

Az atomenergia esélyei a XXI. században

Információk felelős döntések meghozatalához





Tartalomjegyzék

BEVEZETŐ	3
1. FEJEZET: AZ ATOMENERGIA HELYZETE A VILÁGON	4
Helyzetkép	4
A stagnálás okai	6
2. FEJEZET: AZ ATOMERŐMŰVEK GAZDASÁGA	7
Olcsó vagy sem? – Az atomerőműi energia ára	7
Az építés költségei	8
Az építkezés elhúzódása mint a költségnövekedés oka	10
Szabad piac – korlátozottabb lehetőségek	11
• Egyesült Államok	11
• Finnország, Olkiluoto-3	12
• Kelet-Európa külön utakon?	13
3. FEJEZET: A DÖNTÉSHOZATAL SORÁN FIGYELEMBE VEENDŐ TOVÁBBI FONTOS KÉRDÉSEK	14
A „reneszánsz” további akadályai	14
• Gyártási kapacitások szűkössége	14
• Üzemanyag	14
• A szakértelem hiánya	15
Atomenergia és klímavédelem	15
Biztonság	16
Üzemidő-hosszabbítás	16
Hulladékok	17
Proliferáció, terrorveszély	17
Negyedik generációs reaktorok	17
4. FEJEZET: A MAGYAR DÖNTÉSHOZÓK FIGYELMÉBE	18
<i>FELHASZNÁLT IRODALOM, FORRÁSOK</i>	19



Energia Klub Környezetvédelmi Egyesület

1056 Budapest, Szerb utca 17–19. • Telefon: 06 1 411 3520 • Fax: 06 1 411 3529 • E-mail: energiaklub@energiaklub.hu

Szerző: Perger András • Közreműködtek: Ámon Ada, Domina Kristóf, Koritár Zsuzsanna, Lohász Cili

Nyelvi lektor: Bartha Júlia • Design: Medgyesi Ferenc • Tördelés: Mandiner Design Kft. - mandiner.com

Nyomda: T-Mart Press • Készült az Ökotárs Alapítvány támogatásával

Megjelenik 1000 példányban • Budapest, 2008

www.energiaklub.hu • ISBN: 978-963-87452-4-8



Bevezető

Az atomenergia az olcsóság–tisztaság–biztonság szentháromságának ígéretére épült. Mára azonban egyértelművé vált, hogy az ígéreteket nem váltotta be. A – soha nem volt – olcsóság már bizonyosan és véglegesen a múlté; a tisztaság ígéretét a halmozódó hulladékhegyek árnyékolják be; a biztonságról Csernobil emlékezete tanúskodik. A világ energiaellátásában mindössze 6,3 százalékkal részesülő nukleáris ipar most újult erővel hirdeti ismét a fenti ígéreteket, és a klímaváltozás elleni küzdelem élharcosának szerepében tetszelegve, gőzerővel hangoztatja a „nukleáris reneszánsz” eljövételt.

A számok és a trendek azonban azt mutatják, hogy a „reneszánsz” minden valószínűség szerint elmarad. Az iparág sorsa a nyugati országokban dől el. Így például az Egyesült Államokban, ahol már harminc éve nem rendeltek atomerőművet, vagy az Európai Unió immáron 27 tagországában, ahol az 1989-es csúcs idején még 179 reaktor üzemelt, ma már csak 146; az atomerőművek száma gyorsan csökken, és a tendencia várhatóan ez is marad. Ezekben az országokban a nukleáris ipar nem versenyképes: a tetemes tőkeköltség és a bizonytalan megtérülés elriasztja a befektetőket, a tőke a versenytársakhoz vándorol. A „reneszánszban” bízóik számára az ötödik finn reaktor jelenleg zajló építésének tapasztalatai szolgálnak keserű tanulságokkal. Jobb híján a szektor bizonytalan terepen indul tovább: az atomerőművek üzemidejének meghosszabbításával igyekszik túlélését biztosítani. Ez az amúgy sem fiatal reaktorflotta előregedését fogja eredményezni, ami biztonsági szempontból aggasztó fejlemény.

A „reneszánsz” valóra válását egyéb tényezők is hátráltatják: nincsen elegendő gyártókapacitás, hiányzik a szakértelem az erőművek építéséhez. Az üzemeltető személyzet öregszik, a fiatalok nem áram-

lanak a nukleáris szakmákba, ami az atomerőműi és a hatósági személyzet szakmai teljesítményének romlásához vezethet a jövőben. Várhatóan az uránpiac a közeljövőben teljesen át fog alakulni, amit az urán árának elmúlt években bekövetkezett tízszeres emelkedése jelez előre: a keresleti piac kialakulásával az üzemanyag árának ma még nem látható mértékű emelkedése várható.

Mindezek miatt még a leállítandó reaktorok pótlása is lehetetlen feladatnak tűnik: elegendő számú új reaktor hiányában szó sem lehet a klímaváltozás elleni küzdelemben az atomenergiának szánt érdemi szerepről.

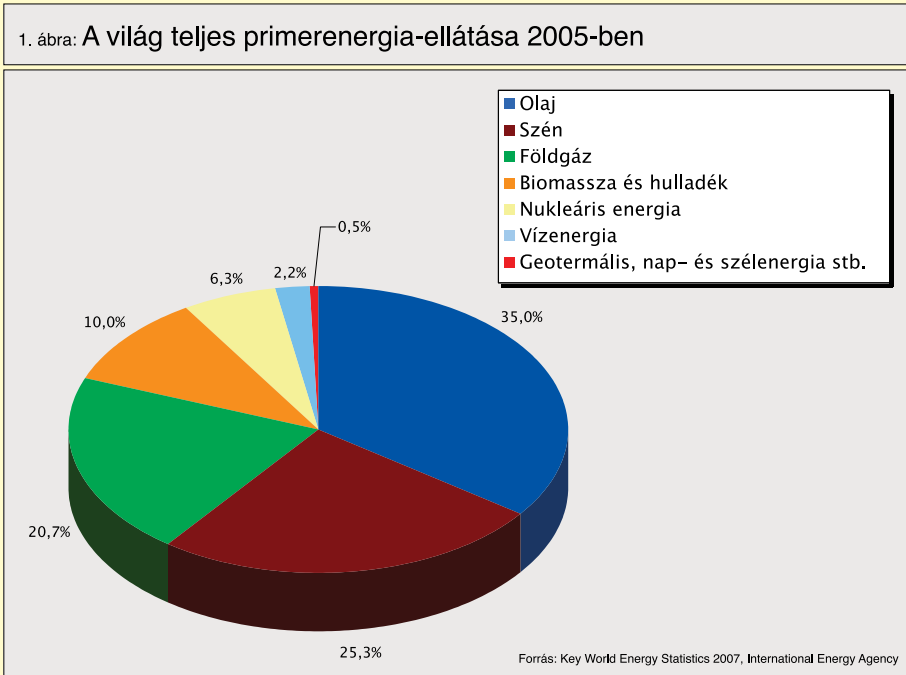
Figyelemre méltó az is, hogy az Európai Unióhoz frissen csatlakozott országok azok, amelyek konkrét tervekkel rendelkeznek új atomerőművek építésére, és ahol megjelentek azon cégek, amelyek hazai pályán régóta, esélytelenül várnak megrendelésekre. A szocialista tervgazdaság viszonyai között megvalósult, és ezért olcsón termelő erőműveket üzemeltető országok súlyos tévedésbe esnének, ha az új körülmények között élesztenék fel a rendszerváltozás idején nyugdíjazott nehézipari terveket. A kijózanodás sokba fog kerülni, amit nem a néhány reaktorért kampányoló iparág, hanem az adófizetők fognak megfizetni.

A lehetőség természetesen minden ország – így Magyarország – számára is adott, élhet a fenntartható és klímabarát alternatívával, a ma már versenyképes, az importfüggőséget csökkentő megoldások, azaz a megújuló energiaforrások rendszerbe integrálásával, valamint az energiahatékonysági potenciál kiaknázásával. Ezen utóbbi témákkal jelen anyag érdemben nem foglalkozhat, további információ azonban bőséggel található az Energia Klub más kiadványaiban.

1. fejezet: Az atomenergia helyzete a világon

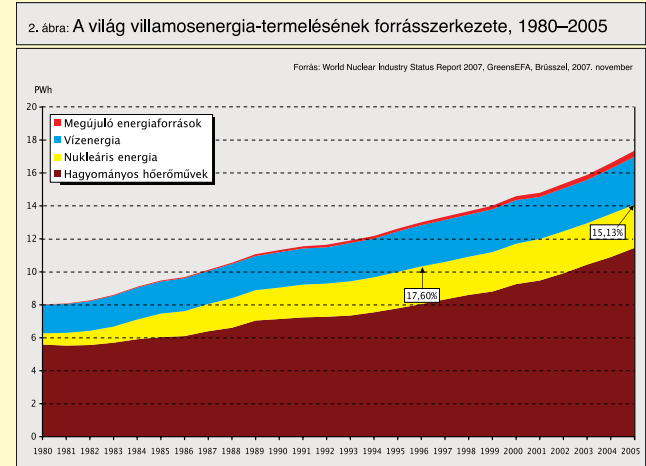
Helyzetkép

2007 decemberében 439 reaktor üzemelt a világon. Az ENSZ 191 tagállamából 31, jellemzően fejlett ország rendelkezik atomerőművel. A világ teljes energiaellátásában a nukleáris energia 6,3 százalékkal részesül. 2005-ben nukleáris energiával 2625,57 TWh áramot termeltek, ami a világ villamosenergia-termelésének 15,1 százalékát tette ki. Az atomerőművek kapacitása 371,7 GW, ez a világ villamosenergia-termelő kapacitásának mintegy 9 százalékát jelenti.



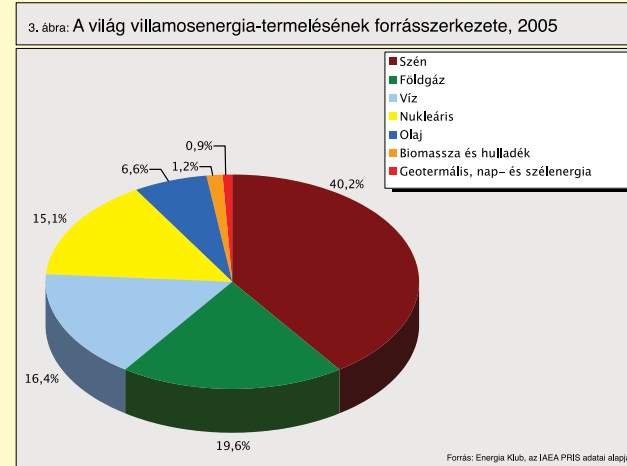
A világ villamosenergia-termelésében az atomenergia jelentősége csökken. Az 1990-es évek eleje óta a reaktorok száma stagnál, részesedésük a világ kapacitásnövekedéséből jelentéktelennek mondható; az évi átlag 120–130 ezer megawattból (MW) mindössze 2–3 ezer MW-tal veszi ki részét, termelésük alig növekszik, így a villamosenergia-termelés nukleáris részaránya egyre alacsonyabb. A következő ábrán jól látható, hogy csak Ázsiában nő a reaktorok száma, miközben az Európai Unióban 1989 óta folyamatosan csökkenő számú reaktor üzemel.

Az épülőként nyilvántartott reaktorok száma 2007 decemberében 34 volt, ez tizenhárommal kevesebb,



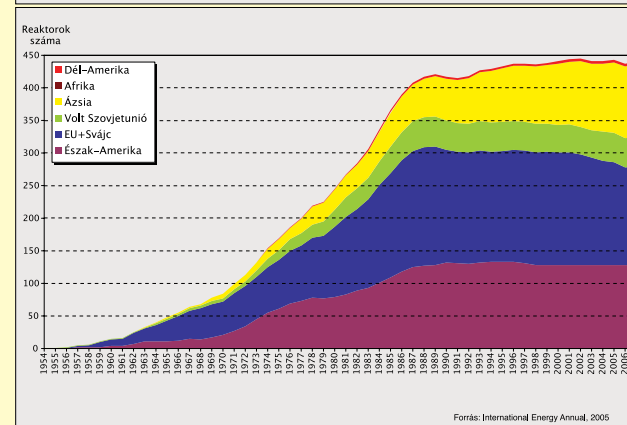
mint tíz évvel ezelőtt. A 34-ből tizenkét reaktort több mint 20 éve építenek, amiből tízen jelenleg nincs aktív munka, vagy a munkák végzéséről nehéz megbízható információhoz jutni (öt orosz és két ukrán reaktor). Ebből következően legfeljebb 24 reaktorról állítható, hogy ténylegesen épül.

