

Atomenergia: Egyesült Államok, Németország és Svájc

*Tárgyszavak: nukleáris üzem; működés; leállítás; urándúsítás;
népszavazás; Svájc; Németország.*

Általános helyzet: cél az energiaforrások kiegyensúlyozott felhasználása

Az energiaiparban az utóbbi években a privatizáció és energialiberalizáció következtében jelentősen megváltozott a helyzet. Az állam szerepe jóval kisebb lett, a termelők, az áramszolgáltatók és a fogyasztók a piaci verseny résztvevői lettek. Ezeket a körülményeket kell figyelembe venni, ha az atomenergia-ipar helyzetét vizsgáljuk. Az atomerőművek az energiapiacra a megváltozott körülmények között is magas hatásokkal, megbízható és árban is versenyképes résztvevőnek kell lenniük. Az energiaigény világméretű növekedése, a fosszilis források várható kimerülése miatt, a környezeti ártalmak kiküszöbölése céljából mindenfajta energiahordozót fel kell használni. Olyan termelői és fogyasztói szerkezetet kell kialakítani, amelyben minden rendelkezésre álló energiaforrást *kiegyensúlyozottan* hasznosítanak.

A jelenlegi helyzetet és a jövő kilátásait vizsgálva kiderült, hogy az utóbbi évek modernizálása következtében nőtt az atomerőművek hatékonysága és a nukleáris biztonság. Az atomerőművek által termelt áram egységára szinte mindenütt a világon versenyképes, sőt például az Egyesült Államokban lényegesen alacsonyabb, mint a hagyományos erőművekben termelt áramé. A biztonság növelése, a felvilágosító munka következtében a népesség kezdi elfogadni az atomenergiát, erről tanúskodik a svájci népszavazás eredménye is.

Országok, ahol az atomenergia felhasználása növekedett

Az *Egyesült Államokban* sok a biztató jelenség: a szakemberek és a befektetők érdeklődést mutatnak az atomerőművek élettartamának

meghosszabbítása és új erőművek építése iránt. Több európai országban hasonló jelenségek észlelhetők. *Finnországban* a parlament megszavazta egy új – ötödik – atomerőmű építését, *Svédországban* elhalasztották egy erőmű tervezett leállítását, *Belgiumban* a leállításról folytatott vita kedvezően alakult az atomenergia számára.

Az atomenergia környezeti előnyei

Az atomerőművek nem termelnek üvegházhatású gázokat, főleg CO₂-t, a CO₂-kibocsátás tekintetében az atomenergia kedvezőbb, mint a fosszilis energiaforrásokkal működő erőművek. A nemzetközi statisztikák szerint 2002-ben 3 Mrd t CO₂-kibocsátás elkerülését köszönheti a világ az atomenergiának, ami a fennmaradó 29 Mrd t-hoz viszonyítva jelentős csökkenés. Ez az eredmény tökéletesen kielégíti a kiotói egyezmény követelményeit.

Mind a szakembereket, mind a közvéleményt élénken foglalkoztatja a radioaktív anyagok, az atomhulladék biztonságos elhelyezésének problémája, erről később részletesebben szólnunk.

Az atomenergia világhelyzete 2002-ben

Lássuk az atomenergia-ipar 2002. évi helyzetét, az atomerőművek előnyeit és hátrányait és a termelt energia részesedését a világ energia-termelésében. Az Egyesült Államokban és Németországban előrehaladt az atomtechnika, de míg az Egyesült Államokban jelentős fejlesztések, beruházások indultak meg, addig Németországban törvény szab határt az atomerőművek fejlesztésének, és kitűzték a határidőt azok leállítására.

2002-ben a világon nettó 2700 TWh villamos energiát termeltek atomerőművekben, és köztudott, hogy a világ energiaigénye folyamatosan emelkedik. A következő évtizedben az igénynövekedést az EU-államokban 200 GW-ra, Németországban 40 GW-ra becsülik.

