. Ez ugyan fele a szénének, viszont nagyobb az olajénál, valamint a nukleáris bázisú energiáénál is. A hagyományos gáztermelés még évtizedekig bővíthet, és csak azt követően kezd fokozatosan csökkenni, de a nem hagyományos gázt máris ipari méretekben hasznosítják (mindenekelőtt az Egyesült Államokban).

Európában a határokon átívelő földgázpiac a francia Lacq (1957) és a hollandiai Groningue (1959) lelőhelyek felfedezése óta létezik, a hatvanas években pedig elindult az országok gázrendszerének integrációja is. A gazdasági expanzióval párhuzamosan növekvő igényekkel egyidejűleg megindultak a Szovjetunióból a gázáramok Európa felé, és Algéria is fontos szállítónak vált. Az első olajsokk után megkezdődtek a gázszállítások az Északi-tengerből, és Norvégia a harmadik helyre vetette vissza Algériát.

A hagyományos földgázvagyonok feltárásának virágkora a múlt század hatvanas éveitől mintegy húsz évig tartó időszakra esett. A Föld vagyonának nagyobbik felét mindössze három ország birtokolja: Oroszország, Irán és Katar. A világ népességéből ez idő szerint 7%-kal részesedő Európai Unió csupán másfél százalékkal részesedik a globális vagyontól, és csak - a nem uniós tag - Norvégiával együtt éri el a 2,5%-ot.

<sup>320</sup> Az első gáztűzhelyek csak az 1930-as évek közepén kezdtek terjedni.

A világ földgáztermelése évi 3,4 ezermilliárd m<sup>3</sup>. A két legnagyobb termelő – a nem hagyományos gázt is beleértve – az USA és Oroszország. A földgáz nemzetközi kereskedelme – felhasználásának a termeléstől, még inkább a készletektől való jelentős elkülönülése miatt – csővezetéseken és tankhajókon cseppfolyósított (LNG) formában egyaránt bővül. A különösen gyorsan növekvő LNG-forgalom jelenleg mintegy 40 LNG-fogadó terminálon keresztül viszonylagos rugalmassága következtében – nagymértékben hozzájárul a földgáz-kereskedelem globalizációjához. Ma a világ földgáz-kereskedelmében tehát növekvő arányban van jelen a cseppfolyós földgáz. 2010-ban – az International Gas Union szerint – a cseppfolyós gáz kereskedelme megközelítette a 250 millió tonnát. A CIA World Factbook 2012. évi adatai alapján a legnagyobb exportőrök: Oroszország, Katar, Norvégia, Kanada, Hollandia, Algéria, Türkmenisztán. A csővezetékes exportokban Oroszország, Kanada, Norvégia, Hollandia és Algéria jár az élen, a legfontosabb LNG szállítók pedig Katar, Malajzia, Ausztrália, Indonézia és Nigéria. A legnagyobb földgázvásárló csővezetéken Európa, tankhajón pedig a Távol-Kelet. A legjelentősebb LNG-importőrök Japán, Dél-Korea, az Egyesült Királyság, Spanyolország Kína, India, Tajvan, Franciaország, valamint Olaszország. Ebben a kereskedelmi formában Magyarország is érintett lehet a horvátországi és a lengyelországi LNG-terminálokon keresztül, mert az ott létesített fogadóállomásoktól szállítóvezetéseken eljuthat a gáz hazánkba is.

A hagyományos földgázvagyron mellett figyelembe kell venni a nem hagyományos gázokat is, hiszen egyre nő jelentőségük. Ezek egyik fajtáját a több ezer méter mélységben, tehát a szokásosnál nagyobb nyomáson és hőmérsékleten, alacsony porozitású és permeabilitású kőzetekben található gázok alkotják. Ezek kitermelése többnyire nem kis technológiai nehézséget okoz. Becslések szerint jelentős készletek találhatóak az USA-n kívül szerte a világon, így Magyarországon is. A kitermeléssel szemben azonban a környezetkárosítás veszélye miatt – főleg Európában – vannak ellenvetések. Egyes vélemények szerint a palagáz-technológia teljes vertikuma több CO<sub>2</sub>-szennyezéssel jár, mint a szénen alapuló. Mindazonáltal a hazánkban a Makói-árokban található ilyen előfordulás kitermelhetőségét nem indokolatlan tovább vizsgálni.

A nem hagyományos kőolaj, főleg pedig a nem hagyományos földgáz ipari méretű kitermelése ma már gyakorlat. Az utóbbi – igaz, jelentős energia-, víz- és vegyszerfelhasználás, valamint ezekből eredő környezeti konzekvenciák árán – elsősorban az USA-ban, Kanadában és Kínában folyik, de a lehetőség létezik másutt is. Európában elsősorban Ukrajna, Lengyelország rendelkezik számottevő nem konvencionális földgázkészletekkel, de a 4000-6000 méter mélységben lévő becsült készletei révén egyszer Magyarország is kitermelő lehet, amennyiben sikerül úrrá lenni a technikai nehézségeken, és a környezeti veszélyek is kiküszöbölhetőek. A megvalósult észak-amerikai, valamint a potenciális európai termelés tekintetében az az egyik különbség, hogy az USA

népsűrűsége 20 fő/km<sup>2</sup>, Európáé ennek csaknem a hatszorosa.<sup>321</sup> A lakosságot annál jobban érintheti a környezetszennyező tevékenység, minél nagyobb a népsűrűség. De fontos eltérés az is, hogy Európában jóval nagyobb mélységben található a szóba jöhető vastagvagyók. Az Európai Bizottság azt ajánlja, hogy a palagáz-kitermelési műveletek során alkalmazott technológiát a gazdasági megfontolások mellett megfelelő környezeti és éghajlati óvintézkedések kísérjék. Kétségtelen, hogy az USA-ban a nem hagyományos palagáz energetikai megtérülése (EROEI) a geológiai adottságok következtében kedvező, ezért termelése látványosan felfutott. Európában azonban egyelőre az esetleges technológiai megoldhatóság és környezetvédelmi elfogadás esetén sem kellően igazolt a jövője, bár egyesek nagy reményeket fűznek hozzá. Ez vonatkozik a Makói-árokban felfedezett előfordulásra is. Magyarországon az úgynevezett hidraulikus rétegrepesztési technológia több mint 50 éve ismeretes, és legalább 2500 műveletet hajtottak végre környezeti ártalom nélkül. (Szabó) Mindazonáltal, az energetikai megtérülés és a környezetvédelmi vélemények figyelembevételével ma még indokolatlan hatalmasnak minősíteni – legalábbis Európában – a nem hagyományos szénhidrogénvagyont. Egyelőre nem ismerünk az európai hagyományos és a nem hagyományos szénhidrogén-termelés gazdaságossági és környezetvédelmi összehasonlítására szolgáló hiteles gyakorlatot.

Az USA-ban az úgynevezett palagáz máris több mint a harmadát teszi ki összes gáztermelésének, lehetővé téve ráadásul az árak csökkentését is. A lehetőségek további kibontakoztatásával pedig várhatóan megszűnik a jelenlegi amerikai gázimportigény. A sikeres kitermelés okozta váratlan és kedvező fordulat következtében rövidesen szükségtelemmé válik az USA nyugati partjain korábban elkerülhetetlennek ítélt LNG-t vételező fogadó (visszagázosító) terminálok létesítése. Eredetileg – a palagázban rejlő lehetőségek kiderülése előtt – több mint 30 úgynevezett LNG-visszagázosító terminálegység üzembehelyezését tervezték. Ma pedig már arról esik szó, hogy – mivel két évtizeden belül az USA a nagy földgázexportőrök közé is bekerülhet – LNG-t előállító gázcseppfolyósító üzemeket kell létesíteniük. Mindez nem keveset változtathat a jövőben megvalósuló nemzetközi földgáz-kereskedelmen. A Mitsubishi és a GDF Suez 12 millió tonna/év kapacitású gázcseppfolyósító üzem épít az amerikai palagáz exportálására. Ez önmagában a 15%-a a világ legnagyobb LNG-termelő Katarénak. Olyan vélekedés is napvilágot látott, hogy az USA perspektivikusan még meg is előzheti Katart az LNG-exportban. E tekintetben azonban nem érdemes elhamarkodott spekulációkba bocsátkozni, hiszen az esetleges jelentősebb volumenű amerikai gázexport sok mindentől függ, többek között az USA saját gázigényének a felfutásától.<sup>322</sup>

<sup>321</sup> Az Európai Unióban az átlagos népsűrűség 115 fő/km<sup>2</sup>, de vannak országok – az Egyesült Királyság és Németország –, ahol ennek is több mint a kétszerese.

<sup>322</sup> Annual Energy Outlook 2015, With Projections to 2040. U.S. Energy Information Administration Office of Integrated and International Energy Analysis, Washington, DC. April 2015.

A gázforrások szűkösségétől való félelem középtávon remélt mérséklődése a földgáz eddig megingathatatlanak tűnő, olajhoz kötött áralakulását is kedvezően befolyásolhatja, amennyiben azt egyéb – politikai – tényezők nem érintik. Ez annyit jelent, hogy a gázár a jövőben egyre függetlenebbé válhat a dráguló kőolajétól, és jobban tükrözi majd a keresleti/kínálatti viszonyokat.

A nem konvencionális földgáz-előfordulások egy másik fajtája a szénbe ágyazott metán, ennek létezése régóta ismeretes, hiszen a szénbányákban előforduló sujtólég-robbanásoknak is a szénben adszorbeált metán az oka. Az utóbbi évtizedekben kifejlesztették a metán kinyerését szolgáló technológiát, amelyet már több országban is alkalmaznak, így például az USA-ban, Ausztráliában és Kínában. Magyarországon ennek a lehetősége a mecseki szén esetében áll fenn. Arra van esély, hogy belőle felszabadítható a szerkezetileg kötött metán. Ehhez viszont meg kell találni a megfelelő módszert.

Ismét más – egyelőre elvi – lehetőség a metánhidrátban (klatrátban) található metán kitermelése, ami jóval nehezebb probléma lesz, ha egyáltalán lehetségessé válik, holott ebből vannak messze a legnagyobb készletek.

A metánhidrát a fagyott víz szerkezetébe zárt metánból áll, és gyakorlatilag két helyen található. A kisebbik, de könnyebben hozzáférhető készlet a sarki permafroszt alatt rejlik. A 11 ezer évvel ezelőtti jégkorszakban befagyott lápban klatrát formájában megbúvó metán mennyiségét 70 milliárd tonnára becsülik. Ennek hasznosításával elsősorban kanadai kutatók foglalkoznak, de ipari méretekig még nem jutottak el. A nagyobb, de nehezebben elérhető metánhidrát készletek a tengerfenék alatt helyezkednek el. Ezeket a felettük levő víztömeg nyomása, valamint a hideg tartja szilárd halmazállapotban. A bennük foglalt metán kinyerésére vonatkozó programról az USA-ban jelentést készítettek a kongresszus számára.<sup>323</sup> Japán kutatók biztató kísérletet hajtottak végre. A fúrást 1000 méter mély tengerrészen végezték, nem messze a japán partoktól. A tengerfenék fúrása során elérték a metánhidrát réteget. Onnan a vizet kiszivattyúzva csökkentették a nyomást, aminek hatására a metán kiszabadult a hidrátból, és a kettős falú cső külső részében feláramlott a felszínre. Elérték ugyan az iparilag hasznosítható mennyiséget, de egyelőre a feltörő metánt elégették. A *Peak Oil Review* tudósítása szerint a japánok azt tűzték ki célul, hogy 2018-ban a metánhidrát kiaknázásával nyert metánt már kereskedelmi forgalomba is hozzák.<sup>324</sup>

Indokolt megemlíteni egy tulajdonságaiban a metánhidráthoz hasonló, de mesterségesen, vízből és földgázból előállított hidrátot is. Ezt földgáz-hidrátnak

<sup>323</sup> Egy elgondolás szerint a mélyben található klatrátban foglalt metánt besajtott szén-dioxiddal helyettesítik, és a felszabaduló metánt a felszínre hozzák.

<sup>324</sup> A metán – mint üvegházhatást okozó gáz – légköri koncentrációja 2005-re az ipari forradalom előtti időszaknak a két és félszeresére nőtt. A permafroszt területeken a metánhidrátok spontán vagy a melegedés hatására bekövetkező destabilizációja környezeti romlást okozhat. A metán üvegházhatása meghaladja a szén-dioxidét.

(NGH<sup>325</sup>) neveztek el. A Mitsui Engineering & Shipbuilding Company és az Osaka University kidolgozott egy technológiai láncot az olajtermelés érdekében művelt távoli mezők egyelőre elfáklázott<sup>326</sup> és nem túl nagy volumenű kísérőgázának a hasznosítására, illetve elszállítására, ahol a viszonylag kis volumenek miatt gazdaságtalan lenne gázcseppfolyósító üzemet létesíteni. Ennek a lényege a NGH pellet létrehozása, és e formában történő szállítása (és tárolása). Az eddigi kísérleti eredmények azt mutatják, hogy a stabilizált pellet atmoszférikus nyomáson és mínusz 20 °C-on (az LNG-nél ez mínusz 162 °C) tárolható és szállítható. A lényegesen kisebb technológiai (főleg hűtési) energia-költség bőven kompenzálja a körülbelül négyszer nagyobb szállítási költséget, ami abból ered, hogy 1 m<sup>3</sup> pelletből „csak” 150–180 m<sup>3</sup>, 1 m<sup>3</sup> LNG-ből viszont 600 m<sup>3</sup> földgáz nyerhető vissza. Úgy becsülhető, hogy bizonyos speciális esetekben az NGH lesz az olcsóbb, így az LNG-nek (például Dél-Kelet Ázsiából) reális alternatívájává válhat.

A földgázvagyon főbb birtokosai, termelői és felhasználói 2012-ben

Vagyon, ezer milliárd m <sup>3</sup>		Termelés, milliárd m <sup>3</sup>		Felhasználás, milliárd m <sup>3</sup>	
1	Irán 33,6	1	USA 681	1	USA 722
2	Oroszország 32,9	2	Oroszorsz. 592	2	Oroszország 416
3	Katar 25,1	3	Irán 160	3	Kína 144
4	Türkmenisztán 17,5	4	Katar 157	4	Japán 117
5	USA 8,5	5	Kanada 156	5	Kanada 101
6	Szaúd-Arábia 8,2	6	Norvégia 115	6	Olaszország 69
7	Egy.Arab Em. 6,1	7	Kína 107	7	Mexikó 84
8	Nigéria 5,2	8	Szaúd-Arábia 103	8	Egy. Királyság 78
9	Venezuela 5,6	9	Algéria 81	9	Németország 75
10	Algéria 4,5	10	Indonézia 71	10	India 55
	Egyéb 40,1		Egyéb 1141		Egyéb 1309
	<b>Világ összesen 187,3</b>		<b>Világ összesen 3364</b>		<b>Világ összesen 3170</b>
	Európai Unió 1,7		Európai Unió 150		Európai Unió 492
	É.-Amerika 10,8		É.-Amerika 896		É.-Amerika 777
					Magyarország 10,9

Forrás: BP Statistics

<sup>325</sup> NGH: Natural Gas Hydrate.

<sup>326</sup> A földgáz és a kőolaj együttes előfordulása esetén az olajtermeléssel párhuzamosan kitermelt földgáz nem mindig hasznosítható a helyszínen. Ilyenkor ezt a gázt „elfáklázzák”. Ez nemcsak pazarlás, hanem környezetszennyezés is.

A nem kellően biztonságos útvonalakon történő szállítások esetleges kiesésére – a terrorizmus veszélye okán – fel kell készülni, ami nem csekély feladat. Itt nem csupán az útvonalak védelméről van szó, de a cseppfolyós földgáz esetében a tengerparti fogadó-állomásokról is. Többek között ezért kell kialakítani világszerte az esetleges ellátási válsághelyzetekre történő reagálási módokat. Ezt a szolidaritás gyakorlati megvalósítása érdekében az országok közötti összeköttetések megerősítése mellett a földalatti tárolókapacitások szolgálják. Ez utóbbiak bővítésére egyébként gazdálkodási okokból (például a szezonális igényingadozások kiegyenlítése céljából) is szükség van. De ugyanazzal összefüggésben szintén ki kell fejleszteni és működtetni egy megbízható adminisztrációs, valamint logisztikai mechanizmust.

A földgáz jövője, illetve a földgázpolitika vázolásakor a geológiaiánál, a kereskedelménél, de még a technológiaiánál is szélesebb alapokra célszerű támaszkodni. Az tapasztalható, hogy a kőolaj mellett a földgáz is politikaformáló tényezővé vált. Bár magától értődő volna, mégis hangsúlyozni szükséges, hogy a vásárlóknak jó kapcsolatokat kell ápolniuk a szállítókkal. A Nyugat részéről valószínűleg nem tartható sokáig, hogy a földgáz-ellátásban Irán, a világ kiemelkedő földgázvagyonával rendelkező országa nem vesz részt. A nemzetközösségnek békés megoldást kell találnia arra, hogy a kialakuló piaci versenyben ne vesszen el ez a hatalmas forrás a nyugati világ számára.

## A villamos energia

*Emlékszünk rá, hogy az elektromosságot és a láthatatlan hullámokat milyen mértékben kinevelték annak idején? Az emberről való tudásunk hasonlónan gyerekcipőben jár – Albert Einstein*

Milétoszi Thalész a Kr. e. 4. században leírta, hogy elektromosság kelthető számos anyagnak, például borostyánkőnek szörmével való dörzsölésével. 1600-ban William Gilbert megalkotta a modern latin electricus szót a görög ηλεκτρον (*elektron*, „borostyán”) szóból. A villamosenergia-termelés alapelveit az 1820-as és 30-as évek elején Michel Faraday dolgozta ki. Az 1840-es évektől kezdve a távirás, az elektromos világítás, a telefon, valamint a váltóáramú indukciós motor és a nagyfeszültségű távvezetékek megjelenésével a társadalom fontos erőforrássá kezdett válni. Edison 1876-ban készítette el a szén-szálas izzólámpát, 1882-ben építette meg az első villamos erőművet. A világ első villanyvilágítását a Columbia gőzhajón szerelték fel 1880-ban. A közcélú villamosenergia-szolgáltatás a 1880-as években New Yorkban, Temesváron és Párizsban kezdődött. Pesten 1885-ben közlekedett először villamos. A villamos energia mára életünk nélkülözhetetlen feltételévé vált, és méltán hívhatjuk – a kőolaj a társadalom vérkeringése szlogen analógiájára – a társadalmak ideg-



rendszerének. Ellátási zavara fokozatos áramkorlátozást okozna, ami súlyosan veszélyeztetné a vízellátást, az egészségügyet, a tájékoztatást, a mai informatika teljes spektrumát, az élelmiszerlánc hűtési fázisát stb.

A 2012-ben termelt 22,5 ezermilliárd kWh villamos energia bázisa világátlagban: szén: 41%; földgáz: 22%; vízenergia: 16%; nukleáris energia: 13%; kőolaj: 4%; megújuló energiatípusok: 20%. (Ez utóbbiak nagyobb fele víz-, egyenyege szélenergia, a többi biomassa; geotermikus és napenergia volt. A World Energy Outlook 2010. évi prognózisa szerint a megújuló energiák aránya 2035-re elérheti a 32%-ot). Villamosenergia-termelésre a legtöbb szén az USA, Kína és India, a legtöbb földgázt az USA, Oroszország és Japán, a legtöbb vízenergiát Kína, Brazília, Kanada és az USA, a legtöbb nukleáris energiát pedig az USA, Franciaország, Oroszország és Korea fordítja.

2035-ig a világ villamosenergia-igénye a 2012-es szintet kb. 50%-kal haladhatja meg. A 21. század második felében az emberiség – de legalább is a legfejlettebb országok – energiaigényének nagyobb részét valószínűleg a villamos energia elégíti majd ki. A többlet túlnyomó része minden bizonnyal a fejlődő világ igénynövekedésének (kb. 3%/év) lesz a következménye. Fontos, hogy a villamosenergia-ellátás legyen folyamatos, elegendő tartalék álljon rendelkezésre. Legyen a frekvenciaérzékeny felhasználó berendezésekre tekintettel jó minőségű. Érthető, hogy – amint arra már az 5. fejezetben is utaltunk – az energiaipar összes beuházási szükségletének mintegy a fele ezen a területen jelentkezik.

A termelt villamos energia valamivel kevesebb mint 3%-a kerül a nemzetközi kereskedelemben, az országok többsége maga gondoskodik a szükségletei kielégítéséről. A legnagyobb termelők Kína, az USA, Japán és Oroszország. A legnagyobb exportőrök Paraguay, Franciaország és Kanada. A legnagyobb importőrök Kína, Olaszország és az USA. A jövőbeni szükségletek kielégítésére globálisan közel 6 ezer GW kapacitást kell létesíteni, amelynek egyharmada az időközben a termelésből kivont erőműveket pótolja.<sup>327</sup> Ennek beruházási konzekvenciája eléri a mintegy 17 ezermilliárd USD-t, a megoszlása pedig 2/5 részben hálózatfejlesztés, 3/5 részben pedig erőműépítés. A szén uralkodó alapenergia-hordozóként még tartósan megmarad a villamosenergia-termelésben, amit – természetesen „tisztá technológiákat” alkalmazva – nem lehet kihagyni a termelésnövelés jövőbeni lehetőségei közül. Az új erőművek nagy része várhatóan mégis megújuló energia (sorrendben: szél, víz és fotovoltaiikus energia), valamint földgáz alapú lehet.

<sup>327</sup> World Energy Outlook 2012 Factsheet – *How will global energy markets evolve to 2035?*



A 10 legnagyobb összes (A) és egy főre jutó (B)villamosenergia-fogyasztó, valamint a legnagyobb egy főre jutó teljesítménnyel (C) rendelkező ország

Ország	A	Ország	B	Ország	C
1 Kína (2011)	4693	1 Izland	52,6	1 Izland (2009)	5837
2 USA (2010)	3886	2 Norvégia	24,5	2 Norvégia (2013)	2603
3 India (2012)	1053	3 Kuvait	16,1	3 Kanada (2011)	1871
4 Oroszország (2012)	1016	4 Kanada	160	4 Finnország (2012)	1747
5 Japán (2011)	859	5 Finnország	15,8	5 Kuvait (2012)	1723
6 Németország (2011)	607	6 Svédország	14,4	6 Svédország (2012)	1576
7 Kanada (2008)	548	7 Egy. Arab Emírségek	13,3	7 USA (2013)	1402
8 Franciaország (2008)	461	8 Luxemburg	12,7	8 Luxemburg (2013)	1368
9 Brazília (2010)	455	9 USA	11,9	9 Bermuda (2010)	1129
10 Dél-Korea (2011)	455	10 Guam	10,3	10 Katar (2013)	1125

A: Összes fogyasztás: MWh/év; B: Egy főre jutó felhasználás: MWh/év/fő; C: Egy főre jutó teljesítmény, w/fő.  
 Források: Central Intelligence Agency – The World Factbook.

A nukleáris energia mint a villamos energia termelésének egyik pillére valószínűleg befolyással lesz a kőolajról való „váltásra”.<sup>328</sup> Mai bázisáról, az uránról azonban tudni kell, hogy ez az elem távoli szupernóva-robbanásokban keletkezett több milliárd évvel ezelőtt, és jutott (meg nem ismétlődő módon?) a Földre.<sup>329</sup> A földkéreg urántartalma 1,4 ppm, és a készlet nem kimeríthetetlen. A 130 \$/kg kitermelési költség alatt kinyerhető vagyon a 2005. évi becslés szerint kb. 5 millió, a 2006. évi szerint kb. 6 millió, a 2011. évi szerint pedig 7 millió tonna. Egy 1000 MWe-os atomerőmű évi urániumigénye a jelenlegi reaktortípusokban egy év alatt 25 tonna. Ezt a mennyiséget általában 25-10000 ezer tonna ércből kinyert 200 tonna természetes uránból lehet előállítani. Belátható, hogy azoknak az országoknak, amelyek saját urániumvagyon nélkül bővítik nukleáris erőműparkjukat, a vagyonszerzéseket óvatosan kell értelmezniük. Az uránércben az urántartalom kinyerése csak elég magas koncentráció felett gazdaságos. Ha az 0,1%-nál alacsonyabb, az uránérc gyenge minőségű, 0,01% alatt pedig már nem is nevezhető uránércnek. A jelenlegi évi uránfelhasználás meghaladja a termelését, a különbözetet a Megatons to Megawatts Program keretében a katonai célú urán hígításából még évekig fedezhetik.

<sup>328</sup> Egyes számítások szerint a gépkocsialomány villamos energiára történő átállítása – 20 év alatt egyről kétmilliárd darabra történő bővülés esetén – (ha ez egyáltalán technikailag lehetséges volna) 1000 MW-os atomerőmű egységben kifejezve a jelenlegi nukleáris park megnyolcszorozását igényelné.

<sup>329</sup> A szupernóva-robbanások fontos szerepet töltenek be a galaxisok fejlődésében. A robbanás nehézelemeket – köztük uránt – pumpál a környezet, új csillaggenerációkat létrehozó intersztelláris anyagba, mintegy „megtermékenyítve” azt. A szupernóva-robbanás akkor következik be, amikor a csillag elhasználta az összes nukleáris „fűtőanyagát”.