A valóban épülő reaktorok többsége, valamint az összes épülőként nyilvántartott reaktor mintegy kétharmada ázsiai országokban található (l. 6. ábra). Ennek a régióknak a megrendelése az elmúlt két évtizedben ugyan életben tudták tartani a nukleáris ipart, de az iparág jövőjéről – azaz hogy „reneszánsz” vagy hanyatlás következik – a nyugati piacok fognak dönteni. Az Európai Unióban és Észak-Amerikában a világ reaktorainak csaknem kétharmada üzemel, a reaktorállomány azonban öregszik, a reaktorok száma csökken (az unióban az 1989-es csúcstól jelentő 179-ről 146-ra, Észak-Amerikában az 1993 óta 133-ról 128-ra csökkent a reaktorok száma). A megrendelésekben szűkülő ipar számára az öregedő reaktorok pótlása jelenthetné a fellendülést, mégis mindössze három épül jelenleg a két régió országaiban. Az Egyesült Államokban 2007 októberében jelentették be egy 1972 óta épülő reaktor korábban félbehagyott építkezésének újratekintését. A másik kettőt az Unióban találjuk: Franciaországban 2007 decembere, illetve Finnországban 2005 augusztusa óta épül egy-egy reaktor (az utóbbi projekt részletes ismertetését lásd a 2. fejezetben).



Jelenleg nagyobb volumenű reaktorépítési tervekkel az Egyesült Államok, India, Kína és Oroszország rendelkezik, ezen felül a kelet-közép-európai országokban tapasztalható a korábbiakhoz képest fokozottabb érdeklődés. A tervek értékeléséhez először is figyelembe kell venni, hogy a bejelentéseknek gyakran csak a töredéke szokott teljesülni. Indiában például a 2000-re tervezett 10000 MW (=10 gigawatt, GW) kapacitásból mindössze 2200 épült meg. Az USA esetében legalábbis kérdéses, hogy mennyi valósul meg a tervezett 31 reaktorból, és mikorra: a Moody's szerint 2015-ig mindössze egy vagy két reaktor kezdheti meg működését.¹ (Az Egyesült Államok esetét a 2. fejezetben részletesebben is bemutatjuk).

4. ábra: A reaktorok száma az 50-es évektől napjainkig, régiós megoszlásban

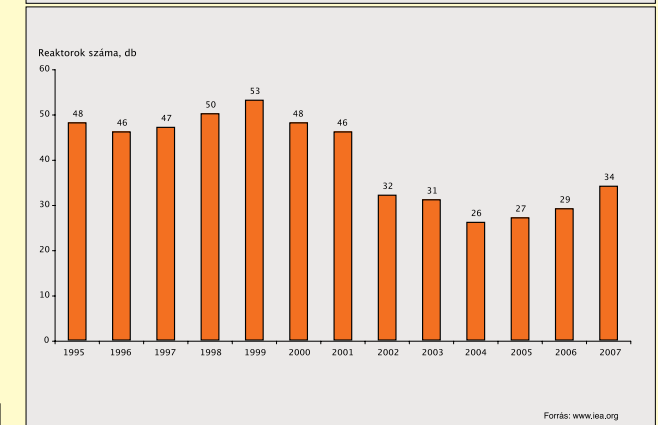


Az India által 2025-re tervezett 40 GW nukleáris kapacitáshoz évente 2-3 reaktort kellene hálózatra kapcsolni, Kína 2020-ra tervez ugyancsak 40 GW-ot, amihez évi 2 reaktorra lenne szükség. Mindez nem feltétlenül lehetetlen, de az eddigi tapasztalatok alapján, illetve a gyártást jellemző szűk keresztmetszet (bővebben l. a 3. fejezetben) ismeretében nem valószínű, hogy meg is valósulnak a tervek. Mindenesetre a Nemzetközi Energia Ügynökség szerint 2020-ra 21 GW-ot érhet el Kína.² Oroszországnak jelenleg rendelkezésére állnak a források, hogy növelje a reaktorai számát, a tervekben a

1 - New Nuclear Generation In The United States: Keeping Options Open, Vs Addressing An Inevitable Necessity; Moody's Corporate Finance, 2007. okt.

jelenlegi 21,6 GW-os kapacitás megduplázása szerepel 2020-ig. Mindazonáltal a közelmúlt tapasztalatai alapján a tervek túlzónak tűnnek: a több mint 20 éve épülő reaktorok mellett tavaly óta két kisméretű „úszó” reaktor szerepel az épülő egységek listáján, miközben az elmúlt évtizedben csak két reaktort fejeztek be. Nem világos, hogy a régóta tartó építkezésekkel mikorra végeznek, a 2016-ig megépíteni tervezett nyolc VVER-1200-as reaktor elkészülése pedig nemcsak azért kérdéses, mert új típusról van szó, hanem mert a gyártókapacitások egy része is foglalt a külföldön épített reaktorok részére. Figelemreméltó, hogy a tervezett költség (55 milliárd USD) csaknem felét (26 milliárd USD) az orosz költségvetés állná – ehhez hasonlóra, azaz állami támogatásra az Unióban nem számíthat a nukleáris ipar.

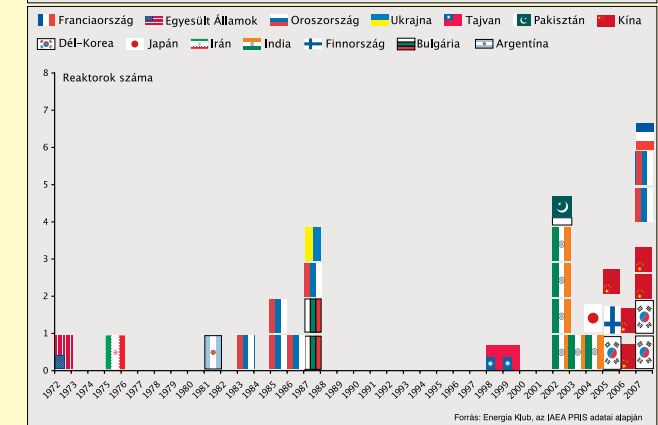
5. ábra: A hivatalosan épülőként nyilvántartott reaktorok száma



Egyelőre a Kelet-Európában tapasztalható növekvő érdeklődés elsősorban még a 80-as években elkezdett reaktorok befejezésére irányuló tervekben ölt testet (Bulgária, Szlovákia, Románia), a további tervek (Litvánia, Fehéroroszország, Szlovénia) lényegesen bizonytalanabbnak tűnnek (a kelet-közép-európai helyzetet részletesebben elemezzük a 2. fejezetben).

Jelentős számú megrendelés és újonnan üzembe helyezett reaktor hiányában az atomerőművek átlagéletkora növekszik, ami mára meghaladta a 24 évet.

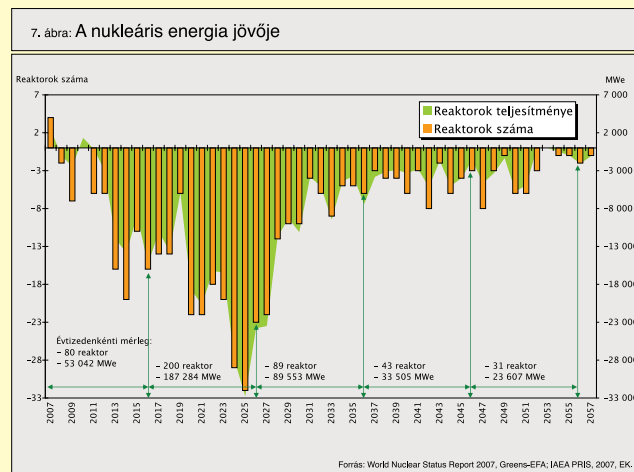
6. ábra: Az épülő reaktorok az építés kezdete és ország szerint



2 - World Energy Outlook 2007 – China and India Insights, International Energy Agency, 2007



Várhatóan a ma működő reaktorokat átlagosan 40 éves korukban fogják leállítani.³ A nukleáris ipar várható jövőjét a 7. ábra elemzi. Az ábra azt mutatja, hogy az egyes években mennyivel fog növekedni vagy csökkenni a reaktorok száma és teljesítménye, figyelembe véve a várható reaktorindulásokat és leállásokat. Ez alapján 2020-ig mintegy 140 reaktort kellene bezárni. Ezen a képen néhány új, kínai, indiai, kelet- és nyugat-európai, illetve amerikai reaktor érdemben nem fog érdemben változtatni. A leállítandók pótlására nem érkeznek megrendelések, az iparág az üzemidő meghosszabbítására koncentrál. Ezt a kecsegtető és ésszerű pénzügyi lehetőséggel indokolja, de nyilvánvalóan alapos oka van annak, hogy a nyugati piacokon az ágazatot jelenleg szinte kizárólag az üzemidő-hosszabbítás jellemzi, és új építkezésekre alig-alig kerül sor. Ezen gazdasági és politikai okokat elemezzük a továbbiakban.



A stagnálás okai

A számok alapján a sokat emlegetett „nukleáris reneszánsznak” nincsenek jelei. A nukleáris ipar energetikában betöltött jelentőségének fenntartásához a 70–80-as években tapasztalt felfutáshoz hasonlóra lenne szükség, ami a jelek szerint nem várható. A megtorpanás okai közé elsősorban a balesetek (pl. Harrisburg-Three Mile Island, 1979; Csernobil, 1986), a hulladékkezelés megoldatlansága, illetve a nukleáris energia gazdaságosságával kapcsolatos aggályok sorolhatók. A két súlyos baleset hatása egyértelmű: bebizonyo-

sodott, hogy a nukleáris energia korántsem olyan biztonságos, mint azt az iparág hirdette, egy nukleáris katasztrófa következményei pedig elrettentők. Az atomerőművekkel kapcsolatos (politikai) döntéseket meghozó politikusokban, illetve a lakosságban csökkent az atomenergia iránti bizalom, megerősödött velük szemben az ellenkezés. A hetvenes évek vége óta több országban is leállították az atomerőműi fejlesztéseket, vagy döntöttek a reaktorok leállításáról. E döntésekhez különféle módokon jutottak az egyes országokban.

1. táblázat. Az atomerőműi fejlesztéseket leállító, illetve a reaktorok bezárásáról döntő országok listája

Ország	Esemény	Időpont	Tartalom
Ausztria	Népszavazás	1978	A már megépült atomerőmű üzembehelyezésének tilalma
Egyesült Államok*	Utolsó reaktorrendelés	1978	
Svédország**	Népszavazás	1980	A működő reaktorok bezárása üzemidejük lejártával, 2010-ig
Spanyolország***	Moratórium	1983	Nem épülhet új reaktor, az építkezések leállítása
Olaszország	Népszavazás és kormányhatározat	1987, 1988	A nukleáris szektor bővítésének tilalma, illetve a reaktorok leállítása
Németország	Törvény	2000	A működő reaktorok fokozatos bezárása 2020-ig
Belgium	Törvény	2003	A működő reaktorok fokozatos bezárása üzemidejük lejártával

* Nem volt politikai döntés, de az iparág a harrisburgi baleset és a gazdasági problémák hatására megtorpan, új reaktort máig nem rendeltek, csak a már épülőket egy részét fejezték be, az utolsót 1996-ban.

** Ez mára annyiban változott, hogy az erőművek tovább üzemelhetnek, de új reaktorokról nincs szó.

*** A spanyol miniszterelnök, José Luis Zapatero 2004-es beiktató beszédében az atomerőművek leállítása mellett foglalt állást.

A balesetek hatása ezekre a döntésekre nyilvánvaló, ellenben meghozatalukban más szempontok is szerepet játszottak, ahogy az az Egyesült Államok példájából is sejthető, ahol 1978 óta nem rendeltek reaktort. A hulladékkezelés a '80-as évekre egyre súlyosabbá vált: az atomerőművek már mintegy 30 éve termelték a kiegészítő fűtőelemeket úgy, hogy hosszú távú kezelésükre nem állt rendelkezésre megfelelő megoldás, miközben mennyiségük gyorsuló ütemben növekedett. A helyzet megoldatlansága és nyilvánvaló súlyossága, amely környezeti veszélyekkel és pénzügyi problémákkal fenyegetett, a lakossági ellenállást és a politikai aggályokat tovább növelte. A harmadik okot az atomerőművek építésének egyre bizonytalanabbá váló gazdasági háttere jelentette.

A 80-as években egyre inkább kérdésessé vált az atomerőművek gazdaságossága. A megnövekedett biztonsági igények miatt nőtt a reaktorok komplexitása, ezzel együtt növekedtek a költségek, és nőtt az építés ideje. Az építkezések során gyakran nagymértékben (2-3-szorosan) túllépték az eredetileg tervezett beruházási költségeket, általánossá vált az építkezések – akár négy-öt éves – elhúzódnása, ami szintén hozzájárult a költségek drasztikus növekedéséhez. A reaktorok üzembe helyezését, egyes típusok működését gyakran kísérték üzembiztonsági problémák. Az ezekből adódó pénzügyi kockázatokat a befektetők egyre kevésbé kívánták vállalni. Ezt a kérdéskört járjuk körül a 2. fejezetben.

