

## Wiegand Győző: A jövő az energetikában is érdekesnek ígérkezik

Az energetika 54 kérdése, amelyekre csak nagyon bizonytalan válasz adható

A bevezetőben néhány mondat a címben szereplő „is” –ről; úgy vélem, a jövő általában érdekesnek ígérkezik az egész emberiség szempontjából, mivel az emberi társadalom több alapvető kérdésben választ el előtti helyzetben van. Nem vagyok felkészült arra, és nem is céлом, hogy erről társadalomfilozófiai fejtegetésbe bocsátkozzam. Megtették már ezt a közelmúltban az erre hivatott társadalomfilozófusok. Szabadjon talán a három legismertebbre, Fukuyamara, Huntingtonra és Wallersteinre hivatkoznom. Az emberiség jelenlegi fő problémáinak meghatározására és természetesen a jövőre adott prognózisaikban karakterisztikusan eltérő eredményre jutottak. A jövő érdekesnek ígérkezik, mert néhány éven, de legkésőbb 1-2 évtizeden belül el fog dőlni, hogy melyikük prognózisa közelíti meg leginkább a kialakuló valóságot, vagy esetleg a világ valami ma még felismeretlen úton fog haladni.

Ennek az érdekesnek ígérkező jövőnek a következőkben egy általam valamivel jobban ismert szeletével, az energetikával igyekszem foglalkozni. Úgy vélem indokolt itt is megállapítani azt, amire a cím utal. Valóban a jövő az energetikában is érdekesnek ígérkezik.

Felvethető, hogy ez a megállapítás talán semmitmondó. Feltételezhető, hogy az a múltban bármikor megfogalmazható lett volna, hiszen mindig voltak nyitott problémák, szakmai viták, sohasem volt determinált a jövő. Ez természetesen igaz, mégis úgy vélem, hogy jelenleg az energetikában is lényegesen nyitottabb és ellentmondásokkal terheltbb a jövő, mint a megelőző évtizedekben. A múlt áttekintésére nem térek ki, mivel nem ezt tűztem ki célul, így csak néhány, az előbbieket indokoló megállapításra szorítokozom lábjegyzetben.\*

Nem céлом az sem, hogy prognózist fogalmazzak meg az energetika fejlődésének jövőbeni alakulásáról. Az még kevésbé, hogy javaslatokat tegyek az általam szükségesnek vélt intézkedésekre, teendőkre. Nem ringatom magamat abban az illúzióban, hogy érzékelhető mértékben befolyásolni tudnám a jövőt, így nincsenek is ilyen szándékaim. Írásom egyetlen célja azoknak a legfontosabb – vagy általam legfontosabbnak vélt – kérdéseknek a vázlatos ismertetése, számbavétele, amelynek az energetikában a közeljövőben el kell dőlnie, alapvető befolyást gyakorolva az energetika jövőbeni fejlődésére, így a jövő társadalmának életére. (Ha nem döntenek el, eldőlnek maguktól.) A jövő érdekessége, hogy az elképzelt, illetve elképzelt fejlődési pályák közül melyik realizálódik. Ezt természetesen döntően nem a vágyak a szándékok fogják meghatározni – akkor sem, ha nagyon erős is az érzelmi és akarati motiváció megvalósításukra – hanem a lehetőségek. A függőben lévő kérdések ugyanakkor nagy bizonytalanságot okoznak.

A következőkben megkísérem, felvázolni azokat az energetikában általam alapvető fontosságúnak gondolt kérdéseket, amelyek a közeljövőben – esetleg csak középtávon - fognak eldőlni meghatározó befolyást gyakorolva a jövőre.

A kérdéseket négy főkérdéscsoportba igyekeztem rendelni, alkérdésekhez is kapcsolva. Ennek áttekinthetőségét szolgálja a decimális számbeosztás. Magukat a kérdéseket (ha egy decimál számhoz több is kapcsolható) az abc kisbetűivel jelöltem, valamint sorszámoztam.

## 1. Az energiafogyasztás várható alakulása

Az energiafogyasztás és a termelés többszörös kölcsönhatásban van, de mégis a fogyasztás az elsődleges, mivel az egész energetika alapvető célja a fogyasztó igényeinek kielégítése.

Az emberiség energiafogyasztásának jövőbeni alakulására nagyon eltérő és ellentmondó prognózisok léteznek nemcsak a távoli jövőre, hanem már az elkövetkezendő évtizedre vonatkozóan is. Így az energetika jövőjét meghatározó, talán legfontosabb „paraméter” alakulása már a közeljövőben is bizonytalan. Ez a nagy bizonytalanság a következő kérdésekkel jellemezhető.

- a) A múltban az egyes országok energiafelhasználása és GDP-jük változása (növekedése) között mindig pozitív korreláció volt. A GDP növekedése energiafelhasználás növekedéssel járt. Többnyire az energiafelhasználás lassabban nőtt, mint a GDP, így javult az energetika hatékonysága.