A ma elterjedt atomreaktorok a természetes uránban csak a 0,7%-ban jelen lévő <sup>235</sup>U izotópot hasznosítják. A technológiai fejlesztések azonban megnyitották a lehetőséget a jobb uránhasznosítású fissziós technológiák elterjesztésére.<sup>330</sup> Már nemcsak a harmadik, hanem a negyedik generációs gyors neutronos atomerőművek tervei is készülnek, lehetővé téve – az uránból keletkező plutónium hasznosításával – az uránvagyon rendelkezésre állásának hosszú időre való kiterjesztését, sőt az uránhoz képest többszörös mennyiségben rendelkezésre álló tórium alkalmazását szintén. A nukleáris energia hasznosításának fissziós technológiáiban (szaporító reaktorok) és az üzemanyagban (tórium) is előrelépésre van szükség, a lehetőségek elvben adottak.

Az újrafeldolgozás<sup>331</sup> (reprocessálás) lehetővé teszi többek között a plutónium kinyerését is. Azt a MOX (Mixed Oxid Fuel) fűtőelemek gyártásához vagy a gyors (szaporító)reaktorok indításához lehet felhasználni. A harmadik generációs erőművekben többnyire azokkal az ún. MOX fűtőelemekkel dolgoznak, amelyek a <sup>235</sup>U izotóp mellett a villamosenergia-termelés során a <sup>238</sup>U uránizotópból keletkező és reprocessálással kinyert körülbelül 1%-nyi plutóniumot is hasznosítják. Európában több tucat reaktorban használnak MOX üzemanyagot. Ezenkívül már készülnek a negyedik generációs reaktorok tervei is. A negyedik generációs atomerőműveknek több fajtája lehetséges. Elképzelhető, hogy ezek valamelyike gyorsan „beelőz” a harmadik generációsok elé.<sup>332</sup> A gyorsneutronos – szaporító vagy breeder – reaktorok lehetővé tennék a keletkező plutónium hasznosításával az uránvagyon rendelkezésre állásának hosszú időre való kiterjesztését. Külföldön több helyen már eddig is épültek ilyen reaktorok.<sup>333</sup> Ezeket azonban biztonsági okokból egy kivételével (Bjelojarszk, Oroszország) leállították.

További lehetőség a tórium hasadóanyagként való felhasználása is. A negyedik generációs atomerőműveknek több fajtája lehetséges – ezek egyike a tóriumot felhasználó MSR-reaktor.<sup>334</sup> Az USA-ban az első tóriumbázisú reaktor

<sup>330</sup> Az USA-ban Hyperion Power Generation.

<sup>331</sup> A Purex, a Diamex és a Sanex eljárások lehetővé teszik a transzuránok kinyerését.

<sup>332</sup> Az első generációs fissziós atomerőműveket az 1950-es, '60-as években fejlesztették ki az Egyesült Államokban, a Szovjetunióban, Angliában és Franciaországban. A második generációs atomerőművek nagyrészt az első-, a harmadik generációsok pedig a második generációs atomerőművek továbbfejlesztéseként jöttek létre. A fejlesztési tevékenység ma is folyamatban van. Így beszélhetünk már az épülő III+ generációs reaktorokról, amelyek közül kettőnek a beruházása folyamatban van az Európai Unióban. Közülük a Finnországban épülő reaktor belépése jelentősen – évekkel – „csúszik” a tervezetthez képest, elsősorban a fukusimai balesetet követő biztonsági előírások szigorodása következtében. Minthogy „az atomerőműben termelt villamos energia egységköltsége érzékenyebb az építési idő hosszára, mint a fosszilis tüzelésűek esetében”, a finnországi beruházás a tervezett 3,5 Mrd euró helyett a 8 milliárdot is elérheti.

<sup>333</sup> A Budapesti Francia Intézetben 2008 áprilisában rendezett konferencián elhangzottak értelmében Franciaországban a tervek (Astrid program) szerint 2020-ra elkészül egy kísérleti reaktor.

<sup>334</sup> Robert Hargraves - Thorium Energy Cheaper than Coal.

prototípusa, az Oak Ridge, 1954-ben lépett üzembe, és évekig működött. Az amerikai atomipar azonban az itt szerzett eredmények ellenére is – más szempontok miatt – az uránbázisú nyomott vizes reaktorok mellett kötelezte el magát, ezt a technológiai lehetőséget félretették. A hidegháború idején ugyanis a hadiipari nukleáris arzenál kiépítése volt a fő szempont, amihez plutóniumra volt szükség. Azt pedig az uránbázisú erőművekben lehetett – tóriumbázisúban viszont nem – termelni. Újonnan felelevenített változata a hasadóanyag – hűtőfolyadékként is szolgáló – olvadt sóban történő elegyítését használó megoldás (Molten Salt Reactor – MSR). Benne az energiatermelés atmoszférikus nyomáson történhet, és az olvadt só a hűtés feladatát is ellátja. Elterjedésére már 2030 előtt számítanak. Az MSR-reaktorok lehetővé teszik, hogy kevesebb és rövidebb felezési idejű sugárzó hulladék keletkezzen.

Mindenütt, ahol a villamos energiát importált tüzelőanyag bázisán állítják elő, egyúttal a külföldről való függőségről beszélhetünk. Ezt nem ellensúlyozza, hogy a nukleáris fűtőelem jól raktározható akár néhány évre is, a hosszabb távra szóló beszerzés viszont illúzió. A World Nuclear Association 2011. szeptemberi kiadványa szerint Európában hat ország rendelkezik ugyan urániumbázisú fűtőelemet gyártó üzemmel<sup>335</sup>, de egyiküknek sincs számottevő urániumvagyona, illetve termelése. Európa egésze tehát e tekintetben is importfüggő.

Amint az köztudott, a nukleáris energia programjai számos országban megtorpantak – és a közvélemény meglehetősen széles körű ellenállása miatt ezen nem könnyű változtatni – bár a folytatásuk (a még meglévő problémáinak megoldásával együtt is) elkerülhetetlennek látszik. A nukleáris energiával kapcsolatban azt kell megjegyezni, hogy gazdaságossági szempontokat figyelembe véve egyelőre versenyképes megoldás, bár ennek a megítélése nem egyértelmű.<sup>336</sup> Az összehasonlításban meghatározó tényezők az elszámolási technikák, valamint az atomerőművek építési idejének egyre gyakrabban tapasztalható elhúzódnása, ami főleg a biztonsági normák szigorodásának tulajdonítható.<sup>337</sup> A Nuclear Energy Institute 2013. évi becslése szerint az atomerőművek fajlagos beruházási költsége ma 4500 és 5500 USD/kW között, a velük termelt villamosenergia ára pedig megawattóránként 85 és 120 USD között változhat. Más számítások arra mutatnak rá, hogy a beruházások az egy évtizeddel korábbiak akár 4-4,5-szeresébe is kerülhetnek, a villamos energia termelési költsége hozzávetőleg ugyanilyen arányban meghaladhatja a 9 évvel korábbit. Sokak reményei szerint a nukleáris

<sup>335</sup> Franciaország, Belgium, az Egyesült Királyság, Németország, Spanyolország és Svédország.

<sup>336</sup> The Economics of Nuclear Power. World Nuclear Association. 2015 június.

<sup>337</sup> A finn (Olkiluoto) fajlagos beruházási költségét 2003-ban 1875 euró/kW-ra, a franciáét (Flamanville) 2007-ben 2060-ra becsülték. Ezek a beruházások nem csak elhúzódnak, de a több mint kétszeresre drágulnak.

energia termelésnek azonban nem a fisszió, hanem a több mint fél évszázad óta kísérleti stádiumban lévő fúzió lenne az igazi megoldása.<sup>338</sup>

A The World Nuclear Industry Status Report 2012-ben publikálta azokat az adatokat, amelyek a különböző társaságoktól származtak 2003 és 2012 között. Azok szerint az atomerőművek építési és ezzel együtt a bennük termelt villamos energia költsége a bemutatott időszakban a többszörösére emelkedett.

Atomerőművek beruházási és villamosenergia-termelési költségeinek változása 2003 és 2012 között

A becslést végző szervezet	Építési költség, (€/kW)	Villamosenergia költség, (€/MWh)
<b>DGEMP 2003</b>	<b>1,27 €<sub>2012</sub></b>	<b>28,4 €<sub>2004</sub></b>
EDF 2005	?	33–41 € <sub>2004</sub>
EDF 2006	2,06 € <sub>2012</sub>	46 € <sub>2005</sub>
AREVA 2007	1,5–2,07 € <sub>2012</sub>	29,9 € <sub>2004</sub>
DGEC 2007	?	44,9 € <sub>2007</sub>
EDF 2008	2,67 € <sub>2012</sub>	54–60 € <sub>2008</sub>
Számvevőszék (Cour des Comptes)	3,7 € <sub>2012</sub>	70–90 € <sub>2010</sub>
<b>EDF 2012</b>	<b>5,4</b>	<b>110–166 €<sub>2012</sub></b>

Forrás: The World Nuclear Industry Status Report 2012. Université de Genève.

Újabb kockázati tényezőként az atomerőművekkel kapcsolatban szintén jelentkezik a terrorizmus (beleértve a kiberterrorizmust) veszélye, amelynek elhárítására szintén fel kell készülni. Ideje szembenézni azzal is, hogy a 21. század sajnálatosan lehetséges háborúi már nemcsak szárazföldön, vízen és levegőben, de a kibertérben is zajlanak majd. Természetesen reméljük, hogy a veszélyekre az atomenergetika is megtalálja azokat a válaszokat, amelyek rá tartoznak. Ugyanakkor az is nyilvánvaló, hogy erre az általános fenyegetésre alapvetően mégis az atomenergetikán kívüli széles területeken kell megoldásokat keresni. Bármily nehéznek tűnik, meg kell találni és meg is kell szüntetni azokat az okokat, amelyek a terrorizmus gyökereit képezik. Ehhez gazdasági, társadalmi és politikai eszközökre, nemzetközi támogatási projektekre van szükség. Ez a szegényebb országok, régiók részéről megfelelő befogadóképességet, a gazdagabb országok részéről pedig kizsákmányolási szándéktól mentes, nagyvonalú gazdasági, technológiai és kulturális segítséget igényel. Sajnos kétségeink vannak e feltételek teljesülése tekintetében, ugyanakkor meggyőződésünk, hogy

<sup>338</sup> A deutérium és a trícium fúziójakor fellépő tömegdefektus eredményeként grammonként 4,3 tonna olajegyenértékű (~50000 kWh) energia szabadul fel, amely nagyságrendileg egy ember egy évi energiafelhasználása. (Érdekességként megemlítjük, hogy Einstein képlete alapján a tömeg energia-egyenértéke: 1g = 21 Tcal.)

enélkül a terrorizmus komoly veszélynek teszi ki az emberi civilizációt, akár vannak atomerőművek, akár nincsenek.

„Egy 1000 MW villamos teljesítőképességű atomerőmű üzemeltetésével összefüggésben az egész üzemanyagciklusban évente mintegy 200–300 m<sup>3</sup> kondicionált radioaktív hulladék keletkezik. Ezen belül kevesebb, mint 100 m<sup>3</sup>-t tesz ki az üzemelő atomreaktorban keletkező radioaktív hulladék térfogata. Ugyanezen atomerőmű leszerelésekor kb. 2500–4000 m<sup>3</sup> radioaktív hulladék keletkezésével lehet számolni. E hulladékok majdnem teljes egészében a kis és a közepes aktivitású hulladékok kategóriájába tartoznak, csupán nagyon kis részük nagy aktivitású. Elhelyezésre olyan elégséges méretű megbonthatatlan közet vagy üledékhólyos alkalmas, amely fizikailag el tudja választani a hulladékot a felszíni környezettől.” (Csom) 2010-ben a kiegészített fűtőelem mennyisége világszerte 340 000 tonna nehézfém lehetett, amelynek mintegy a harmada kerülhetett újrafeldolgozásra.

Az atomerőmű-építés ellenzőinek fő érve a nukleáris balesetektől/katasztrófától való félelem, valamint a kiegészített fűtőelemek elhelyezésének a problémaköre. Az előbbieket közül kiemelendők az 1957. évi az orszországi Majak reprocesszáló és plutóniumot termelő üzemében, ugyanabban az évben az angliai windscale-i atomerőműben, az 1979. évi amerikai Three Mile Island-i atomerőműben, az 1986. évi oroszországi csernobili atomerőműben, az 1993. évi oroszországi tomszki reprocesszáló üzemben, végül az 2011. évi japán fukusima-i atomerőműben történő balesetek. Közülük az 1986-os és a 2011-es öltött katasztrófális jelleget. Természetesen nem tudható, hogy azokat mikor és hol követi majd egy újabb, csak remélni lehet, hogy sehol.

Amint arra Az energiapolitika fő szempontjai című fejezetben már utaltunk, a diverzifikáció elvének – többek között biztonságpolitikai okok miatt – a létesítmények földrajzi elhelyezésére is ki kellene terjednie. Ez az elv a legnagyobb nukleárisenergia-termelő parkkal rendelkező országokban általában érvényesül. Az USA 104 reaktora az US Nuclear Regulatory Commission szerint 65, Franciaország 58 reaktora pedig 19 telephelyen működik. Ezt figyelmen kívül hagyni más atomenergiát felhasználó országoknak is hiba volna, kiváltképpen, ha magas a nukleáris energia aránya a villamosenergia-termelésükben.

Ne tévesszük szem elől azt sem, hogy világviszonylatban a nukleáris választás mellett kitartó országok (pl. Oroszország, Kína és az USA) szintén fontosnak tartják a szén, illetve a megújuló energiaforrások bázisán történő fejlesztéseket. Ezzel kapcsolatban érdemes megjegyezni: a klímaváltozás okának megítélésében lévő bizonytalanság azt sugallja, hogy – hacsak részben is igaz az emberi beavatkozás hozzájárulása a klímaváltozáshoz – a következmények kivédése elemi érdek. Ehhez azonban azonnal azt is hozzá kell tenni, hogy a követelményeknek elsősorban a legnagyobb kibocsátókra kellene vonatkoznuk. Hazánk a CO<sub>2</sub>-emisszió sorrendjében az országok között az 54. helyen, az

egy főre jutó emisszióval pedig a 70. helyen áll, és ezzel a kis szennyezők közé tartozik. Világátlagban a szén aránya a villamosenergia-termelésben kb. 40%. Ez az arány Magyarországon – pedig a lignitvagyon rendelkezésre áll a határainkon belül – most 15% alatt van, miközben Lengyelországban és Dél-Afrikában 90%, Kínában és Ausztráliában 70%, az USA-ban és Németországban 40% feletti. Kína kerekén 4, az USA 1 milliárd tonna szenet éget el évente, mi ennek alig a fél százalékát.

Másrészt az is igaz, hogy Magyarországon az atomenergia aránya a villamos energia termelésén belül magas: a World Nuclear Association 2014. évi kiadványának 2012-re vonatkozó adatai szerint 45,9 %. Ezzel az 5. helyen szerepelünk a világ ranglistáján, csak Franciaország, Belgium, Szlovákia és Szlovénia jár előttünk. Amiről most szó van, az a Paksi Atomerőmű bővítése 2400 MW-tal. Az említett számokból nyilvánvaló, hogy megvalósulása esetén a létesítendő új erőműkapacitások csak tört részben teljesülnek. Ezzel kapcsolatban alá kell húznunk a szén-/ligniterőművek létesítésének indokoltságát. Nem várható el tőlünk, hogy a hazai szén-/lignitvagyon által garantálható nélkülözhetetlen többlet villamosenergia-termelésünk/ellátásunk – legalább is részbeni – biztonságát veszélyeztessük csak azért, hogy a világ összes emisszióját alig észrevehetően mérsékeljük, amikor – legalább is középtávon – volna más megoldásunk is.

Elsősorban a feladat nagyságára tekintettel erre azért van szükség, mert a felmerülő nagyságrendek és beruházási költségvonzatok ismeretében a megújuló energiák igénybe vételére – azok vitathatatlan szükségessége mellett – reálisan valószínűleg csak részben lesz lehetőség. A jelenlegi becslések szerint – a napsütéses órákat figyelembe véve – fosszilis vagy nukleáris bázisú kapacitással ezer MW-onként legalább 5 ezer megawattnyi naperőmű egyenértékű. Ez – összességében – több száz négyzetkilométernyi területet igényelne.<sup>339</sup> Mai árakon egy ilyen beruházás mintegy 7 ezermilliárd forintból valósítható meg.<sup>340</sup> Ugyanezt a feladatot szélenergiával közel 3-4 ezer MW kapacitással tudnánk ellátni. Ezzel azonban még nincs vége a feladatoknak, mert azokra az időszakokra, amikor a napelemek napsütés híján vagy a szélerőművek szélcsend okán nem működnek, tartalékról is kell gondoskodni. Az ezen időszakokra tartalékként létesítendő erőművek beruházási költsége szintén ezermilliárdokban fejezhető ki.

A mindenáron megoldandó biztonságos távlati villamosenergia-termelés fosszilis/nem fosszilis bázisa kérdésében nem könnyű tehát kialakítani az életminőségünkre évtizedekig kiható álláspontot, amelyről ráadásul a különböző lobbik és az egyes szakértők véleménye is eltér, sőt demokratikus körülmé-

<sup>339</sup> Vö. Dr. Fazekas András István: A fajlagos területigény alakulása megújuló energiaforrások villamosenergiatermelési célú hasznosítása esetén. Debreceni Egyetem, Meteorológiai Tanszék.

<sup>340</sup> Ez többszöröse annak, amit a magyar–orosz kormányközi megállapodás a meglévőnél 20 százalékkal nagyobb teljesítményű atomerőmű építésére kb. 3000-3600 milliárd forintban rögzített.



nyek között még aktuálpolitikai nehézségek is felmerülnek. E kiemelkedően nagy probléma megoldásában egy geológusokból, nukleáris mérnökökből, fizikusokból, nemzetbiztonsági szakértőkből, közgazdászokból, valamint klíma- és külpolitikusokból álló Energiapolitikai Tanács segíthetne.

## A megújuló energiák

Amint arra már a 7. fejezetben utaltunk, a „megújuló” források fejlesztése fontos irányzatokat kínál, de az, hogy a hazai körülmények között közülük melyik és milyen mértékben (nem utolsósorban, hogy milyen áron), kellő biztonsággal egyelőre nem jósolható meg. Nem szabad arról megfeledkezni – hogy a megújulók egyike-másika csak bizonyos feltételek mellett áll rendelkezésre, főleg pedig arról, hogy alkalmazásukhoz milyen előzetes energia- és nyersanyagigényre (pl. nemes- vagy ritkafémekre), mekkora területre stb. van szükség.

A Stastical Review of World Energy 2013 szerint 2012-ben a világ összes megújuló energiafelhasználása 1070 millió tonna olajegyenértéket képviselt – amelynek a háromnegyed része vízenergia volt –, és az összes energiafelhasználás 8,5%-át tette ki. Euráziában az összes megújuló energiának a kétharmad része volt vízenergia. Ez utóbbi felhasználásában Kína, Brazília és Kanada járnak élen, az összes egyéb megújuló energiafélékben pedig az USA, Kína és Németország. Az IEA úgy véli, hogy 2035-ig a megújulók eléri a kétharmados arányt a villamos energia termelésében.

Az optimista Marc Jacobsonnak, a Stanford Intézet professzorának San Franciscóban elhangzott előadása értelmében már a mai technológiák is lehetővé tennék, hogy 2050-ig a világ összes energiáját megújuló forrásokból biztosítsák. Ő a lehetőséget a WWS- (wind-water-sun) program megvalósításában látja. Számításai szerint ahhoz együttesen 3,8 millió (3 MW-os) szél erőműre, 5350 (100 MW-os) geotermikus erőműre, 900 (1300 MW-os) vízerőműre, 720 000 (0,75 MW-os) hullámerőműre, 490 000 (1 MW-os) árapály-turbinára, 1,7 milliárd (3 kW-os) tetőn elhelyezett PV-rendszerre, 40 000 (300MW-os) PV-rendszerű<sup>341</sup> naperőműre és 49 000 (300MW-os) CSP<sup>342</sup> erőműre lenne szükség. Jacobson professzor úgy véli, hogy a jelzett időtávon a megújulók bázisán termelt villamos energia 100 %-ban képes lesz helyettesíteni a fosszilis energiákat, ráadásul azoknál olcsóbban. Jacobson azzal számol, hogy 2020 és 2030 között a konvencionális erőművekben a villamos energia termelési költsége

<sup>341</sup> PhotoVoltaic cell. A napelem vagy fotovillamos elem a napsugárzást közvetlenül villamos energiává alakítja. Az energiaátalakítás alapja, hogy a sugárzás töltött részecskéket generál, amelyek elektromos áramot hoznak létre.

<sup>342</sup> Concentrated Solar Power = a naphőerőművek a Nap hőjét forró gőznek vagy folyadéknak adják át, ezzel turbinák segítségével nyernek áramot.



13,7-15,3 €/kWh között várható, amihez hasonló csak a tengerbe telepített szélenergiára és a hullámerőre várható, a többi 4 és 8 €/kWh között várható.

Ezeket a derülátó feltételezéseket azonban fenntartással kell fogadnunk. Egyrészt az energiatermelő rendszerek működésének inerciája miatt. Másrészt azért, mert nem csupán villamos energiára lesz szükség, hanem fosszilis energiákra is, elég a petrokémiai, útépitési, kenőanyagként stb. való felhasználásukra gondolni. Harmadrészt azért, mert nincs globális felmérés arra vonatkozóan, hogy a megújuló energiaforrások milyen mennyiségű további energiát/nyersanyagot igényelnek, és milyen azok rendelkezésre állása. Ez utóbbival kapcsolatban nem csupán vasra, acélra és betonra kell gondolnunk, hanem különleges anyagokra, ritka fémekre, katalizátorokra is. Az alternatív energiák technológiája többnyire jelentős előzetes energiabefektetést igényel. Könnyen előfordulhat, hogy nagyarányú fejlesztésükhöz annyi energiára van szükség, hogy a társadalom részére kevés nettó energia marad. Jacobson véleményével egyébként némi ellentmondásban van a GSW Strategy Group stratégiai tanácsadó cég igazgatójának, Geoffrey Stylesnak a meglátása, aki szerint még 2035-ben is a fosszilis energiák elégítik ki a világ energiaigényének a háromnegyedét. Látható mindebből, hogy a döntési helyzetben lévőknek bőven van szükségük mérlegelésre, amelyben az ellátásbiztonságnak kell a vezérlő motívumnak lennie. Jacobson adatai idealisztikus voltak ellenére hasznosak abból a szempontból, hogy felhívják a figyelmet az inkább előbb, mint utóbb elvégzendő feladat irányára és nagyságára.

A Le Monde Diplomatique írja: a ritkaföldfémek termelésében toronymagasan Kína vezet. A ritkaföldfémek csoportja 17 különleges tulajdonságú fémet (többek között a szélkerekek működéséhez alkalmazott neodímiumot) tartalmaz, amelyeket egyre elterjedtebben alkalmaznak szinte minden csúcstechnológiában (nagy pontosságú irányított lövedékek, lézerek, kommunikációs rendszerek, radarok, éjszakai látást biztosító eszközök, műholdak, lézeres készülékek, mobiltelefonok, folyékony kristályos képernyők, hibrid járművek akkumulátorai, napelemek, szélturbinák, alacsony fogyasztású égők). A kereslet évi 10 százalékkal nő világszerte. Az 1980-as évekig a termelést az Egyesült Államok vezette. A termelés nemcsak tökeigényes, hanem környezetszennyező is. Mára Kína jutott vezető szerephez. A külföldi konkurensok gyakorlatilag eltűntek. Az árak gyorsan nőnek. Kína megőrizné ritkaföldfémkészleteit a hazai, nagyobb hozzáadott értéket adó késztermékek termelésfelfutásának idejére, ezzel célja a teljesen integrált gyártási folyamatok biztosítása. Ez a lehetősége exportjának leállítására támaszkodva jelentős stratégiai előnyhöz juttatná. Az USA-t ez új helyzet elé állítja: helyre kell állítania az amerikai ritkaföldfém-kitermelést, ami azonban időt igényel.

Amint arra 15. fejezetben utaltunk, a megújuló energiák terjesztésére kiváló lehetőséget nyújtanak a klaszterekben való fejlesztések. Hazai vonat-

kozásban megemlítendő, hogy klaszterek keretében „a megújuló energiák hasznosítása lehetőséget nyújt több berendezés hazai gyártására, elsősorban a biomasszaalapú távhő és a kapcsolt energia berendezései, illetve a hőszivattyú esetén. Ezzel összefüggésben a megújuló energiák hasznosítása a vidékfejlesztés fontos elemét képezi.” (Büki) Az utóbbi vonatkozásban a megállapítás szintén érvényes a nem megújuló bázisú, és több helyen (például a 11. fejezetben) is említett kapcsolt villamos energia termelésére.