2. fejezet: Az atomerőművek gazdasága

Olcsó vagy sem? – az atomerőműi energia ára

Az atomenergiáról folytatott vitában az egyik legtöbbet hangoztatott érv az atomerőművek mellett, hogy olcsók, azaz hogy atomerőművek magas építési költségeit ellensúlyozza az üzemeltetés alacsony költsége. Ez az érvelés a beruházásokról szóló döntésnél nagy szerepet játszik a döntéshozók meggyőzésében. Ez azonban nem ilyen egyszerű: a majdan megtermelő villamos energia ára igen sok tényezőtől függ, ezek egy részét nem kevés bizonytalanság övezi.

Egy atomerőmű költségeit, és így a termelt áram árát az alábbi tényezők határozzák meg:

- Építési költség
- A tőke költségei
- Az építés (előbbiekre kiható) időtartama
- Az erőmű kihasználtsága és élettartama
- Az üzemanyag költsége
- Egyéb üzemeltetési és karbantartási költségek
- A hulladékok kezelésének költségei és a leszerelési költségek

Az ezeket figyelembe vevő elemzések által kalkulált villamosenergia-ár „jólslatok” meglehetősen széles spektrumot fednek le: 4-5 forinttól 19-21 forintig terjednek a becslések. Az alacsonyabbakat a nukleáris energia terjesztésében érdekelt szervezetek, azaz lobbik (pl. World Nuclear Association) elemzéseiben találhatjuk, a magasabbak különböző kutatóintézetekhez köthetők (például Massachusetts Institute of Technology, MIT). Megjegyezzük, hogy az utóbbiaknak is megkérdőjelezhető az erőművek építési

költségeire és a szükséges építési időre vonatkozó becslései. Az MIT például 2000 dolláros árral és 60 hónapos építési idővel számolt, ami a finn példa ismeretében – jelenleg kb. 4100 dollár és kb. 72 hónap – irreálisnak tűnik.⁴

A tényezők közül, a teljesség igénye nélkül az alábbiakat emeljük ki. Az építési költségekre (amelyeket később részletesen elemzünk) vonatkozó becsléseket erős szkepticizmussal kell kezelni. Többnyire még a szerződéses árajánlat sem tekinthető véglegesnek, mivel ezek tartalmazhatnak olyan klauzúákat, amelyek megengedik az ár emelkedését. A valóban „kulcsrakész” feltételeket tartalmazó szerződés olyan mértékű kockázatot jelent a reaktor szállítójának, hogy ilyen ajánlatot gyakorlatilag sosem tesznek.

A tőkeköltségek beruházásonként változók, mivel azokat az országokra és a beruházó cégekre hitelkockázati minősítések alapján határozzák meg. Szintén szerepet játszik a beruházó energetikai státusza: amennyiben a vállalat monopolhelyzetet élvez, akkor a hitel kamata 5–8% körül lehet, de liberalizált piacon akár a 15 százalékot is elérhetik. Megbízható működés esetén a fix költségeket nagyobb termelésre lehet szétosztani, ami feltétlenül javítja az erőmű gazdaságosságát. A kihasználtsági mutató 100%, ha az erőmű egy adott időszak (általában év) során végig teljes teljesítményen üzemel. Amennyiben egy erőmű 60%-os kihasználtsággal működik, akkor a költségei mintegy harmadával magasabbak, mintha 90%-os mutatóval üzemelne.⁵

Az 1980-as évek elején a világ összes atomerőművének átlagos kihasználtsága az üzemeltetés előre nem látott problémáinak köszönhetően 60% körül volt, ami éles ellentétben állt a reaktorgyártók 85–95%-os ígéreteivel.⁶ Az iparág erőfeszítései következtében a mutató mára 80% fölé emelkedett.⁷ Új típusú atomerőmű esetében számolni kell „gyermekbetegségekkel” – olyan országban is, ahol már van tapasztalat atomerőmű üzemeltetésében, erre szolgáltat példát a francia N4 típusú reaktorok vagy a cseh Temelín esete (l. 2. táblázat).

Reaktor	Kihasználtsági mutató az első négy év átlagában
Chooz B1	40,44%
Chooz B2	36,32%
Civaux 1	45,09%
Civaux 2	59,96%
Temelín 1	66,35%
Temelín 2	73,32%

2. táblázat: **Példák a „gyermekbetegségekre”**

Forrás: IAEA PRIS, <http://www.iaea.org/programmes/a2/>

Bár az uránérc ára az elmúlt években a korábbiak a tízszeresére nőtt, ez elméletileg nem feltétlenül jelent komoly költségnövelő tényezőt. A problémát nem is – az atomerőmű üzemeltetési költségeiben alacsony részesedéssel szereplő – uránárnál kell keresni, hanem az uránbányászati, urándúsító és üzemanyaggyártó piac jelenlegi helyzetében. A kapacitások szűkössége egyelőre még csak az atomenergia expanziójának egyik gátja, az urán és így az üzemanyag hiánya hosszabb távon azonban komoly költségnövekedést okozhat (bővebben lásd a 3. fejezetben).

A fentiek fényében az atomenergiával termelt villamos energia olcsósága minden valószínűség szerint a múlté. A jövő atomerőműveiben termelt áram áráról a ma működő erőművek árai sem adnak megbízható előrejelzést, mivel azok jórészt eltérő politikai-gazdasági környezetben épültek. Valódi versenyfeltételek esetén az így termelt áram ára minden bizonytalansággal magasabb lesz versenytársaiénál, de legalábbis

azokéhoz hasonló. Ha ehhez hozzáadjuk az extrém magas építési költségeket, a beruházás nagy, a versenytársakét lényegesen meghaladó időigényét, illetve a befektetés megtérülésének bizonytalanságát, érthetővé válik, hogy a nyugati piacokon az elmúlt évtizedekben miért maradtak el a megrendelések. Egy atomerőmű termelésének kezdete igen bizonytalan, de nagy valószínűséggel később kezd termelni, mint a vele egy időben elkezdett és kevésbé tökeigényes más típusú erőművek. Az atomerőmű ráadásul rugalmatlanul termel, a termelt nagymennyiségű villamos energia várhatóan csak akkor adható el majd a piacon, ha az erőmű valóban alacsony áron, megbízhatóan tud szolgáltatni. Erre vonatkozó garanciákat azonban ma már senki sem tud adni, ahogy arra sem, hogy milyen lesz a villamosenergia- és uránpiac 10–15 év múlva, amikor egy atomerőmű a tervezés kezdetétől számítva megkezdheti termelését. Így az atomenergia még a fosszilis energiahordozók jelenlegi magas árai mellett sem tűnik versenyképesnek.

Az építés költségei

A nukleáris energia költségei, az iparág állításaival szemben meglepő trendet mutatnak: az energiatermelés és -használat költségei minden energetikai technológia esetében szisztematikusan csökkentek az innováció és a termelés növekedése révén – ez alól egyedül a nukleáris energia jelenti a kivételt.⁸ Az atomerőművek ugyanis egyre drágábbak. Az újonnan építendő reaktorok, illetve más erőműtípusok költségeinek összevethetőségéhez a fajlagos építési költséget szokták alapul venni. Ezt a beépített villamos teljesítőképesség egységére jutó költség alapján kalkulálják. Az atomerőművekre vonatkozó becsléseknél általában az iparág becslései a legalacsonyabbak (1000–1500 USD/kW), a kutatóintézetek, a Nemzetközi Energiaügynökség ezt magasabbra teszik (2000–2500 USD/kW), a hitelkockázatokat is

figyelembe vevő hitelminősítő intézetek pedig a többinél lényegesen magasabb összeget állapítottak meg (Standard & Poor's: 4000 USD/kW, Moody's: 5–6000 USD/kW)⁹. Kinek lehet hinni? Ennek megítéléséhez aktuális tapasztalat alig áll rendelkezésre: az utóbbi időben ugyanis kevés reaktor épült, és az építési költségekről azok esetében is kevés adatot hoztak nyilvánosságra. Sok függ az aktuális körülményektől: például új atomerőműi telephelyről van-e szó, vagy egy már létező, alapinfrastruktúrával (például hűtőrendszerek, kapcsolódás a villamosenergia-hálózathoz) ellátott erőmű bővítéséről, a dollár és az euró árfolyamainak ingadozásától stb.

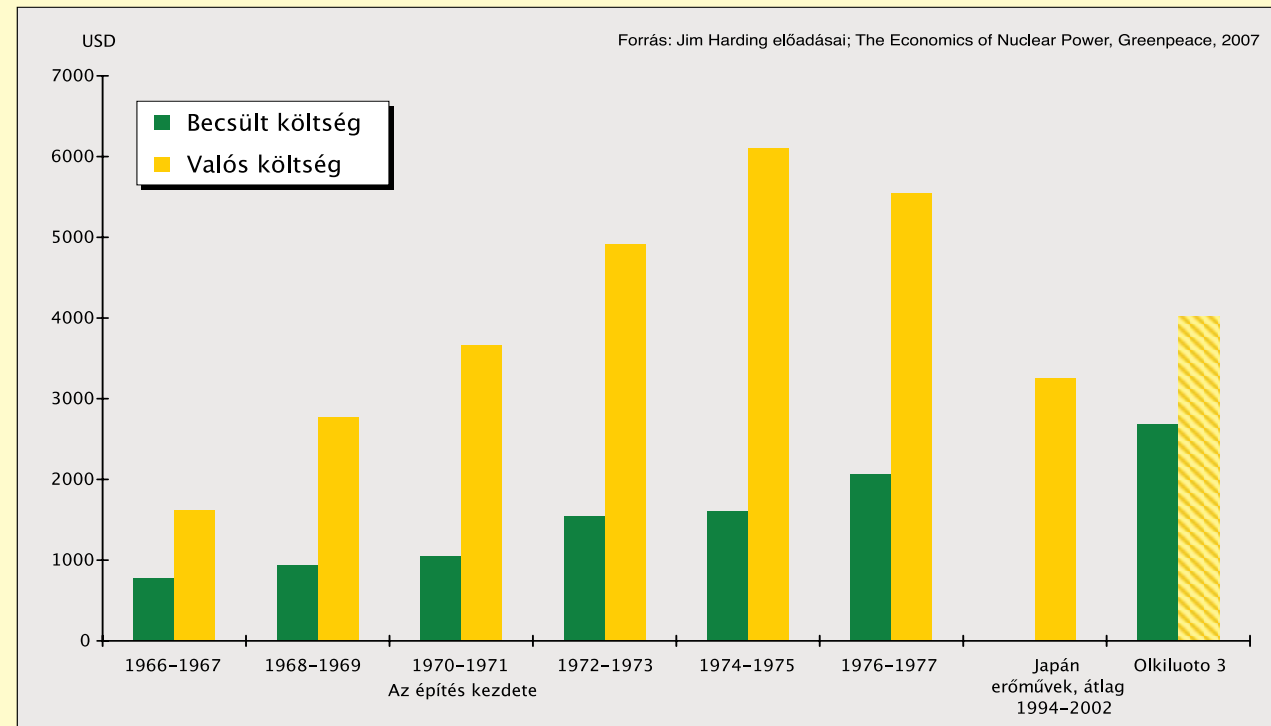
8 - Dennis Anderson: *Costs and Finance of Abating Carbon Emissions in the Energy Sector*; Imperial College London, 2006. október 20. Megalapozó tanulmány a brit kormány számára az éghajlatváltozás elleni küzdelem költségeit elemző Stern-jelentéshez.
9 - *The Economics of Nuclear Power*, Greenpeace, 2007; Steve Thomas és Jim Harding előadásai; *New Nuclear Generation In The United States: Keeping Options Open*, Vs Addressing An Inevitable Necessity; Moody's Corporate Finance, 2007. október

6 - U.o.
7 - <http://www.iaea.org/programmes/a2/>

A csekély aktuális példa miatt szükségszerű, hogy a történelmi tapasztalatok fényében is vizsgáljuk a kérdést. A rendelkezésre álló egyesült államokbeli, indiai és egyes európai reaktorok adatai (l. 8–9. ábra) alapján nyugodtan állítható, hogy a múltban az iparág tendenciózusan alábecsülte a költségeket, és ebben a gyakorlatban nem mutatkozik változás. A jelenleg épülő finn erőmű esetében alig két évvel az építkezés kezdete után a költségeket már a tervezett másfélszeresére becslik; a tapasztalatok alapján nem lenne meglepő, ha ez az összeg a jövőben még tovább emelkedne. Egy új erőmű költsége minden valószínűség szerint 3000 USD/kW felett várható, és a Moody's 5–6000 dolláros becslése sem nevezhető alaptalannak.