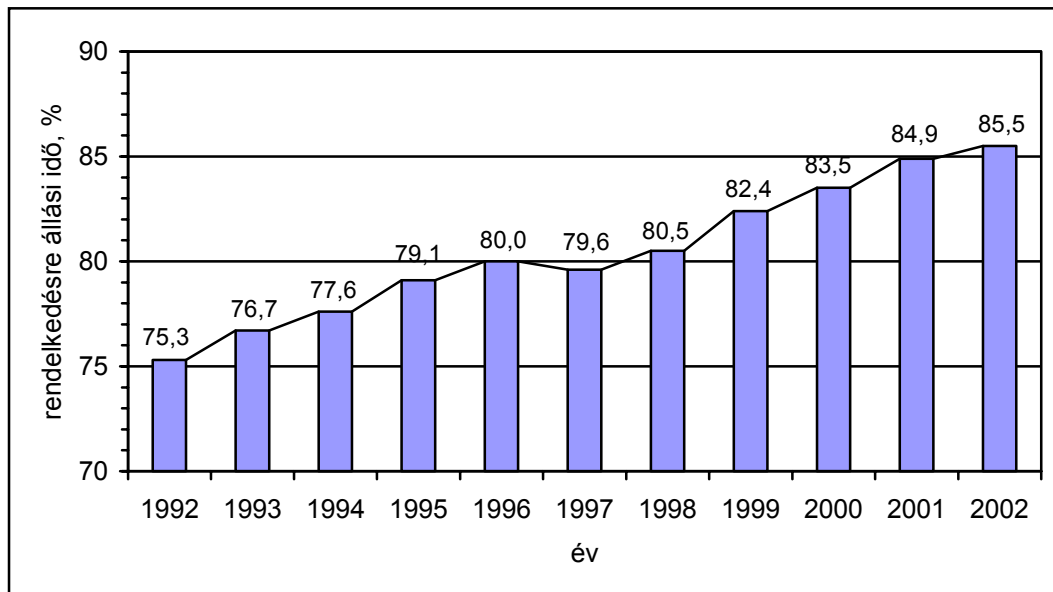
Az atomerőművek energiatermelése folyamatosan nő, az utóbbi 10 évben a növekedés 42% volt. 2002-ben 31 országban 441 atomerőmű működött, ezek átlagban a teljes áramfogyasztás 31%-át fedezték, de az egyes országokban ez az arány nagyon különböző: Pakisztánban az atomenergia csak 2%-át adja az összes áramtermelésnek, Franciaországban viszont 78%-át.

1. táblázat

Működő atomerőmű-blokkok száma és a bruttó elektromos teljesítmény
MW-ban 2002-ben

Ország	Blokkok száma	Teljesítmény, MW
Argentína	2	1 005
Belgium	7	6 050
Brazília	2	2 013
Bulgária	4	2 880
Csehország	6	3 744
Dél-Afrika	2	1 930
Finnország	4	2 760
Franciaország	53	65 952
Hollandia	1	481
India	14	2 720
Irán	–	–
Japán	54	46 187
Kanada	14	10 579
Kína	7	5 558
Korea (Dél-)	18	15 715
Korea (Észak-)	–	–
Litvánia	2	2 600
Magyarország	4	1 866
Mexikó	2	1 364
Nagy-Britannia	31	13 283
Németország	19	22 365
Oroszország	30	22 242
Örményország	1	408
Pakisztán	2	462
Románia	1	706
Spanyolország	9	7 876
Svájc	5	3 352
Svédország	11	9 813
Szlovákia	6	2 640
Szlovénia	1	707
Tajvan	6	5 144
Ukrajna	13	11 818
USA	104	103 139
Összesen	441	377 359

Az Európai Unió 8 tagállamában 141 atomerőmű működött, ezek 892 TWh elektromos energiát, az összes áramtermelés 35%-át adták. Az európai hálózaton keresztül jelentős mennyiség jut olyan uniós és unión kívüli államokba is, amelyek nem rendelkeznek saját atomerőművel. 1992 óta 51 nagyteljesítményű erőművet állítottak üzembe összesen 35 GW teljesítménnyel. A már meglévő üzemek is jóval nagyobb hatásokkal működnek, amit a kapacitás jobb kihasználásával értek el. Ezt a készenléti idő növekedése is jelzi (1. ábra).



1. ábra A rendelkezésre állási idő %-ban világszerte 1992–2002 között

Az atomerőművek modernizálása, biztonságuk növelése vonzza a beruházókat, a befektetők hasznot remélnék a nukleárisenergia-ipartól. Az Egyesült Államokban azon kívül, hogy új atomerőművek épülnek, sok régi üzem működési engedélyét meghosszabbították, több esetben hatvan évvel is.