### a) A napenergia

*Olyanok vagyunk, mint az a gazdálkodó, aki lebontja a kerítését, hogy tüzelőanyaga legyen, pedig a kifogyhatatlan energiákat: a nap, a szél és a dagály energiáját kéne kibaszni! Fogadnék a napenergiára! Micsoda áramforrás! Remélem, nem kell addig várni rá, amíg az olaj és a szén elfogy. – Thomas Edison*

A Földön elérhető minden energia – az atomenergia, a geotermikus energia és az árapály-energia kivételével – közvetlenül vagy közvetve a Napból (a hasadóanyag-készlet a szupernovákból) származik. Az ide érkező napsugárzás teljesítménye mintegy tízezerszer nagyobb annál, mint amennyit ma a fosszilis energiahordozók eltüzelése, a megújulók és a nukleáris energia nyújt az emberiségnek. A Napnak a Föld felszínére eljutó energiája négyzetméterenként átlagosan 1,3 kWh. A sivatagokba évente és négyzetkilométerenként annyi napenergia érkezik, amennyi 1,5 millió hordó olajjal egyenértékű. Figyelembe véve a számításba vehető sivatagok területét, ez több százszor nagyobb a világ energiafelhasználásánál. Az észak-afrikai sivatagok hat óra alatt több energiát nyelnek el, mint amennyit az emberiség egy év alatt termel. Ezek szerint kétségtelen, hogy az emberiség energiaellátásában ideális, úgynevezett „végleges” megoldás a napenergia lehet.

A napenergia egy részét a növények használják fel a fotoszintézis során. Ennek a folyamatnak a hatásfoka csak ezrelékekben mérhető,<sup>343</sup> de számunkra lényeges, hogy újabb energiaformát teremt. Az évmilliók alatt végbement „raktározás” eredményét fosszilis energiahordozókként ismerjük. Ez a kémiai energia biztosítja a ma biomasszaként nevezett energiát. Elraktározott napenergiának tekinthető a vízenergia is, hiszen a Nap által elpárologtatott víz hull le csapadék formájában. Az a gravitáció révén a magasabb területekről lefolyva helyzeti energiaként jelenkezik, majd mechanikai munkává és elektromos energiává alakítható. Ugyancsak raktározott napenergia a szélenergia is. Az

<sup>343</sup> Smil és Armaroli szerint mindössze 3 ezrelékről van szó. Huzsvai és Dobos maximum 1-2%-ot említ.

olyan módon jön létre, hogy a Nap nem egyformán melegíti fel a földfelszínt, ami által hőcserét, légmozgást, tehát szelet gerjeszt.

A Nap közvetlenül összegyűjtött sugaraival háztartási méretekben meleg vizet lehet előállítani. Villamosenergia-termelésre a napenergia gyakorlatilag két fő módon használható. A fotovoltaikus napelemek (PV) a Nap sugárzási energiáját közvetlenül villamosenergiává alakítják át, itt a hatásfok körülbelül 15%. A naphőerőmű viszont a Nap hőjével először forró gőzt vagy gázt fejleszt, majd azt alakítja elektromos árammá, például turbinák segítségével. A Concentrated Soar Power (CSP) technológia szerint tükrökkel összpontosítják a Nap sugarait egy folyékony halmazállapotú tárolt anyagra. A felmelegedett folyadék turbinákat működtet, amelyek elektromos áramot termelnek. A napsugárzás időszakosságát a hőenergia tárolásával lehet ellensúlyozni. A Desertec projekt Európa és a MENA<sup>344</sup> között jönne létre, célja pedig az Afrikában telepítendő nap- és szélerőművekkel Európát, a Közel-Keletet és Észak-Afrikát árammal részlegesen ellátni. Az elképzelések szerint 2050-ig az európai villamosenergia-szükséglet 15-20%-át Afrikából lehetne szállítani speciális magas feszültségű kábelben, 1000 kilométerenként 3%-os veszteséggel. A technológia, valamint a jogi és a szabványügyi szabályozás mellett természetesen újra kell gondolni az Észak-Dél politikai együttműködést, valamint létre kell hozni az integrált zöldenergia-piacot. Nem utolsósorban ki kell dolgozni és biztosítani szükséges a megfelelő védelmet, hiszen ezek a létesítmények is terroristák célpontjai lehetnek. A program Tunéziában olyan jól áll, hogy már 2016-ban szállíthatnak villamosenergiát Olaszországba. 2014 és 2016 között a tervek szerint létrejöhet a Spanyolország és Marokkó közötti együttműködés is. A két utóbbi ország energiahálózata a Gibraltári-szoros alatt lefektetett kábelekkkel már kapcsolódik az európai villamos hálózathoz, amely elegendő szabad kapacitással rendelkezik. Még az olajban gazdag Szaúd-Arábia is azt tervezi, hogy az újonnan építendő erőműveinek a harmada naperőmű lesz.

A világ fotovoltaikus villamosenergia-termelése 2012-ben 100 milliárd kWh volt, az előző évihez képest 40%-kal nőtt. Ennek 30%-át Németország adta. További nagy termelők Európában Olaszország és Spanyolország, a Távols-Keleten pedig Kína és Japán.

## **b) A szélenergia**

A Napnak a Földet elérő energiájából 1-3%-a alakul szélenergiává. Ez ötven-szer-százszor nagyobb mennyiség, mint amennyit a Föld teljes növényvilága konvertál a fotoszintézisen keresztül. Ennek a szélenergiának a jó része nagy magasságokban található, ahol a szél sebessége folyamatosan meghaladhatja

<sup>344</sup> Middle East and North Africa (Közel-Kelet és Észak-Afrika)

az óránkénti 160 kilométert. A súrlódáson keresztül a szélenergia széteszik a Föld atmoszférájában és a felszínén. A szél azáltal keletkezik, hogy forgása következtében a Földet egyenetlenül éri a Nap hője. A pólusok kevesebb energiát kapnak, mint az egyenlítői régiók, a szárazföld gyorsabban melegszik fel és hűl le, mint a tengerek. A hőmérsékleti különbségek a földfelszíntől a sztratoszféráig terjedő rétegekben globális légáramlási rendszert tartanak mozgásban.

A vitorláshajók évezredek óta használják a szél energiáját. A gőzhajók csak a 19. században kezdték felváltani a vitorláshajókat. Napjainkban ismét fontolgatják a nagy vitorlások kereskedelmi felhasználásának a lehetőségét. A vitorlások a motoros hajóknál gazdaságosabbak lennének, s vitorláik kezelése géppel történne. Szélenergiát használtak a középkorból ismert szélmalmok is, amelyek először a 10. században jelentek meg a mai Irán területén. Rövidesen a Közel-Kelet és Közép-Ázsia, India és Kína is átvette a használatukat, a 12. század végétől pedig Északnyugat-Európában is számos helyen alkalmazták. Az amerikai kontinensre az európai telepesek vitték el a technológiát. Elektromosság termelésére a 19. század végén kezdték használni, de csak mintegy száz év múlva jutott lényeges szerephez. A szélturbinákat lehet csatlakoztatni a közüzemi elektromos hálózathoz és használhatók önálló alkalmazásokhoz, de akár nap-elemes rendszerekkel is kombinálva. Az önálló szélturbinákat használhatják víz szivattyúzására vagy kommunikációs rendszerhez, sőt lakásokban is. A technológiai fejlődésnek köszönhetően 21. század elejétől a szélenergia ára rohamosan csökken, és jelenleg ez az egyik leggyorsabban bővülő energiaforrás.

A szélturbinák sorozatgyártása 1979-ben Dániában kezdődött, manapság pedig már több országban meghonosodott, így sok ezer turbina üzemel világszerte. A legkorszerűbbek névleges teljesítménye 5 MW, 115-120 m-es lapátkerék-átmérővel (hazánkban a legnagyobbak Nagylózs és Sopronkövesd mellett 7 db 3 MW-os erőmű, 90 m-es lapátkerékkel). Mérnöki számítások szerint a szélfarmok optimális sűrűsége 2-3 torony  $\text{km}^2$ -enként. Ez – figyelembe véve egy-egy turbina névleges teljesítményét – 12,5 MW/  $\text{km}^2$  teljesítménysűrűséget jelent, de tekintettel a kb. 15%-os kapacitásfaktorra, a várható elektromos teljesítménysűrűség jó esetben is csak 2-2,5 MW/ $\text{km}^2$ . (A kapacitásfaktor a kimenő teljesítmény és a névleges teljesítmény hányadosa, a teljesítménysűrűsége pedig az egységnyi felületen és egységnyi idő alatt áthaladó légtömeg mozgási energiája.) A generátorok meghajtásához szükséges minimális szélesebesség általában 2,5-5 m/s. Az 11-13 m/s körüli tartományban a kimenő elektromos teljesítmény egy konstans érték körül ingadozik. Kis szélesebesség esetén a lapátkerekek „üresjáratban” forognak.<sup>345</sup> Túlságosan erős szélben a lapátokat és a tornyot is mechanikai terhelés érheti, ezért biztonsági okok miatt 25 m/s sebesség körül a turbinákat leállítják.

<sup>345</sup> Neodímiummágnest alkalmazó egység már 2,6 m/sec szélesebességnél elindul, és 10-11 m/sec sebességtartományban maximális teljesítményre képes.

A világ szélerőművi teljesítményének növekedése 2000 táján – kb. 25 GW-ról indulva – kezdett exponenciális jelleget ölteni, és 2013-ban már mintegy 300 GW volt. A legnagyobb kapacitással Kína, az Európai Unió és az USA rendelkezik. Európa legtöbb országában a szélenergia hasznosítását kiemelt feladatnak tekintik. Itt a rangsort Németország vezeti, a második helyen Spanyolország áll. Az Annual Energy Outlook és az USA Energy Information Administration úgy becsüli, hogy a 2016-ra belépő szélerőművekben termelt villamos energia ára kWh-ként 10 USD $\varnothing$  lehet, azaz ugyanannyi, mint amennyi az ugyanakkor belépő szén- vagy geotermikus erőműben termelt villamos energiáé. A fajlagos beruházási költséget a Magyar Szélenergia Társaság szerint típustól függően 1000–1770 €/kW-ra becsüli. A gazdaságossági és ellátásbiztonsági megítéléshez feltétlenül hozzá kell tenni, hogy szélcsend esetére nem szélalapú, gyorsan beindítható tartalékkapacitásokról, főlős szélenergia esetén a termelt villamos energia tárolásáról kell gondoskodni.

A világon a jelenleg szélerőművekkel előállított elektromos energiát túlnyomórészt a hálózatokba integrálják. Ez mindaddig nem okoz problémát, amíg annak részaránya kb. 1 % alatt van. Nagyobb arányú felhasználása viszont szükségessé teszi az említett tartalékkapacitásokat. Az időnként főlős szélenergia hasznosítására vagy tárolására számos javaslatot dolgoztak ki (akkumulátorok töltése, hidrogéntermelés vízbontással, víztározók szivattyús feltöltése stb.). Legújabbán az 5. fejezetben említett Adele nevű elgondolás nagy mennyiségű energia hatékony, biztonságos tárolására készül. Ez utóbbi módszer sikeres alkalmazása esetén fosszilis bázisú tartalékkapacitások nélkül is folyamatos maradhat az áramtermelés akkor is, amikor a szélturbinák nem termelnek.

Magyarországon a szélenergia potenciál – részben a Kárpát-medencét övező hegláncok árnyékoló hatása következtében – nem nyújt túlságosan kedvező lehetőséget, a kapacitásfaktor a legjobb esetben sem haladja meg a 25%-ot. 2011-ben összesen 37 szélerőmű volt, összesen 172 toronnyal, 330 MW beépített teljesítménnyel. A legtöbb szélerőmű az ország északnyugati részén, főként Komárom és Mosonmagyaróvár környékén található. Számítások szerint Magyarországon az országos villamosenergia-igény kielégítéséhez a jelenlegihez képest 50-60-szoros – a magyar Kisalföld területét<sup>346</sup> megközelítő –, közel 12 ezer egységből álló szélerőmű parkra – ehhez 4400-4600 km<sup>2</sup> területre – lenne szükség. Ezek alapján kijelenthető, hogy szélerőművek nem nyújthatják az elektromos alapellátás döntő részét, azaz fosszilis és nukleáris energiahordozók kiváltására ez a technológia nem alkalmas, viszont jelentős mértékben járulhat hozzá a hagyományos energiahordozók megtakarításához. (Jánosi<sup>347</sup>)

<sup>346</sup> A Kisalföld teljes területe 9000 km<sup>2</sup>, ennek kevesebb mint fele – 4000 km<sup>2</sup> – tartozik Magyarországhoz.

<sup>347</sup> Jánosi Imre az MTA doktora.

A világ szélenergia bázisú villamosenergia-termelése 2012-ben 520 milliárd kWh volt, az előző évihez képest 20%-kal nőtt. Ennek 30%-át az USA, 20%-át Kína adta. További nagy termelők Európában Spanyolország és Németország (9-9%).

### c) A biomasszák

A teljes földi biomasszát a Föld felszínére érkező napsugárzás energiájának ( $2,6 \times 10^{24}$  J/év) mindössze néhány ezreléke hozza létre fotoszintézis révén. A fotoszintézis az egyedüli olyan ismert folyamat, amelyikben a Nap energiájának hatására – a levelek sejtjeiben a klorofill közreműködésével – élő szervezet képes átvinni a szerves anyagokból jelen lévő kARBONT (a szén-dioxidot) szerves vegyületbe.

A legfontosabb biomasszaforrások az erdészeti fő- és melléktermékek, esetleg a kifejezetten tüzelőanyagként termelt növények,<sup>348</sup> a kommunális szilárd hulladékok, a szennyvíziszap, valamint az állattenyésztési melléktermékek. Nemcsak a források, hanem a lehetséges feldolgozási és hasznosítási lehetőségek is változatosak, továbbá környezeti, gazdasági és társadalmi hatásuk szintén összetett. A tapasztalatok szerint a közvélemény tájékozottsága a biomasszáról meglehetősen hézagos.

A biomassza megújuló, de kimeríthető, ennél fogva megújítandó és megújítható primer energiaforrás. Egyes szilárd változatokat jobbra – az ugyancsak biomassza – ásványi szének égetése helyett használják fűtésre, valamint hő- vagy villamos áram termelésére. (Magyarországon a fűtési energiafelhasználásból 5-6%-ot tesz ki a tűzifa.) Némelyikük természetes állapotukban nehezen kezelhető, és általában kis energiasűrűséggel rendelkeznek. Ezek többnyire átalakításra szorulnak, ilyenkor szükség van valamilyen kompaktáló/energiasűrítő eljárásra, mint például a pellet/brikett-gyártásra. A pellet – mint tömörítvény – aprítás, szárítás, préseles (ez utóbbi során a kompaktálást a nagy nyomás és hőmérséklet hatására az alapanyag lignintartalma<sup>349</sup> biztosítja) alkalmazásával állítható elő.

Alaposabb – kémiai – átalakításra akkor van szükség, ha a biomasszát nyersanyagként alkalmazzuk, biogáz vagy üzemanyag előállítás céljából. A biogáz bizonyos szerves anyagok anaerob körülmények között történő erjesztésének

<sup>348</sup> A tűzifa új versenytársa a mezőgazdasági célra nem alkalmas, fokozott tápanyagbevitellel rendelkező területen termelt, 1-3 éves vágási ciklusú fa. A fás szárú növények nem erdők, inkább sűrű sáshoz vagy silókukoricához hasonlítanak. Betakarításuk kombájnnal történik, és a teherautók már a kész faaprítékot szállítják. Az átlagos hozam évente és hektáronként 20 tonna is lehet. Jól helyettesítik az erdei faanyagból készülő faaprítékot.

<sup>349</sup> A lignin bonyolult kémiai anyag, a fák szárazanyag-tartalmának mintegy harmadát-negyedét teszi ki. Hozzájárul a faanyag szilárdságához.



(fermentáció)<sup>350</sup> eredményeként keletkezik. Nagyobb részben metánból és szén-dioxidból, kisebb részben kén-hidrogénből áll. Megtisztítás után a gáz betáplálható a földgázvezetékbe, és hőenergia- vagy villamosenergia-termelési célokat szolgálhat.<sup>351</sup> Jelenleg Magyarország megújulóenergia-termelése – főként biomassza-erőműveinknek<sup>352</sup> köszönhetően – a hazai villamosenergia-fogyasztás 2,5-3%-át biztosítja. Az aktív szénnel történő további finomítás során keletkező „biometán” gépjárművi üzemanyagként is hasznosítható. A visszamaradó anyag kiváló talajerő-utánpótlást biztosító szerves trágya.<sup>353</sup> Ezzel a biogáz hasznosítása környezetvédelmi feladatokat is megold.

A bioüzemanyagoknak két fő csoportja van: a biodízel és a bioalkohol.<sup>354</sup> A biodízel előállításának alapanyagát az olajos magvú növények adják.<sup>355</sup> A gyártás első fázisa a növényolaj préseleése (vagy a használt sütőolaj szűrése), majd ezt követi az észterezés. Európában a repceolaj-metilészter és napraforgóolaj-metilészter terjedt el. A bioalkohol előállítási eljárása régóta ismeretes.<sup>356</sup> A gyártás cukor-, keményítő- vagy cellulóztartalmú növényi biomasszából történhet. Számos technológiai megoldás ismert. Ezek azonban meglehetősen energiaigényesek, ha a mezőgazdasági és a begyűjtési munkák, valamint a vegyipari technológia energiafelhasználását is számításba vesszük. A kukoricabázisú bioetanol gyártás EROEI-mutatója (lásd a 6. fejezetet!) nem túl kedvező. Ez annak tulajdonítható, hogy a kukoricatermesztés (a gépi munka, a műtrágyaigény, a gyomirtószer felhasználása miatt) eleve energiaintenzív tevékeny-

<sup>350</sup> A fermentáció (erjedés) olyan kémiai folyamat, amelyben valamilyen szerves anyagot egy enzim hatásának teszünk ki. A szó a latin „fervere” szóból ered, amelynek jelentése „forrás”. Azért neveztek el így, mert a folyamat során képződő szén-sav miatt buborékok figyelhetők meg.

<sup>351</sup> Benzínhez 5-15%-os arányban kevert etanol üzemanyag a motalco vagy a gasohol (már a II. világháború alatt is használták). Brazíliában a 20-22% alkoholtartalmú benzint, esetenként a 100%-os etanolt is használják. A metil-alkohol (metanol) – maximum 15%-ban – szintén hozzáadható a benzínhez, de elegyedési problémák miatt inkább metanolos-etanolos benzinkeveréket használnak.

<sup>352</sup> A Bakony/Ajkai Erőmű az elsők között kezdte meg szilárd biomassza tüzelőanyagok eltüzelésével a megújuló villamos energia távhőtermelését. A Pécsi Erőmű új biomassza-tüzelésű blokkjának szalmával és kukoricaszárral üzemelő berendezése pedig a maga nemében a legnagyobb Magyarországon. Pécs az első hazai nagyváros, ahol a távfűtött épületek hőellátását kizárólag helyben beszerzett tüzelőanyaggal biztosíthatják.

<sup>353</sup> Az agrárszakemberek szerint a fermentáció után visszamaradó anyag jobban alkalmazható a talaj szervesanyag-tartalmának utánpótlására, mint az istállótrágya, mivel az anaerob kezelés során az értékes nitrogéntartalom megőrződik, továbbá a foszfor- és a káliumtartalom a növények számára könnyen felvehető állapotba kerül. Ráadásul az anaerob fermentáció során az emberre veszélyes patogén baktériumok jelentős része elpusztul, mérsékelve a hulladékelhelyezéssel járó közegészségügyi problémát.

<sup>354</sup> Bioüzemanyagként kell tekinteni még a biodimetilétert, a bio-etil-tercier-butilétert (ETBE-t), a biometil-tercier-butilétert (MTBE-t) és a biohidrogént is.

<sup>355</sup> A leggyakrabban használt növények: a repce, a napraforgó, a len, a kukorica, az olíva, a szója, a mogyoró és a kókusz.

<sup>356</sup> A biogázgyártás szempontjából a legfontosabb vegyületcsoportok a szénhidrátok, a fehérjék és a zsírok. Ázsiai országokban igen régóta használnak állati trágyát hőfejlesztési célra.



ség. Ezt növeli az etanolelőállítás (fermentáció, hidrolízis és desztilláció) energiaigénye. A nitrogénműtrágya szükségessége, és ezáltal a kukoricatermesztés energiaigénye csökkenthető lenne alternatív termesztési technikák alkalmazásával, mint például a pillangósokkal történő vetésforgó alkalmazása vagy a pillangósokkal való együttvetés (*Sipos*).

A motorhajtóanyag-célú etanolt gyártó országok között élen jár az USA és Brazília. Az előbbiben kukoricából, az utóbbiban pedig cukornádból állítanak elő etanolt.

A bioüzemanyagok felhasználásával kapcsolatban komoly kérdések vetődtek fel. Egyesek szerint az élelmiszerárak növekedését az okozza, hogy a mezőgazdaság egy részét bioüzemanyag termelésére állították át. Roscoe Bartlett washingtoni képviselő szerint túlzottak voltak a várakozások a bioüzemanyagok iránt. Számításai alapján, ha az Egyesült Államok egész kukoricatermését bioetanol előállítására fordítaná, az is csak a 2-3%-át váltaná ki a felhasznált összes kőolajszármazéknak. Tudnivaló az is, hogy a növények viszonylag alacsony hatásfokkal hasznosítják a napenergiát, ezért a bioüzemanyag-gyártáshoz nagy területekre van szükség. Mások arra mutatnak rá, hogy a földek bevonása a bioüzemanyagok előállításába súlyos természetkárosító hatással járhat, (például ha az az esőerdők rovására történik). A bioüzemanyagok termelése az 1990-es évek végén és a 2000-es évek elején megoldásnak tűnt arra a relatív mezőgazdasági túltermelésre, amely akkor Észak-Amerikát és Európát is jellemezte. Mindkét térségben jelentős szubvenciókat nyújtottak erre a célra. Amíg a fosszilis üzemanyagok eladása mindenhol óriási költségvetési bevétellel jár, addig a bioüzemanyagok termelése jelentős állami támogatás nélkül sok helyen életképtelen. (Bizonyos országokban törvény tiltja az élelmiszernövények energetikai felhasználását. Kínában például kukoricából nem szabad üzemanyagot gyártani.) Ha számításba vesszük a termelés és a szállítás során felhasznált üzemanyagot és műtrágyát, a megtakarítások csak igen szerények lehetnek. Erre a problémára a bioüzemanyagok második generációjának fejlesztői igyekeztek megoldást találni. Ennek érdekében nem az egyéb szempontból is értékes mezőgazdasági termést, hanem a hulladékokat használják fel. Felmerül a mikroalgák tenyésztésével és feldolgozásával kapcsolatos bioüzemanyag (biodízel) előállításának a nagyüzemi lehetősége is.

Hazánkban az évente újratermelődő 105-110 millió tonna összes biomassza mennyiségből a szántóföldi növények bázisán mintegy 20 millió tonna biomassza áll rendelkezésre. Egyes véleményformálók – a média nyomán – azt hangoztatják, hogy Magyarország „biomassza-nagyhatalom”. Reálisan szemlélve – a nagy országokkal összevetve – abszolút értelemben azonban korlátozottak

a lehetőségeink, még ha nagy is a relatív potenciál<sup>357</sup> (termőtalaj, élővizek, erdők stb.). Az mindenesetre értékelendő, hogy az élelmiszertermelés prioritásának szem előtt tartásával (!), valamint következetes gazdálkodással hosszú távon az összenegia-igény nem elhanyagolható hányada így is kiváltható lehetne általa. Ennek megvalósításakor indokoltan érvényesítendő a könyvünkben többször is említett lokalizációs elv, az alulról jövő ágazai kezdeményezés (lehetőleg a korábban említett klaszterrendszerben). Azt azonban célszerű figyelembe venni, hogy a biomassza elsősorban az egyedi és/vagy a távhőellátásban hasznosítható, kizárólagos villamosenergia-termelésre alkalmazni nem indokolt. Néhány esetben viszont megfontolható a kapcsoltenergia-termelésre történő hasznosítás is.

#### **d) A geotermikus energia**

A geotermikus energia a Földnek a keletkezése óta meglévő maradék hőtartalma jóvoltából és a természetes radioaktív bomlásából ered. A földkéreg felső tíz kilométerének energiakészlete ugyan sokkal nagyobb, mint a fosszilis energiavagyoné, de 1 kg 100 °C-os forró víz energiatartalma a szénhidrogénekének csak a harmincadrésze. Hasznosítása a messzi múltba nyúlik vissza. Az alacsonyabb hőmérsékleteken a termikus, a magasabbakon (150 °C felett) pedig a villamosenergia-termelési lehetőségekkel lehet számolni. A Római Birodalomban, ahol termálforrások voltak, szinte mindenütt épültek nyilvános fürdők. A geotermikus források bázisán gőzgépet és generátort Európában első ízben 1904-ben az olaszországi Lardolellóban helyeztek üzembe, kísérleti jelleggel. Az eredetileg mintegy 10 kW-os egységet 1913-ban 250 MW-ra bővítették. Ez szolgálta ki az addigra villamosított olasz vasutat, de azt a II. világháborúban lebombázták. Újjáépítése után immár 800 MW teljesítménnyel üzemel.

A geotermikus energia hasznosítása a 20. század közepétől világszerte fellendült, de a lehetőségek eltérőek. 2012-ben a világ teljes villamosenergia célú geotermikus energia kapacitása 12 GW volt.<sup>358</sup> Jelenleg 12 országban 1,7 GW összkapacitással van folyamatban villamos erőmű építése geotermális bázison. Azzal, valamint az ötször annyi termikus hasznosítással a geotermia világviszonylatban a figyelembe veendő energiapolitikai kategóriák sorába lépett.