8. ábra: Az atomerőművek előzetesen becsült és valós építési költségei az Egyesült Államokban, illetve aktuális példák (OI-3: 2007 végi állás), \$2007/kWe



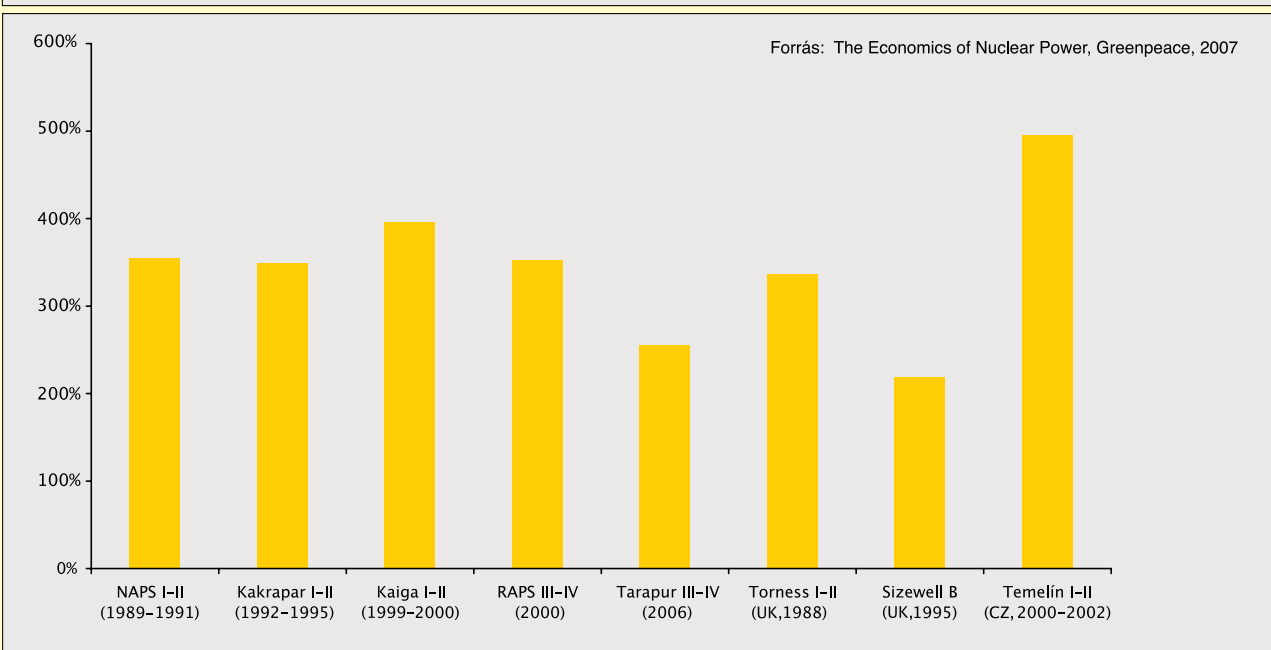
Technológia	Fajlagos építési költség (USD/kW)
Kombinált ciklusú gázturbina	650
Hagyományos szénerőmű	1400
Szélerőmű (kontinentális)	900
Atomerőmű	2000-2500

3. táblázat: **Összehasonlításul néhány adat a különböző erőműtípusok becsült fajlagos tőkeköltségéről**

Forrás: World Energy Outlook, 2006; IEA, 2006

Így egy 1000 MW-os atomerőmű építésének költsége akár az 1000 milliárd forintot is elérheti. Ennek megfelelően célszerű fenntartásokkal kezelni az iparág által tett nyilvános ajánlatokat, kalkulációkat, amelyek alapját képezhetik egy politikai döntésnek, de még nem számítanak hivatalos ajánlattételnek!

9. ábra: További példák a költségnövekedésre indiai, illetve brit és cseh reaktorok esetében



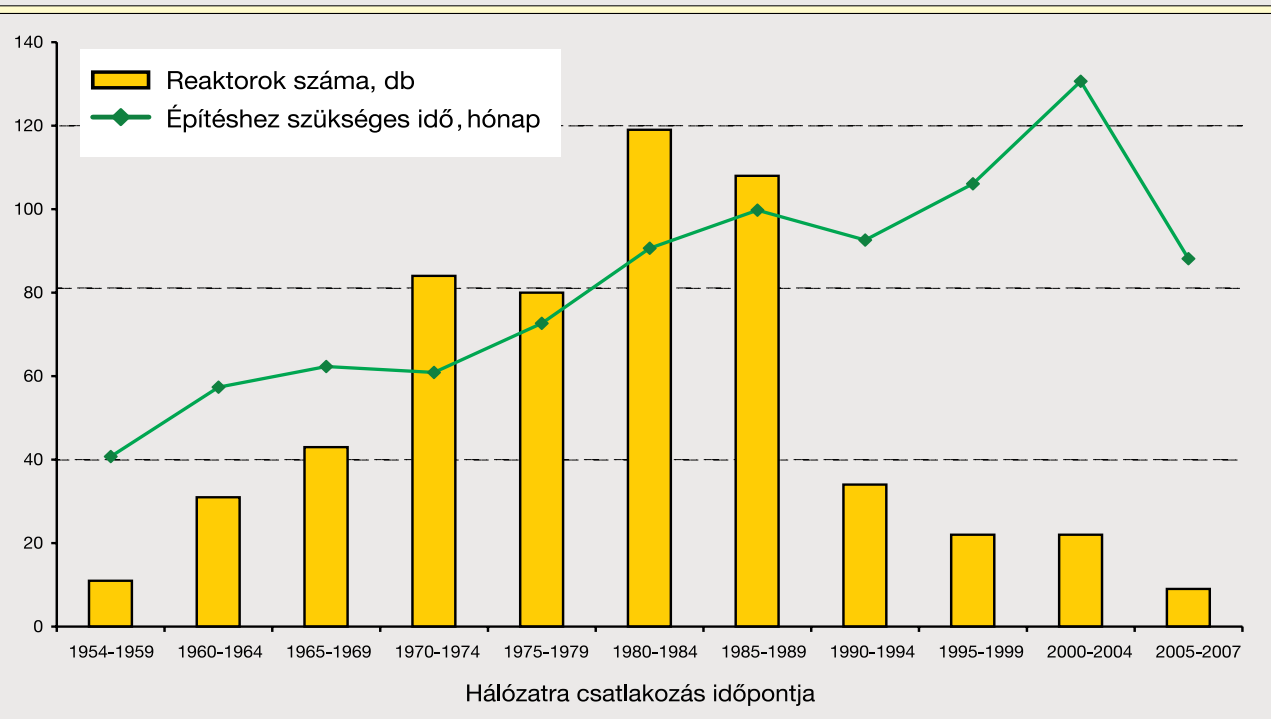
Az építkezés elhúzódása mint a költségnövekedés oka

Az idő múlásával az atomerőművek egyre komplexebbé váltak, és méretük, kapacitásuk is nőtt. Ez nemcsak a költségek növekedéséhez, hanem az építési idő meghosszabbodásához is vezetett. Az építkezések időigénye a '70-es évek közepén jellemző átlagos 66 hónapról 116 hónapra nőtt a '90-es évek végére. Jelenleg is átlagosan hét évet vesz igénybe egy reaktor felépítése, ami lényegesen meghaladja a versenytársak – szén, gáz, megújuló – építésének időigényét. Ezt tetézi, hogy a költségekhez hasonlóan az építési időt is gyakran alultervezik: erre példa a finn reaktor,

ahol az építés 2005-ös kezdetekor 2009-re tervezték a reaktor hálózatra kapcsolását, ma viszont már 2011 szerepel a tervekben.

A késedelmekkel tetézett, amúgy is hosszú építési idő jelentős hatással van a nukleáris energia gazdaságosságára, és rontja az atomerőművek versenyképességét.

10. ábra: A reaktorok építéséhez szükséges idő



Az erőművek építésének költsége, illetve az építés ideje között szoros kapcsolat van. Bár az építkezés elhúzódása általában csak az egyik tünete a kivitelezéssel kapcsolatos költségnövekedéssel járó

problémáknak, de a késlekedés önmagában is drágítja a beruházást: az építésre kapott hitel kamatait már az építés ideje alatt is fizetni kell, így az elhúzódás a költségeket értelemszerűen növeli.

Szabad piac – korlátozottabb lehetőségek

A múlt monopolisztikus piacain az energetikai cégek állami garanciákat kaptak költségeik megtérülésére (garantált áramátvétel, pénzügyi garancia-vállalás stb.). Mivel a kockázatok döntő részét nem a beruházó vállalta, hanem a fogyasztók, illetve az adófizetők viselték, az állami kézben lévő vállalatok alacsony (5–8%) tőkeköltséggel kaptak hitelt. Ezért azok könnyű szívvel választották a magas tőkeigényű nukleáris opciót, és a finanszírozóknak sem fájt a feje a hitel miatt. A keleti blokk országaiban a nem valós elszámoláson alapuló gazdaságpolitika könnyítette meg a beruházások lefolytatását.

Liberalizált piacokon, ahol az áram átvétele nem garantált, és egy rossz konstrukció választásának kockázatait is egyedül a beruházó viseli, a tőke költségei nyilvánvalóan magasabbak (akár 15%). Állami ga-

ranciákra, támogatásokra piactorzító mivoltuk miatt a cégek nem számíthatnak, így a kockázat olyan magas lesz, hogy a lehetséges finanszírozók sem tolonganak. A bulgáriai Belenébe, illetve a szlovákiai Mohiba tervezett reaktorok esetében több európai bank – például UniCredit, Deutsche Bank, Commerzbank, Bayerische Landesbank, HypoVereinsbank: Belene, ING: Mohi – mondott nemet a finanszírozásban való részvételre.

Természetesen mindenhol akadnak kivételek. Az alábbiakban két olyan országot – Egyesült Államok, Finnország – mutatunk be, ahol a liberalizált piac jelentette nehézségeket nyílt-rejtett támogatásokkal igyekeznek csökkenteni az iparág számára, illetve elemezzük a Kelet-Közép-Európában tapasztalható, új reaktorok építése iránti növekvő érdeklődés okait.

Egyesült Államok

Az Egyesült Államokban George W. Bush elnökké választása (2000) után az iparág kormányzati támogatást remélt. A várakozások nem voltak alaptalanok: a Bush-adminisztráció a 2002-ben megalkotott Nemzeti Energia Politikában két új reaktort tervezett 2010-re; ez a cél már biztosan nem fog teljesülni. A 2005-ös Energia Törvény többféle kedvezménnyel igyekszik a nukleáris cégek beruházási kedvét ösztönözni:

- Egyszerűsítették az engedélyezést.
- Nyolc évig adókedvezményt adnak az első 6–8 reaktor által termelt energiára (ez kb. 5,7 milliárd dollár veszteséget jelent az államnak).
- Az első 6 reaktorra 80%-os hitelgaranciát ad (a kötelezettségvállalás összegét 14–16 milliárd dollárra becslik).
- Az első két reaktornál 500 millió, a következő négy-nél 250 millió dollárig garanciát vállal az engedélyezés és a bírósági ügyek miatt keletkező csúszások okozta veszteségekre.
- További 850 millió dolláros K+F keretet biztosít.
- 1,3 milliárd dollárral támogatják a leszerelési alapokat.¹⁰

Mindettől 31 új reaktor megépülését várják. Az adófizetők mintegy 20 milliárd dollárjába kerülő ajánlat 2005 óta van érvényben, ám az iparág egyelőre így is csak néhány engedélykérelemig, illetve a Watts Bar 2-es reaktor építésének újratekintéséig jutott. A Moody's szerint ezek a kedvezmények sem fogják a reaktorok számának gyors emelkedését eredményezni – úgy kalkulálnak, hogy 2015-ig legfeljebb egy vagy két új reaktor csatlakozhat a hálózatra. Ez nem túlságosan meggyőző teljesítmény a világ legerősebb gazdaságától; jelenleg 104 reaktor az ország vilamos energiájának mintegy 20%-át szolgáltatja – egy-két reaktor ehhez képest csepp a tengerben. A miértekre a négy atomerőművet üzemeltető Dominion cég ügyvezetőjének, Thomas Capps-nak nyilatkozata adja meg a választ:

„Nem fogunk egyhamar atomerőművet építeni. A Standard & Poor's és a Moody's szívrohamot kapna. És a gazdasági igazgatónk is.”¹¹

Az Európai Unióban hasonló kedvezménycsomag sem uniós, sem tagállami szinten sem megengedhető, mivel állami támogatásnak minősülne, ami a verseny-szabályok miatt tiltott eszköz. Hogy a nukleáris ipar milyen módszerekkel és eredménnyel birkózik meg a liberalizált villamos energia piaccal az mostanában derül ki. Erre példa a finnországi erőműépítés.