Új erőművek indítása és leállítások

2002-ben több új üzem érte el a kritikussági fokot, ami összesen 4651 MW teljesítmény jelent: Kínában két nyomottvizes reaktor, egy nehésvízzel és egy könnyűvízzel moderált Candu típusú reaktor, Dél-Koreában és Csehországban 1–1 reaktor működése indult el.

2002 végén építés alatt volt 32 atomerőmű, összesen 26 862 MW teljesítménnyel. Nyugat-Európában nem épül új reaktor, kilenc épül vi-

szont Kelet- és Közép-Európában. Ázsiában az iráni Busherben a Siemens által megkezdett, de 25 évvel ezelőtt félbemaradt építkezést folytatják, itt orosz technikával épül egy VVER-1000 típusú, 1300 MW teljesítményű üzem.

Kanadában két helyen épül összesen 6 Candu típusú reaktorblokk. Indiában négy, Észak-Koreában két blokk építése folyik, az ún. *Kedo-projekt* keretében, amelyben Észak-Koreán kívül részt vesz Dél-Korea, USA és több nyugat-európai ország.

Az építkezésekkel párhuzamosan, különböző okokból, megtörténik olyan üzemek leállítása, amelyek élettartamának meghosszabbítására nincs lehetőség. 2002-ben, Nagy-Britanniában és Bulgáriában két-két erőművet állítottak le, összesen 1172 MW teljesítménnyel.

Üzemzavarok 2002-ben

A műszaki fejlesztés, a biztonsági berendezések tökéletesítése ellenére 2002-ben is keletkezett néhány erőműben kisebb üzemzavar. Ilyen esetekben a lefolytatott vizsgálatok és tapasztalatok alapján egyes szerkezeti elemeken változtatásokat eszközöltek, és a biztonsági intézkedéseket megfelelően szigorították.

Az *USA-beli Davis Bessee* nyomottvizes reaktorának karbantartásakor a nyomástartályban jelentős korróziót észleltek. Az amerikai Nukleáris Szabályozó Bizottság (Nuclear Regulatory Commission, NRC) elrendelte minden hasonló felépítésű üzem átvizsgálását. A tanulságok alapján nemcsak az Egyesült Államokban, de a németországi reaktoroknál is átalakították a nyomástartály fedelét úgy, hogy a korrózió ne következhessek be.

Japánban a Tepco üzem forralóvizes reaktorában észleltek (nem részletezett) üzemzavart, és ekkor leállították a cég összes BWR üzemét, amíg az üzemzavar okát ki nem derítették, és megfelelő szabályokat nem hoztak.

Németországban a Burnsbüttel erőművet állították le egy évre az egyik vezeték törése miatt. *Unterweserben* generátor meghibásodás miatt hosszabbodott meg a karbantartási idő. *Biblis A* erőmű esetében egyes alkatrészek cseréje miatt csúszott a karbantartás.

Mindezek az események sem személyi sérüléssel, sem környezeti sugárártalommal nem jártak.

Az előirányzott élettartamot elért és különböző okok miatt meghosszabbított működési engedéllyel nem rendelkező üzemeket leállítják, a hulladékot elszállítják. A leállított és szétszerelt üzem helyén bármilyen

célra felhasználható „zöldmezős” állapotot hoznak létre, azaz a környezetet teljesen sugármentesítik, így ott bármilyen más üzemeltetést lehet létesíteni. Ilyen már van például a németországi Niederaichbachban és Großwelzheimben.

Az atomenergia Németországban

A 2002. év sikertörténet a német energiaipar történetében. Különösen vonatkozik ez az atomenergiára, hiszen a teljes energia 28,4%-át adták az atomerőművek, a lakossági ellátásban a részesedés 32%, ezen kívül részben a német vasutak (DB) energiaellátását biztosítja. Annak ellenére, hogy az új atomtörvény előírja az atomerőművek leállítását, illetve működési idejük korlátozását, bizonyos rekordokat is elkönyvelhetett a német atomenergia-ipar, például az Isar-2 erőmű világrekord lett 12,17 TWh évi áramszolgáltatással.