<sup>357</sup> Egyes számítások szerint a hazai biomasszaforrásokból elméletileg mintegy 5 milliárd liter bioetanol és 500 millió liter biodízel volna előállítható. Szántóföldi eredetű biomasszát azonban csak úgy célszerű fűtő- vagy üzemanyagként figyelembe venni, hogy az ne a gabonatermelés rovására történjen, mert – figyelemmel a világ népességének növekedésére, (nem kevésbé a jelenleg is nagyarányú alultápláltságára – nemcsak az energia, hanem a gabona is egyre inkább stratégiai termék lesz. Ez pedig Magyarország számára kitérés terület lehet! Más számítások pedig arra utalnak, hogy a biogáz – elméleti alapon – a jelenlegi földgázfelhasználásunk több mint felét válthatná ki. (Ligetvári Ferenc–Tóth József)

<sup>358</sup> 2013 *Geothermal Power: International Market Overview*. Geothermal Energy Association. 2013. szeptember.

Az USA-ban a földhő a villamosenergiatermelő-kapacitásából több mint 3 GW-tal részesedik, de az összes termelő teljesítményen belül csak 0,3-0,4% az aránya. Európában hat országban van geotermikus alapú villamosenergia-termelés, összesen 1,7 GW kapacitással, amelyből az olasz lardolellói egység a legjelentősebb. Világviszonylatban az USA után a második helyen a Fülöp-szigetek áll, megközelítve a 2 GW-ot, majd Indonézia, Mexikó, Új Zéland, Izland és Japán következnek. A geotermális bázis a villamosenergia-termelésen belül a legnagyobb arányú Izlandon, ahol 30% a részesedése. E tekintetben őt követi a Fülöp-szigetek (27%), majd Mexikó, Indonézia és Olaszország következnek.

A legfontosabb (termikus) felhasználási területek a villamosenergia-termelésen kívül a fűtés (beleértve a hőszivattyúk alkalmazását is), a balneológia, a haltenyésztés, valamint a mezőgazdasági üvegházak melegítése.

A hőszivattyú olyan berendezés, amely a környezet energiáját használja fel a fűtéshez/hűtéshez és a melegvíz előállításához. Alkalmazása lehetővé teszi, hogy alacsonyabb hőmérsékletű közegből (talajból, levegőből) hőenergiát vonjunk ki, és ezt az energiát egy keringő munkaközeg segítségével melegebb közegbe juttassuk, azaz fűtsünk. A rendszerben célszerűen megválasztott (alacsony forráspontú) munkaközeg az átadó közegből (talajból) felveszi a hőt, felmelegszik és elpárolog, majd egy kompresszoron áthaladva cseppfolyósodva leadja hőt, hőcserélőn keresztül továbbadva azt a fűtési rendszerben keringő fűtőközegnek. A hőszivattyú képes arra is, hogy az irány megforduljon, ilyenkor hűtő módban működik. A rendszer akkor üzemeltethető igazán hatékonyan, ha nemcsak fűtésre, hanem hűtésre is használják. Ilyenkor a nyári időszakban visszatáplált hő segíti a talaj regenerációját. A külső energia, amely a hőszivattyút működteti, leggyakrabban villamos energia. Egységnyi villamos energia felhasználásával öt-hat egység hő leadása lehetséges. Ha pedig az elektromos áramot napelem, biogáz vagy szélenergia segítségével nyerjük, akkor különösen környezetbarát üzemről beszélhetünk. A hőszivattyú alkalmazása világszerte bővül, ma már több millió egység működik. Svédországban és Svájcban a legelterjedtebb, de a hírek szerint a közeljövőben már Németország is komoly felhasználója lesz.

Világszerte keresik és több helyen is alkalmazzák a nagy (1,5-9,5 km) mélységben elhelyezkedő forró és száraz kőzetekből kitermelhető energia lehetőségét. Ennek technológiája a Hot Dry Rock Technology (HDR) vagy a Hot Fractured Rock (HFR) vagy pedig az Enhanced Geothermal System (EGS) lehet. A European Hot Dry Rock Project at Soultz cég szerint 1 km<sup>3</sup> forró és száraz szikla elvileg 1,25 milliárd tonna olajat is kiválthat. A kinyert hőhordozó fluidum hőmérsékletétől és hozamától függ, hogy mekkora teljesítményű villamosenergia-termelő kapacitás telepíthető rá. Így a Massachusetts Institute of Technology (MIT) interdiszciplináris panelje keretében kidolgozott The Future of Geothermal Energy részletes tanulmánya szerint másodpercenként

1 m<sup>3</sup> hozamú és 200 °C-os fluidum 50 MW-os erőművet szolgálhat ki. Természetesen kogenerációs megoldás is elképzelhető.

Hazánk helyzete az eddigi tapasztalatok szerint elsősorban az alacsony hőmérsékletű geotermikus energia szempontjából kedvező. A Pannon-medencében a földkéreg ugyanis vékonyabb a világtátlagénál, mindössze 24-25 km vastag, azaz 10 km-rel vékonyabb a szomszédos területekénél, így a forró magma a felszínhez közelebb van. (Reményi) A geotermikus grádiens értéke nálunk átlagosan 5 °C/100 méter, ami a világtátlag kb. másfélszerese. Nagy hagyományokkal rendelkezünk a termásvíz-hasznosítás terén. Gondoljunk a még ma is működő törökfürdőkre, de termásvízzel évtizedek óta fűtünk is. Az ötvenes évek közepéig az Országházat is így látták el hővel. Fél évszázada elkezdődtek a dél-alföldi „termálfalupú” primőrövidség-termesztések is. A több mint 900 termálkútnak majdnem a harmada gyógyfürdő, a negyede pedig mezőgazdasági célokat szolgál. Ez utóbbi tekintetében a világ élmezőnyében vagyunk. Jelentős az ivóvíz-rendeltetésű, valamint az ipari jellegű hasznosítás is.

A hévízfeltárás nagy alakjai: Zsigmondy Vilmos és Pávai-Vajna Ferenc. Zsigmondy nevéhez fűződik a városligeti hévízkút (1878), amellyel ma is fűtik többek között a Szabolcs utcai kórházat, az utóbbiéhoz pedig a hajdúszoboszlói hévíztároló és vele kölcsönhatásban a földgázmező feltárása (1925). A Margitszigeten talált hévízzel évtizedekig láttak el használati meleg vízzel 300 lakást a Szent István parkban és környékén. Mosonmagyaróváron nemsokára termásvízzel fűtik majd a város távhő-rendszerét. A geotermikus energiát termelő kutakból származó víz vagy gőz gyakran tartalmaz metánt. A hajdúszoboszlói termálkutakból nyert metánt már a két világháború között hasznosították, többek között a MÁV személykocsijainak világítására.

A magas hőmérsékletű geotermikus energia hasznosítási lehetőségeit is vizsgálni szükséges. Hazánk rendelkezik néhány olyan nagy entalpiájú rezervoárral, amely becslések szerint 100–150 MW elektromos teljesítményű villamos erőmű létesítését tenné lehetővé. A nagy hőmérsékletű túlnyomásos tárolók termelésbe állításának műszaki feltételei nem mindenben megoldottak ugyan, de külföldi szakértők is egyetértenek abban, hogy Magyarország a nagymélységű EGS-rendszerek létesítésére egész Európa legalkalmasabb helyszíne. (Bobok-Tóth)

### e) Az árapályerőmű

A Hold és a Nap Földre gyakorolt tömegvonzásának a következménye az árapály jelensége. Hatására a vízburok deformálódnak: a Holdhoz közelebbi oldalon nagyobb erő hat az óceánok vizére, mint a Föld szilárd részére, így a vízszint megemelkedik. (A Hold mellett a Nap is létrehoz árapályt a Földön.)

A jelenség hasznosítása a középkorig nyúlik vissza. Franciaországban és Nagy-Britanniában kis vízimalmokat használtak gabona őrlésére, fa fűrészelésre, amelyek a be- és a kiáramló vizet hasznosították. Az utóbbi időkben az árapályjelenség elektromos áram termelésére való hasznosítása került előtérbe.

A legegyszerűbb árapályenergia-termelő mód az egyutas, egy medencés rendszer. Folyótorkolatokba épített gátakkal duzzasztás érhető el. Apálykor a víz átfolyik a beépített turbinán, és a gát két oldala közötti vízszint különbségből adódó potenciális energia kinetikus energiává alakul. Az meghajtja a generátort és elektromos áramot termel. A kétutas rendszerekben nemcsak az apálykor a medencéből a tengerbe áramló víz által lehet energiát termelni, hanem a dagálykor a medencébe áramló víz által is. Az árapályerőmű előnye, hogy a gát nem tud úgy átszakadni, mint egy vízerőműnél. Ha például egy földrengéstől összedőlné, akkor is csak olyan árhullám öntené el a partokat, amilyen a dagálykor egyébként is lenne. Hátránya viszont, hogy megtizedelik az olyan halfajokat, amelyek naponta mozognak a folyó és a tenger között.

Ezeknek az erőműveknek a működési költségei alacsonyak, de a megépítés óriási összegeket igényel. A legnagyobb teljesítményű árapályerőművek Dél-Koreában épültek, a Sihwa-ho-i tavi erőmű 254 MW teljesítményű. Jelentős még a Bretagne-i árapályerőmű (Franciaország), valamint az Annapolis Royal-i erőmű (Kanada).

## **f) Az algából nyert üzemanyagok**

Jelenleg kutatások folynak algákból nyerhető cseppfolyós üzemanyag előállítására, mivel ezek az egyszerű növények különösen nagy határfokon hasznosítják a szén-dioxidot. Az algák kb. 5%-os határfokkal megkötik a napenergiát, belőlük - elvileg - potenciálisan üzemanyag nyerhető. A gyakorlatban azonban eddig nem sikerült alkalmas algamintát előállítani, jóllehet nagy összegeket fordítanak a kutatására. Egyes optimista kutatók mégis azt állítják, hogy egyetlen hektárnyi területről kétszeres hozammal lehet majd üzemanyagot nyerni algákból, mint cukornádból, és ötszörössel, mint kukoricából.

## **A hidrogén**

A hidrogén felhasználása a szállításban vagy közvetlen elégetéssel vagy a tüzelőanyag-elemmel valósulhat meg. A hagyományos hidrogéntermelési eljárások közül a víz elektrolízise akkor oldja meg az aktuális problémát, ha olcsó a villamos energia. Az elektrolízissel nyert hidrogén tonnánként 52 000 kWh elektromos energiát igényel. Ez annyit jelent, hogy - nukleáris bázisú villamos energiára alapozva - csak az USA-ban - meg kellene kilencszerezni az atomerő-

mű-állományt, arányosan többszörözni az uránfogyasztást.<sup>359</sup> (Be kell látni, ez irreális feltételezés.) A másik, bevált gyakorlat valamilyen szénhidrogén, például földgáz vagy metanol vízgőzös reformálása.

Oláh elgondolása szerint a metanolt hidrogénből és szén-dioxidból magában a gépkocsiban elhelyezett tüzelőanyag-elemből kellene előállítani a  $\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$  reakcióegyenlet szerint.<sup>360</sup> Erről bővebben „A szállítás/közlekedés” pontban írtunk.

A tüzelőanyag-elem működése: az elektrolízis inverze. Az üzemanyag-cella a benne lévő üzemanyag kémiai energiáját közvetlenül elektromos energiává átalakítja. Az anódon bevezetett hidrogén platinakatalizátoron protonra és elektronra hasad. A szigetelőanyagból készült membránon keresztül a proton diffundál a katód felé, az elektron pedig azt megkerülve a hajtómotoron munkát végezve jut el a katódhoz, ahol reagál a protonokkal, illetve az oxigénnel (levegővel), melléktermékként vizet eredményezve. Az eljárás főleg a katalizátor miatt költséges, és egyébként is korlátozott a rendelkezésre állása.<sup>361</sup> (Séverine Alibeu beszámolt arról, hogy a Grenoble-i Joseph Fourier Egyetemen első ízben sikerült laboratóriumi körülmények között platina nélkül – ruténiummal aktivált kobalt katalizátorral – hidrogént előállítani.)

A hidrogén felhasználása az automobilizmusban azért nem igazán „tisztá” eljárás, mert az előállításának, tárolásának, szállításának az együttes  $\text{CO}_2$ -emissziója alig különbözik a hagyományos motorokétól. Az előny azonban annyiban mégis megfogalmazható, hogy a káros kibocsátás nem szétszórta a közúti közlekedés széles hatókörén belül, hanem koncentráltan, főleg a hidrogéntermelés gócpontjaiban jelentkezik. Ez utóbbi esetben – amennyiben sikerrel járnak a  $\text{CO}_2$ -megkötésére és elhelyezésére irányuló költséges erőfeszítések – az hosszabb távon remélhetően eltávolítható is lesz.

A Nuclear Energy Agency (AEN/NEA) szerint az USA-ban az üzemanyagok hidrogénre történő cseréje évente 136 millió tonna hidrogéntermelést tenné szükségessé. (Lásd bővebben e fejezet irodalmában a *Car-free* honlapját!). A vízbontáson alapuló gyártás esetén – mivel a 75%-os hatásfokú elektrolízis során a hidrogéntermelés nagy fajlagos energiaigénye következtében – évente 7100 TWh villamosenergiára, ahhoz pedig – csak az USA-ban – 900 darab

<sup>359</sup> A nukleáris bázisú hidrogéntermelést perspektivikusan magas hőmérsékletű atomreaktorokban jó katalizátorral valósíthatják meg.

<sup>360</sup> A tüzelőanyag-elemek ezt a változatát DMFC (Direct Methanol Fuel Cell) eljárásnak nevezik

<sup>361</sup> A világ platinakészletét 100 ezer tonnára becsülik. A világtermelés (kb. 200 tonna/év) 75%-át adó dél-afrikai platinatermelés, ha csak az automobilizmusban lenne felhasználva – ott a jelenlegi 100 gramm/db-os fajlagos platinaigényt harmadára csökkentve – évente 5-6 millió üzemanyag-elemmel működő gépkocsi gyártását tenné lehetővé, ami a jelenlegi világtermelés tizedét sem teszi ki. Tudvalevő azonban, hogy a platina fő alkalmazási területe jelenleg nem a gépkocsiiparban, hanem az ékszeriparban, katalizátorként pedig a vegyiparban és a kőolajfeldolgozó-iparban van. Tehát a tüzelőanyag-cellás autógyártás számára maradó platina mennyiség egyelőre erősen korlátozó tényező.



1000 MW-os erőműre lenne szükség. Ezt a számot összevethetjük a 15. fejezetben a világ egészére említett többlet erőműigénnyel. Ez a jelenlegi, túlnyomórészt használt reaktortípust alkalmazó nukleáris bázist feltételezve évente 145 ezer tonna urán felhasználást jelentené (ez az USA-ban jelenleg 17-18 ezer tonna, a világ egészében pedig 67 ezer tonna a mostani 429 reaktorban, amelyből az USA-ban 104 darab található).<sup>362</sup> A napjainkban domináló hidrogéntermelési eljárások mellett nem tűnik gazdaságosnak a tüzelőanyagcellák tömeges alkalmazása. Ez természetesen kedvezőbb megvilágításba kerül, ha a hidrogén előállítására fogyasztási völgyben előállított megújuló bázisú villamos energiát használnak fel. A jelenlegi atomerőművekkel szemben – amelyeknek gyakorlatilag egyetlen hasznos terméke a villamos energia – a jövő atomerőműveinek a hőszolgáltatásban a hidrogéntermelésbe<sup>363</sup> történő bekapcsolódás révén is részt kellene venniük.

A Magyar Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Egyesület 2013. 4. száma beszámol arról, hogy tüzelőanyagcellás technológiák fejlesztésében az egyik éllovas Japán, de Dél-Korea szerepe is kiemelkedő. A dél-koreai piac megkezdte a nagyobb teljesítményű tüzelőanyag-cellás létesítmények befogadását, és várhatóan 1-2 MW és 40 MW teljesítményhatárok közötti erőműparkok jönnek majd létre, lehetőleg a villamosenergia-fogyasztók közelében, de hőtjeljesítményükkel a távhőrendszerekre is rásegíthetnek.

A hidrogént a legnagyobb mennyiségben a kőolajfinomítás és a petrokémiai ipar használja fel. Főleg fosszilis energiákból állítják elő, de lehetőség nyílik a megújuló energiák bevonására is. Reverzibilis fűtőanyagelemben nem csupán termelni lehet a hidrogént a nem csúcsidejű nukleáris vagy megújulóenergia-bázisú villamos energiából, hanem csúcsidőben vissza is alakítható, ami megoldás lehet a villamos energia tárolására.

A sürgető energiaváltás szükségessége világszerte követeli az összes megújuló energia minél gyorsabb bevezetését. (Ezek tervezett szolgálatba állíthatóságának mértékénél és sorrendjénél természetesen figyelembe kell venni, hogy alkalmazásukhoz van-e elegendő fém, illetve katalizátor alapanyag stb.)<sup>364</sup> Hazánkban ennek végrehajtásához a nagy múltú kutatási és gépgyártási hagyó-

<sup>362</sup> A világ uránvagyon 5,4, illetve 7,1 millió tonna, attól függően, hogy milyen költséghatárig (130, illetve 260\$/kg) ítélik gazdaságosnak a kitermelését.

<sup>363</sup> A víz magas hőmérsékletű katalitikus termokémiai folyamatban hidrogénre és oxigénre bontható. A szükséges hőmérsékletet a magas hőmérsékletű atomreaktorokban lehetne előállítani. Magától értendő, hogy ez az eljárás az atomerőmű-építési programok függvénye.

<sup>364</sup> Korlátok itt is lehetnek. Például a napenergia alkalmazásához az informatikában is nélkülözhetetlen ritkaföldfémek szükségesek. A NEDO kutatásokat végez a ritkaföldfémek bizonyos területeken való kiküszöbölése érdekében. Például a Mitsubishi Electrickel közösen az elektromos meghajtású gépkocsigyártásban vagy a magas hőmérsékletű szupravezetés kidolgozásában. A NEDO kiterjedt nemzetközi kapcsolatokkal rendelkezik, többek között az Európai Unióval is.



mányaink felelevenítésével, valamint azok révén a hasznosító berendezések hazai gyártásával nyílhat esély.

A nemzetek közössége előtt hosszú távon megoldani remélt feladat óriási. Elő kell készíteni egy olyan világot, amelyben a fosszilis energiákat új, megbízható, a környezetet kímélő és elegendő mennyiségű energia váltja fel, amikor a kőolaj, majd a földgáz, végül a szén is egyre kevésbé az energiaforrás, hanem egyre inkább a nyersanyagforrás kategóriájába kerül. Mert az idő múlása ezt kiköveteli. Ez a mai civilizáció tartós megőrzésének a záloga.

# Függelék

## A kőolaj és a nemzetközi politika összefüggése dióhéjban

*Ebben az országban az a probléma, hogy a választásokon nem lehet nyerni az olajipar nélkül, de kormányozni sem lehet vele. – Roosevelt*

*Ha egy országnak van olajpolitikája, akkor az annyit jelent, hogy az olajipar szereplőinek állami politikája van. – Faure<sup>365</sup>*

A könyvünkben foglaltak kiegészítése céljából ismertetünk néhány töredéket a könyvtárakat megtöltő olajtörténelemből.

**Az I. világháború előtt.** Korán számottevővé vált a kőolajtermelés az egykori Oroszországban és a Szunda-szigeteken,<sup>366</sup> valamint egyes amerikai országokban (USA, Mexikó, Venezuela, majd Kanada). A háborúskodások először csak az Egyesült Államokon belül kialakult kíméletlen versengésben jelentek meg. „A 19. század második felében az amerikai üzletemberek félelme a Rockefeller<sup>367</sup> által 1870-ben alapított Standard Oiltól (S. O.) csak ahhoz a rémülethez hasonlítható, amelybe Napóleon ejtette Európa uralkodóit a 19. század elején.”<sup>368</sup> A harc azonban a hamarosan a határokon messze kívülre is áttevődött. Ekkor a küzdelem már a távol-keleti petróleumeladások érdekében folyt. A Shell a Nobel testvérek és a Rothschild által termelt orosz olajat a Szezi-csatornán keresztül szállította Kínába, Bangkokba és Szingapúrba, még hozzá a történelemben először nem hordókban, hanem tankhajóban, és így forradalma-

<sup>365</sup> Edgar Faure (1955–1956) francia miniszterelnök

<sup>366</sup> A szigeteken jelenleg négy ország osztozik: Brunei, Kelet-Timor, Indonézia és Malajzia. A szigetek többsége Indonéziához tartozik.

<sup>367</sup> John Davison Rockefeller (1839–1937) A Rockefeller név egybeforrta a kőolajból való meggazdagodással. A közjóra kitüntetett figyelmet fordító üzletember a családi hagyományokat követve dollármilliókat áldozott a gyógyszerkutatásra és a természetvédelemre. Ő „csupán” a 377. leggazdagabb ember volt Amerikában.

<sup>368</sup> Ida Minerva Tarbell (1854–1944) az USA egyik legnevesebb ipartörténésze. Megírta a Standard Oil történetét.

sítva a szállítást! Első versenytársa a Szumátrán termelő Royal Dutch Company szintén ráállt a tankhajók építésére. Újabb riválissá 1903-tól a S. O. vált a texasi mezők felfedezése után. Akkor és ott kezdődött az első igazi árháború.<sup>369</sup> Az amerikai társaság milliányi petróleumlámpát adott a helyi lakosoknak ajándékba, hogy azok tőle vásárolják a világító petróleumot, az akkori leginkább keresett olajterméket. Válaszként a Shell 1906-ban egyesült a Royal Dutch céggel, így a multinacionális társaságok csírájává vált annak érdekében, hogy együtt versenyezzenek a S. O.-val. A társaságok között a küzdelem az 1910-es évektől a gépkocsik sorozatgyártásának megjelenésével és a hadigépezetek olajra történő átállásával az olajlelőhelyek megszerzéséért folytatódott. A Standard Oil az amerikai legfelsőbb bíróság 1911-ben feloszlatta, ezzel – csak hozzá képest! – kisebb társaságok jöttek létre. (Standard Oil of New Jersey, S. O. of New York, S. O. of California, S. O. of Ohio stb.)

Miközben a Royal Dutch Shell és a Standard Oil között zajlott az árháború, a Távol- és a Közel-Keleten is folyt az olajkutatás. Az angolok Burma után Perzsiában is találtak olajat. A már 1897-ben alapított Burmah Oil támogatásával 1909-ben megalakult az Anglo-Persian Oil Company. E társaság tőkeigényét – Winston Churchill kezdeményezésére – 1914-től az angol kormány biztosította. (A társaság 1954-ben felvette a ma is viselt British Petroleum – B. P. – nevet.) A Királyi Tengerészet – az Admiralitás – közvetlenül az I. világháború előtt állította át hadihajóit a széntüzelésről az olajtüzelésre.

1898-ban II. Vilmos császárnak<sup>370</sup> a török kormánnyal aláírt szerződéssel az volt a célja, hogy vasútvonal megépítésével gyökeresen átformálja a Német Birodalom ázsiai közlekedési arculatát. A Berlin–Bagdad vasúti összeköttetés tervéről van szó, illetve a Perzsa-öböl olajának Németország általi kitermeléséről. Azzal, hogy a németek egyúttal olajkutatási koncessziót szereztek az Oszmán Birodalommal kötött egyezmény alapján, vészesen közeledtek az angol érdekszféra: Perzsia, illetve Mezopotámia felé, Oroszország és Anglia érdekeit veszélyeztetve.

A német hadosztályokat viszonylag gyorsan lehetett átcsoportosítani Európa centrumából a Shatt el-Arab térségébe. Egy ilyen, a balkáni vagy kis-ázsiai szárazföld belsejében zajló haderő-átcsoportosítást a tengeri hatalom Nagy-Britannia nem tudott volna megakadályozni. „Ezek a fejlemények nagyobb befolyást gyakoroltak a világháború kitörésére, mint ahogy azt általában gondolják, – írta Kiesling 1935-ben megjelent könyvében. „Anglia belenyugodott volna

<sup>369</sup> Az S.O.-t 1911-ben 38 olajtársaságra oszlatták fel. Ezek közül került ki az Esso (Exxon), a Mobil és a Socal (S.O. of California).

<sup>370</sup> II. Vilmos, teljes nevén Friedrich Wilhelm Viktor Albert von Preußen (1859–1941), Viktória brit királynő unokája, 1888 és 1918 között a Német Birodalom császára és Poroszország királya. Nagy szerepe volt a német fegyverkezésben, meghatározó akart lenni a külpolitika irányításában is. 1914-ben az orosz mozgósításra válaszul belépett a háborúba.

a német vasútpolitika mezopotámiai előrenyomulásába, ha az megelégedett volna Bagdaddal, mint végponttal. Anglia számára a helyzet akkor vált elfogadhatatlanná, amikor kiderült, hogy a németek a Perzsa-öböl mentén egy kikötőt akarnak szerezni. Annak érdekében, hogy ez ne sikerüljön, Anglia (miután már 1901-ben ellenőrzése alá vonta Kuvaitot) 1917-ben elfoglalta Bagdadot. A német törekvések kereszteztek Oroszország balkáni és közép-ázsiai ambícióit is. A német Bagdad-politika lényegében hozzájárult ahhoz, hogy átmenetileg háttérbe szorultak a brit-orosz ellentétek, és végül egymás stratégiai partnereivé váltak, mert egyformán érdekelték voltak a bagdadi vasút teljes kiépítésének megakadályozásában.