10 - World Nuclear Industry Status Report 2007; Greens-EFA, Brüsszel, 2007; The Economics of Nuclear Power, Greenpeace, 2007; Steve Thomas előadásai.

11 - New York Times, 2005. május 2., http://www.nytimes.com/2005/05/02/politics/02_nuke.html

Finnország, Olkiluoto-3

Olkiluoto kiemelten fontos a nukleáris ipar számára. A franciaországi Civaux-2 1993-as megrendelése óta, tehát 12 év alatt ez volt az első nukleáris projekt a nyugati piacokon. A projekt több szempontból is demonstrációs minősíthető. Ha megépül, ez lesz az első prototípusa az Európai Nyomottvízes Reaktorok (EPR, European Pressurized Reactor). A projekt hivatott többek között bizonyítani a reaktorra vonatkozó állításokat: a korábbiakhoz képest olcsóbb megépíteni és üzemeltetni, illetve biztonságosabb is. Továbbá azt is bemutatná, hogy a nukleáris energia versenyképes a liberalizált piacokon.

Finnországban 4 reaktor található, ebből kettő Lovisában, kettő Olkiluotóban. Az előbbieket paksi típusúak (ezek az egyedüli szovjet típusú reaktorok, amelyek nyugati országban épültek), itt azonban – Pakssal ellentétben – vasbeton védőburokkal, ún. konténmenttel látták el a reaktorokat egy esetleges baleset következményeinek csillapítására. Olkiluotóban pedig két svéd forralóvízes reaktor található. A finn parlament 1993-ban elutasította az ötödik reaktorról szóló terveket, 2002 őszén azonban már zöld utat adott a fejlesztésnek. A tenderen a francia AREVA cég 1600 MW-os EPR-je futott be győztesként, az építkezést 2005 augusztusában kezdték.

Az építető TVO cég nem hagyományos energetikai vállalkozás: a cégnek mindössze 25%-át birtokolja a Fortum energetikai cég, 60%-a egy nem profitorientált konzorcium tulajdonában van; a konzorciumot energiaigényes iparágakat képviselő cégek alkotják. A szerződésben az AREVA az erőmű rögzített áron, „kulcsrakész” megépítését vállalta, teljes felelősséget viselve az erőműépületekért és berendezésekért, az építés menetrendjéért és a reaktor megbízható működéséért. A francia gyártó mindezt 3 milliárd eurós áron, és 48 hónap – azaz 4 év – kivitelezési idővel vállalta. Ezenfelül az AREVA fizeti az építkezés alatt a tőkeköltségeket és a reaktor első két töltetét.

Az Európai Megújuló Energia Szövetség (EREF) és a Greenpeace megkérdőjelezte a finanszírozást az Európai Bizottság előtt, arra hivatkozva, hogy az megsérti az állami támogatást tiltó uniós szabályozást. A finanszírozásban részt vevő, a Bayerische Landesbank által vezetett banki konzorcium 1,95 milliárd euró hitelt adott, mindössze 2,6% kamattal. Nem világos, hogy nominálkamatlából vagy reálkamatlából van szó. Amennyiben az előbbiről, akkor a reálkamatláb gyakorlatilag nulla, vagyis a bank nem keres az üzleten – egy állami tulajdonú bank esetében ez felveti az állami támogatás lehetőségét. Ezen felül a francia COFACE exporthitelvállalat 610 millió euró értékben garanciát nyújtott az AREVA-nak, il-

letve a svéd állam a Svéd Exporthitel Ügynökségen (SEK) keresztül adott 110 millió euró támogatást. Az exporthitel-ügynökségek általában fejlődő világban, politikailag és gazdaságilag kockázatos országokban folyó beruházásokat támogatnak, Finnország nyilvánvalóan nem tartozik ezen országok közé. Az exporthitel-ügynökségek szerepe azért is figyelemre méltó, mivel az EU belső piacán export-import viszonyról nem lehet beszélni. A Bizottság végül csak a COFACE szerepét vizsgálta, majd 2007 szeptemberében úgy döntött, hogy a támogatás nem ütközik a fent említett szabályokba.

Mindezzel együtt igencsak valószínűnek tűnik, hogy a fenti feltételek egyszerűek voltak, azt többé egyetlen megrendelőnek sem lesz alkalma kialakítani. Ezt valószínűsítik az építkezés során tapasztaltak is, amelyek fényében kijelenthető, hogy az olkiluotoi projekt nem váltotta be várakozásokat.

Az építkezés 2005 augusztusában kezdődött, majd gyakorlatilag azonnal megjelentek a problémák. 2005 szeptemberében gondok adódtak a betonnal, 2006 februárjában, alig hat hónappal a kezdés után pedig máris 6 havi csúszásról számoltak be.¹² A finn nukleáris biztonsági hatóság, a STUK 2006 tavaszán vizsgálatot indított a problémák okait feltárandó. Mindmáig számos nukleáris biztonsági, valamint minőségi problémát tártak fel.¹³ Ezek között szerepelt az AREVA tapasztalatlansága, illetve számos esetben az alvállalkozók hozzáértése is megkérdőjelezhető volt; előfordult olyan eset is, hogy egy indiai alvállalkozó nem számolt a finnországi téllal, így a generátorépület alapját újra kellett betonozni.

A késedelemre vonatkozó állítások gyorsan inflálódtak: 2006 áprilisában már 9 havi, júliusban egyéves, decemberben másfél éves késésről volt szó. 2007 decemberében a reaktor befejezését 2011 nyarára ígérték, ami két éves csúszásnak felel meg. A késedelemmel együtt emelkedtek a költségek is: először 300, majd 700 millió eurós költségnövekedést kellett elkönyvelni. Némi huzavona (ki miért felelős, kinek mit kell fizetnie) után az AREVA belátta, hogy mivel a TVO nem hajlandó többet fizetni, mint amennyi a szerződésben szerepel, neki kell lenyelnie a veszteséget. Ami a késedelemmel tovább növekedett: 2007 augusztusára 1,5 milliárd euróra tették a francia állam tulajdonában álló AREVA által fizetendő extraköltséget. Így lett tehát a négy évből hat, a három milliárdból pedig, négy és fél, azaz minden lényeges faktor a másfélszeresére növekedett.

12 - Construction of Olkiluoto-3 behind schedule, Nucleonics Week, 2006. február 2.

13 - Insufficient guidance of subcontractors' work in Olkiluoto 3 nuclear power plant project; a finn nukleáris hatóság, a STUK sajtóközleménye, http://www.stuk.fi/stuk/tiedotteet/2006/en_GB/news_419/

Tanulságok:

- A 2000 eurós (kb. 3000 USD) kW-kénti szerződéses ár a költségek durva alulbecslésének bizonyult.
- A 48 hónapos kivitelezési idő szintén durva alulbecslésének bizonyult.
- A finanszírozási konstrukció, amely meglepően alacsony kamatrátát tartalmaz, és exporthitel-ügynökségek bevonásával valósult meg, nem jelent garanciát a veszteségek elkerülésére, de a termelt villamos energia árának alacsonyan tartását fogják okozni, mivel a veszteségeket a gyártó/kivitelező cégre terheli.
- A „kulcsrakész” szerződés olyan kockázatokat jelent a gyártóknak, hogy az olkiluotoihoz hasonló, árplafont rögzítő szerződést várhatóan nem fognak többé ajánlani.
- Egy atomerőmű építéséhez igen komoly szakértelemre van szükség; az aktuális építési tapasztalatok hiánya miatt nagy kihívást jelent, hogy a követelményeknek megfelelően történjen a kivitelezés.

A fentiek mind az érintett vállalatok, mind az iparág hitelességét, illetve hitelminősítését rontják.

Kelet-Európa külön utakon?

Az elmondottak következtében a nyugati országok nukleáris szektorára vonatkozó jóslatokat kritikusan ajánlatos kezelni. Az Egyesült Államokról volt már szó; Nagy-Britannia döntése, amelyben zöld utat adott az újabb atomerőműveknek, csupán az elvi lehetőségét adja meg új blokkok építésének. Franciaország ugyan belekezdett egy EPR építésébe, de Nicolas Sarkozy elnök kijelentette, hogy a továbbiakban már nem építenek több atomerőművet. Bár Svédországban változás tapasztalható a nyolcvanas években hozott leállítási döntéshez képest, ez egyelőre csak a reaktorok élettartamának meghosszabbítását jelentheti. Azonban a nyugati országokkal szemben Kelet-Európa számos országában¹⁴ hallani új atomerőművek építésére vonatkozó, helyenként egyre konkrétabb tervekről.

Mi lehet ennek az oka? A döntéshozókat feltehetően az alábbi indokok befolyásolják:

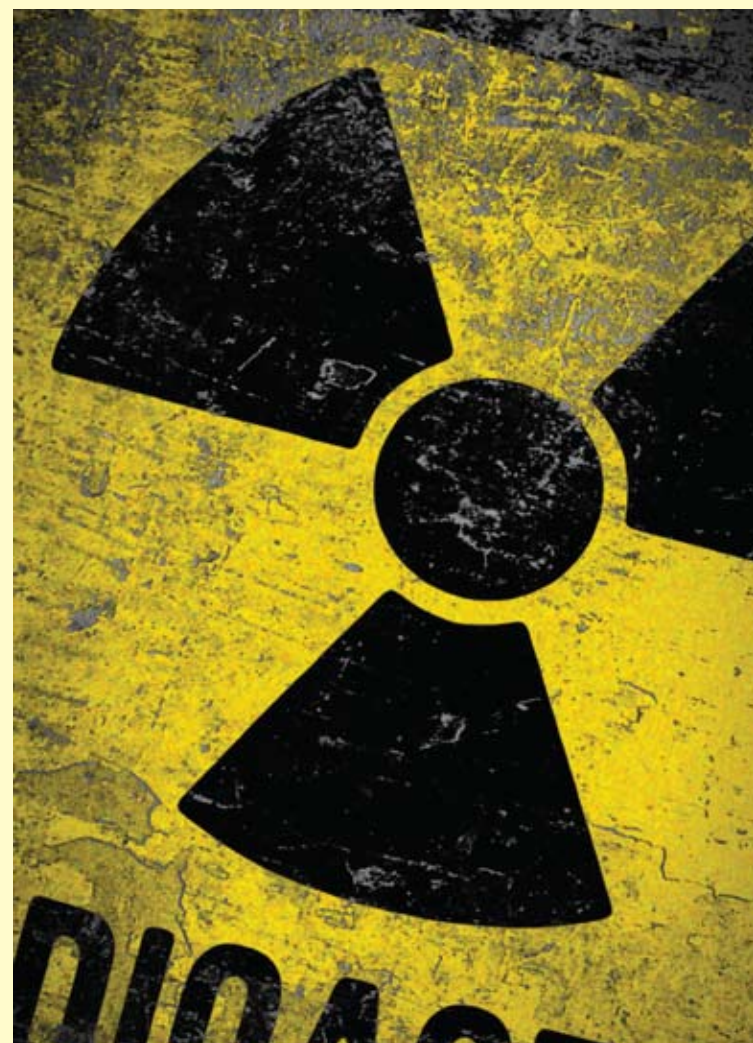
- A nukleáris ipar minden eszközzel igyekszik megrendeléseket szerezni, ezért alacsony árakat, illetve kapcsolatai révén olcsó hitelek kieszközölését ígérheti.
- A többlet-villamosenergia exportja, elsősorban Nyugat-Európába, ígéretes üzletnek tűnik.
- Az atomenergia alternatívái közül ijesztő az orosz gáztól való növekvő függés.
- A kelet-európai szovjet atomerőművek megbízhatónak bizonyultak (összehasonlítva egyes nyugati típusokkal).

Emellett azonban az alábbiakat is célszerű figyelembe venni:

- A működő erőműveket a KGST-re jellemző elszámolási viszonyok miatt a nyugati, piaciakra jellemzőnél lényegesen alacsonyabb áron építették. Kérdés, mi várható piaci viszonyok között?
- Kérdés, hogy az orosz reaktorok megfelelnek-e a nyugati normáknak?
- Kérdés, hogy az ajánlatokban szereplő árak mennyiben egyeznek meg majd a végső árral? Vannak-e valóban „kulcsrakész” ajánlatok?
- Kérdés, hogy a hulladékok kezelésének becsült költségei valóságosak-e?
- Kérdés, hogy a döntéshozók teljes mértékben ismerik és értik-e a liberalizált árampiaci viszonyok kockázatait?
- Az esetlegesen építendő orosz reaktorok a nukleáris üzemanyag révén teszi függővé az országokat Oroszországtól.

Mint láttuk, a nukleáris ipar helyzetét érdemben nem fogja befolyásolni, ha a tervezettek közül megépül néhány reaktor. Ellenben ha a kelet-közép-európai országok mégis megépítik a tervezett atomerőműveket, akkor a veszéllyel kell számolniuk, hogy a források és a rendszerhez való hozzáférés hiányában a fenntartható megoldások versenyhátrányba kerülnek, és így a fenntartható energiarendszer kiépítése jelentős késedelmet fog szenvedni.