*Kérdés (1): Ez az összefüggés a jövőben is érvényesülni fog, vagy megvalósítható a GDP tartós növelése az energiafelhasználás csökkenése mellett? (Az EU már elkövetkező tíz évre ezt tervezte be: 20% energiafelhasználás csökkenés a GDP növekedése mellett. Más országok, bár ilyen egyértelműen ezt nem deklarálták, de valószínű reménykednek a megvalósítás lehetőségében.)*

- b) A világ két legnépesebb országában, Kínában és Indiában évek óta gyors gazdasági fejlődés és ennek hatására nagymértékű energiafelhasználás növekedés folyik. Az egy főre eső GDP és energiafogyasztás e két országban lényegesen kisebb, mint a fejlett országokban. Mivel e két ország összlakossága jóval nagyobb, mint az egész fejlett világnak, hatásuk a jövőre meghatározó.

*Kérdés (2): Megáll-e vagy lényegesen lelassul a gazdasági fejlődés az elkövetkező évtizedben, ebben a két országban, esetleg folytatódik, és az egy főre eső energiafelhasználásuk megközelíti a „fejlett” országokét? (Ez utóbbi egymaga megkétszerezné a világ energiafelhasználását.)*

- c) A világ népességének további jelentős hányada – kb. 2,5-3 milliárd ember – gazdaságilag elmaradott társadalmakban él. Egy főre eső energiafelhasználásuk a fejlett országokénak töredéke.

*Kérdés (3): Megindul-e ezeknek az országoknak számottevő részében – 1-2 évtizeden belül – valami Indiához, esetleg Kínához hasonlítható gazdasági fejlődés és energiafelhasználás növekedés., vagy nagyrésztük elmaradottsága több évtizeden keresztül is fennmarad? (A kérdés által érintett bizonytalanság összevethető a világ jelenlegi teljes energiafelhasználásával.)*

Az energiafogyasztás jövőbeni alakulásának bizonytalanságait indokolt energiahordozók szerint is áttekinteni.

- 1.1 A szénfelhasználás alakulásának bizonytalansága mérsékelt. Jelenleg a szén nagyobb részét erőművekben tüzelik el, kisebb hányada kohászati és egyéb célokat szolgál.
- a) Kérdés (4): *Van-e esély legalább a szénfelhasználás növekményének más energiahordozókkal – biomassza, hasadóanyag – a kiváltására? (Kína és India és néhány más ország erőműépítési gyakorlata nem ezt valószínűsítik.)*
  - b) Kérdés (5): *Sikerül-e gazdaságos megoldást találni, és áttörést elérni a széntüzelésű erőművekből kikerülő CO<sub>2</sub> elhelyezésében? Ha nem sikerül, úgy kikényszeríthető-e a CO<sub>2</sub> kibocsátás mérséklése miatt a széntüzelés csökkentése, vagy az érintettek döntő része nem tesz eleget ezen elvárásoknak?*
- 1.2 A kőolaj felhasználás alakulásának bizonytalansága számottevő. Az olajtermékeket döntően a közlekedés használja fel.
- a) Kérdés (6): *Folytatódik-e, illetve lelassul, vagy esetleg felgyorsul a világ gépkocsi állományának eddigi dinamikus növekedése? (A lelassulás akkor következhetne be, ha végül eredményessé válna az a több évtizede tartó, eddig teljesen meddő erőfeszítés, hogy a személy és teherszállítást jelentős részben a közútról a vasútra tereljék. A felgyorsulás elsősorban Kína, de számottevő mértékben India, illetve más fejlődő országok gépkocsiállományának növekedésétől származhat. Kínában 2009-ben több személygépkocsit értékesítettek, mint az USA-ban.)*
  - b) Kérdés (7): *Mekkora hányadot képes fedezni a világ üzemanyag fogyasztásából a biodízel és a bioetanol? (Képes-e legalább a növekmény fedezésére vagy részaránya továbbra is jelentéktelen marad?)*
  - c) Kérdés (8): *Hogy alakul a villamos-gépkocsik megjelenése? Lesz-e áttörés ezek elterjedésében? (Ez jelentős részben technológiai fejlesztés és olajár függő, tehát más bizonytalanságokkal szoros kölcsönhatásban lévő probléma, ld. 50. kérdés is)*
  - d) Kérdés (9): *Megjelenik-e, és mikor válik gazdaságossá, majd számottevő súlyúvá valamelyik alternatív mesterséges üzemanyag: metanol vagy hidrogén? (Ez jelentős részben technológiai fejlesztés és olajár függő, tehát más bizonytalanságokkal szoros kölcsönhatásban lévő probléma, ld. 52. kérdés is)*
- 1.3 A földgáz felhasználás jövőbeni alakulása vitatott, ellentmondásos és bizonytalan. (az EU országok gázfogyasztását az elkövetkező évtizedben egyes szakemberek jelentősen csökkenőnek, mások számottevően növekvőnek prognosztizálják.) A földgázt nagyrészt a hőigények fedezésére használják, de sok és dinamikusan növekszik a villamosenergia-termelésre használt földgáz mennyisége is.
- a) Kérdés (10): *Sikerül-e az elkövetkező években jelentős mértékben csökkenteni az épületfűtési hőszükségletet? (Itt nagyok a potenciális tartalékok – teljes értékű passzív épület kb. 1/20-ára csökkenti a fűtési igényeket - de az épületek élettartama, így lecserélésük időhorizontja 100 év nagyságrendű. A gazdaságosság döntően gázárfüggő, így más bizonytalanságokkal van kölcsönhatásban. ld. 52. kérdés is)*

b) Kérdés (11): *Folytatódik, esetleg lelassul vagy leáll-e a gáztüzelésű erőművek létesítése?* (Ma sokhelyütt ezek építése a leggazdaságosabb. Gazdaságosságuk döntően gázár illetve CO<sub>2</sub> kibocsátási díjfüggő.)