**Az első világháború.** Az olaj már ekkor is szerepet játszott, és pedig nem csupán a tengeralattjárók, hanem a tankok és a repülőgépek üzemanyagaként is. Ezzel az olaj fontossága az árháborúk mellett megjelent a csatatereken is. A háború kezdetén az Oszmán Birodalomhoz tartozó kirkuki (Irak) olajmezőket az Anglo-Persian Oil Company, a Royal Dutch Shell, a Deutsche Bank, a National Bank of Turkey és egy örmény származású üzletember – Gulbenkian<sup>371</sup> – birtokában levő Turkish Petroleum Co. uralta. A háború folyamán a németek és a franciák hamarosan olajellátási gondokkal küzdöttek. Georges Clemenceau az amerikai elnökhöz fordult segítségért, és így írt Wilsonnak: „Az elkövetkező csatákban a benzin éppen olyan fontos lesz, mint a vér. Az ellátásban bekövetkező fennakadás csapataink azonnali bénulását okozná.” Az amerikai nagytőke – Morgannel és Rockefellerrel az élen – szorgalmazta az Egyesült Államok hadba lépését. Számításaikat arra a félelemre építették, hogy Németország tengeralattjáróiról megtámadhatja az Egyesült Államokat. Wilson elnök Clemenceau levelére 15 millió tonna olajszállítással válaszolt, és 1917. április 6-án hadat üzent Németországnak. A háború befejeztével a vesztes németek részesedése a kirkuki olajvagyonból a San Remó-i konferencia értelmében megszűnt, Törökország pedig a Lausanne-i békeszerződésben mondott le arab tartományairól.

**A két világháború között.** 1925-ben megalakult az Irak Petroleum Company, még hozzá angol, holland, francia és amerikai részvétellel. A szaúdi termelés a '30-as években veszi kezdetét. A California–Arabian Standard Oil Co (a későbbi ARAMCO-t) első sikeres fúrását 1938-ban végezte. 1950-ben még 1 Mbpd alatt volt a szaúdi termelés, 1973-ban – az első olajválság évében – már meghaladta a 8 Mbpd-t. Ezzel igazolódott Rooseveltnek az az 1943. évi víziója – ame-

<sup>371</sup> Calouste Sarkis Gulbenkian (1869–1955) örmény üzletember. Nagy szerepet játszott a közel-keleti kőolajnak a nyugati fejlődésbe történő becsatornázásában. Élete végére a világ egyik leggazdagabb embere lett, vagyonából múzeumot alapított.

lyikre az 16. fejezetben már utaltunk, és amelyik a Rooseveltt Lord Halifaxszel lezajlott megbeszélése háttérében lehetett.

**A második világháború.** 1941. augusztus 25-én brit és szovjet csapatok megszállták Iránt. 1942-ben aláírtak egy szerződést a Perzsa-öböl térségét ellenőrzésük alatt tartó britekkel és az északi vidéket megszálló szovjetekkel arról, hogy tiszteletben tartják Irán viszonylagos függetlenségét, amennyiben az biztosítja az olajhoz, illetve az olajlétesítményekhez való korlátlan hozzáférést. 1941 és 1945 között Iránnak fontos szerepe volt a szovjet hadsereg üzemanyag-ellátásában, valamint az ún. Perzsa-folyosón szállították a szövetségesek az Egyesült Államokból és Kanadából érkező hadianyag-utánpótlást is, amelyet a Perzsa-öbölben raktak át a hajókról vasútra. A másik fontos momentum volt később a Közel-Keleten, hogy 1945-ben – a jaltai konferenciáról hazatérőben – Roosevelt és Ibn Szaúd a Quincy cirkálón megegyezett: Szaúd Arábia – olajszállítóskért cserébe – az Egyesült Államok különleges katonai védeltségét fogja élvezni.

A háború folyamán a németek és a japánok a szövetségesekkel szemben kőolaj-hiányban szenvedtek. A németek a kaukázusi olaj megszerzésére tett hadműveleteikkel kudarcot vallottak, a szénelapú saját műbenzinyártó Fischer-Tropsch-üzemeik termelése pedig elégtelennek bizonyult. Üzemanyaghiány miatt a Luftwaffe gépei sokszor nem tudtak felszállni, Afrikában Rommel, az Ardenneknben pedig Rundstedt tankjai egyszerűen megálltak.<sup>372</sup> Ami pedig Japánt illeti, feléjük az amerikaiak 1942-ben leállították szállításaikat, és sikertelennek bizonyultak a japánok burmai olajbeszerzési kísérletei is. 1942-ben lerohanták ugyan a rosszul védett Burmát, de az ottani olajipar valamennyi létesítményét még idejében megsemmisítették a hazaiak.

**A második világháború után.** Csak a második világháború kitörése után derült ki, hogy az amerikai Standard Oil és a német I. G. Farbenindustrie a korábban kötött egyezményeiket a háború kitörése után sem szakította meg, és kölcsönösen használta egymás – többek között a hadviselés számára nélkülözhetetlen olomtetrailre és műgumira (BUNA) vonatkozó – szabadalmait. Az ezért járó jutalékot mindkét cég megkapta a másiktól, úgy hogy az összegeket Dél-Amerika közvetítésével utalták át.

Mattei,<sup>373</sup> az olasz állami kőolajtársaság elnöke a világ kőolajiparát a II. világháború után domináló hét legnagyobb kőolajtársaságát „Seven Sisters”-nek

<sup>372</sup> Egy tank üzemanyag-fogyasztása 100 km-enként egy mai korszerű gépkocsinak az ötven-százszorosát is eléri.

<sup>373</sup> Enrico Mattei (1906–1962) az Ente Nazionale Idrocarburi (ENI) vezérigazgatója volt. Arra törekedett, hogy megtörje a Seven Sisters oligopóliumát. Májig tisztázatlan repülőgép-szerencsétlenségben lelte halálát. Erről Francesco Rosi A Mattei-ügy címmel készített filmet 1972-ben.

nevezte el.<sup>374</sup> Átalakulások sora után mára ezek lettek a „szupermajor”-ok. Ma más néven egyszerűen csak Big Oilként ismeretesek a legnagyobb, nem állami tulajdonban lévő energetikai társaságok (ExxonMobil, BP, Royal Dutch Shell, Chevron, ConocoPhillips és Total). Mattei 1956-ban megjelent Iránban, és ajánlatot tett Pahlavi sahnak. Javasolta, hogy alapítsanak közös iráni-olasz olajtársaságot az addig még föl nem mért területek kutatására, valamint olajkitermelésre, és mindössze 25% részesedést kért. A sah az amerikai nagykövetség figyelmeztetései ellenére elfogadta az olaszok ajánlatát. Mattei több üzletet kötött az Arab-félsziget és Afrika országaiban is, mindenütt részesedést kínált partnereinek. Állami olasz vállalatról lévén szó, az állam maga dolgozta föl és értékesítette olajtermékeit. Így jött létre az olasz vegyipar is. Mattei sikerei azonban olyan tanulságot jelentettek, hogy ha egy kapitalista országban az állami vállalkozás képes eredményesen működni, pusztán létével megkérdőjelezi a konszernnek létjogosultságát. 1961 júliusában Párizsban összeült az OAS<sup>375</sup> „bírósa”. Azzal vádolták Matteit, hogy kapcsolatban áll az algériai felszabadító mozgalommal, és a saharai olajmezők koncessziójára pályázik. Az ítélet: halál. A „végzést” írásban elküldték Matteinek, aki nyilvánosan nevetségesnek minősítette az OAS eljárását, titokban azonban testőrséget szervezett. Nem sokkal később a pilóta egy csavarhúzóval talált Mattei magánrepülőgépének hajtóművében, amely 1962-ben a milánói repülőtér közelében lezuhant.

Az energiaigények növekedésével, valamint a társadalmak energiafüggőségének fokozódásával egyre több ország, illetve országcsoport (OPEC, EU) kormányzati szintre emelte az energiakérdést. A multinacionális társaságok – a 20. század első felének végétől sorozatosan felgyorsuló államosítások után – a Föld hagyományosan kitermelhető olajvagyonának ma már együttesen kevesebb mint 20%-át birtokolják. 1973-ban a BP – akárcsak valamennyi versenytársa – az OPEC-országokban elvesztette a legtöbb olajforráshoz való közvetlen hozzáférést. Az OPEC átvette az ellenőrzést a termelés és az árak felett. Ma a világ olajvagyonának négyötöd része nemzeti olajvállalatok kezében van. A multik a még meglévő hatalm(asság)ukat tőkájük mellett elsősorban a technológiájuknak köszönhetik.

Az államosítások eltérően játszódtak le. A termelés államosítása az 1910-es években kezdődött, és nagy vonalakban évtizedek alatt a következő sorrendben zajlott le: 1918-ban a Szovjetunióban, 1937-ben Bolíviában, 1938-ban Mexikóban, 1951-ben Iránban, 1953-ban Brazíliában, 1961-ben Irakban, 1962-ben Burmában és Egyiptomban, 1963-ban Argentínában és Indonéziában, 1968-ban

<sup>374</sup> A Hét Nővér közül öt amerikai (volt): Gulf Oil, Standard Oil of California, Texaco (most Chevron), Standard Oil of New Jersey (Esso) és Standard Oil Company of New York, Socony (most Exxon-Mobil); egy angol: Anglo-Persian Oil Company (most BP) és egy angol-holland: Royal Dutch Shell.

<sup>375</sup> Organisation de l'Armée Secrète. Algéria önrendelkezése ellen létrehozott szervezet.

Peruban, 1970-ben Líbiában<sup>376</sup>, 1976-ban Venezuelában kezdődtek meg vagy folytak az államosítások. A szaúdi kormány is államosította az ARAMCO-t, és 1980-ra a társaságot Saudi Arabian Oil Company (vagy Saudi Aramco) néven ellenőrzése alá vonta. Az olajvagyonok tekintetében mára dominánssá váló legnagyobb nemzeti olajtársaságokat – Saudi Aramco, Russia's Gazprom, CNPC of China, National Iran Oil Company (NIOC), Venezuela's PDVSA, Brazil's Petrobras és Petronas of Malaysia – újabban New Seven Sistersnek, Új hét nővérnek is nevezik.

Az iráni olaj államosításának sajátos története van. Mossadegh 1951-ben állami kézbe vette a kőolajipart. A briteket ez kétszeresen is érzékenyen érintette. A rendkívül jövedelmező iráni olajkitermelés elvesztésén túl féltő volt, hogy az államosítás precedenst teremthet a világ más részein működő angol érdekeltségű cégek elleni támadásra. Anglia hazahívta olajipari szakembereit Iránból, arra számítva, hogy ezzel az újonnan alakult Iráni Nemzeti Olajvállalat (NIOC) működését ellehetetleníti, és bojkottot is hirdetett Irán ellen. Ezenkívül amerikai segítséghez is folyamodott. Rövidesen (1953) Teheránba érkezett a Central Intelligence Agency (CIA)<sup>377</sup> közel-keleti szakértője, és fölkereste Zahedi iráni belügyminisztert, akivel közölte, hogy hamarosan miniszterelnök lesz, ha közreműködik Mossadegh félreállításában. Ezután – az úgynevezett Ajax-akció keretében – az iráni titkosrendőrség Mossadeghet elfogta. Visszahozták az Amerika-barát Pahlavi sáhot, és Zahedi lett a miniszterelnök. Ezzel a puccsal azonban mégsem állt vissza az angolok iráni olaj fölötti egyeduralkodása. Az új iráni kormány több külföldi olajtársasággal kötött egyezményt, amelyben rögzítették, hogy egy amerikai irányítású nemzetközi konzorciumot hoznak létre. Az így létrejött Iranian Oil Participants Ltd. (IOP), tagjai (angol, amerikai, holland és francia társaságok) elismerték, hogy az olajvagyon és a létesítmények iráni tulajdonban maradnak ugyan, de a hasznon fele-fele arányban az IOP a NIOC-cal osztozik. Ez a helyzet az iráni forradalomig (1979) állt fenn, amikor újra Irán lett az egyedüli tulajdonos.

**Az OPEC és az olajsokkok.** Az alacsony közel-keleti olajtermelési költségek lehetősége révén az olajfelhasználás növelése érdekében az olajtársaságok csökkentették az olajárakat. Ennek ellensúlyozására 1960-ban öt ország lét-

<sup>376</sup> A líbiai olajtermelést a Leninnel különleges kapcsolatokat ápoló Armand Hammer az Occidental egykori elnöke és részvényeinek fő tulajdonosa, amerikai milliárdos befektetései alapozták meg.

<sup>377</sup> Ismeretes volt az angol elit körök bevonása az amerikai politikába. Titkosszolgálatuk már a második világháború alatt integrálódtak, és ebben – formai amerikai felsőbbtség mellett – az angol OSS (Office of Strategic Services) fontos szerepet játszott, sőt a háború alatt az integrált angol-amerikai titkosszolgálat csúcsovezetése Londonban székelt. A II. világháború után ebből alakult a CIA



rehozta az OPEC-et.<sup>378</sup> Az államosítások révén a piac ellenőrzése fokozatosan a termelők kezébe ment át. Az OPEC két fő vonalon – az árak uralása és a termelések ellenőrzése révén – érvényesítette akaratát. Az árak egy évtizedig stabilak maradtak, azután változások következtek.

Az izraeli-arab feszültség 1973-ban Egyiptom és Szíria Izrael elleni háborújába torkollott. Az OPEC az Izraelt támogató USA és szövetségesei felé embargót rendelt el (ezzel bizonyította, hogy „működik” az „olajfegyver”), ami az olaj árának nagymértékű megnövekedésében nyilvánult meg és elvezetett az első olajválsághoz. A már elindított tankeret a nyílt tengeren vesztgeltették, hogy húzzák az időt. A nagy tankhajók a Perzsa-öböltől a nyugat-európai kikötőkig öt-hat hét alatt teszik meg az utat. Az olajfelhasználó országok (revánsként) ekkor hozták létre a Nemzetközi Energiaügynökséget (IEA), amelynek az volt a rendeltetése, hogy takarékossgal és más energiatípusok igénybevitelével csökkentse függőségüket. Az embargóhoz Irán (és Venezuela) nem csatlakozott, így hatalmas jövedelemre tett szert, amelyből azonban a nép alig részesült. 1978-ban tömegdemonstrációk bontakoztak ki Irán-szerte. A sah kénytelen volt elhagyni Iránt, és Egyiptomba távozott. 1979 februárjában Khomeini ajatollah visszatért iraki emigrációjából, és a forradalom élére állt. Létrehozták az Iszlám Köztársaságot, és – amint említettük – újra teljesen saját kézbe került Irán olajipara.

A nemzetközi pénzügy és egyes olajjal nem rendelkező országok között az 1973. évi olajválság következtében a nemzetközi bankokban elhelyezett – az olajtermelőkhöz az áremelkedések eredményeként befolyt nagy mennyiségű – úgynevezett petrodollár halmozódott fel, ami a bankoknál fokozott pénzkihelyezési kényszert gerjesztett (ez volt a „petrodollar recycling”). Az akkori alacsony kamatú dollárkínálat több országot hitelfelvételre ösztönzött.<sup>379</sup> Később azonban a kamatok jelentős növekedése folytán az adós államoknak nem egyszer törlesztési nehézségeik merültek fel, esedékes kötelezettségeiket csak újabb kölcsönök felvételével tudták teljesíteni, így módon adósságspirál áldozatai lettek. Ez bizonyítja, hogy az olaj az országok gazdasági helyzetét közvetett módon is súlyosan tudja befolyásolni.

A második olajválság az Irak–Irán közötti háború, illetve az iráni forradalom (1979–1980) termeléses csökkenésével összefüggő ár-növekedés következménye volt, ami igénycsökkenést vont maga után. Ugyanakkor az OPEC-en kívüli olajtermelő országokban (Mexikó, Alaszka) termelésnövekedés jelentkezett. Ez, valamint az IEA tevékenysége oda vezetett, hogy egy idő után az olajár emelkedése megállt, sőt 1986-ban ismét jelentősen csökkent: ez volt az „ellensokk”,

<sup>378</sup> A jelenlegi 11 OPEC-ország a következőkből áll: Öböl-mentiek: Szaúd-Arábia, Egyesült Arab Emírségek, Irak, Irán, Kuvait, Katar. Afrikaiak: Algéria, Nigéria, Líbia. Latin-Amerika: Venezuela. Ázsiai: Indonézia.

<sup>379</sup> Többek között Magyarországot is.

amely az OPEC-országokat hátrányosan érintette. Ezért alakították ki a termelési kvótarendszerüket (lásd az 5., 6. és 16. fejezetet!), amely hivatott (volt) az egyes országok túltermelését – ezzel az árak mélyrepülését – kordában tartani.

Egyes vélemények szerint az ellensokkban szerepet játszott az is, hogy az USA gyengíteni akarta a Szovjetuniót olajbevételei csökkentésével is. Ennek érdekében meggyőzte Szaúd-Arábiát, Kuvaitot, valamint az Emírségeket, hogy fokozzák olajtermelésüket, és ezzel mérsékeljék az árakat. Az így előidézett szovjet bevételcsökkenéséhez ráadásul hozzájárult, hogy az orosz szamotlori mezőn 1988-tól kezdődően mérséklődött a termelés.

Az olajért folytatott diplomáciai történéseknek és háborúknak az említettek jellemző, de csak elenyésző részét alkotják.

## A fúziós energia

Hans Bethe<sup>380</sup> német fizikus 1939-ben írta le, hogy miként lehetne a Napban lejátszódó fúziós folyamatot a Földön megvalósítani. Számításai szerint a hidrogénatomok hőmérsékletét legalább 100 millió °C fölé kell emelni, és olyan kis térrészbe összenyomni, hogy az atomok ütközzenek, és hélium jöjjön létre. Az első szabadalom a fúziós reaktorra 1946-ból származik. A két hidrogénizotóp – a deutérium és a trícium<sup>381</sup> – magjainak körülbelül  $10^{-15}$  méter közelségbe kell kerülniük az egyesüléshez, mert akkor válik valószínűvé, hogy a magokat vonzó erős magerő legyőzi az elektromágneses taszítást. Ezt a közelséget a plazmaállapotba<sup>382</sup> hozott keverék erős felhevítésével érik el. A kivitelezés problémája az, hogy nem létezik olyan anyag, amely az említett magas hőmérsékletet elviselné.

A fenntartható fúzió megvalósítására jelenleg két út létezik. Az egyik szerint azt, hogy ne érintkezzen a tárolóedény falával, erős mágneses tér alkalmazásával érik el. A mágneses együtt tartás lehetővé teszi, hogy a 150 millió °C hőmérsékletű plazma a térben lebegjen. Az ITER-ben (International Thermonuclear Experimental Reactor) az első pozitív energiamérlegű fúziót 2016-2020 között remélik megvalósulni a franciaországi Cadarache-ban nem-

<sup>380</sup> Hans Albrecht Bethe (1906–2005) német–amerikai Nobel-díjas fizikus. A fizikai Nobel-díjat 1967-ben kapta a csillagok energiatermelésével kapcsolatos felfedezéseiért. A második világháború alatt az atombomba előállítását végző Manhattan-terv alatt az ő csoportja számolta ki, hogy mekkora az urán-235 kritikus tömege, az a tömeg, amelynél a hasadás elegendő a bomba robbanásához. Bethe haláláig aktív maradt a tudományos életben. 99-dik életévében is lelkesedéssel foglalkozott a szupernóvák matematikájával.

<sup>381</sup> A deutériumhoz korlátlan mennyiségben hozzáférünk, a vízben minden 6500 hidrogénatom közül egy deutérium. A „szereplő” a trícium pedig folyamatosan előállítható/tenyészthető lítiumból. Ezt a feladatot az ipari megvalósítás esetén maga a reaktor látja majd el. Egy idő után a plazmában beáll egy olyan állapot, amikor a keletkező részecskék megoldják a fúzióhoz szükséges hőmérséklet fenntartását.

<sup>382</sup> Magas hőmérsékleten a gázok teljesen ionizálódhatnak. Az ilyen ionizált gáz úgynevezett plazmaállapotba kerül.

zetközi összefogásban folyó kísérletek eredményeként. Azonban az évszázad közepe előtt még siker esetén sem várható az ipari elterjedés. A reakciót kezdetben nem áram termelésére használják majd, hiszen előbb demonstrálni kell a technológia ipari megvalósíthatóságát. A másik lehetséges eljárás az Inertial Confinement Fusion (ICF) módszer lehet. E szerint miniatűr pelletekben elhelyezett tríciumot és deutériumot lézerrel (HiPER)<sup>383</sup> nyomnak össze és melegíteneik, aminek következtében megindul a fúzió. A kísérleteket Kaliforniában (a Lawrence Livermore National Laboratoryban) és Franciaországban (Bordeauxban) végzik majd.

A fúziós villamos energia ipari elterjedésére még szerencsés esetben is évtizedeket kell várni. Az angol Culham Centre of Fusion Energy (CCFE) becslése szerint a fúziós bázison termelt villamos energia 2100-ra érhetné el az összes szükséglet 20%-át.

A nukleáris bázisú villamos energián belül a fúziós erőműnek a fissionnal szemben nemcsak a szükséges „tüzelőanyag” gyakorlatilag korlátlan rendelkezésre állása az egyetlen előnye, hanem a biztonság, illetve a környezetvédelmi szempontok érvényesülése is. Alkalmazásakor keletkezik ugyan radioaktív anyag, hiszen a keletkező neutronok képesek aktiválni a szerkezeti elemeket, de ezeket mindössze száz éven át kell elszigetelve tartani. Ez a feladat könnyebben vállalható, mint az, hogy a fissionnal erőművek kis és közepes sugárzású hulladékát 600–1000 évig kell a föld alatt tartani, a nagy aktivitású hulladékokkal kapcsolatban pedig még a legóvatosabb becslések is több tízezer évet említenek.

## A sötét energia

„1970. március 27-én Rubin<sup>384</sup> távcsövét az Androméda-galaxisra irányította. Ellenőrizni szerette volna, hogy az Androméda milliányi csillaga úgy mozog-e, ahogyan az elméletek leírják. A spektográf a csillagokban lévő kémiai elemeknek megfelelő hullámhosszakon vonalakat rajzolt egy papírra, amit Rubin mikroszkópon keresztül vizsgált. Ismert volt számára, hogy a kirajzolt vonalak annak megfelelően eltolódnak följebb vagy lejjebb a frekvenciaskálán, hogy az adott csillag közeledik vagy távolodik-e, a Doppler-hatásnak megfelelően. Rubin kíváncsi volt rá, hogy a Doppler-hatás alapján meg tudja-e határozni a csillagok sebességét a távoli galaxisokban. Azt tapasztalta, hogy az Androméda szélén lévő csillagok is épp olyan gyorsan mozogtak, ahogyan a galaxis közepén lévőek. Ez azonban nem felelt meg az elméletekből következő várakozásoknak. Minden más galaxis esetén is hasonló eredményt kapott. Az összes sebesség „hibás” volt.

<sup>383</sup> High Power Laser Energy Research.

<sup>384</sup> Vera Rubin (1928–) litván származású amerikai asztronómus.

A fizika ismert törvényeinek megfelelően ezek a csillagok túl gyorsan mozogtak, jó néhányuk esetén a gravitáció nem lett volna elég, hogy a pályájukon tartsa őket, ki kellett volna repülniük a világuűrbe. Ez azonban nem történt meg. Rubin számára két lehetséges ok kínálkozott: Vagy Isaac Newton gravitációs törvényei rosszak, vagy az univerzumban létezik olyan különös anyag, amely a visszahúzó erőért felelős, de a jelen csillagászati eszközökkel nem kimutatható. Rubin a második magyarázatot választotta, és a „fölös” anyagot sötét anyagnak nevezte el (mivel nem volt látható, sem kimutatható). Számításai szerint a világegyetem 90%-ban sötét anyagból áll. A tudományos világnak az elmélet elfogadásához egy évtized kellett. A sötét energia létezésének koncepciója szerint a kozmológiában a sötét energia az a feltételezett energiaforma, amely az egész világegyetemben jelen van. A tömegvonzással ellentétes, taszító hatást fejt ki és semlegesíti a gravitációs vonzást – ezáltal távol tartja egymástól a csillaghalmazokat –, és nem bocsát ki észlelhető sugárzást. Ez szolgálhat annak a megfigyelésnek a magyarázatául, hogy a világegyetem tágul. Az elmélet értelmében a kozmoszt a sötét energia uralja, közel háromnegyedét téve ki az univerzumnak. A valamivel kevésbé rejtélyes sötét anyag kevesebb mint egynegyeddel járul hozzá világegyetemünkhöz, míg a „hagyományos” anyag, amely minket, az élőlényeket, a bolygókat és csillagokat alkotja, mindössze 4 százalékot tesz ki.