14 - Bulgária: Belene 1-2, Szlovákia: Mohi 3-4, Litvánia-Észtország-Lengyelország közös projektben: Ignalina, Románia: Cernavoda 3-4, Szlovénia: Krško 2, Fehéroroszország: még nincs meghatározva az építendő erőmű helyszíne



3. fejezet:

A döntéshozatal során figyelembe veendő további fontos kérdések...



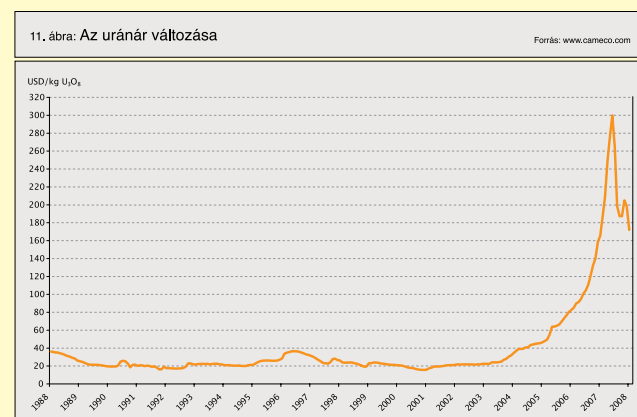
Az alábbi fejezet olyan kérdésekkel foglalkozik, amelyekkel vagy csak egyoldalúan beállítva, vagy egyáltalán nem találkozhatunk a nukleáris iparág érvrendszerében A döntéshozatal során ezen kérdéseket is érdemes végiggondolni.

A „reneszánsz” további akadályai

A finanszírozási problémákon túl a reaktorok gyártásánál, építésénél és üzemeltetésénél is olyan problémákba ütközünk, amelyek ugyancsak az atomenergia további térnyerését akadályozzák. Szűk keresztmetszetet találunk a gyártási folyamatban, az üzemanyag-ellátásban, és úgy tűnik, hogy a szükséges szakértelem is kezd hiánycikké válni.

Gyártási kapacitások szűkössége

Jelenleg egyedül a Japan Steel Works képes legyártani a nyugati típusú, harmadik generációs atomerőművek reaktortartályát. Ezen felül egy francia acélmű képes további kisebb berendezések, például gőzfejlesztők gyártására. Azonban ezek teljesítőképessége természetesen véges, Japánban jelenleg évi 4, Franciaországban 2–2,5 reaktorhoz szükséges berendezést tudnak gyártani. A gyárak termelését évekre előre lekötötték, részben üzemidő-hosszabbítással kapcsolatos, részben szenes erőműi berendezések gyártására, így a kapacitások növelése sem hozhat jelentős változást az új reaktorokhoz szükséges berendezések gyártásában.¹⁵ A keleti, illetve orosz gyártókapacitásokról nincs pontos információ, becslések szerint a cseh Škoda évente 1, Oroszország üzemeltet 1-2 reaktort tudnak szállítani.



Üzemanyag

Az erőművek üzemanyag-ellátása jelenleg megoldott, az előrejelzések szerint a világ urántartalékai a jelenlegi felhasználási szint mellett még mintegy 70 évre elégségesek. Ennek ellenére komoly kihívásokkal kell szembenézni a közeljövőben. A világ jelenlegi urántermelése az igényeknek csak mintegy 60%-át elégíti ki. A hiányt a leállított vagy félbehagyott erőművek készletéből, illetve a nukleáris robbanófejek leszereléséből származó uránnal egyenlítik ki. Ez az árak csökkenését eredményezte, így az 1980-as évek végétől az árplafonnal ellátott hosszú távú szerződésekkel gúzsba kötött bányákra és dúsítóüzemekre szűk esztendőket köszöntöttek. A kapacitások bővítése ilyen áron nem várható, az új üzemek veszteségesek lennének a mai áron.

Az elmúlt években azonban – az urán piacán kis arányt kitevő, rövid határidőre kötött megállapodások terén – „elszálltak” az árak: az öt évvel ezelőttiekhez képest ma kb. a kilenc-tízszeresét kell fizetni. A hosszú távú szerződések a következő 4-5 évben lejárnak. Ez a tény, a másodlagos uránforrások párhuzamos kimerülésével és az elmaradt kapacitásbővítéssel együtt, valószínűsíthetően az árak növekedését fogja eredményezni. A 2015-re jelzett igényeket a jelenlegi kapacitásokkal valószínűleg nem lehet primer forrásokból származó uránnal kielégíteni, új kapacitások kiépítése pedig hosszú időt venne igénybe. Az új helyzetben a bányatulajdonosok és a dúsítók pozíciói olyan mértékben fognak erősödni, amit minden valószínűség szerint igyekeznek majd profitra váltani. A dúsítás hatáskörének emelése sem hozhat megoldást a problémára: bár így kevesebb uránércre lenne szükség, a dúsított uránmennyiség is csökkenne.

A reaktorok számának lényeges növeléséhez igen komoly befektetésekre lenne szükség az uránbányászati és az urándúsítási kapacitások növelése terén. Azonban a bányák és a dúsítók érdekei nem feltétlenül esnek egybe a vásárlókéval, és nem vehető biztosra, hogy a szükséges erőfeszítéseket meg is fogják tenni. A hosszú távú szerződések lejártával az atomerőművállalatok kénytelenek lesznek kilépni egy olyan piacra, ahol az eladóknak szűkösebbek a kapacitásaik, mint amire igény lenne. Egy új erőmű beruházójának már a reaktor megrendelésekor üzemanyagforrás után kell néznie, ami a keresleti piac korábbi kialakulását és az árak gyors emelkedését fogja eredményezni.

¹⁵ - World Nuclear Industry Status Report 2007; Greens-EFA, Brüsszel, 2007.

A szakértelem hiánya

A szakértelem ugyancsak hiánycikk lesz a következő években. Ahogy azt a finn erőmű építése esetében is láttuk, hiába lenne alapvető fontosságú a minősített, valóban hozzáértő, megfelelő tapasztalatokkal bíró alvállalkozók biztosítása az építés minden fázisában, mégsem áll rendelkezésre.

Ugyanez vonatkozik az erőműveket üzemeltető személyzetre: a növekvő számú erőmű kezeléséhez nagy létszámú, megfelelően képzett szakembergárdára volna szükség. A nukleáris szakma azonban ma már nem vonzza a fiatalokat: hiába növekszik a mérnöki és műszaki képzetek száma, az atomenergetika nem képes versenyezni más iparágakkal, és egyre kevesebben vesznek részt az azzal kapcsolatos képzésben. Miközben az amerikai atomerőművek dolgozói között 8 százalék a 32 év alattiak aránya, a dolgozók 30–40 százaléka 5 éven belül eléri a nyugdíjkorhatárt; Franciaországban az Electricité de France atomerőművei dolgozóinak 40 százaléka vonulhat nyugdíjba 2015-ig. Németországban a helyzet még rosszabb. Féltő, hogy a megüresedett pozíciókat nemsokára csak nem megfelelően képzett, vagy a szükségesnél rosszabb képességű munkaerővel lehet feltölteni.

A helyzet természetesen kihat a hatóságokra is: a hiány az alacsonyabb presztízs miatt itt jelentkezik először. Talán nem szükséges ecsetelni, hogy a megfelelő szakértelem hiánya – akár az erőműveknél, akár a hatóságnál, akár a tudományos háttérintézményeknél jelentkezik – milyen óriási biztonsági kockázatokkal jár.

Atomenergia és klímavédelem

A nukleáris ipar úgy érvel, hogy az atomerőművek nem bocsátanak ki szén-dioxidot, és ezért az atomenergia nemhogy nem járul hozzá a klímaváltozáshoz, hanem egyenesen a klímaváltozás elleni küzdelem egyik letéteményese. Ez az egyszerű logika azonban több helyen is sántít.

Az atomerőművek ugyan valóban nem bocsátanak ki üvegházhatású gázokat, ennek ellenére a nukleáris áramtermelés nem tekinthető klímabarátosnak: a teljes életciklusra (uránbányászattal, fűtőelemgyártással, az erőmű építésével és lebontásával, a hulladékkezeléssel együtt) kalkulálva az atomenergia nem elhanyagolható mértékű szén-dioxid kibocsátásáért felelős. Ennek mennyisége vita tárgya: különböző elemzések szerint megtermelt kWh-ként az uránérc minőségétől függően 30–120 g CO₂-t bocsátanak ki áttételesen az atomerőművek, ami a szélenergia (23–24 g) és a napelemek (101 g) közé helyezi az atomenergiát. (Összehasonlításképpen: egy szenes erőmű mintegy 1100, egy gázerőmű kb. 450 g CO₂-t bocsát ki kWh-ként.)¹⁶

Az atomerőműveknek a klímaváltozás elleni küzdelemben lehetséges szerepe ettől függetlenül is vizsgálendő: vajon jelenleg mennyi üvegházgáz kibocsátásától mentesítik a légkört az atomerőművek? Valóban játszhatnak-e a jelenleginél komolyabb szerepet a klímavédelemben? És ha igen, mindez anyagilag megéri-e?

Pontos adat nem ismert, de nagyságrendileg a világ CO₂-kibocsátása mindössze 3%-kal nőne, ha atomerőművek helyett szénerőművekkel termelnék az energiát. A villamosenergia-ipar ugyanis a kibocsátásoknak csak mintegy egyharmadát felel, így az atomenergia szerepe nem nevezhető érdeminek. Amennyiben érdemi szerepet szánnánk az atomenergiának, akkor a jelenlegi 439 reaktornál lényegesen több, mintegy 2000 új reaktorra lenne szükség. Mihez tartás végett, az elmúlt több mint 50 év alatt a leállítottakkal együtt is összesen csak 563 reaktort építettek. Ismerve a tendenciát, amely szerint az iparágat még a leállítandó reaktorok pótlása is megoldhatatlan feladat elé állítja, nyugodtan kijelenthető, hogy ennyi új reaktor megépítésére nem kerül majd sor.

Ha a kiotói folyamat felől vizsgáljuk a kérdést, szintén azt látjuk, hogy a nukleáris iparnak a klímavédelmi célokra, a kiotói vállalásokra való hivatkozása szintén megalapozatlan. A kibocsátások csökkentését célul kitűző egyezmények, a lehetséges eszközöket, módszereket (rugalmassági mechanizmusok) és feltételeiket rögzítő egyezmények meg sem említik az atomenergiát. Nem szabad feledni az IPCC jelentései által kitűzött (kitűzendő) célt: a kibocsátások maximumát 2015-ig kell elérni, utána mindenképpen csökkentésre lesz szükség. A jelen tendenciák alapján addig nemhogy egy-két ezer, de néhány tucat reaktor üzembe helyezése is túl nagy falatot jelentene az iparág számára.



¹⁶ - Comparison of Greenhouse-Gas Emissions and Abatement Cost of Nuclear and Alternative Energy Options from a Life-Cycle Perspective, Öko-Institut e.V., Darmstadt, 2006, illetve Treibhausgasemissionen und Vermeidungskosten der nuklearen, fossilen und erneuerbaren Strombereitstellung, Öko-Institut e.V., Darmstadt, 2007

Biztonság

A biztonság a nukleáris ipar egyik sarokköve. A csernobili katasztrófa igazolta, hogy egy egyébként igen kicsire becsült valószínűséggel bekövetkező baleset minden képzeletet felülmúló következményekkel jár. A balesetek nagymértékben hozzájárultak a nukleáris ipar megtorpanásához. A biztonság kérdését az iparág is kezdte komolyabban venni. A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség keretein belül és azon kívül is fórumok alakultak az információcsere érdekében, bevezették a nukleáris eseményeket rangsoroló, azok összehasonlítását elősegítő skálát (INES), szigorodtak az előírások, stb. Ennek ellenére 1986 óta legalább tizenöt INES 3-as szintű esemény történt a világ atomerőműveiben. A skálán az 1-es jelöli a rendellenességet, a 7-es egy csernobili szintű balesetet, a 3-as besorolás jelentése: „súlyos üzemzavar”. Meghatározása szerint olyan esemény, ahol egy újabb, az eseményt negatívan befolyásoló tényező jelentkezése esetén már baleset következett volna be. A baleset súlyossága az esemény jellegétől függ, tehát ilyen esetben – elvileg – bármilyen szintű (4-estől 7-esig) baleset bekövetkezhet. Fontos megjegyezni, hogy az erőművek biztonságának növelése jelentős költségnövelő tényező, és nagymértékben járult hozzá a költségek növekedéséhez.