1.4 A fogyasztók – jelentéktelen kivételektől eltekintve – nem igényelnek megújuló energiát. Akkor használnak megújuló energiát, ha a támogatásokat figyelembe véve az számukra gazdaságosabb a fosszilis energia felhasználásánál. A megújuló energiafogyasztás, így a nyújtott támogatástól és a fosszilis energiahordozók árától függ.

a) Kérdés (12): *Biztosítható-e a mindenkori olaj, illetve gázár függvényében olyan mértékű támogatás, ami a megújuló energiák felhasználását gazdaságossá és kívánatosá teszi?*

b) Kérdés (13): *Igazolja-e a jövő azokat a prognózisokat, amelyek a megújuló energiák hasznosításának csökkenő költségével és így a támogatási terhek csökkentésének lehetőségével számolnak?*

c) Kérdés (14): *Biztosítható-e olyan mértékű támogatás, ami az EU tagországokban a megújuló energiák kitűzött célok szerinti felhasználás növekedéséhez szükséges?* (Az eddigi célok sorra elérhetetlennek bizonyultak. Fontosak a technológiai, olaj-, gázár függő, illetve mezőgazdasági kölcsönhatások. Ld. 53. kérdés is)

1.5 A villamosenergia-igények bizonytalansága szintén nagy. A közlekedési és fűtési (hőtermelési) célú energiaigényeken kívüli minden más – pl. helyhez kötött mechanikus munkavégzés, (villanymotorok) világítás, háztartási berendezések, hűtés, légkondicionálás, szórakoztató elektronika, informatika, stb. – villamos energiát igényel. A villamos energia hányada a teljes energiafogyasztáson belül a gazdasági fejlődés során tendenciaszerűen növekszik.

A villamos energia tulajdonképpen alkalmas hőigények kielégítésére is, de ez csak hőszivattyús rendszer használata esetén lehet gazdaságos.

A közlekedési energiaszükségletekben három féle módon juthat szerephez, illetve nagyobb szerephez a villamos energia.

- Ha növekedne a vasúti szállítás részaránya;
- Ha elterjednének a konnektorból tölthető villamos gépkocsik;
- Ha villamosenergia-felhasználásával állítanának elő alternatív üzemanyagot, hidrogént vagy metanolt.

Az országok egy főre eső villamos energia fogyasztásában nagyon nagyok a különbségek, még az EU tagországok között is.

a) Kérdés (15): *Várható-e, és milyen ütemben a villamosenergia-felhasználás behatolása a közlekedés, illetve a helyiségfűtés területére?* (Villanyautók, hőszivattyús rendszerek. A két fogyasztói terület primer energiafelhasználása meghaladja a villamosenergia-termelés jelenlegi teljes primerenergia-felhasználást.)

- b) Kérdés (16) *Várható-e a legfejlettebb országokban a villamosenergia-fogyasztásban telítődés, vagy a GDP növekedése, mint eddig, úgy ezután is jelentős villamos energiafogyasztás többlettel fog járni?*
- c) Kérdés (17): *Várható-e és milyen ütemben, az egyes országok közötti kiegyenlítődés – utolérési effektus - az egy főre eső villamosenergia-fogyasztásban?*
- d) Kérdés (18): *Az elsősorban Kínában tapasztalható, de Indiára is jellemző gyors villamos energia felhasználás növekedés meddig fog tartani? Az egy főre eső villamosenergia-fogyasztás ezekben az országokban esetleg meg fogja közelíteni a fejlett országokét? (Ez a jelenlegi világfogyasztás kb. megkétszerezését jelentené.)*

## 2. Az energiatermelés jövőbeni lehetőségei és bizonytalanságai

Mindez ideig az energiatermelésnek – partikuláris zavaroktól eltekintve – sikerült kielégíteni a mintegy kétszáz éve folyamatosan növekvő energiaigényeket. Eközben a primer energiahordozó összetételben nagymértékű átrendeződés következett be. A széntermelés arányaiban visszaszorult. Döntő szerephez jutott az olaj, majd jelentős súlyúvá vált a földgáztermelés is.