### A végső kérdések: a világ keletkezése és az élet rejtélye

*Mindennek a magja, ami a világegyetemben valaha történt, abban az egyetlen pillanatban lett elvetve. Az összes csillag, bolygó és élőlény a világegyetemben olyan események eredményeképp jött létre, amelyeket a kozmikus robbanás pillanata indított be... a világegyetem csak úgy berobbant a létezésbe, és nem tudjuk megmagyarázni, hogy mi okozta ezt. – Robert Jastrow<sup>385</sup>*

*A ma rendelkezésre álló összes tudás birtokában lévő tisztességes embernek azt kell állítania, hogy az élet eredete jelenleg csodának tulajdonítható, hiszen olyan sok feltételnek kell egyszerre jelen lennie és együttesen közreműködnie az élet elindulásakor. – Crick<sup>386</sup>*

Az, hogy az univerzum és benne élőlények létrejöhetnek, a valóban végső kérdések közé tartozó dilemmákat veti fel: az ősrobbanását és az élet keletkezéséét. Ezekhez képest az evolúció elmélete viszonylag könnyen megérthető. Ameny-

<sup>385</sup> Robert Jastrow (1925–2008) amerikai asztronómus, fizikus és kozmológus, a Columbia Egyetem tanára, 1958 és 1961 között a NASA osztályigazgatója volt.

<sup>386</sup> Francis Harry Compton Crick (1916–2004) molekuláris biológus. James Dawsonnal közösen Nobel-díjat kapott a DNS kettős spiráljának felfedezéséért.

nyiben helyt adunk a Big Bang-teóriának, a kezdeti végtelen kis pont – az energia? – magában hordozta azt az összes információt, amely az ismert és a nem ismert világot létrehozta.<sup>387</sup>

Kétségtelen, hogy a környező – a Földön kívüli – világról is egyre több ismeretet szerzünk. Szerves vegyületek felfedezhetőek a csillagközi molekuláris porfelhőkben, a meteoritokban és az üstökösökben is. A legegyszerűbb aminosavat, azaz a glicint szintén megtalálták már a világegyetemben. Az üstökösök szerves anyagot szállíthattak a Földre. Ezek a feltételezések/ismeretek azonban messze nem adnak választ az említett két végső kérdésre.

Az élettelen természetben nem fordul elő olyan folyamat, amely szerint spontán lokális entrópiacsökkenés állna be. Az élő szervezetek viszont ilyen folyamatokban léteznek. „Minden élő szervezet egy-egy sziget a növekvő entrópia tengerében” – mondja Neumann János. Az entrópiatörvényt azonban olyan rendszerekre fogalmazták meg, amelyek határfelületein át nem juthat be energia a rendszerbe. A Föld felszíne, ahol az evolúció zajlik, nem tekinthető zárt rendszernek. Például hőenergiát kap a Naptól. Méghozzá annyit, amennyi az életfeltételeket biztosítja. Ha a gravitációs állandó nagyobb lett volna és a Nap magjában a nyomás nagyobb lett volna, fényesebben izzott volna, felforralva a földi tengereket. Ha más természeti állandók, például a fénysebesség, az abszolút nullafok vagy a Planck-állandó bármilyen jelentéktelen változásnak lettek volna alávétve, az univerzumnak nem lett volna esélye, hogy élőlényeknek adjon otthont. Ez a minden képzeletet felülmúló szabályozás feltétel volt az élet kialakulásához. Rees<sup>388</sup> a Csak hat szám. Az univerzumot kialakító erők című könyvében arról ír, hogy hat szám adja egy univerzum „receptjét”. Ha bármelyikük „elhangolódna”, nem léteznének sem csillagok, sem élet. Lehetséges-e, hogy összehangoltságuk véletlen egybeesés?

Prigogine<sup>389</sup> az anyag gyökeresen új tulajdonságára – az önstruktúrállódás jelenségére – világít rá: létezik valamiféle folyamatos vonal, amelyik összeköti a holt anyagot, az élet előtt állót és az élő. Az anyag, felépülése során abba az irányba hat, hogy szerveződjön és élő anyaggá váljon (de ki ruházta fel ezzel a tulajdonsággal az anyagot?). Ez a feltevés természetesen nem magyarázza, csak elodázza az élet kialakulásának nagy kérdését. Ahhoz, hogy az anyag (energia?) eljusson odáig, hogy a valóban végső kérdésnek nevezhető Nagy Bumm után kiindulásul szolgáljon az élet szeretlen „alkatrészeiként” a hidrogénen

<sup>387</sup> Természetesen vannak más elképzelések is a világegyetem keletkezésére vonatkozóan, de a tudósok túlnyomó többsége elfogadja ezt az ún. Nagy Bumm-hipotézist. Az élet keletkezését is több elmélet igyekszik magyarázni.

<sup>388</sup> Martin John Rees, (1942–) brit csillagász és kozmológus a Royal Society tagja. 1995 óta királyi csillagász. 2005 és 2010 között a Royal Society elnöke.

<sup>389</sup> Ilya Prigogine (1917–2003) orosz származású belga-amerikai kémikus, volt, aki 1977-ben megkapta a kémiai Nobel-díjat az irreverzibilis termodinamika és a disszipatív struktúrák kutatásában elért eredményeiért.

keresztül a nehézfémekig, „hosszú” utat kellett bejárnia. Bogdanov<sup>390</sup> úgy viszi tovább a gondolatot, hogy ha az anyag állandó fejlődésben van (a rendezettség irányába), az azt sugallja, hogy a világmindenség alapjainál ott rejtőzik egy intelligencia. Az első DNS és az első sejt kialakulásához véletlenek beláthatatlan láncolatára vagy valamilyen tervszerűsége volt szükség.

Ahhoz, hogy illusztráljuk a molekuláris biológia által valamelyest megközelíthető élet rejtélyét, egy sejtet 20 km átmérőjűre kellene felnagyítanunk. Ha sikerülne, egy páratlanul bonyolult és tökéletesen megtervezett rendszer képe tárulna elénk. A sejt felszínén több millió kaput látnánk. Ezek folyamatosan biztosítják, hogy bizonyos anyagok belépjenek a sejtbe, illetve kilépjenek abból. Ha módunkban állna belépni az egyik ilyen kapun, olyan ámulatba ejtően bonyolult rendszerben találnánk magunkat, amelynek „a komplexitása meghaladja gondolkodóképességünket és felszámolja a szerencse fogalmát”. (Denton)<sup>391</sup> És a véletlenek eredményességét is.

A proteinek vagy fehérjék óriásmolekulák, amelyek adott sorrendben, meghatározott mennyiségben és szerkezetben egymáshoz kapcsolódó aminosavak kisebb egységeiből állnak. Ezek a molekulák az élő sejt építőkövei. Közülük a legegyszerűbbek is mintegy 50 fajta aminosavból állnak, de van olyan is, amely több ezerből épül fel. Egyetlenegy aminosav hiánya, hozzáadása vagy kicserélése a fehérjeszerkezetben a proteint használhatatlan molekulahalmazá alakítja. Minden aminosavnak a megfelelő mennyiségben és a megfelelő helyen kell jelen lennie.

Egy átlagos fehérjemolekula 288 aminosavból áll. Ezeket nagyságrendileg 10<sup>300</sup>-féleképpen lehet sorba rendezni. Az összes lehetséges sorrendből csak egyetlenegy adja a „hasznos” molekulát, a többi aminosavlánc hasznavehetetlen, sőt akár káros is az élő szervezet számára. Másként kifejezve, egyetlen fehérjemolekula kialakulásának az esélye: 1 a 10<sup>300</sup>-hoz.<sup>392</sup> Mi több, a 288 aminosavból álló molekula viszonylag szerény méretű a több ezer aminosavból álló „óriásokhoz” képest. Saphiro<sup>393</sup> kiszámolta, hogy mekkora a valószínűsége annak, hogy egy baktériumban megtalálható kb. 2000-féle protein spontán létrejöjjön. Ez a valószínűség 1 a 10<sup>40000</sup>-hez. Az, hogy ez az eset a Földön rendelkezésre állt idő alatt véletlenül bekövetkezzen, gyakorlatilag lehetetlen. Ha hasonló számításokat alkalmazunk az óriásmolekulákra, akkor még a „lehetetlen” szót sem érezzük elégségesnek. Az élet először 3,5 milliárd évvel ezelőtt jelent meg a Földön.<sup>394</sup> Az ezt megelőző egymilliárd évből – a még korábbi időszak szélsőséges viszonyai miatt – csak az utóbbi nagyságrendileg 100 mil-

<sup>390</sup> Igor Bogdanov (1949–) elméleti fizikus.

<sup>391</sup> Michael John Denton (1943–) ausztrál biokémikus.

<sup>392</sup> A matematikában a kisebb, mint 1 a 10<sup>50</sup>-hez valószínűséget zérónak tekintik.

<sup>393</sup> Robert Saphiro (1934–) professzor emeritus a New York Egyetemen.

<sup>394</sup> A Föld korát 4,5 milliárd évre becsülik.

liónyi év szolgálhatta (volna) még az élet legprimitívebb formáinak is a létrejöttét. Ennek az időszaknak a tartama azonban az említett valószínűségek miatt erre nem adhatott esélyt. Ezzel magyarázható, hogy a pánspermia elméletet már nem tekintik egyértelműen spekulációnak, vagy áltudományos nézetnek. A pánspermia szintén nem oldja ugyan meg az élet – valahol történt – kialakulásának a kérdését, de az univerzum kiterjedése révén megnöveli a rendelkezésre álló időt.

Nem könnyen megválaszolható kérdés az univerzum létrejöttének a mi-kéntje (és a célja). Az űsrobbanás-elmélet (Big Bang-teória) szerint a világegyetem mintegy 13,7 milliárd évvel ezelőtt úgy keletkezett, hogy egyetlen (elméleti) pontba összesűrített „semmiből” bukkant föl a világ összes anyaga és energiája. Ámde hogyan történhetett mindez? A világegyetem története korai szakaszának leírása egyike a fizika megoldatlan problémáinak.

A végső kérdések a mai napig megválaszolatlanok.





# Felhasznált irodalom

## ELSŐ RÉSZ

### 1. Az energia értelmezésének kettőssége

1. Ayres, R. U – Ayres, L. W. – Martinás K.: Eco-thermodynamics: Exergy and Life cycle analysis. *Energy* 23, 1998. 355.
2. Barbour, Ian G.: A természettudomány és a vallás találkozása. Kalligram, 2009.
3. Büki Gergely: Energetika. Műegyetemi Kiadó, 1997.
4. Carnot, Sadi: Reflexions sur la puissance motrice de feu et sur les machines propres a développer cette puissance, 1824.
5. Egely György: Tiltott találmányok. Egely Kft.
6. Héjjas István: Entrópia és energia az Univerzumban.
7. Hraskó Gábor: Vákuumenergia. *Természet Világa*. 130.évf. 9.sz. 1999. szeptember.
8. Jászay Tamás: Műszaki hőtan. BME.Tankönyvkiadó, Budapest, 1992.
9. Kereszturi Ákos: A sötét energia az Univerzum legnagyobb rejtélye. Előadás: Mindentudás Egyeteme.
10. Lem, Stanislav: Dilemmák. Typotex Kiadó, 2005.
11. Martinás Katalin: Kelvini termodinamika. Egy érthető termodinamika.
12. Patkós András: Entrópia: kulcs az univerzum megértéséhez? *Természet Világa*, 139. évfolyam, 10. szám, 2008. október.
13. Samples, Kenneth R.: Thinking about Theistic Evolution May 29, 2007.
14. Szargut, J. – Morris, D. R. – Steward, F. R: Exergy Analysis of Thermal, Chemical, and Metallurgical Processes. Hemisphere, New York, 1988.
15. Szergényi István: Energia esszé. 2011. Valóság 10.
16. Van Till, Howard: "The Scientific Investigation of Cosmic History," Portraits of Creation. Van Till; Grand Rapids: Eerdmans, 1990.
17. Van Till, Howard: What Good is Stardust? *Christianity Today*. 2001. aug. 6.
18. Wiener, Norbert: Válogatott tanulmányok. Gondolat Kiadó, 1974.

### 2. A kultúra, a civilizáció és az energia összefonódása

1. Al-Tamimi, Naser: Why China is still dealing with Iran? *Al Arabija News*. 2013. aug. 16.
2. Ankerl Géza: Anyanyelv, írás és civilizációk – Vendégségben a Földön. Budapest, Mundus Magyar Egyetemi Kiadó, 2004.

3. Barbour, I. G.: A természettudomány és a vallás találkozása. Kalligram, 2009.
4. Beck Mihály (1999/a): A „két kultúra” – ma. Magyar Tudomány, 1999. 12. sz.
5. Berényi Dénes: Tudomány és kultúra. Typotex Kiadó, 2010.
6. Bernal, D. John: Science in History. Watts, London, 1957.
7. Brzezinski, Zbigniew: Stratégiai vízió. Amerika és a globális hatalom válsága. Antall József Tudásközpont, Budapest, 2013.
8. Carroll, Sean: Most vagy midőrokké. A végső időelmélet nyomában. Akadémiai Kiadó 2010.
9. Central Intelligence Agency (CIA) World Factbook China.
10. Clinton, W. J.: A tudomány négy útmutatása. Fizikai Szemle 1997/10.
11. Csejtei Dezső – Juhász Anikó: Alkonyidő – végóra. A nyugati kultúrkör civilizációs válságáról. In: Oswald Spengler: Válságok árnyékában. Noran Libro Kiadó, Budapest, 2013.
12. Diamond, Jared: Háborúk, járványok, technikák. Typotex Kiadó, 2000.
13. Diamond, Jared: Összeomlás. Typotex Kiadó, 2007.
14. Drábik János: A globális pénzimpérium és alternatívája.
15. Érdi Péter: Teremtett valóság – Válogatott írások. Typotex Kiadó, 2000.
16. Erényi Gusztáv: Spengler-epilógus. Nyugat. 1936. 6. szám.
17. Europe's Last Chance: Core Times. 2010. október 13.
18. Fekete Jenő György: A „két kultúra” és az innováció az energetikában. Energiagazdálkodás. 2006/4.
19. Friedell, Egon: Az újkori kultúra története. I–VI. Holnap Kiadó, 1989.
20. Fukuyama, Francis: The End of History and the Last Man. Penguin, 1992.
21. Gárdos György – Sarkadi Balázs: Az ATP – az élet tüzelőanyaga. Természet Világa, 129. évf. 2. sz. 1998. február, 50–53. o.
22. Gazdag László: A fejlődés természete. Civilizációk. Szamárfül Kiadó, 2011.
23. Hankiss Elemér: A Nincsből a Van felé. Osiris, 2012.
24. Horváth Dezső: A részecskefizika anyagelmélete: a Standard modell.
25. Dr. Fodor János, Dr. Major Tibor, Dr. Kásler Miklós: Korszerű sugárterápia: teleterápia.
26. Országos Onkológiai Intézet, Budapest, MOTESZ Magazin,
27. Huntington, P. Samuel: A civilizációk összecsapása és a világrend átalakulása. Európa Könyvkiadó, Budapest, 2008.
28. Korten, C. David: A tőkés társaságok világuralma. Kapu, 1996.
29. Korten, C. David: Alternatives to Economic Globalization: A Better World is Possible, 2004. (2nd edition)
30. Korten, C. David: The Post Corporate World: Life After Capitalism. Berrett-Koehler Publishers, 2000.
31. Korten, C. David: When Corporations Rule the World. Berrett-Koehler Publishers, 1995.
32. Ladrière, Jean: Le défi de la science et de la technologie aux cultures. Paris, Aubier-Montagna/Unesco (1977), Les enjeux de la rationalité. Cerf, Paris, 1984.
33. Lóránt Károly: A Magyar gazdaság és társadalom helyzete, javaslatok a követendő gazdaságpolitikára. Kézirat, 2008.
34. Northcote Parkinson, C.: Kelet és Nyugat.

35. Perkins, John: Egy gazdasági bérgyilkos vallomása. Ráció Kiadó, Budapest, 2006.
36. Petrosky, Henry: Technology and Humanities. American Scientist, Volume 93. 2005 July–August
37. Prókai Margit: Két kultúra, harmadik és egységes kultúra – Gondolatok a tudományok osztályozásához Snow-tól Wilsonig és tovább. Könyvtári figyelő, 2010. október.
38. Renfrew, C.: A civilizáció előtt. Osiris Kiadó, 2006.
39. Snow, C. P.: The Two Cultures and the Scientific Revolution. Cambridge University Press, 1998.
40. Snow, C. P.: Two Cultures and a Second Look. New American Library, New York, 1964.
41. Stiglitz, J.: A globalizáció és visszasságai. Napvilág Kiadó, 2003.
42. Szigényi István: A földgáz és a civilizáció. Magyar Kémikusok Lapja. 2009. 2.
43. Szigényi István: A kőolaj és a civilizáció. Magyar Kémikusok Lapja. 2007. 4.
44. Szigényi István: Az energia és a nyugati civilizáció.
45. Taine, A. Hyppolite: Nouveaux essais de Critique et de l'Histoire. Hachette, 1886/1901.
46. The Great Turning: From Empire to Earth Community (1st edition), Kumarian Press, Bloomfield, 2006.
47. Vajda Gy.: Energiapolitika. (az MTA kiadványa. 2001.)
48. Várkonyi Nándor: Szíriat oszlopai. Magvető Kiadó, 1972.
49. World Energy Outlook. 2012.
50. Woynarovich Ferenc: Gondolatok a „modell” fogalom használatáról. Fizikai Szemle. 2014/3.

### 3. Globális kihívások, a kudarc veszélye

1. A Világ helyzete. 2013. Van még esély a fenntarthatóságra? Worldwatch Institute. A Föld Napja Alapítvány.
2. A World Federation of United Nations Associations.
3. Bárdossy G. – Lelkesné Felvári G.: Gondolatok és kételyek Földünk szénhidrogénkészleteivel kapcsolatosan. Magyar Tudomány, 2006. I.
4. Bartlett, Albert: Arithmetic, Population and Energy: Sustainability
5. Brzezinski, Zbigniew: Stratégiai vízió: Amerika és a globális hatalom válsága. Antall József Tudásközpont, 2013.
6. Etude sur la situation économique et sociale dans le monde, 2010. E/2010/50/Rev.1. ST/ESA/330. Nations Unies. New York, 2011.
7. ExxonMobil: The Outlook for Energy. 2013. A wiew to 2040.
8. Ferguson, Niall: Civilizáció – a Nyugat és a többiek. Scolar, 2011.
9. Foos, Jacques: Démographie et énergie, un couple indissociable. Le Monde, 2011. nov. 10.
10. Great Transition: The Promise and Lure of the Times Ahead.
11. Harris, Jonathan M.: Green Keynesianism: Beyond Standard Growth Paradigms.
12. Harris, Jonathan M.: Population, Resources, and Energy in the Global Economy: A Vindication of Herman Daly's Vision. <http://ideas.repec.org/p/dae/daepap/13-03.html>
13. Harris, M. Jonathan: Population, Resources, and Energy in the Global Economy: A Vindication of Herman Daly's Vision. <http://ideas.repec.org/p/dae/daepap/13-03.html>

14. Hirsch, R.: et al. (2005.). Peaking of world oil production: impacts, mitigation, & risk management.; Hirsch Robert: The Inevitable Peaking of World Oil Production. The Atlantic Council of the United States Bulletin Vol. XVI, No. 3 October 2005.
15. Hirsch, R.: The Inevitable Peaking of World Oil Production. The Atlantic Council of the United States Bulletin Vol. XVI, No. 3 October 20.
16. Hirsch, Robert – Bezdek, Roger – Wendling, Robert: Peaking Of World Oil Production: Impacts, Mitigation, & Risk Management. 2005.
17. <http://populationpress.org/2013/04/23/energy-ethics-and-civilization-by-vaclav-smil/>
18. Judt, Tony: Ill Fares the Land. Penguin Books, 2010.
19. Keynes, John Maynard: The Economic Consequences of the Peace. Harcourt Brace, New York, 1920.
20. Keynes, John Maynard: The General Theory of Employment, Interest and Money. 1936.
21. Klein, Naomi: The Shock Doctrine. The Rise of Disaster Capitalism. London. Penguin Books. 2008. Magyar fordítása megjelent az Akadémiai Kiadó gondozásában.
22. Kumar, Nagesh – Gallagher, Kevin: Le Role essentiel de l'État. Megtálalható: Polgári Szemle. 2012. június. 8. évfolyam, 1-2. szám.
23. Leggett, Jeremy: Half gone. Portobello Groups Ltd., 2005.
24. Malthus, T.: An Essay on the Principle of Population, as it Affects the Future Improvement of Society with Remarks on the Speculations of Mr. Godwin, M. Condorcet, and Other Writers. London, 1798.
25. Orlov, D.: The Five Stages of Collapse. 2008.
26. Perkins, J.: Egy gazdasági bérgyilkos vallomása. Ráció Kiadó, 2006.
27. Pólyi Csaba: Új népvándorlás – Migráció a 21. században Afrika és Európa között. Szerkesztette: Tarrósy István – Glied Viktor – Keserű Dávid
28. Raskin, P., Gallopin, G., Gutman, P., Al Hammond, Swart, R.: Bending the Curve: Toward Global Sustainability. A report of the Global Scenario Group.
29. Raskin, P.: World Lines Pathways, Pivots, and the Global Future. GTI Paper Series. Frontiers of a Great Transition. 16.
30. Reich, R. B.: Supercapitalism. New York: Knopf, 2007.
31. Smil, Vaclav: Energy, ethics and civilisation
32. Stiglitz, J.: Globalization and its Discontents, Norton & Company, June 2002; A globalizáció és visszasságai. Napvilág Kiadó, 2003.
33. Szergényi I.: Energia és civilizáció. Energiapolitika 2000. Társulat, 2010. nov. 30.
34. Szergényi, I.: Paradigmaváltás az energetikában civilizációnk megtartása érdekében. Magyar Energetika, 2009. dec.
35. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2013). World Population prospects: The 2012 Revision.
36. Wigner, E. P.: Symmetries and Reflexions. Scientific Essays. Indiana University Press. Bloomington, London, 1967.

#### 4. Az állam szerepe

1. Juhász Lilla Mária: Az állam szerepe a XXI. században. Corvinus Egyetem, Pro Publico Online, Támop Special, 2011.
2. Giddens, A.: The Politics of Climate Change. Cambridge. U. K. Polity Press, 2009.
3. Heilbroner, R.: An Inquiry into the Human Prospect. New York: W.W. Norton & Company, 1980.
4. Heilbroner, R.: Second Thought on the Human Prospect, Challenge, May-June, 1975.
5. Klein, Naomi: The Shock Doctrine. The Rise of Disaster Capitalism. London. Penguin Books. 2008. (Magyar fordítása megjelent az Akadémiai Kiadó gondozásában Sokkdoktrína címmel.)

#### 5. Az erőforrások végeességének jelentősége

1. Foos, Jacques: Démographie et énergie, un couple indissociable. Le Monde, 2011. nov. 10.
2. Fodor Judit: A nyersanyagok szerepe az emberiség jövőjében (A kívánt jövőtől a lehetséges jövőig). Gondolat, 1976.
3. Német Tamás: A Magyar Tudomány Ünnepe 2008. évi rendezvénysorozat.

#### 6. Tévedések és remények

1. Beck Mihály: Tévedés a tudományban. Kutatók éjszakája, 2005 (Konferencia).
2. Beveridge, Beardmore William Ian (WIB): The Art of Scientific Investigation. Norton, New York.
3. Bohr, Niels: Essays 1958-62 on Atomic Physics and Human Knowledge. New York: Interscience, 1963. p. 72.
4. BP Statistical Review 2012 The Incredible Growth of Oil Resources
5. Broad, William – Wade, Nicholas: Betrug Und Täuschung in der Wissenschaft. Basel-Stuttgart-Boston, Birkhäuser. <http://eprints.rclis.org/10532/1/BetrugWissenschaft.pdf>.
6. Egely György: Borotvaélen.
7. Fölsing, Albrecht: Der Mogelfaktor : die Wissenschaftler und die Wahrheit - The deceit factor: the scientists and the truth. Rasch und Röhring, Hamburg, 1984.
8. Hirsch, Robert L.: Peaking of world oil production: impacts, mitigation, & risk management. 2005.
9. Hirsch Robert: The Inevitable Peaking of World Oil Production. The Atlantic Council of the United States Bulletin Vol. XVI, No. 3 October 2005.
10. Jáky Szaniszló: The Relevance of Physics. University of Chicago Press, 1966.
11. Kovách Ádám: Tudomány és áltudomány. Debreceni Szemle. 2004. 12.
12. Le Fanu, James: Az orvostudomány önkritikája. Typotex Kiadó, 2008.
13. Matolcsy György: A neoliberais gazdaságpolitika téveszméi. Polgári Szemle. 2012. december. 8. évfolyam, 3–6. szám
14. Rotblat, Joseph: Szilárd Leó, a Pugwash-mozgalom úttörője. Fizikai Szemle 1998/4.
15. Soros György: A globális kapitalizmus válsága – veszélyben a nyílt társadalom. Scolar Kiadó, 1999.
16. Stiglitz, Joseph E.: Globalization and its Discontents, Norton & Company, 2002; A globalizáció és visszasságai. Napvilág Kiadó, 2003.