Az atomerőművek biztonsága, biztonságossága igen összetett kérdés. Nem csak az erőmű műszaki jellemzőinek összességét kell érteni alatta: az emberi tényező kiiktathatatlanul jelen van, a tervezéstől kezdve a kivitelezésen át az üzemeltetésig. Az emberi hiba visszatérő elem az eddig bekövetkezett balesetek, súlyos üzemzavarok többségében. Egy atomerőmű biztonságának szerves része az ott dolgozóakra jellemző biztonsági kultúra. Ennek mérése – a műszaki tényezőkkel ellentétben – igen nehézkes feladat. Gyakran csak egy esemény derít fényt arra, hogy például a menedzsment irányítási problémákkal küszködik, hiányos volt a dolgozók képzettsége, stb. Erre jó példa a 2003-as súlyos paksi üzemzavar, amiben az erőmű vezetésében bekövetkezett hangsúlyeltolódás is szerepet játszott: a pénzügyi célok elérése vált elsőszámú kérdéssé, a biztonság háttérbe szorult. A fentiek fényében igen aggasztó, hogy az öregedő reaktorflottát üzemeltető iparág a közeljövőben

várhatóan szakemberhiánnyal lesz kénytelen szembenézni. Ez a probléma még súlyosabbnak tűnik a reaktorok üzemidő-hosszabbításának fényében.

Üzemidő-hosszabbítás

Az atomerőművek üzemidejének meghosszabbítása új keletű folyamat. A tervezett üzemidő végére az erőmű már visszafizette az építésre felvett hitelt, eszközállománya nullára íródott, így valóban kecsegtető pénzügyi lehetőség az üzemidő meghosszabbítása. Ellenben azt, hogy a nyugati országokban a fejlesztések csaknem teljes mértékben az üzemidő-hosszabbításra korlátozódnak, az is indokolja, hogy új erőművek építése hasonló számban nem valósulhat meg.

Mindazonáltal az üzemidő-hosszabbítás komoly biztonsági kockázatokkal jár. Az erőművek legfontosabb, fő teherviselő berendezései – elsősorban a reaktortartály – jelentik a szűk keresztmetszetet: ezek cseréje nem lehetséges, állapotuk viszont kulcskérdés a biztonság szempontjából. Az elöregedő, a magas hőmérséklet, nyomás és a neutronok „bombázása” miatt anyagában egyre inkább ridegedő reaktortartály eltörése tervezésen túli mértékű balesetnek számít, amelyre egyetlen erőmű sincsen felkészítve.¹⁷ Egy ilyen esemény során sugárzó anyag juthat ki a környezetbe, és a reaktor-mag leolvadásával is számolni kell.

Természetesen a többi berendezés is öregszik, de ezek állapotáról valóban pontos, teljes képet alkotni gyakorlatilag képtelenség. A tapasztalatok szerint a meghibásodások rátája az erőművek eredeti üzemideje vége felé emelkedni kezd, ez a tendencia a meghosszabbított üzemidő alatt várhatóan növekvő mértékben folytatódik.

A folyamatot súlyosítja, hogy teljesítménynövelő változtatásokat is végrehajtanak, ami azt jelenti, hogy öregedő erőművet a tervezetten felüli mértékben veszik igénybe, ráadásul a tervezett időtartamon túl. Mindezek együttesen a biztonsági tartalékok feléléséhez vezetnek.

További gondot jelent, hogy elegendő releváns tapasztalat sem áll rendelkezésre. Az erőművek a meghosszabbított üzemidejüket jórészt ugyanis csak 2010 után kezdik meg, mivel ekkortól jár le az erőművek eredetileg tervezett élettartama.

Hulladékok

A nukleáris és a nagyaktivitású hulladékok problémája nem megoldott, bármit is állít a nukleáris ipar. Nukleáris hulladék alatt a nukleáris anyagot tartalmazó, további felhasználásra önmagában alkalmatlan anyagot értjük; elsősorban a kiégett üzemanyagról van szó, nagyaktivitású hulladék minden más erősen sugárzó hulladék. Az atomenergetika több mint 50 éve alatt ezekre a hulladékokra végleges, minden szempontból – gazdasági, környezeti stb. – elfogadható kezelési megoldást nem sikerült kidolgozni. Bár rövid távú tárolásuk több feltétel (pénzügyi, szakmai, politikai stb.) egyidejű teljesülése esetén megoldott, hosszú távon potenciális környezeti és pénzügyi kockázatot jelentenek.

A felhalmozódott hulladékok mennyisége ismeretlen, csak becslések léteznek. Azonban nem is a mennyiség az, ami az óriási kihívást jelenti: az erősen sugárzó, kémiaileg is mérgező anyagokat tartalmazó kiégett fűtőelemeket több százezer évre kell biztonságosan elszigetelni a bioszférától. A rövidebb ideig veszélyes, szintén erősen sugárzó nagyaktivitású hulladékokat ugyanezekben a tárolókban helyeznék el. A világon néhány telephely (USA, Svédország, Finnország) ugyan kutatás alatt áll, de üzemét megkezdett végleges tároló

nem létezik. A problémára az iparág szerint megoldást nyújthatna a kiégett fűtőelemek újrafeldolgozása. A reprocesszálnak nevezett eljárás során a hasznosítható uránt és plutóniumot kivonják az üzemanyagból, a nagyaktivitású hulladéknak minősülő maradékot szilárdítják, és ideiglenes tárolásra helyezik el. Ennek ellenére, becslések szerint, az évente keletkező kiégett üzemanyagok legfeljebb egyharmadát dolgozzák fel. A folyamat ugyanis igen költséges, mindössze három atomnagyhatalom, Oroszország, Franciaország, Nagy-Britannia, illetve Japán alkalmazza a technológiát. A technológia mellesleg igen környezetszennyező: a reprocesszálo üzemek normál üzemük mellett is a teljes nukleáris vertikum legszennyezőbb létesítményei, miközben a folyamat során nagyságrendekkel több radioaktív hulladék keletkezik, mint amennyit feldolgozni kívántak. A kiégett fűtőelem tömegének mintegy felét kitevő tokozás nem használható fel újra, ezt a hulladékmennyiséget növelik a feldolgozás során keletkező hulladékok. Mindezekon felül a kivont plutóniumot csak igen kis mértékben hasznosítják, a felhalmozott készletek jövőbeli sorsa egyelőre ismeretlen.

Proliferáció¹⁸, terrorveszély

Nukleáris erőmű, létesítmény ellen terrorcselekményt – tudunkkal – még soha nem próbáltak meg elkövetni. Természetesen ez nem jelenti azt, hogy nem is várható ilyen cselekmény. 2001. szeptember 11-e óta az iparág is szemmel láthatóan komoly súlyt fektetett annak bizonyítására, hogy a reaktorok védőburka ellenállna egy, a New York-ihoz hasonló cselekménynek, a hatósági előírások is szigorodtak, továbbá a média is kiemelt figyelemmel követi azon témákat, ahol a terrorizmus és az atomenergia kapcsolatba hozható. Mind-

ezzel együtt csak reményeinket fejezhetjük ki, hogy nem kell számolni ilyen eseménnyel.

Egy atomerőmű elleni terrorcselekménynél kézzelfoghatóbb veszélyt jelent a nukleáris anyagok és technológiák illetéktelen kezekbe jutása. Ezt aktuális példák is igazolják, I. a 2007. november végi, a magyar–szlovák–ukrán hármashatáron elfogott urán-csempészek esetét. Az atomenergia esetleges expanziója ezt a veszélyt kétségtelenül növelné.

Negyedik generációs reaktorok

A nukleáris ipar állításainak mostanában visszatérő elemét alkotják az ún. negyedik generációs reaktorok, amelyek a nukleáris ipar „minden problémáját megoldják”. Mik ezek a problémák? A biztonság, a költségek, a proliferációs veszély és a nukleáris hulladékok kérdése. A negyedik generációs reaktorokat inherens¹⁹, de a jelenlegi harmadik generációsokhoz képest legalábbis nagyobb biztonságúnak aposztrofálják. A nukleáris üzemanyagláncot az ígéretük szerint ezek a reaktorok bezárják: a keletkezett kiégett fűtőelemeket reprocesszálo üzemekben feldolgozzák, a kivont uránból és plutóniumból újra fűtőelemeket gyártanak, így a hulladékok problémája és az üzemanyag-ellátás is megoldódik. Nincs terünk, hogy egyenként elemezzük a kutatás alatt álló reaktortípusokat, általánosságban azonban el lehet mondani, hogy önmagában egyik sem ad választ egyszerre az összes problémára. Ezen túlmenően, a kutatások befejeződését, a reak-

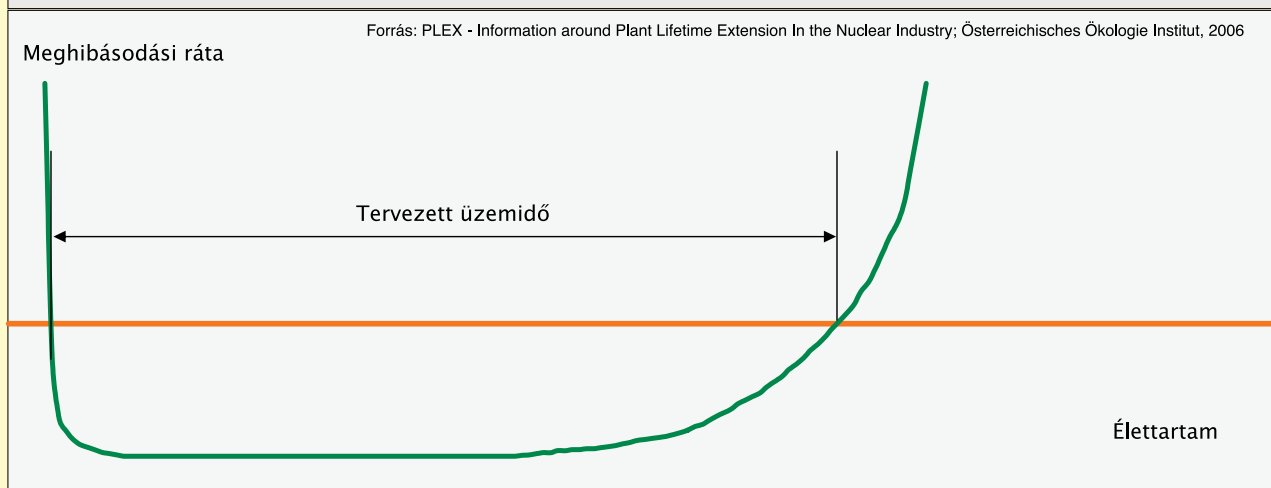
torok hadrafoghatóságát a legoptimistább becslések is 2030-ra teszik. Értelemszerűen nincs információ a gazdaságosságról, mindazonáltal a zárt üzemanyag-lánc megteremtése érdekében tett eddigi kísérletek egyik fő gondja a létesítés és üzemeltetés magas költségtényezője volt. Az eddigi tapasztalatok alapján várható költségesség okán nehezen hihető, hogy ezen rendszerek széles körben elérhetővé válnának a különböző országok számára, a plutónium használatának elterjedése miatt pedig komoly proliferációs veszéllyel kell számolni, nem beszélve a környezeti kockázatokról.

A fentiek alapján nem várható, hogy a negyedik generációs reaktorok érdemben befolyásolni tudják a nukleáris energetika jövőjének alakulását. Összességében a negyedik generációra vonatkozó ígéreteket kritikusan érdemes szemlélteni.

¹⁸ - Nukleáris anyagok és technológiák terjedése, illetve illetéktelen kezekbe jutása

¹⁹ - Inherens biztonság: passzív, természeti törvényeken alapuló védelem. Ilyen rendszereknél probléma esetén nincs szükség emberi közbeavatkozásra.

12. ábra. Atomerőművek meghibásodásainak jellemző görbéje az élettartam függvényében



¹⁷ - PLEX - Information around Plant Lifetime Extension In the Nuclear Industry; Österreichisches Ökologie Institut, 2006

4. fejezet: A magyar döntéshozók figyelmébe

A paksi atomerőmű reaktorai 1982–87 között kezdték meg működésüket. Az erőművet harminc évi üzemre tervezték, így azt 2012–17 között fokozatosan le kellene állítani. A jelenlegi tervek szerint a reaktorok üzemidejét húsz évvel meghosszabbítanák. Bár jogszabály nem kötelezte őket, 2005-ben a parlamentet is tájékoztatták erről. A tájékoztatást különösebb vita nélkül elfogadták, ami de facto a tervek elfogadását jelentette.