Ez az átrendeződés a teljes energiafelhasználás robbanásszerű növekedés mellett zajlott le. Így a szénfelhasználás is nőtt, de a növekmény túlnyomó részét olajjal, majd olajjal és földgázzal fedezték. Ötven esztendeje megjelent a nukleáris energia is, de térhódítása lelassult, majd 1986-ot követően (csernobili baleset) lényegében leállt. A vízenergiából történő villamosenergia-termelés is számottevő, de fejlesztésének lehetőségei korlátozottak, és viszonylag jól felmérhetőek.

Az utóbbi 10-15 évben egyre nagyobb súllyal szerepel a fenntartható fejlődés megvalósíthatóságának a követelménye, amelynek megközelítően a megújuló energiák képesek csak megfelelni. Így fokozódó törekvések vannak arra, hogy a fosszilis energiahordozók minél nagyobb hányadát megújuló energiákkal helyettesítsék.

Az energiatermeléssel összefüggő bizonytalanságok tulajdonképpen az egyes energiahordozók termelésének várható alakulásához kapcsolódóan fogalmazhatók meg az alábbiak szerint.

- 2.1 A széntermelés fenntartásának, sőt jelentős növelésének a lehetőségei a készletek oldaláról a belátó jövőben adóttak. Korlátot a gazdaságosság által behatárolt igényoldal képez. A széntüzelésnek a legnagyobb a fajlagos CO<sub>2</sub> kibocsátása, ami nagymértékben rontja a gazdaságosságot, ha a CO<sub>2</sub> kibocsátási kvótát meg kell venni, vagy ha a szénfelhasználónak kell megoldania a CO<sub>2</sub> leválasztását és hosszú távú elhelyezését.

- a) Kérdés (19): *Fenntartható-e a széntüzelésű erőművek gazdaságossága CO<sub>2</sub> kvóta vásárlás mellett, illetve CO<sub>2</sub> leválasztás és elhelyezés esetén?*
- b) Kérdés (20): *Rászoríthatók-e a szénerőművek nagy részét üzemeltető országok (pl. Kína, USA, India) hogy a CO<sub>2</sub> leválasztást és elhelyezést a belátható*

*jövőben (30-40 éven belül) megoldják?* (A (19.) és (20.) kérdésre adott válasz határozza meg a széntermelés jövőjét, ha pl. a (19)-es kérdés a válasz „nem”, a (20)-as kérdésre pedig „igen”, úgy néhány évtized távlatában a széntermelés elsorvadna, persze valamivel helyettesíteni kellene.

2.2 A világ olajtermelése – szemben a széntermeléssel – a nem túl távoli jövőben valószínűleg a készletek által is behatárolt. Az utóbbi években már kevesebb új készletet tárnak fel, mint amennyit kitermelnek. Ezt is figyelembe véve mértékadó szakértők azt állítják, hogy a világ kőolajtermelése a közeljövőben (kb. 10 éven belül) tetőzni fog, és utána csökkenni kezd. Nem vonatkozik azonban ez a megállapítás a nem konvencionális olajkészletekre, tehát az olajpalára és az olajhomokra.

a) Kérdés (21): *Döntő fontosságú, hogy valóban bekövetkezik-e a közeljövőben a világ olajtermelésének tetőzése?*

b) Kérdés (22): *Van-e lehetőség arra, hogy a csökkenő olajtermelés és valószínűleg tovább növekvő olajszükséglet közötti hiányt olajpalából, vagy olajhomokból nyert olajjal gazdaságosan fedezzék?*

c) Az olajpiac egyensúlya, az olajárak alakulása, az energetika működését a legnagyobb mértékben befolyásoló tényező. Jelenleg a földgáz árak is bizonyos késleltetéssel és csillapítással az olajárhoz kötöttek. Sőt az olajárak a szénárakra is befolyást gyakorolnak. Így minden energiatakarékossági célú projekt, valamint minden a megújuló energiák felhasználására szolgáló fejlesztés megtérülésének ideje, így gazdaságossága döntően a kőolajárak jövőbeni alakulásától függ. Az szinte biztosan feltételezhető, hogy valóban hosszú távon a kőolajár reálértéken emelkedni fog. Az „átmenet” azonban nagyon bizonytalan.

*Kérdés (23): Az elkövetkezendő „átmeneti” időszakban az olajárat befolyásoló sok tényező – gazdasági fellendülés, recesszió, válság; politikai krízisek kialakulása, lefutása; természeti jelenségek, esetleges katasztrófák hatásai; spekuláció; stb. – bonyolult összhatásának eredményeként milyen szélsőségek között fog ingadozni a kőolajár? (2008-2009-ben 140 USD/barell és 30 USD/barell között ingadozott, romba döntve mind az energiatakarékossági, mind a megújuló energiák felhasználására irányuló fejlesztések üzleti terveit.)*