A politikai hozzáállástól függetlenül Németországban a nukleáris kutatómunka tovább folyik, ezt a kormányzat is támogatja. Bekapcsolódnak a nemzetközi kutatási projektekbe, know-how cseréjébe, együttműködnek az EU atomprogramjával (6. Euratom kutatási keretprogram).

Reaktorbiztonság és sugárvédelem

Új reaktorok fejlesztése

A fejlesztés terén két irányzat érvényesül a világon, az egyik az evolúciós, a másik a forradalmi irányzat. Az *evolúciós* tervek keretében a 2. generációs erőműveket fejlesztik, a továbbfejlesztett változatot nevezik 3. generációs erőműveknek. Japánban ezen az elven két forralóvízes reaktor működik már, Tajvanon pedig kettőt építenek.

A *forradalmi* irányzat az eddigiektől eltérő, új elveket igyekszik megvalósítani a reaktorok felépítésében, illetve működésében, ezek lesznek a 4. generációs reaktorok. Főleg a biztonságtechnikára vonatkozik ez, amelynek felépítésében nagy számban szerepelnek passzív elemek. A 4. generációs reaktorok 2030 után fognak energiát termelni. Ilyen lesz Európában az NPI német-francia közös vállalat fejlesztésében készülő *európai nyomottvízes reaktor* (EPR). Ennek egyik változatával, az SWR 1000 típusal pályázták meg az új finn atomerőmű építését.

Kedvezően fogadták nemzetközi téren a német fejlesztésű magashőmérsékletű reaktort (Hochtemperaturreaktor, HTR), ezt valósítják meg Dél-Afrikában egy kavicságyas moduláris reaktor megépítésével (Pebble

Bed Modular Reactor, PBMR) az *Eskom* cég kivitelezésében. Az Eskom ebben a munkában együttműködik angol, orosz, USA-vállalatokkal.

Uránkészletek

2002-ben a felhasznált uránium mennyisége ugyanannyi volt, mint az előző évben: 63 500 t, ez 5%-kal haladja meg a kilencvenes évek átlagát. Az atomenergia-ipar uránfogyasztása a működő kapacitástól, illetve teljesítménytől függ. 2020-ig az igény jól prognosztizálható, de nehéz megjósolni, hogy később hány és milyen típusú új erőművet létesítenek, ezért 2020 után az igény kevésbé határozható meg.

Az erőművek ellátásának fontos tényezői a *dúsító üzemek*. Ezek jelenlegi kapacitása meghaladja az igényeket, ezért újak építése nem várható. Fontos műszaki változtatás az újabb üzemeknél: a régi gázdifúziós dúsítás helyett egyre inkább a modernebb centrifugamódszert vezetik be. Élen járnak ebben a brit-német-holland *Urenco* vállalat üzemei az USA-ban, Nagy-Britanniában és Hollandiában.

Hulladékkezelés

Az atomerőművek hulladékának végleges elhelyezése kulcskérdés mind a szakemberek, mind a közvélemény számára. Az EU-bizottság is hangoztatja, hogy ez alapvető az atomenergia elfogadottságának biztosítására. Úgy kell elhelyezni a kiégett fűtőelemeket és az egyéb (üzemi, leállítási) radioaktív hulladékot, hogy az hosszú – gyakorlatilag „végtelen” – ideig tárolható legyen, és ne veszélyeztesse a népeiséget és a környezetet. A kezelés technikáját lényegében megoldották, több országban kijelölték a tárolás helyét olyan geológiai rétegekben, ahol a fenti követelmény biztosítva van. Legmesszebb jutottak ezen a téren Finnországban: *Eurojaki* helység területén folynak a kutatások a végleges elhelyezésre, a tárolót tíz éven belül akarják üzembe állítani.

Az Egyesült Államokban döntés született, hogy a Yucca-hegységben helyezik el a kiégett elemeket, a hosszú felezési idejű aktinidák elhelyezésére már 1999. óta üzemel tároló, egy sósóteget tartalmazó hegységben. Németországban *Gorlebenben* indultak meg a kutatások, de az antinukleáris kormánypolitika miatt a kutatások jelenleg szünetelnek.