17. Sükösd Csaba: Szilárd Leó és az első atommáglya megalkotásához vezető út. Fizikai Szemle.
18. Teller Ede: Felszólalás az atomreaktorok biztonságának növeléséről tartott nemzetközi konferencián (George Washington Egyetem, 1988. augusztus). Az előadás szövegét Teller Ede engedélyével közölte a Fizikai Szemle 39/12. 441-445.

## 7. Az emberi tényező

1. Angewandte Chemie International Edition. Vol 51 Issue 44.
2. Ashraf, Muqsit és Satapathy, Manas: The Global Quest for Light Tight Oil: Myth or Reality?
3. Beck Mihály: Természettudomány és társadalom az ezredfordulón.
4. Bernal, John D.: Science in History. Watts, London, 1957.
5. Bettayeb, Kheira: Voici l'essence à base de CO<sub>2</sub>. Science & Vie. 2006. december.
6. Beveridge, W.I. B.: The Art of Scientific Investigation.: Norton, New York, 1957.
7. Brown, Lester R.: Plan B. 2. Rescuing a Planet under Stress and a Civilization in Trouble.
8. Buss, Michael: The History of Insulin.
9. Collins, H. M.: Tacit Knowledge, Trust and the Q of Sapphire. Social Studies of Science, 2001. p. 71-85.
10. Coombs, P. H.: Die Weltbildungskrise. Ernst Klett Verlag, Stuttgart, 1969.
11. Duncan, Richard: The Olduvai Theory of Industrial Civilization.
12. Eddington, Arthur: The Nature of the Physical World. Cambridge University Press, 1928.
13. Érdi Péter: Teremtett valóság. Typotex Kiadó, 2000.
14. European Commission (2001): Making an European Area of Lifelong Learning a Reality.
15. Fodor Judit: A nyersanyagok szerepe az emberiség jövőjében (A kívánt jövőtől a lehetséges jövőig). Gondolat, 1976.
16. Gibbs, W. Wayt: Plan B for Energy. 2006. szeptember. \_B\_Energy\_New\_Technology.
17. Gitt, Werner: Fascination Mensch. 1996 by CLV Christliche Literatur-Verbreitung. D-33661 Bielefeld
18. Günther - Folke: Ruralisation a way to alleviate vulnerability problems.
19. Havas Attila: Magyar paradoxon? A gyenge innovációs teljesítmény lehetséges okai. Külgazdaság, LIII. évf., 2009. szeptember-október.
20. Jáki Szaniszló: The Relevance of Physics. Chicago University Press, 1966.
21. Joint Operating Environnement. 2010.
22. Kapitza Institute: First World Conference on The Future of Science. The Demographic Revolution and Science. Párizs, 1987.
23. Kevei Ferenc - Kucsera Judit: Mikrobiológia. Szeged, 1997.
24. Koestler, Arthur: Szellem a gépben. Európa, Budapest, 2000.
25. Óhidy Andrea: Lifelong learning - az oktatáspolitikai koncepciótól a pedagógiai paradigmáig. Új pedagógiai szemle. 2006. November.
26. Oktatás - rejtett kincs - Delors-jelentés a XXI. századi oktatásról. OFI.
27. Richard, Duncan: Sliding Towards a Post-Industrial Stone Age. 1996.
28. Selye János: Álomtól a felfedezésig. Akadémiai Kiadó, 1967.
29. Selye János: Életünk és a stressz. Akadémiai Kiadó, 1964.



30. Selye János: In vivo. A szupramolekuláris biológia védelmében. Akadémiai Kiadó, 1970.
31. Simmons, M.: Autopsy Of Our Energy Crisis. The Pacific Union Club. San Francisco, California. May 29, 2007.
32. Sólyom Jenő: Előadás. Az alacsony hőmérsékletek titkai. Mindentudás Egyeteme.
33. Stiglitz, Joseph E.: Globalization and Its Discontents. Norton & Company, 2002; A globalizáció és visszásságai. Napvilág Kiadó, 2003.
34. Szergényi István: A kollektív előkészítés, az oktatás, a tudomány és a technológiafejlesztés szerepe az energiapolitikákban. Fizikai Szemle. 2007/9-10.
35. Szergényi István: A kőolaj és a civilizáció. Magyar Kémikusok Lapja. 2007. 4.
36. Wells, H. G.: The World Set Free. London, 1914.
37. Zidan, Ragaiy: Hydrogen Technology Laboratory Savannah River Technology Center (SRTC). 773-41A/ 247 Savannah River Site Aiken.

## 8. A legfontosabb energiafüggő területek

1. Ackerman, Philip – Madison, Deborah: Rebuilding the Foodshed: How to Create Local, Sustainable, and Secure Food Systems (Community Resilience Guides) [Paperback]
2. Ádám Béla – Büki Gergely – Maiyaleh Tarek: Geotermikus energia – Hőszivattyúzás. Mérnöki Kamara Nonprofit Kft.
3. Armaroli, Nicola – Balzani, Vincenzo: The Future of Energy Supply: Challenges and Opportunities. Angew. Chem. Int. Ed. 2007. 46, 52.
4. Basset, Nuria: The Net Energy of Biofuels.
5. Boeing B-52 Stratofortress.
6. Brown, Lester R.: Full Planet, Empty Plates: The New Geopolitics of Food Scarcity. 2012.
7. Brown, Lester R.: Plan B 4.0: Mobilizing to Save Civilization.
8. Brown, Lester R.: Plan B: Rescuing a Planet under Stress and a Civilization in Trouble.
9. Büki Gergely: A kapcsolt energiatermelés fogalmáról és jellemzőiről. Magyar Energetika. 2002/1.
10. Büki Gergely: Energiarendszerek jellemzői és auditálása. Mérnöki Kamara Nonprofit Kft.
11. Büki Gergely: Optimális energiatakarékosság – a hőszigetelés példáján. Magyar Energetika. 2014/1.
12. Closson, Stacy: The military and energy: Moving the United States beyond oil. Elsevier.
13. EcoSolutions. All About: Food and fossil fuels Jegyzet: váltás első generációs bioüzemanyagról a második generációsra.
14. Energy Information Administration, Office of Oil and Gas, June 2010.
15. Forti, Luca: Green Chemistry. Concorso di Bioraffineria. Università degli studi di Modena e Reggio Emilia. Facoltà di Bioscienze e Biotecnologie.
16. Forty, George: Tankok világciklopédiája. Atheneum, 2000, 2006.
17. Giampietro, Mario – Pimentel, David: Energy efficiency and nutrition in societies based on human labor Ecology Of Food And Nutrition – Ecol Food Nutr, vol. 28, no. 1-2, 1992.
18. Giampietro, Mario – Pimentel, David: Energy efficiency: Assessing the interaction between humans and their environment. Ecological Economics - ECOL ECON, 1991. vol. 4, no. 2.

- Mario és David Pimentel Giampietro Mario és David Pimentel Giampietro: *The Tightening Conflict: Population, Energy Use, and the Ecology of Agriculture*. 1994.
19. Javaslat az Európai Parlament és Tanács irányelve az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájának bevezetéséről. COM(2013) 18 final.
  20. Joint Bioenergy Institute at DOE Lawrence Berkeley Labs.
  21. Karbuz, Sohbet: DOD and Alternatives to Conventional Oil.
  22. Karbuz, Sohbet: Can the military go green? *Energy Bulletin*, 2007.
  23. Kiss István: A búzakereskedelem fontosabb szereplői. I. rész. Világgazdasági vonatkozás.
  24. Latin feljegyzésekből. Adatok, érdekességek az ókorból.
  25. Leggett, Jeremy: *Half gone*. Portobello Groups Ltd, 2005. *The Tightening Conflict: Population, Energy Use, and the Ecology of Agriculture*. 1994.
  26. Lindstedt, J.: *Fiber, Fuels and Chemicals – A European Biorefinery in Operation*, 16th Biomass Conference and Exhibition, Valencia, Spanyolország, 2008.
  27. Mackay, David Jk.: *Sustainable Energy – without the hot air*. Draft 2.1.5 – May 12, 2008]; *Fenntartható fejlődés – mellébeszélés nélkül*. Vertis Zrt. és Typotex Kiadó, 2011.
  28. Manning, Richard: *The Oil We Eat*. Harpers, 2005.
  29. Murphy, Pat: *Community Survival Strategies for Peak Oil and Climate Change*. E-book.
  30. Nemzeti Közlekedési Stratégia. 2013. Közlekedés Energiahatékonyság-javítási Cselekvési Terv. 2013. október.
  31. Odac. Depletion Analysis Centre.
  32. Ohnsman, Alan: *Eau + soleil = carburant comme Lab en Californie* chenillards Dream:Voitures.
  33. Oláh György – Ániszfeld Róbert: Új generációjú üzemanyagcellák. *Magyar Tudomány*, 2002/12
  34. Ósz János: A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés megváltozott hatékonysága. *Energiagazdálkodás*. 52. Évf. 2011. 5. sz.
  35. Pfeiffer, Dale Allen: *Eating Fossil Fuels: Oil, Food and the Coming Crisis in Agriculture*. 2006.
  36. Prugberger Tamás: A globalizáció és hatása a gazdaságra, valamint a foglalkoztatásra. *Polgári Szemle*. 2011-5-6.sz.
  37. Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont: A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés versenyképessége és szabályozási kérdései Magyarországon.
  38. Szergényi István: A kőolaj és a civilizáció. *MKL*. 2007/4
  39. Tarrier, Michel: L'ONU annonce une crise alimentaire mondiale pour. 2012.
  40. WEC=World Energy Council.
  41. *World Oil*. 2012. Sec.1. p. 138.
  42. Zarándi Pál: Tiszta energiák a közlekedésben. *Magyar Energetika*. 2013. október.

## 9. A föld energiavagyonának elvi megítélése

1. Andrews, Steve: *Peak Oil Review*. Apr 29.
2. Brown, Lester, R.: *Full Planet, Empty Plates: The New Geopolitics of Food Scarcity*. 2012.
3. Ivanhoe, L. F. –Leckie G G.: Global oil, gas fields, sizes tallied, analyzed. *Oil and Gas Journal*. Feb. 15, 1993. pp.87-91.
4. Li Guoyu (2011), *World Atlas of Oil and Gas Basins* (Oxford:Wiley-Blackwell), p. 20.

## 10. A pazarlás bosszúja

1. Armaroli, Nicola – Balzani, Vincenzo: The Future of Energy Supply: Challenges and Opportunities. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2007. p. 46, 52.
2. Ashraf, Muqsit – Satapathy, Manas: The Global Quest for Light Tight Oil: Myth or Reality?
3. Diamond, Jared: Háborúk, járványok, technikák. Typotex Kiadó. 2000.
4. Erényi Gusztáv: Spengler-epilógus. Nyugat. 1936. 6. szám.
5. Friedell, Egon: Az újkori kultúra története. I-VI. Holnap Kiadó, 1989.
6. Hankiss Elemér: A Nincsből a Van felé. Osiris Kiadó, 2012.
7. Judt, Tony: Ill Farest he Land. Penguin Books, 2010.
8. Judt, Tony: What Is Living and What Is Dead in Social Democracy? The New York Review of Books. 2009. dec.
9. Latouche, Serge: A nemnövekedés diszkrét bája. Savaria University Press, Szombathely, 2011.
10. Lima, Daniel: Human Development Index 2012. O Globo.
11. Mackay, D. Jc.: Fenntartható fejlődés – mellébeszélés nélkül. Vertis Zrt. és Typotex Kiadó Kft. 2011.
12. Meadows, D. – Randers, J. – Meadows, D.: A növekedés határai – harminc év múltán. Kossuth Kiadó, 2005.
13. Nebraska–Lincoln Tern and Plover Conservation Partnership School of Natural Resources.
14. Német Tamás: A tudomány az élhető Földért. Magyar Tudomány. 2009/01.
15. Sebestyén Tibor: Életminőség és boldogság. Polgári Szemle, 2005. június. I. évfolyam, 5. szám
16. Szergényi István: Energia esszé. 2011. Valóság. 10.
17. Wiener, Norbert: Cybernetics. II. kiadás. The MIT Press and John Wiley and Sons, Inc., New York – London, 1961.
18. Wilson, Edward O.: The Future of Life. September/October 2002, bimonthly publication of the Foundation for Global Community.
19. Wood, Michael: In search of the first civilisation. BBC Books BBC Worldwide Ltd., 2005.

## 11. Energiatakarékosság, hatékonyságnövelés

1. Correlation between the annual average rate of changes in energy intensity and energy demands. Prepared by I. Szergényi. Accepted: UNITED NATIONS Commission for Europe. Energy/R. 89. 27. july. 1993 Heat Supply in Denmark.
2. How Denmark Paved Way To Energy Independence; <http://postcarboncities.net/node/141>,
3. Huber, George – Corma, Avelino: Synergies between Bio- and Oil Refineries for the Production of Fuels from Biomass. Online közreadás: 2007. júl. 3.
4. Jóna György: Klaszterek az újkapitalizmusban. 2012. Valóság, 10.
5. Jóna György: Társadalmi áramlatok és egyéni szerepek. Statisztikai Szemle, 2010. 13.
6. Michelberger Pál: Közlekedés a XXI. században. Magyar Tudomány, 2008/02.
7. Obláth Gábor: Mire jó a vásárlóerő-paritás. Világgazdaság. 2005. ápr. 19.)
8. Sajtóközlemény a Világ Energia Tanácsának 20. üléséről. 2007. 11. 07.
9. Szergényi I.: Economic growth as a function of changes in energy intensity and production restructuring. *Acta technica. Acad. Sci. Hung.*, 1988. 101. (3) pp. 339.

10. Szergényi I.: Le développement de la consommation d'énergie en fonction du changement de la structure de production. Hozzászólás a XIV. Energia Világkongresszuson. Montreal, 1989.

## 12. A környezeti veszélyek etikus megközelítése

11. A Világ helyzete. 2013. Van még esély a fenntarthatóságra? WORLDWATCH INSTITUTE. A Föld Napja Alapítvány.
12. Ács Miklós – Fehér Csaba – Nagy-Spieler Péter: Európa története a kezdettől napjainkig. Könyvkuckó Kiadó, Budapest, 2000.
13. Ball, Tim: Pre-Industrial And Current CO<sub>2</sub> Levels Deliberately Corrupted.
14. Behringer, W.: A klíma kultúrtörténete. Corvina Kiadó, Budapest, 2010.
15. Berényi Dénes: Hogy állunk a klímaváltozással? Természet Világa.
16. Climate in northern Europe reconstructed for the past 2,000 years: Cooling trend calculated precisely for the first time Calculations prepared by Mainz scientists will also influence the way current climate change is perceived / Publication of results in Nature Climate Change. 09.07.2012.
17. Czelnai Rudolf: Válasz Reményi Károly észrevételeire. Magyar Tudomány, 170 (2009) 237-239.
18. Császár Géza – Haas János – Nádor Annamária: A földtörténet klímaváltozásai és azok tanulságai. Magyar Tudomány, 169 (2008) 663-687.
19. Environment Statistics.
20. Franck, H. G. – Knop, A.: A szénfeldolgozás kémiai technológiája. Műszaki Könyvkiadó, 1986.
21. IPCC Report, Forth Assessment Report, 2007.
22. Jouzel et al: Science. 2007. 317, 793–797.
23. Kertész Ádám: A globális klímaváltozás természetföldrajza. 2000.
24. Kopp, Robert E. – Simons, Frederik J. – Mitrovica, Jerry X. – Maloof, Adam C. – Oppenheimer, Michael: Probabilistic assessment of sea level during the last interglacial stage. Nature, 2009. 462, 863–867.
25. Kutschera, W.: Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B268, 2010. pp. 693–700.
26. Láng István – Csete László – Jolánkai Márton: A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 2007.
27. Lomborg, Bjorn: Hidegvér, Typotex Kiadó, Budapest, 2008.
28. Lüthi et al: Nature, 2008. 453. 793–797.
29. Major György: A Föld éghajlatának vázlatos története. Debreceni Szemle, 2010. 18. szám.
30. Maklári Tamás: Klímahisztéria és más gyógyítható betegségek. Studium Bt., 2008.
31. Mészáros Ernő – Somlyódi László: Beszélgetés a környezet két fontos közegéről – a vízről és a levegőről. Magyar Tudomány. 2012. október.
32. Millenium Ecosystem Assesment 2007-es jelentése.
33. NOAA. National Climatic Data Center.
34. Papp Sándor: A víz a biogeokémiai körfolyamatokban. Természet Világa 2011. évi különszáma.
35. Petz Ernő: Mi van, ha mégsem igaz? Polgári Szemle. 2011. szeptember – 7. évfolyam, 4. szám.
36. Petz Ernő: Válaszúton az energetika. Előadás. OMBKE. 2013. szept. 3.

37. Reményi Károly és Gróf Gyula: Megjegyzések a globális felmelegedéshez. Magyar Tudomány, 169 (2008) 458-461.
38. Reményi Károly: A konszenzus és evidencia nem tudományos érv. Magyar Tudomány 171, (2010) 44.
39. Reményi Károly: Energetika, CO<sub>2</sub>, felmelegedés. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2010.
40. Szarka László: „Globális felmelegedés” és kritikai gondolkodás. Természet Világa 140 (2009) 214-215. o.
41. Szarka László: Mozaikok az éghajlatkutatáshoz. Magyar Tudomány 171 (2010) 609.
42. Szergényi I.: Energia és civilizáció. Energiapolitika 2000 Társulat. 2010. nov. 30.
43. UN. Energy Statistics. 2010.
44. Válas György: A klímaváltozásokról. Fizikai Szemle. 2013/7-8.
45. Végh László – Szám Dorottya – Hetesi Zsolt: Utolsó kísérlet. Kairosz Kiadó, Budapest, 2009.

### 13. A népesség

1. Migrációs Stratégia és az azon alapuló, az Európai Unió által a 2014-2020. ciklusban létrehozásra kerülő Menekültügyi és Migrációs Alaphoz kapcsolódó hétéves stratégiai tervdokumentum.
2. Tarrósy István – Glied Viktor – Keserű Dávid: Új népvándorlás. Migráció a 21. században Afrika és Európa között.

### 14. Pesszimista és optimista jövőképek

1. A természettudomány és a vallás találkozása. Kalligram, Pozsony, 2009.
2. Arthur Koestler: A láthatatlan írás. Osiris, 1997.
3. Artus, Patrick – Virard, Marie-Paule: Globalisation le pire est a venir. Ed. La Découverte, 2008.
4. Atkins, Peter: The Limitless Power of Science, in: Nature's Imagination. ed. John Cornwell. Oxford University Press, 1995.
5. Bárdossy György: A világ atomerőműveinek uránérc-ellátottsága. Magyar Tudomány. 2011/3.
6. Csaba Zoltán: Űrbéli hajtóműrendszerek fejlődési lehetőségei.
7. Fekete szerda – Nagy-Britannia és a közös európai pénz. HVG. 2002. szeptember 17.
8. Ferguson, Niall: Civilizáció. A Nyugat és a többiek. Scolar Kiadó, 2011.
9. Hetesi Zsolt: A felélt jövő. A Fenntartható Fejlődés Egyetemközi Kutatócsoport. ELTE Fizika Tsz.csoport,
10. Holmes, B. – Jones, N.: Brace yourself for the end of cheap oil. = New Scientist, 179.k. 2406. sz. 2003. aug. p. 9.
11. Jones, N.; Holmes, B.: Can heavy oil avert an energy crisis? = New Scientist, 179. k. 2406. sz. 2003. aug. p. 11.
12. Kádár Zoltán: Philosophia Perennis. Oswald Spengler technológiakritikája – a Nyugat, mint önpusztító világszobrász. XIII. évfolyam, 1. szám Mikes International Volume XIII., Issue 1.
13. Laherrère, Jean: Le déclin peut intervenir dès 2007. L'Express 14/02/2005.
14. Latouche, Serge: A nemnövekedés diszkrét bája. Savaria University Press, Szombathely, 2011.

15. Matthew R. Simmons: Twilight in the Desert: The Coming Saudi Oil Shock and the World Economy. Wiley. 2005; Autopsy Of Our Energy Crisis. The Pacific Union Club. San Francisco, California. May 29, 2007.
16. Nadeau, Robert: The Economist has no Clothes. Scientific American Magazine. 2008. march.
17. Power struggle. = New Scientist, 179. k. 2406. sz. 2003. aug. p.
18. Schultz György összeállítása: Küzdelem az energiáért.

### 15. Megoldások keresése – a civilizációk jövője

1. Bowen, Brian H. – Irwin, Marty W. – Canchi, Devendra: Coal-To-Liquids (CTL) & Fischer-Tropsch Processing.
2. Culham Centre of Fusion Energy.
3. Edison, Thomas A. beszélgetése Henry Forddal és Harvey Firestonnal. 1931. lásd: Uncommon Friends (James Newton).
4. Electronic Power Research Institut Technology Watch 2011.
5. Energy applications of nanotechnology.
6. Gesell, Silvio: A természetes gazdasági rend. Kétezerregy Kiadó.
7. Höök, Mikael: Hydrocarbon Liquefaction: -CTL & GTL as peak oil mitigation? ASPO Konferencia. 2012. Június.
8. Jenner, Steffen – Lamadrid, Alberto J.: Shale gas vs. coal: Policy implications from environmental impact comparisons of shale gas, conventional gas, and coal on air, water, and land in the United States. February 2013.
9. Jóna György: Klaszterek az újkapitalizmusban. 2012. Valóság, 1..
10. Jóna György: Társadalmi áramlatok és egyéni szerepek. Statisztikai Szemle, 2010. 13.
11. Lengyel Imre – Deák Szabolcs: Klaszter: a helyi gazdaságfejlesztés egyik sikeres eszköze.
12. Markovics Klára: e tudomány: 2006 / 2. szám.
13. Oláh György: Beyond Oil and Gas: The Methanol Economy; Angewandte Chemie. International Edition.
14. Zhaobin Wei et al.: Carbon nanotubes as support for cathode catalyst of a direct methanol fuel cell.
15. Sawin, Janet L.: The coming energy revolution. People and renewable energy.
16. Schindler, Jörg – Zittel, Werner: A Possible Path towards a Sustainable Future. 2006. Alternative World Energy Outlook.
17. Sólyom Jenő: Előadás. Az alacsony hőmérsékletek titkai. Mindentudás Egyetem.
18. Stiglitz, Joseph E. : A globalizáció és visszasságai. Napvilág Kiadó, 2003.
19. Szergényi István: A kollektív előkészítés, az oktatás, a tudomány és a technológiafejlesztés szerepe az energiapolitikákban. Fizikai Szemle. 2007/9-10.
20. Szergényi István: Paradigmaváltás az energetikában civilizációnk megtartása érdekében. Magyar Energetika 2009. december.
21. Wautelet, Michel: Le pic du Petrol.: l'autre vérité qui dérange.
22. Le pic du Pétrole: l'autre vérité qui dérange

## 16. Az energiapolitikák

1. Nolan, Peter: Crossroads. London, 2009. p. 220.
2. Svájci energiapolika. Le Conseil fédéral adopte le message sur la Stratégie énergétique. 2050. Szergényi István: Energiafelhasználásunk és a gazdasági szerkezet átalakításának elvei. Iparpolitikai Tájékoztató 1983. 7.
3. Szergényi István: Európai Energiapolitika – Magyar Energiapolitika. Integrációs Stratégia Munkacsoport, Budapest, 1997.
4. Szergényi István: Energia esszé. Valóság. 2011. Október.
5. Tarbell, Ida M.: The history of the Standard Oil Company. Published 1904 by McClure, Phillips in New York
6. The World Plutocracy Part I: Oil Rulers.
7. Wautelet, Michel: La vie quotidienne en 2050.
8. Zágonyi Miklós: Környezet és jövő. Fordulópont előtt a világgazdaság? Konferencia-előadás, 1999. június.

## MÁSODIK RÉSZ

### Energiaforrások

1. Advanced Resources Completes “World Shale Gas and Shale Oil Resource Assessment”. Alibeu, Séverine: De l’hydrogène produit sans platine ! CEA de Grenoble. Publié dans Ecologie / Electrique > Véhicules hydrogène.
2. Armaroli, N. – Balzani, V.: Angew. The Future of Energy Supply: Challenges and Opportunities, Angewandte Chemie International Edition, Volume 46, Issue 1-2, pp. 52–66, December 18, 2006.
3. Árpási M.: Multiple integrated uses of geothermal fluids of medium enthalpy and high content of dissolved gas in Kiskunság area, Study, 2006.
4. Bai Attila (szerk.): A biomassza felhasználása, Szaktudás Kiadó Ház Rt, Környezetvédelmi Alap Célfeladat támogatásával, Budapest, 2002.
5. Bailey, B.K.: Performance of ethanol as a transportation fuel, in: Handbook of bioethanol: Production and utilization, Ed.: Wyman, C.E., Taylor&Francis,
6. Balajti László: A geotermikus energiahasznosítás rövid története. Magyar Energetika. 2013/5.
7. Bárdossy György – Lelkesné Felvári Gyöngyi – Pogácsás György (2008): A világ szénhidrogén vagonáról. Publicisztika és valóság. Természet Világa. 139, 2, 62–67.
8. Bárdossy György – Lelkesné Felvári Gyöngyi (2006): Gondolatok és kételyek Földünk szénhidrogén-készleteivel kapcsolatosan. Magyar Tudomány. 1, 62–71.
9. Bartis, J.T. – LaTourrette, T. – Dixon, Lloyd – Peterson D. J. – Cecchine, G.: Oil Shale Development in the United States Prospects and Policy Issues.
10. Bauquis, P-R.: What future for extra heavy oil and bitumen: the Orinoco case.