2.3 A világ földgáz készleteinek összenergia-értéke valószínűleg meghaladja az olajkészletekét. A földgáztermelés tetőzése – bár néhány évtizeden belül várható, később fog bekövetkezni, mint az olajtermelésé. A földgáztermelésre is kijelenthető, hogy belátható időn belül a készletek által behatárolt. A földgáznál is jelentősebb szerepe lehet a nem konvencionális készleteknek. Ezek igénybevételének lehetőségei és mértéke talán a nem konvencionális kőolajkészletekéénél is bizonytalanabb. A földgáznál lényegesen nagyobb probléma a szállíthatóság, a fogyasztók és a termelők közötti távolság, mint a kőolajnál. A nagy fogyasztói centrumok részére ez kiszolgáltatottságot jelent. Ez a probléma legnagyobb mértékben az Európai Uniót jellemzi. Itt nincs lehetőség a fő beszállító – Oroszország – még számottevő részleges kiesésének pótlására

sem. A földgázforrások rendelkezésre állásában így jelentősek a bizonytalanságok. Ezek a bizonytalanságok a következő néhány kérdéssel jellemezhetőek:

- a) Kérdés (24): *Lépést tud-e tartani a belátható jövőben a földgáztermelés a kereslettel?* (Ez külön-külön választ igényel minden nagy ellátási régióra. A probléma legnagyobb mértékben az EU ellátásban jelenhet meg.)
- b) A földgáznál a kieső források pótlására a cseppfolyós földgázszállítás megvalósítása teremthet lehetőséget.  
Kérdés (25): *Hogy alakul a jövőben a cseppfolyós földgázszállítás gazdaságosságossága, illetve versenyképessége? Alkalmas-e arra, hogy a vezetékes ellátás teljes értékű alternatívájának szerepét betöltse?*
- c) Kérdés (26): *Hogy alakul a jövőben Oroszország földgáztermelése?*
- d) Kérdés (27): *Milyen ütemben növekszik Kína földgázkereslete? Az oroszországi földgáz kínálat mekkora hányadára lesz Kína a vevő?*
- e) Kérdés (28): *Hozzá fér-e az EU jelentős közép-keleti –iráni, katari – gázkészletekhez? Megoldható-e ezek független elszállítása?* (Nabucco vagy LNG)  
\*\*

2.4 A megújuló energiaforrások bizonytalanságai nagyon bonyolult, nehezen áttekinthető rendszert képeznek. Ezek részletes elemzése messze meghaladná a cikk terjedelmi lehetőségeit. Így csak az általam legfontosabbnak vélt néhány kérdést teszem fel.

- a) A megújuló energiák felhasználásának növelésére szinte mindenütt ambiciózus tervek vannak. Az EU 2020-ig kitűzött céljai talán a legkonkrétabbak. A megelőzően kitűzött célok eddig csak részlegesen teljesültek.  
Kérdés (29): *Sikerül-e megvalósítani a megújuló energiák felhasználásában 2020-ra az EU programjában szereplő 20%-os részarányt?* (Rövid időn belül kiderül, hogy bekövetkezik-e a program időarányos teljesülése.)
- b) Kérdés (30): *Bekövetkezik-e számottevő áttörés a megújuló energiák hőtermelési célú felhasználásában, elsősorban a napenergia és/vagy a biomassza alkalmazásában? Versenyképessé tehető-e a megújuló energiák a földgázzal szemben, vagy változatlanul csak folyamatos támogatással működtethetők ezek a rendszerek?*
- c) A szél erőművek egyes országokban rohamosan elterjedtek. Az igen jelentős, névleges beépített teljesítmény mellett, az általuk termelt villamos energia – a 20% alatti kihasználás miatt - sokkal szerényebb mennyiségű. Nehézségeket okoznak azonban a rendszerszabályozásban és tartalék erőművek létesítését igénylik.

Kérdés (31): *Folytatódik-e a szél erőművek teljesítményének dinamikus növekedése, vagy a hátrányok miatt lelassul?*

- d) Kérdés (32): *A biomassza tüzelés súlya jelentőssé válik-e? A növekvő biomassza felhasználás, milyen mértékben emeli a biomassza árát?*
- e) Kérdés (33): *Sikerül-e számottevő szerephez jutni egyéb megújuló energiákból történő villamosenergia-termelésnek? (Pl. napelemek, naperőművek, geotermikus erőművek, stb. Eddig ezek lényegében kuriózumként jelentek meg.)*

2.5 A nukleáris energia felhasználásának jövője jelenleg is kérdéses. Az atomerőművek üzembe helyezése az egyik ígéretes lehetősége a CO<sub>2</sub> kibocsátásmentes energiatermelésnek. Ugyanakkor a CO<sub>2</sub> kibocsátás csökkentéséért küzdő környezetvédők többnyire az atomenergia felhasználásának legfőbb ellenzői. Az atomenergia jövőjének alakulásával összefüggésben sok, ma szinte megválaszolhatatlan vagy csak nagyon bizonytalanul megválaszolható kérdés tehető fel. Ezek közül néhány lényegeset próbáltam megfogalmazni.