Az eljárás több szempontból is kifogásolható volt. Az ország nem rendelkezett energiatervezéssel, a tájékoztatást és az arról szóló döntést nem előzte meg társadalmi vita, a mintegy harminc évre szóló döntést gyakorlatilag a társadalom kizárásával hozták meg. A képviselők tájékoztatása egyoldalú volt, az előterjesztés tévedéseket²⁰ és félrevezető megfogalmazásokat²¹ is tartalmazott. Tiszteletben tartva a képviselői szuverenitást és felkészültséget, nem kérdőjelezve meg, hogy milyen szempontok alapján hoztak döntést a képviselők, az mindenképpen szerencsés lett volna, ha a tájékoztatást az előző fejezetekben bemutatottak és egyéb információk is kiegészítik.

Az ország 2020-ig szóló energiapolitikai tervezetének parlamenti vitája a közeljövőben várható. A tervezet ismét az atomerőmű üzemidő-hosszabbításának szükségessége mellett érvel, sőt, új atomerőmű(vek) építését is kilátásba helyezi. Ezért az eddigieken túl az alábbiakat is fontosnak tartjuk megemlíteni.

Az atomenergia versenyképessége, amint láttuk, liberalizált piacokon, versenytörzítő állami támogatások nélkül legalábbis megkérdőjelezhető. Paks ugyan a legolcsóbb magyarországi termelő, de ehhez egyrészt a szocializmusban uralkodó, illetve a rendszerváltás óta az energetikai szektort jellemző sajátos viszonyok is hozzájárultak. Itt fontosnak tartjuk idézni Felsmann Balázst, a Gazdasági és Közlekedési Minisztérium államtitkárát, aki egy 2007. októberi konferencián a következőket mondta:

„...az olcsónak kommunikált paksi áramárnál a piaci szereplők nem hajlandók figyelembe venni az atomerőmű historikus nyereséggörbáját, amelyet egyetlen magánbefektető sem fogadna el.”²²

Ezt a mondatot nehéz másként értelmezni, minthogy a paksi áramot nyomott áron adják. Ennek az építés idejére jellemző gazdaságpolitikai viszonyokon túl az lehet az egyik oka, hogy a kormányok kompenzálni akarják a villamosenergia-termelő cégek privatizációs szerződéseiben és a hosszú távú megállapodásokban garantált nyereségét a fogyasztók számára, és erre a gyakorlatilag egyedül állami tulajdonban maradt atomerőművet használják. Mindezeket figyelembe véve egy új atomerőmű építése esetén az olcsóság ígérete könnyen hamisnak bizonyulhat.

20 - Például az előterjesztés szerint a paksi atomerőmű Magyarország villamosenergia-ellátásának 40%-át biztosítja, miközben a valós érték a kettes reaktor kiesése miatt akkor 27–29 volt, és ma is csak 33–34 százalék.

Természetesen a paksi atomerőműre is érvényesek a 3. fejezet üzemidő-hosszabbítással kapcsolatos megállapításai, kiegészítve az alábbiakkal. A korábban a világ legbiztonságosabb erőművei közé sorolt paksi atomerőmű 2003-as súlyos üzemzavara egyértelmű jelzést adott az erőmű és az azt felügyelő Országos Atomenergia Hivatal biztonsági kultúrájának hiányosságairól. Az üzemzavar által hátrahagyott romok eltakarításának előkészítése évekig tartott, és csak külföldi segítséggel valósulhatott meg, ami a magyar szakértelem korlátos mivoltára is rámutat.

Az üzemzavar egyúttal azt is jelezte, hogy az erőmű gazdálkodása nem áll stabil lábakon: az üzemzavart követően az álló reaktor miatt kiesett termelés és az egyéb költségek veszteséget okoztak az erőműnek, amit az üzemzavarban részben felelős francia Framatome által fizetett, máig ismeretlen összegű bánatpénz is csak mérsékelni tudott. Amennyiben az üzemidő-hosszabbítás megvalósul, egy blokk esetleges idő előtti leállítása veszteségbe sodorhatja az erőművet, ami kérdésessé teheti a hulladékok kezelésére fenntartott pénzügyi alap, a Központi Nukleáris Pénzügyi Alap hosszú távú működését, a célok megvalósítását. A hulladékok kezelésének pénzügyi része, sok más országgal szemben, megoldottnak tűnik, az atomerőmű rendszeresen fizeti a pénzügyi alapba a tervezett üzemidő alapján kalkulált összeget. Azonban a hulladékok kezelés költségei akkor is jelentkeznek, ha az erőmű a tervezett idő előtt befejezi működését. A nukleáris hulladékokkal kapcsolatos költségek nagysága ugyanis elsősorban nem a termelt hulladékok mennyiségének függvénye. A végleges tároló kialakításának és üzemeltetésének költségei csak kis mértékben függenek a tároló szükséges nagyságától. Fontos megjegyezni, hogy – a világ többi nukleáris országához hasonlóan – a kiégett fűtőelemek sorsára vonatkozóan Magyarország sem rendelkezik végleges stratégiával, így a költségek, illetve az azok biztosításához szükséges befizetendő pénzügyi összeg meghatározása is nehézséget okoz.

Az ország energiarendszerének fenntarthatóvá alakítása szükségessé tenné Paks leállítását. Az atomenergia sem környezeti (uránbányászat, hulladékok), sem energetikai (az uránkészletek hosszabb távon várható kimerülése) szempontból nem nevezhető fenntartható energiaforrásnak, és nem is gazdaságos. Az atomerőmű üzemanyagát az ország külföldről szerzi be. Egy új erőmű megépítése az ország energiafüggségét tovább növelné.

Az atomenergiát vizsgálata felveti az alternatívák elemzésének szükségességét, de erre jelen munkánk terjedelmi okokból nem vállalkozhat. Így az alábbiakban csak a legfontosabbakat emeljük ki.

21 - Például az anyag néhány, nukleáris energiát favorizáló országot megemlítve általános tendenciaként állította be az atomenergia térnyerését, és elmulasztotta megemlíteni, hogy más országokban az atomerőműveket bezárásra ítélték.

22 - <http://index.hu/gazdasag/magyar/aram071009/>

A megújulóknak versenyképtelenségéről szóló korábbi állítások hamisnak bizonyultak. A decentralizáltan elhelyezett, kisméretű erőművek növekedése jóval meghaladja a nukleáris szektorét: 2004-ben kapacitásuk növekedése 28 GW volt a világon, szemben az atomenergia 5 GW-jával. 2010-re az előrejelzések szerint az arány az atomenergia szempontjából tovább fog romlani: 67–87 GW 1,3 GW-tal szemben.²³ Ezek a kis méretű erőművek kétharmada kapcsolt energia-termeléssel fosszilis forrásokat, elsősorban földgázt hasznosít, egyharmaduk pedig megújulókat. Ma már sokat hallani, hogy a megújulóknak nagyon fontosak, és rendszerbe vezetésük az atomenergiával együtt képzelhető el. Ez a beállítás figyelmen kívül hagy egyes szempontokat. A villamosenergia-rendszerbe táplált atomerőműi villamos energia túlsúlyra rugalmatlanná teszi a rendszert: a jogszabályi, szerződési kötelezettségek teljesítése, azaz a zsinórimport, illetve a kapcsoltan vagy a megújulókkal termelt villamos energia kötelező átvétele gyakran csak az atomerőmű termelésének csökkentésével lehetséges. Az atomerőműben jelenleg zajló teljesítménynövelési folyamat növeli a rendszer rugalmatlanságát, az üzemidő-hosszabbítás pedig hosszú távon ezt az állapotot konzerválná. Az atomerőműi

energia részarányának hosszú távú fenntartása tehát veszélyezteti a fenntartható megoldások rendszerbe vezetését, azaz az üzemidő meghosszabbítása a fenntartható villamosenergia-rendszer kialakításának egyik korlátja.

A megújulóknak előnyei egyértelműek az atomenergiával szemben: csökkentik az ország energiafüggségét, fenntarthatóvá alakítják az energiarendszereket. Ezenfelül – a nukleáris szektorral ellentétben – nagyszámú munkahelyet területileg szétszórtan generálnak, így decentralizált mivoltukkal növelik a vidék megtartóképességét, valamint a tervező-, gyártó- és szerelőkapacitásokat, a kutatás-fejlesztési háttér kiépítésével növelik az adott ország versenyképességét. A fentiek alapján egy olyan kép körvonalazódik, amelyben – a nukleáris energia szerepének hosszú távú fenntartásával – az ország a nemzetközi trendekkel szemben haladna. Még ha képesek is vagyunk elegendő számú, megfelelően képzett szakembert felmutatni, és – mondjuk, egy más szempontból előnytelen alku árán, orosz forrásból – uránt is tudunk biztosítani az erőmű(vek) működtetéséhez, mindezzel azt kockáztatjuk, hogy versenyképesség tekintetében lemaradunk mások mögött.

Felhasznált irodalom, források:

Amory B. Lovins: *Mighty Mice*, Nuclear Engineering International, 2005. december
 Comparison of Greenhouse-Gas Emissions and Abatement Cost of Nuclear and Alternative Energy Options from a Life-Cycle Perspective, Öko-Institut e.V., Darmstadt, 2006
 IAEA PRIS
 Dennis Anderson: *Costs and Finance of Abating Carbon Emissions in the Energy Sector*, Imperial College London, 2006. október 20.
 International Energy Annual 2005; Energy Information Administration, 2007
 Januártól drágul az áram; [index.hu, http://index.hu/gazdasag/magyar/aram071009/](http://index.hu/gazdasag/magyar/aram071009/)
 Jim Harding: *Costs and Prospects for New Nuclear Reactors*; előadás, NW Power Council, 2007. február
 Jim Harding: *Electricity Alternatives*; előadás, Florida Energy Commission, Tallahassee, 2007. augusztus 6.
 Jim Harding: *Seven Myths of the Nuclear Renaissance*; előadás, Euratom 50th Anniversary Conference European Parliament, Brüsszel, 2007. március 7.
 New Nuclear Generation In The United States: Keeping Options Open, Vs Addressing An Inevitable Necessity; Moody's Corporate Finance, 2007. október
 Nuclear Power – Myth and Reality; Heinrich Böll Stiftung, 2006
 Nuclear Power, Climate Policy and Sustainability – An Assessment by the Austrian Nuclear Advisory Board; Federal Ministry of Agriculture and Forestry, Environment and Water Management, Bécs, 2007

PLEX – *Information around Plant Lifetime Extension In the Nuclear Industry*; Österreichisches Ökologie Institut, 2006
 Steve Thomas: *Contradictions in economic figures*; előadás, Seminar on Nuclear Power, Amsterdam, 2006. november 9.
 Steve Thomas: *The Economics of Nuclear Power*; előadás, Conference on Economics of Nuclear Power, Pozsony, 2006. október 4.
 Sugárzó anyaggal feketéztek a magyar határnál; [index.hu, http://index.hu/politika/bulvar/nuke2659/](http://index.hu/politika/bulvar/nuke2659/)
 The Economics of Nuclear Power, Greenpeace, 2007
 Treibhausgasemissionen und Vermeidungskosten der nuklearen, fossilen und erneuerbaren Strombereitstellung, Öko-Institut e.V., Darmstadt, 2007
 World Energy Investment Outlook, 2003 Insights, International Energy Agency, 2003
 World Energy Outlook 2006, International Energy Agency, 2006
 World Energy Outlook 2007 – China and India Insights, OECD International Energy Agency, 2007
 World Nuclear Industry Status Report 2004; Greens-EFA, Brüsszel, 2004
 World Nuclear Industry Status Report 2007; Greens-EFA, Brüsszel, 2007
 World Nuclear Reactor Hazards – Ongoing Dangers of Operating Nuclear Technology in the 21st Century, Greenpeace, 2005
www.cameco.com
www.eia.doe.gov



Az Energia Klub 1990-ben alakult meg abból a célból, hogy közreműködjön egy civilizált energiafogyasztású, élhetőbb társadalom létrejöttében Magyarországon és az európai kontinensen. Ennek érdekében az Energia Klub részt vesz az energiapolitikai döntéshozatali folyamatban, szakértői, információs szolgáltatást nyújt, valamint modellprojektjein keresztül alternatív megoldásokat mutat.

Az Energia Klub munkatársai 2030-ra azt szeretnék elérni, hogy Magyarországon és a kelet-európai régióban fenntartható és tiszta energiagazdálkodás valósuljon meg. Egy olyan világért dolgoznak, amelyben az emberek tiszta környezetben élnek, és helyi forrásokkal, több lábon álló energiarendszerek segítségével hozzájárulnak a civilizált energiafogyasztáshoz. Tevékenységeink a következő területeket ölelik fel: általános energiapolitika, klímavédelem, energiahatékonyság, megújuló energiaforrások és a nukleáris energia kiváltása.

Támogatná munkánkat? - Számlaszámunk: UniCredit Bank 10900059-00000008-72750009

További információért keresse fel honlapunkat: www.energiaklub.hu

23 - Amory B. Lovins: *Mighty Mice*, Nuclear Engineering International, 2005. december



ENERGIA KLUB
KÖRNYEZETVÉDELMI EGYESÜLET