11. Bobok Elemér – Tóth Anikó: A geotermikus energia helyzete és perspektívái. Magyar Tudomány. 2008/10.
12. Bódás Sándor – Kovács Kornél: A biogáz jövője. Magyar Energetika. 2011/2.
13. BP Statistical Review of World Energy 2009/World Energy Outlook 2009, IEA
14. Building a world of resilient communities.
15. Büki Gergely: Biomassza-hasznosítás az épületek energiaellátásában. Energiagazdálkodás. 2010/1.
16. Büki Gergely: A nem nukleáris alapú villamosenergia-termelés lehetőségei. MTA Energiakonferencia, 2014. február 18.
17. Büki Gergely: Biomassza, a megújuló hőforrás. Magyar Energetika, XVII. évfolyam. 2010/ 2.
18. Büki Gergely: Megújuló energiák hasznosítása – irányok és hatások. Magyar Energetika, XVII. évfolyam. / . szám. 2010/6.
19. Büki Gergely: Megújuló energiák hasznosításának helyzete, és jövőképe. Magyar Energetika, 2010.
20. CleanBiz.Asia Staff: A palagáz éghajlatra gyakorolt hatása lehet, kétszer akkora, mint a széné.
21. Cochet, Yves: Pétrole Apocalypse. Fayard, Paris, 2005.
22. Commercial Nuclear Power Reactors in the United States.
23. CRS Report for Congress
24. Csom Gyula: Atomerőművek. Magyar Atomfórum Egyesület, 2004.
25. Deák András György: Jön! Jön! Jön! – a Déli Áramlat.
26. Department of Energy. 2010. Energy Information Administration, Washington, 2006.
27. Dinya László: Tendenciák a biomassza energetikai hasznosításában. Magyar Energetika. 2012. szeptember.
28. Duchane, David – Brown, Donald: Hot Dry Rock Geothermal Energy Development in the USA. Los Alamos National Laboratory.
29. European Coal Days. 2010.
30. European energy security: The future of Norwegian natural gas production
31. European Tribune: No Desertec for Europe.
32. Fabian, J.: Steinkohle-Lokale Anwirkungen eines globalen Aufschwungs. 12 November 2011. Clausthal-Zellerfeld
33. Faller Gusztáv – Szergényi István: A szén szerepe a világ energiafelhasználásában. Kézirat.
34. Fazekas István András: Fajlagos területigény alakulása megújuló energiák villamosenergia termelési célú hasznosítása esetén.
35. Gárdos György – Sarkadi Balázs: Az ATP – az élet tüzelőanyaga. Természet Világa. 1998. február
36. Grandpierre Attila: A Nap ereje – az ember felelőssége. ELIXÍR, 2005. január/191. szám, 14-15.
37. Gray, D. et al. „Coproducton of Ultra Clean Transportation Fuels, Hydrogen, and Electric Power from Coal.” Mitretek Systems Technical Report MTR 2001-43, July 2001.
38. Groode, T.A. – Heywood J. B.: Biomass to Ethanol: Potential Production and Environmental Impacts February 2008 LFEE 2008-02 RP Massachusetts Institute of Technology

39. Gyulai I.: A biomassza-dilemma.
40. Hajdú György: A hőszivattyú a jövő energiaforrása, a nap és föld hőjének hasznosítása.
41. Hárfás Zsolt: A nemzetgazdaság hajtómotorjai. Magyar Nemzet. 2014. március. 5.
42. Hárfás Zsolt: Nincsenek jó adottságaink a paksi komplexum kiváltására.
43. Hart, B.: Hydrogen Supply for SPFC Vehicles. ETSUF/02/0017/REP.
44. Hegedűs Miklós: Gázpiaci aranykor a hazai felemáság. Magyar Energetika. 2013/5.
45. Heinberg, Richard: Burning the Furniture.
46. Heywood, J. B.: Fueling our Transportation future, Sloan Automotive Laboratory M.I.T. 2006.
47. Hirsch, R. L.: The Inevitable Peaking of World Oil Production. The Atlantic Council of the United States Bulletin Vol. XVI, No. 3 October 2005.
48. Holmes, B. - Jones, N.: Brace yourself for the end of cheap oil. = New Scientist, 179. k. 2406. sz. 2003. aug. p. 9-10.
49. Höök, Mikael - Zittel, W. - Schnidler, J. - Aleklett, K. (2007): A Supply-driven Forecast for the Future Global Coal Production. Energy Policy.
50. Horn János:
51. Huff, Keith E: Frontiers of World Exploration.
52. Huzsvai László - Dobos Attila: Napenergia - kukorica - bioetanol.
53. IEA. Key World Energy Statistics. 2012.
54. IGU World LNG Report - 2011.
55. Imre László: A megújuló energetika helyzetképe. Magyar Energetika. 2009/4
56. Ivanhoe, L. F. - Leckie, G. G.: Global Oil, Gas Fields, Sizes Tallied, Analyzed. Oil & Gas Journal, February 15, 1993. pp. 87-91.
57. Jacobson, Marc: Number of Plants or Cevices to Power World.
58. Jánosi Imre: A szélenergia hasznosításának hazai perspektívái. Magyar Energetika. 2012. szeptember.
59. Jobbik Anita: Geotermikus energiahasznosítás lehetőségei mesterséges rendszerekkel. Energiagazdálkodás. 2007. 2.
60. Jones, N. - Holmes, B.: Can heavy oil avert an energy crisis? = New Scientist, 179. k. 2406. sz. 2003. aug. p. 11.
61. Karcher, C.: RWE The energy to lead. Bergheim 18. 04. 2012.
62. Karnis, M.: Carbon capture and Storage (CCS) The Road to Deployment. Annual General Meeting Society of Mining Professors, Tallin, Estonia, June 2010.
63. Kovács Ferenc: Szénkészletek és széntermelés a világban és hazánkban. Magyar Energetika. 2013/3
64. Kovács Viktória Barbara - Laza Tamás - Török Ádám: Növényi alapú, biotüzelőanyag-felhasználás közlekedési célú nemzetgazdasági optimalása. Magyar Energetika. 2010/9/10.
65. Kunstler, J.H.: La fin du pétrole. Le vrai défi du XXIe siècle. Plon, Paris, 2005. p. 371.
66. Kurunczi Mihály: A geotermia mint hazai energiaforrás. Polgári Szemle. 2009. 5. évf. 6. sz.
67. Laherrère, J.: Le déclin peut intervenir dès 2007. L'Express 14/02/2005.
68. Lakatos István (ed.) (1999-2007): Advances in Incremental Petroleum Production. Progress in Mining and Oilfield Chemistry. I-VII. Akadémiai Kiadó, Budapest.

69. Lakatos István – Lakatosné Szabó Julianna: A nem konvencionális szénhidrogének jelentősége a XXI. században (I.) Magyar Energetika. 2009/2.
70. Landrieu, F.: Les nouvelles techniques d'utilisation du charbon pour la production de l'électricité. Ire partie, Les procedes en cours de développement industriel. Revue de l'énergie, 40. 1989. p. 903-918.
71. Le Figaro. 2013. Febr. 1. Gaz de schiste:Après les États-Unis, l'Europe et la Chine.
72. Le pétrole et le gaz. 2010.
73. Legget, Jeremy: A fele elfogyott.
74. Ligetvári Ferenc – Tóth József: Járjuk körül a biogáz lehetőségeit. Magyar Energetika. 2011/2.
75. List of countries by coal production.
76. Magyar Bányászati és Földtani Hivatal (2007): Magyarország ásványi nyersanyag vagyona 2007.
77. OECD NEA (2008): Uranium 2007: Resources, Production and Demand. OECD NEA.
78. Oláh György: Beyond Oil and Gas: The Methanol Economy; Angewandte Chemie. International Edition.
79. Olsen, Jean Pierre: L'énergie dans le monde. Hatier, Paris, 1984.
80. 1984. Opportunities. Chem. Int. Ed. 2007, 46, 5 2-66
81. Pápay József (2003): Development in Petroleum Reservoirs. Akadémiai Kiadó, Budapest
82. Pápay József (2007): Kőolaj és földgáztermelés a XXI. században. Földtani Közlöny. 137, 41.
83. Papp Viktória – Marosvölgyi Béla: A biomassza-bázisú pellet, mint energiahordozó előállításának és hasznosításának energetikai kérdései. Magyar Energetika. 2012. április.
84. Parfomak, W. Paul – Vann, Adam: CRS Report for Congress: Liquefied Natural Gas (LNG) Import Terminals: Siting, Safety, and Regulation.
85. Pázmándi Tamás – Bodor Károly: Az uránpiac helyzete és kilátásai. Nukleon. 2008. május.
86. Peak Oil Review. 2013. ápr. 26.
87. Pimental, D.: Ethanol Fuels: Energy Balance, Economics, and Environmental Impacts are Negative. Natural Resources Research, 2003. 12(2)127-134.
88. Power struggle. New Scientist, 179. k. 2406. sz. 2003. aug. p. 8.
89. Pre-feasibility Report on geothermal development for electricity production and direct use in the Mélykút-Pusztamérges area (Hungary), KRETE Geothermal Consulting Ltd. Of Reykjavik, Iceland, 1996.
90. Reményi Károly: Energetika, CO<sub>2</sub>, felmelegedés. Akadémiai Kiadó. Budapest. 2010.
91. Riva, Joseph P.: World distribution of oil: Enciclopedia Britannica.
92. Robelius, Frederik: Giant Oil Fields of the World. Presentation AIM Industrial Contact Day. 2005.
93. Robelius, Fredrik: Giant Oil Fields - The Highway to Oil. 2007.
94. Robelius, Fredrik: Giant Oil Fields of the World
95. Schneider, Rosana – Bjerk, Thiago R. – Gressler, Pablo – Souza, Maiara P. – Corbellini V.A. – Lobo, E: Potential Production of Biofuel from Microalgae Biomass Produced in Wastewater.
96. Shapouri, H. – Duffield, J.A. – Wang, M.: The Energy Balance of Corn Ethanol: An Update, ed. USDA. 2002.

97. Sipos Bálint: A keményítő és a cellulóz alapú bioetanol gyártás összehasonlítása.
98. Smil, V.: Energy, Oneworld, Oxford, 2006.
99. Sousa, Luís de: Photovoltaïque: les nouveaux défis de la politique pour l'Europe.
100. Sükösd Csaba: Atomenergia a 21. században.
101. Szabó György: Lesz magyar palagáz? Mérnök újság. 2013. október.
102. Szergényi I.: A villamoserőmű fejlesztés szélesebb összefüggései. Magyar Energetika. 2012. október.
103. Szergényi István: Az európai energiapolitika és a kőolaj. Magyar Energetika. 2003. október. p. 34
104. Szergényi István: A nukleáris üzemanyagciklus. Energia és Atomtechnika. XXXIII. 10. október p. 439-450. 1980.
105. Szergényi István: A világ és Európa földgáz helyzetének néhány összefüggése. Magyar Energetika. 2007/2.
106. Szergényi István: Az atomerőművek szerepe a világ energiaigényeinek kielégítésében. Fizikai Szemle. XXXIII. 11. p. 405.
107. Szergényi István: Energiagazdálkodás. 2006. 6. A kőolaj a globalizáció korában. Energiagazdálkodás. 2007. 2.
108. Szilágyi Zsombor: Palaolaj, palagáz - a jövő energiahordozói? Magyar Energetika. 2013. Október.
109. Technology Roadmap for Generation. IV. Nuclear Energy Systems. December 2002. Issued by the U.S. DOE Nuclear Energy Research Advisory Committee and the Generation IV International Forum
110. The European Hot Dry Rock Project at Soultz.
111. The Future of Geothermal Energy. 2006. Massachusetts Institute of Technology.
112. The World Nuclear Industry Status Report 2012. Université de Geneve.
113. Tverberg, Gail: US natural gas: the role of unconventional gas. May 18 2008. The Oil Drum
114. U. S. E. I. A.: World Transit Chokepoints.
115. US Nuclear Regulatory Commission: Vadász Elemér: A szén és petróleum múltja és jövője. Az Athenaeum irodalmi és nyomdai RT kiadása. 85.
116. Vajda György (2006): Energia és környezet. Ezredforduló. 2., 3-7.
117. Varró László: Robbanó motor - még néhány évtizedig tart az olaj korszaka. Magyar Energetika. 2006/4
118. Végh János: A hazai atomerőmű bővítésénél szóba jöhető harmadik generációs technológiák. Magyar Energetika. 2009. április-május.
119. Walker, Andrew: Breaking The Bottleneck. Maritime Terrorism end "Economic Chokepoints" (Part 1)
120. Wingert, J. L.: La vie après le pétrole. De la pénurie aux énergies nouvelles, Editions Autrement, Paris, 2005, 243 pages.
121. Wootsch Attila: Hidrogénforradalom.
122. World Coal Association.
123. World Coal Institute Coal Facts. (2004-2011 évi jelentések) European Coal Days 2010

124. World Energy Outlook. 2012:
125. World Energy Perspective: Nuclear Energy One Year After Fukushima. World Energy Council. 2012.
126. Zajec, Olivier: Le Monde Diplomatique.
127. Zapka, Manfred: Peak Oil and the End of Cheap-and-Easy-Oil. May 23, 2006 Rebuild Hawaii Quarterly Meeting, Honolulu, Hawaii

## Egyéb irodalom

1. Alibeu, Séverine: Véhicules hydrogène Ecologie / Electrique. Le 13 Janvier 2008.
2. Az építkezés energiapolitikája 2014-től. Az Energiapolitika 2000 Társulat programjavaslata
3. Bahgat: The Geopolitics of Natural Gas in Asia.
4. Bárdos György: Rendszer és homeosztázis.
5. Bárdossy György: A szénhidrogének szerepe a jövő energiaellátásában. Fizikai Szemle 2008/5.
6. Barkow, J. K. - Cosmides, L. - Tooby, J. (eds.): The Adapted Mind. Oxford University Press, New York, 1992.
7. Bosset, Aurele de et al.: Quel avenir pour le transport aérien ?
8. BP Energy Outlook. 2030. London. January 2012.
9. Britannica Hungarica 2006.
10. Camiciani, Giacomo: The Photochemistry of the Future. Science. 1912. 36. 385.
11. Center for Strategic and International Studies.
12. CIA World Factbook China. 2012. Dec. 27.
13. Cochet, Yves: Pétrole Apocalypse, Fayard, Paris, 2005. 275 pages.
14. Commission des Communautés Européennes. 2005. COM(2005) 265 final.
15. Doran et al. Eos. Vol. 90. No.3. 20 January 2009. pg.22.
16. Earth. Philadelphia and Gabriola Island, BC: New Society Publishers, 1995-96.
17. Eckardt, Horst - Felker, Laurence G.: Egy új kor kezdete a Fizikában?
18. Fischer Ferenc: A német-angol geopolitikai metszéspont: Bréma-Berlin-Bizánc-Bagdad-Basra kontra Kairó-Kuvait-Karachi (1898-1918). Kutatási füzetek. JPTE PÉCS, 1999.
19. Gál Tivadar, dr.: Petrolkémiai technológiák. Nemzeti Tankönyvkiadó.
20. Hálózati és Klasztermenedzselési ismeretek.
21. Heinberg, Richard: How to avoid oil wars, terrorism, and economic collapse. Energy Bulletin. Published Jul 31, 2005.
22. Héjjas István: Kölcsönhatások az emberi tudat és a kvantumfizikai jelenségek között.
23. Heywood, John B.: Fueling our Transportation future, Sloan Automotive Laboratory M.I.T. 2006.
24. Hideg Éva: Paradigma a tudományelméletben és a társadalomtudományi kutatásokban.
25. Horváth, F - Dövényi, P.: Nagymélységű, magas entalpiájú geotermikus rezervoárok kutatási lehetőségeinek vizsgálata / in Hungarian / (Analysis of exploration possibility of deep geothermal reservoirs of high enthalpy)

26. Huber, George W. – Corma, Avelino: Synergies between Bio- and Oil Refineries for the Production of Fuels from Biomass. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2007, 46, 2–20 *Angewandte Chemie.*
27. Járosi Márton – Kacsó András: az építkezés energiapolitikája 2014-től .
28. Jóna György: *Klaszterek az újkapitalizmusban. Valóság.* 2012. 1.
29. Kasler Éva: A multikulturalizmus Magyarországon a XXI. Század első évtizedeiben: Különös tekintettel az oktatási vonatkozásokra.
30. Kiesling, Hans von: *Sóidat in drei Weltteilen. (General der chilenischen Armee. Oberst-leutenant a. D. Leipzig, 1935. Ferenc Fischer: Vergessene Memoiren über die Großmachtbestrebungen des kaiserlichen Deutschlands im östlichen Mittelmeerraum (1898–1918). In György Kukovecz (Hrsg.): La Méditerranée et l'Europe: Histoire et Politique. Szeged, JÁTE, 1998.*
31. Klare, Michael T.: *Le futur énergétique dessine la géopolitique de demain,*
32. Kuhn, Thomas: *A tudományos forradalmak szerkezete. Gondolat Kiadó, Budapest, 1984.*
33. Magie, William Francis: *A Source Book in Physics. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1963.*
34. Magyari Beck István (2000): *A homo oeconomicustól a homo humanusig. AULA Kiadó.*
35. Mattic, Robert – Kókai, János – Kluwer. Academic Publishers, 1994.
36. Maughon, B. R. – Schweizer, A. E. – Jones, M. E. – Siddall, J. H. : *Redefining Feedstocks for the Chemical Industry.*
37. McRae, Hamish: *A világ kétezerhúszban. AduPrint. 1996.*
38. *Mémoire de géopolitique du Lcl Hassan Mohamed. Séminaire. Les déterminants de la stratégie des Etats-Unis. Le rôle du Petrole dans la Politique Étrangere Americaine au Debut du XXIè Siecle. Mars 2003.*
39. Mulligan, Shane – Fridley, David: *Heads in the Sand? Or, Why Don't Governments Talk about Peak Oil? The Oil Drum. 2010. január. International Energy Outlook 2010. Projections to 2035.*
40. *Műszaki Földtudományi Közlemények, 83. kötet, 1. szám (2012), pp. 111–117.*
41. Neumann János: *Can We Survive Technology? Fortune. 1955. jun., valamint John von Neumann Collected Works, ed. A. Taub, Vol. VI. 504–519. old.*
42. *New Scientist, 179. k. 2406. sz.: Power struggle.*
43. Nielsen, Ron: *Nuclear Power Plants as Electricity Generators. Solution or illusion? 2007.*
44. Nováky Erzsébet: *Jövő kutatás és a biztonság. Polgári Szemle. 2011/5-6. sz.*
45. Ökrös Szilvia: *Az élet keletkezése.*
46. Ósz János – Bihari Péter: *Hőellátás.*
47. Poiron, Yohann: *What is hidden there behind Google's servers? The energy in the heart of concerns.*
48. Raisz Anikó: *GMO-támadás, mint az agresszió újabb formája? Polgári Szemle. 2012/1-2.*
49. Schindler, Jörg – Zittel, Werner: *Alternative World Energy Outlook. 2007.; A Possible Path towards a Sustainable Future. 2006.*
50. Simon Kálmán: *A magyar szénbányászat a 20. század második felében Magyar Tudomány, 2001/6*



51. Spencer, Charles W. – Szalay, A. – Tatár, E.: Abnormal pressure and hydrocarbon migration in the Békés Basin, in Basin Analysis in Petroleum Exploration, Ed. by Paul Teleki,
52. Statements on Oil. Svéd Tudományos Akadémia. Energia Bizottság.
53. Szathmáry Eörs: Az élet keletkezése. Magyar tudomány. 2003. 10.
54. Szergényi István: A tudás szerepe az energiapolitikában. Magyar Energetika. 2008/1.
55. Szergényi István: Az energia és a civilizáció néhány összefüggése. Magyar Energetika. 2011/1.
56. Szűcs Ferenc: A kőolaj hajnala, aranykora és alkonya. Természet Világa, 138. évfolyam, 1. szám, 2007. január.
57. Tánzos Lászlóné: A jövő mobilitása. Mérnök Újság. 2012, okt.
58. Toichi Tshutomu: Asian Energy Demand and Competition. IEEJ. July, 2008.
59. US. Energy Information Administration. September, 2012.
60. Vajda György: Energetika I. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1981. p. 46, 149.
61. Varró László: Robbanó motor – még néhány évtizedig tart az olaj korszaka. Magyar Energetika. 2006/4
62. Wackernagel, M. and Rees, W.: Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the
63. Weisgerber, François: Impact du sédiment „ÉNERGIE” sur l’Humanité. IGML. Luxembourg, 2004. október 11.
64. Wilson, Edward, O.: The Future of Life.
65. Wingert, Jean-Luc: La vie après le pétrole. De la pénurie aux énergies nouvelles, Editions Autrement, Paris, 2005, 243 pages.
66. World Energy Outlook. 2008.
67. World Energy Outlook. 2011. Are we entering a Golden Age of Gas? Special Report.
68. Zádori Iván: SEI Global Scenario Group által felvázolt jövőforgatókönyvek. Tudás Menedzsment. A Pécsi Tudományegyetem TTK Felnőttképzési és Emberi Erőforrás Fejlesztési Intézetének periodikája. VI. 1
69. Zittel, Werner: Paper presented at the Piu Manzu Center, Rimini in workshop 3: “Mankind on a hot tin roof. Kyoto heretics braving the greenhouse effect” of the Conference “The soul of the empire”, 2005.





## *Dr. Szergényi István élete és munkássága*

Előre bocsátom, hogy a szerző – akivel napra pontosan negyvenhárom évig örömben és bánatban egyaránt osztozó társakként tartoztunk össze – a férjem volt. A következő sorok megfogalmazásakor, bármilyen nehezemre is esett, igyekeztem csupán a száraz tények közlésére szorítkozni.

1933. november 10-én született Miskolcon.

Felhőtlen gyermekkorának a (II. világ)háború vetett véget. Honvéd-állatorvos édesapja ugyanis 1945-ben – hadifogolyként – meghalt, és mindmáig a (Romániában lévő) jeltelen tömegsírban nyugszik.

Özvegy édesanyja az osztályrészükként kijutó rendkívüli erőfeszítések és fájdalmas lemondások árán is igyekezett őt a legjobb nevelésben és oktatásban részesíteni, illetve részesíttetni, még a család 1951-es kitelepítésével járó viszontagságok közepette is.

A Pannonhalmi Bencés és a Budapesti II. Rákóczi Ferenc Gimnáziumban folytatott középiskolai tanulmányai után szökésben érettségizett le Dombóváron, majd sikerrel felvételizett a Veszprémi Vegyipari Egyetemre, ahol 1958-ban mérnöki diplomát szerzett.

Pályakezdőként olyan nagy budapesti iparvállalatoknál dolgozott, mint a Csepeli Olajfinomító és a Gamma Művek. Később az államigazgatásban az Országos Tervhivatal, majd az Ipari és Kereskedelmi Minisztérium munkatársa lett. Ez utóbbi munkahelyéről, mivel az Energiastratégiai Főosztály vezetőjeként a szektor privatizációját ellenezte, nyugdíjazták. Az ENSZ Európai Gazdasági Bizottsága Energia Bizottságának időközben elnyert elnöki megbízatása miatt azonban „visszafoglalkoztatták”.

Szakmai feladatai mellett folyamatosan képezte magát. 1971-ben elnyerte a kémiai tudományok kandidátusa címet, 1995-ben pedig PhD-fokozatot szerzett. Tudományos munkássága során öt könyvnek, illetve egyetemi jegyzetnek volt a szerzője vagy a társszerzője. A mintegy százhusz általa jegyzett szakmai közlemény közül számos nem csak magyar nyelven jelent meg. Gyakran tartott tudományos és ismeretterjesztő előadást itthon és külföldön egyaránt, többek között két Energia-világkonferencián (Cannes-ban és Montrealban) is. 1986-ban Pasteur-éreméremmel tüntették ki. Tagja volt több MTA-bizottságnak és a Magyar Energetikai Társaságnak, a Magyar Mérnöki Kamara pedig a tiszteletbeli tag címmel adományozta meg. Emellett a Budapesti Műszaki Egyetemen – annak tiszteletbeli tanáraként – külföldi diákokat oktatott francia nyelven.

Szakmai elhivatottsága miatt az utóbbi években felhagyott a korábban kedvteléssel gyakorolt hobbijával, a képzőművészettel, azonban így is több tucatnyi festmény és grafika őrzi a keze nyomát.

Alapvetően optimista beállítottsága ellenére aggodalommal töltötték el a következő generációk előtt álló, de már ma is fenyegető azon kihívások, amelyekre a válaszok minősége alapvetően befolyásolja majd az egész emberi, azon belül különösen az úgynevezett nyugati civilizáció jövőjét, tehát szeretett hazája, Magyarország sorsát is. Ezért a világra nyitott személyiségéből fakadóan, valamint rendkívüli akaraterejének és munkabírásának köszönhetően életének szinte az utolsó percéig – 2014. június 21-én bekövetkezett haláláig – kitartóan művelődött, tanult és dolgozott ezen a könyvön, amellyel minél többeknek, minél többet szertett volna használni...

*Dr. Faragó Katalin*