- a) Kérdés (34): *Általánossá válnak-e az USA-ban, néhány EU tagországban és Japánban folyamatban lévő üzemidő hosszabbítási programok más – esetleg eddig az atomerőművek leállítását tervező – országokban is?*
- b) Kérdés (35): *Belekezdnek-e atomerőmű építésbe olyan országokban ahol eddig ezt elutasították, vagy nem tervezték? (Például Olaszország, Lengyelország)*
- c) Kérdés (36): *Mennyire lesz eredményes az antinukleáris csoportoknak az a törekvése, hogy amennyiben nem tudják megakadályozni az atomerőmű építés engedélyezését, úgy a biztonsági követelmények szigorításával olyan létesítési költségnövekedést generáljanak, ami gazdaságtalanná teszi az atomenergiát?*
- d) Kérdés (37): *Ha esetleg hirtelen több atomerőmű építésére lenne igény, úgy az időközben leépített és elégtelen gyártókapacitások miatt nem következik-e be olyan beruházási költségnövekedés, ami gazdaságtalanná teszi a fejlesztéseket?*
- e) Kérdés (38): *Beváltják-e a hozzájuk fűzött reményeket a 3. illetve 4. generációs – ma még kevés, illetve minimális üzemi tapasztalattal rendelkező - atomerőmű típusok?*
- f) Kérdés (39): *Hogy dönt Kína? Mekkora szerepet szán villamosenergia-termelése eddig sehol nem tapasztalt gyors fejlesztésében az*



*atomerőműveknek? (A kínai döntésekre lényegében nem tudnak befolyást gyakorolni az antinukleáris szervezetek. A nukleáris energia melletti kínai döntés esetén számottevő annak a valószínűsége, hogy az elkövetkezendő 25-30 évben Kínában több atomerőmű épüljön, mint amennyi jelenleg az egész világon működik. Ilyen helyzetben antinukleáris politikát folytatni illuzórikussá válhat.) \*\*\**

- g) A távolabbi jövővel kapcsolatban legalább két kérdést meg kell említeni.

*Kérdés (40): Milyen eredményeket hoznak, és mikorra realizálódnak a fúziós energiatermeléssel kapcsolatos erőfeszítések, fejlesztések? (Nem elég néhány demonstrációs erőmű létesítése, az a mértékadó, amikortól ilyen erőművek a gyártótól korlátlanul megrendelhetők.)*

- h) *Kérdés (41): Szükség lesz-e a hasadóanyag készletek fogyása miatt a gyors-  
szaporító reaktorok használatára áttérni, vagy esetleg ez a lépés a fúziós  
energiatermelésre való közvetlen átállással kihagyható?*

### **3. A klímaváltozással kapcsolatos kérdések**

Ma általánosan elfogadott, hogy energetika jövőbeni fejlődésére döntő befolyást fog gyakorolni a klímaváltozás, illetve a klímaváltozás mérséklésének kényszere. Az energiafogyasztás, valamint az energiatermelés jövőben alakulásával kapcsolatosan megelőzően megfogalmazott kérdések nagy része közvetlenül, vagy közvetetten összefügg a CO<sub>2</sub> kibocsátás korlátozásának igényével. Úgy vélem indokolt ezeket a kérdéseket még néhány, a klímaváltozás bizonytalanságaival összefüggő kérdéssel kiegészíteni.

a) A jelenlegi és a jövőben várható CO<sub>2</sub> kibocsátás függvényében a globális felmelegedés mértékét - a különböző feltételezések szerint alkalmazott modellektől függően - eltérően prognosztizálják. A pesszimista prognózisok szerint, ha a CO<sub>2</sub> kibocsátás növekedését nem sikerül megállítani, úgy az évszázad végéig a föld átlaghőmérséklete kb. 10 °C -al fog növekedni. Az optimista prognózisok – ugyanezen feltételek mellett, egy nagyságrenddel kisebbre, 1°C-ra valószínűsítik az átlaghőmérséklet növekedést. A bizonytalanság végzetesen nagy. 10 °C átlaghőmérséklet növekedés a föld jelentős részén lehetetlenné tenné az emberi életet. (A trópusokon elviselhetetlen nyári meleg, valamint katasztrofális tengerszint növekedés következne be.) Míg az 1°C átlaghőmérséklet emelkedés hatása csak kisebb nehézségeket okozna.

*Kérdés (42): Talán a XXI. század emberiségének legdöntőbb kérdése, hogy a klímaváltozási modellek melyike írja le helyesen a föld éghajlatának jövőbeni alakulását? (Ha a „10 °C-os” modell a helyes, akkor a legdrasztikusabb CO<sub>2</sub> kibocsátás csökkentési erőfeszítésekkel sem lehet ma már elkerülni a katasztrófát. Ha az „1 °C-os” modell a jó, a reálisan végrehajtható programok teljesítésével – valamint az olaj és földgáz készletek elfogyásával - a folyamatok elfogadható keretek között tarthatók, ill. maradnak. Természetesen a „10 °C-os” és az „1 °C-os” modellek közötti bármilyen globális*

felmelegedési „forgatókönyv” megvalósulása elképzelhető. A felmelegedés mértékének növekedésével a kezelhetőtől az egyre katasztrofálisabbá váló következményekig.)

b) Kérdés (43): *Képes lesz-e az EU ambiciózus klímaprogramjával számottevő befolyást gyakorolni a világ CO<sub>2</sub> kibocsátásának alakulására?* (Erre csak akkor van esély, ha jelentős követőkre talál, mivel az EU a világ energiafogyasztásának, így CO<sub>2</sub> kibocsátásnak is csak kb. 15%-át produkálja.)