Svájci népszavazás az atomenergiáról

Biztató az atomenergia lakossági elfogadtatásával kapcsolatban a svájci népszavazás eredménye. Az előző, 1990-ben tartott népszavazáskor a szavazók amellelt döntöttek, hogy nem építenek új atomerő-

műveket, ez év elején viszont kormányhatározatot hoztak, hogy 2003. május 18-án újabb népszavazást rendeznek az atomenergia felhasználásáról. A szavazóknak két kérdésre kellett válaszolniuk (a kérdéseket lerövidítve közöljük):

- Az áramtermelésben lemondjanak-e az atomenergiáról (Strom ohne Atom), azaz bezárják-e a működő atomerőműveket?
- Betiltsák-e az atomerőművek élettartamának meghosszabbítását, (MoratoriumPlus)?

A szavazók többsége mindkét kérdésre „nem”-mel válaszolt; az elsőre 66,3%, a másodikra 58,4% volt a „nem” szavazatok aránya. Az energiaágazat képviselői egységesen kiálltak az atomerőművek mellett, mivel az volt a meggyőződésük, hogy Svájc csak így tud kiegyensúlyozott és biztonságos áramellátáshoz jutni.

A szavazást széleskörű tájékoztató munka előzte meg. Plakátokon, rádió- és TV-hirdetésekkkel, az ország legismertebb tudósai által tartott előadásokkal „kampányoltak”, felhasználták az internetet és az elektronikus postát is a felvilágosító munkára. Ezek eredményeképpen sikerült meggyőzni a többséget arról, hogy a jelenleg működő atomerőművek megbízhatóak, biztonságosak, nem jelentenek veszélyt a lakosságra. Az energiaforrások kiegyensúlyozott felhasználásának fontosságát hangsúlyozták és azt, hogy a fogyasztók anyagi előnyt élveznek az atomenergia felhasználásával.

Az „atomellenesek” is felléptek. Szerintük az atomenergiát teljes mértékben szélenergiával lehet helyettesíteni. Ez természetesen nem helytálló, mivel a szélenergia az igényeknek csak elenyésző hányadát tudja kielégíteni.

Svájcban sok a felhasználható vízi energia, ezért az atomenergia hívei is azt hangsúlyozták, hogy mind a vízenergiát, mind az atomenergiát fel kell használni, mégpedig 60%:40% arányban. Jelszavuk „Ohne Mix läuft Nix – 60:40” jelszóval (szabad fordításban: csak a kétféle energiatípus 60:40 arányú hasznosításával érhető el haladás) fejezték ki. A semlegeseket igyekeztek meggyőzni, hogy műszaki, környezetvédelmi és gazdasági szempontból a 60:40 arányú energiafelhasználás a legelőnyösebb. A felvilágosító munka sikeres volt, társadalmi mozgalmak indultak el, és a „nemzeti akciónapon” (Svájcban szokatlan) több ezer fős tüntetések zajlottak a nagyobb városokban. Aarau, Bern, Luzern, Zürich és más városok lakosai – még a háziasszonyok is – zászlókkal, transzparenszekkel vonultak fel és álltak ki a „nem” szavazatok mellett.

Ilyen részvételre még a szervezők sem számítottak. A józan és a pénzükkel bánni tudó svájciakat sikerült meggyőzni arról, hogy a mai atomerőművek biztonságosak és gazdaságosak, az „energiamix” (60%:40%-os arány) a legkedvezőbb a lakosságnak.

Összeállította: Dr. Menczel György

Weßelmann, Ch: Kernenergieerzeugung. = BWK, das Energie-Fachmagazin, 55. k 6. sz. 2003 p. 40–47.

Kugeler, K.; Alkan, Z.: Kernkraftwerke der dritten Generation. VDI-Berichte, 2002. 1714. sz. p. 59–00.

Kopp, G.: Die zukünftige Energieversorgung Deutschlands im gemeinsamen Europa unter besonderer Berücksichtigung der Rolle der Kernenergie. = International Journal for Nuclear Power, 48. k. 2. sz. 2003. p. 87–88.

Weis, M.; Hortmann, W.: Die Bedeutung der Kernenergie in der Stromversorgung. = EW das Magazin für die Wirtschaft, 102. k. 12. sz. 2003. jún. 2. p. 36–40.

Schmid, R.: Die „verkehrte” Kampagne. = Bulletin SEV/VSE, 94. k. 18. sz. 2003. szept. p. 27–30.