c) Kérdés (44): *Tudja-e teljesíteni az EU az általa kitűzött célokat?* (Ez a részcélok teljesüléséből már néhány éven belül láthatóvá válik.)

d) Kérdés (45): *Követik-e más nagy energiafogyasztó országok az EU példáját, vagy az EU lényegében egyedül marad?*

e) Kérdés (46): *Ha a 45. kérdésre negatív választ ad a jövő, meddig folytatja az EU a világ helyzetét érdemben befolyásolni nem képes „önfeláldozó” erőfeszítéseit?*

f) A klímaváltozás mérséklésére, a CO<sub>2</sub> kibocsátás csökkentésére teendő erőfeszítésekre vonatkozó készség az egyes országok részéről nagyon eltérő. Az EU igyekszik a legtöbbet tenni. (Bár eddig a konkrét eredmények messze elmaradtak a látványos elhatározások során kitűzött céloktól.)

Az egy főre eső CO<sub>2</sub> kibocsátásban az egyes ország csoportok, illetve országok között óriásiak a különbségek. Az úgynevezett fejlődő országok, élükön a valóban kolosszális mértékben fejlődő Kínával, és a gyorsan fejlődő Indiával, azzal érvelnek, hogy a fejlett nyugat akkor kifogásolhatja a növekvő CO<sub>2</sub> kibocsátásokat, ha már elérték, illetve legalább megközelítették az EU, sőt esetleg az USA egy főre eső kibocsátását. Azt deklarálják, hogy ha a fejlett világ CO<sub>2</sub> kibocsátás csökkenést akar, azt kezdje magával. Ennek az EU célkitűzéseiben igyekszik eleget tenni, (a várható eredmény kétséges) az éllovas USA viszont igen keveset tesz.

Kérdés (47): *sikerül-e rászorítani elsősorban Kínát, másodsorban Indiát, harmadsorban az összes fejlődő országot, hogy szigorú CO<sub>2</sub> kibocsátás mérséklő intézkedéseket vezessenek be annak ellenére, hogy az egy főre eső kibocsátásuk lényegesen alacsonyabb, illetve a töredékét teszi ki a fejlett országokénak, különösen az USA-énak?* (Feltételezhetően akkor van erre esély, ha a klímaváltozás következményei – tengerszint emelkedés, és az elviselhetetlen meleg – számukra is súlyos konkrét problémát okozna. Valószínűleg ez már késő.)

g) Kérdés (48): *A CO<sub>2</sub> kibocsátás csökkentése céljából megtett intézkedések mennyire lesznek valóban eredményesek? A másodlagos, harmadlagos hatások nem semmisítik-e meg a várható eredmények jelentős részét?* (Pl. a biometanol és biodízel olaj termelés növelése céljából erdőterületek kivágására – esetleg felégetésére – kerülhet sor, amelyek CO<sub>2</sub> nyelése nagyobb volt, mint a bioüzemanyag révén elérhető CO<sub>2</sub> kibocsátás megtakarítás, stb.)

#### 4. A várható technológiai fejlődés további kérdései

A megelőzően számbavett kérdésekre a jövő „válaszait,, nagyrészt az energetikai technológiák jövőbeni fejlődésének eredményei fogják meghatározni. Ezekre az összefüggésekre, már a megelőző fejezetekben több helyen kitértem, úgy vélem azonban, hogy az energetikai technológiák jövőbeni fejlődésével kapcsolatban még néhány fontos kérdést ki kell emelni.

- a) Kérdés (49): *Sikerül-e gazdaságos és lényegében korlátmentesen alkalmazható technológiát kifejleszteni a fosszilis energiahordozókkal működő erőművek CO<sub>2</sub> kibocsátásának leválasztására, elszállítására és végleges – a légkörbe való kijutás megakadályozását hosszú távon garantáló – elhelyezésére?*
- b) A villamos energia tárolásának gazdaságos megoldása döntő fontosságú feladat lenne, mind a villamos gépkocsik elterjedése, mind pl. a szélerőművekben termelt villamos energia értékesebbé tétele céljából.  
Kérdés (50): *Sikerül-e jelentős előrelépést elérni a jelenlegieknél lényegesen könnyebb, több töltést és kisütést elviselő nagyon nagy mennyiségben is kedvező költséggel gyártható akkumulátorok kifejlesztésében? (Ma a villamos gépkocsik elterjedésének fő akadálya az, hogy nem áll rendelkezésre olyan akkumulátor, amellyel a benzin, illetve dízel üzemű autókhoz képest gazdaságosabban működtethető, külső forrásból – konnektorból – tölthető villamos gépkocsit lehetne nagy sorozatban gyártani.)*
- c) Kérdés (51): *Megteremthető-e annak a feltétele, hogy a szélerőművekben termelt villamos energiát a szélmentes időszakokra gazdaságosan tárolni lehessen? (A szivattyús-tározós erőművek nem elég gazdaságosak, létesítésük ellen a környezetvédők tiltakoznak, és inkább csak a napi csúcs illetve kisterhelésű időszak villamosenergia-igényeinek kiegyenlítésére alkalmasak, az esetleg hosszabb, szeles és szélmentes időszakok kiegyenlítésére kevésbé.)*
- d) Kérdés (52): *A fosszilis üzemanyagok és a földgáz kiváltására gazdaságosan alkalmas-e a hidrogén, vagy inkább a metanol illetve a szintetikus metán használata a megoldás? A hidrogén, illetve a metanol és szintetikus metán előállításához szükséges primer energia megtermelése biztosítható-e gazdaságosan atomerőművekben? (Az atomerőművekkel kapcsolatos technológia-fejlesztési kérdések a 2. fejezetben szerepeltek.)*
- e) Kérdés (53): *Sikerül-e gazdaságos megoldást találni a bioüzemanyagok, döntően cellulóz alapú mezőgazdasági melléktermékekből történő előállítására? (Így nem gyakorolnának negatív hatást az élelmiszer kínálatra és árakra.)*
- f) Kérdés (54): *Megvalósul-e, illetve számottevő szerephez jut-e az „extrém” energiatermelési technológiák valamelyike? (Pl. szaharai naperőmű telepek létesítése, és a villamos energia Európába történő szállítása, vagy a tengeri hullámmás energiájának számottevő mértékű hasznosítása, stb.)*

A fentiekben összesen 54 kérdést fogalmaztam meg. A kérdések összeállítása természetesen sok szubjektivitást tartalmaz, de az talán nem vitatható, hogy ezek alapvető fontosságú kérdések. Az energetika jövőbeni útját nagyrészt ezeknek a kérdéseknek megválaszolásával lehetne meghatározni. Úgy gondolom, ma senki nincs abban a helyzetben, hogy ezeknek a kérdéseknek akár egy kis részére is biztos választ tudna adni. A kérdéseket lényegében maga az élet, az előre haladó folyamatok fogják „megválaszolni”. A lehetséges „válaszok” szoros kölcsönhatásban vannak, így más „válaszokat” determinálhatnak, illetve valószínűsítenek. Az események folyamatos figyelemmel kísérése adhat lehetőséget megvalósítható döntésekre, de az események váratlan fordulatokat is vehetnek.

Indokolt arra is kitérni, hogy mit tehetünk mi magyarok? Úgy vélem, nem tudjuk számottevően befolyásolni az energetika világfolyamatait. Így alkalmazkodnunk kell azokhoz. Ami javasolható, az az érdek vezérelt megfontolt követés. Az energetikában a jövőt valószínűleg Kína tudja a legjobban befolyásolni, másodikként az USA, számottevő mértékben még Oroszország, az EU, India Japán és Brazília. Úgy vélem például, az hogy lesz-e az atomerőmű építésnek „reneszánsza” az lényegében Kínában fog eldőlni.

\* Úgy vélem, a múltban az energetika akkor belátható jövőjét a szakemberek meghatározottabbnak, tervezhetőbbnek vélték, mint jelenleg. Pl. a GDP növekedés és az energia, de különösen a villamosenergia-felhasználás közötti közel arányos kapcsolat általánosan elfogadott volt. A fosszilis energiahordozók fogyasztásából a ködös távoli jövőben származó esetleges problémákat a nukleáris energia felhasználásával – lényeges nehézségek nélkül – megoldhatónak vélték. Sokkal közelebbre prognosztizálták a „mindent megoldó” fúziós energiának a megjelenését és elterjedését. Az erőművi berendezések egységteljesítményének növekedését meghatározó tendenciának vélték. Fel sem merült a kiserőművek megjelenésének és elterjedésének lehetősége. A megújuló energiák használatát a jövőben is jelentéktelennek gondolták, stb.

\*\* A kérdések döntően az EU-t érintik. Az USA és Japán gázellátásának is valószínűleg jelentős bizonytalanságai vannak, de ezek innen kevésbé értékelhetők.

\*\*\* Jelenlegi ismereteim szerint Kínában 5 atomerőmű épül. (Minden jelentős atomerőmű gyártótól rendeltek atomerőművet, egyet pedig lényegében önállóan létesítenek.) A cél nyilván a tapasztalatszerzés és a nagy sorozatban építendő atomerőművek konkrét típusának kiválasztása. Jelenleg a legtöbb atomerőmű – 7 létesítmény – Oroszországban épül. A Kínai lehetőségek perspektívái azonban sokkal nagyobbak. Kína szabadon felhasználható anyagi erőforrásai legalább egy nagyságrenddel haladják meg Oroszországot, ma Kína a világ legnagyobb hitelezője. Nem ütközne nehézségbe Kínának akár több tucat atomerőmű egyidejű építésének finanszírozása sem. Japán is a közeljövőben 8 atomerőmű építésének megindítását tervezi, amelyet középtávon még további 6 létesítésével folytatnának, és India is 6 atomerőművet épít.

Budapest, 2010. március 18.