

ATOMERŐMŰVEK A VILLAMOSENERGIA-TERMELÉSBEN

Aszódi Attila

PhD, igazgató, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Nukleáris Technikai Intézet
aszodi@reak.bme.hu

Az atomerőművek a világ jelenlegi villamosenergia-termelésében körülbelül 16 % részesedést adnak, fontosságuk tehát megkérdőjelezhetetlen, és a közeljövőben egész biztosan nélkülözhetetlen marad ez az energiaforrás. Az atomenergia részaránya az áramtermelésben az Európai Unióban 35 %, az Egyesült Államokban 20 %, hazánkban pedig közel 40 %. Az atomenergia alkalmazása mellett mind gazdasági, mind műszaki érvek szólnak: Magyarországon a paksi atomerőmű például a hazai termelők közül a legolcsóbban állítja elő a villamos energiát, miközben a blokkok biztonságát a hazai és nemzetközi felülvizsgálatok alapján magas színvonalúnak tartják, a biztonság színvonala megfelel a hasonló korú nyugati blokkokénak. Az atomerőművek alkalmazása segíti az ellátásbiztonság növelését is, hiszen segít az ellátás diverzifikálásában, és csökkenti a szénhidrogének miatt kialakuló egyoldalú importfüggőséget is.

Az új atomenergiái beruházásokkal kapcsolatos döntések ezen előnyök ellenére igen nehezen születnek meg, aminek talán legfőbb oka a hatalmas beruházási költség, de egyes társadalmi csoportok ellenállása és a szabályozás hiányosságai is szerepet játszanak.

Az elmúlt évtized atomerőmű-ellenes trendje a világban mindazonáltal megfordulni látszik, hiszen több európai ország is bejelentette új atomerőmű építését, vagy korábban megkezdett és felfüggesztett építés befejezését. Az atomenergia szerepének megőrzésében a jelenleg igen nagy számban zajló üzemidő-hosszabbítási projektek is fontos szerepet játszanak. Az Egyesült Államokban eddig 42 atomerőművi blokk kapott húsz évvel meghosszabbított üzemeltetési engedélyt, az eredeti negyvenről hatvan évre növelve a blokkok üzemidejét. A paksi blokkok üzemidő-hosszabbítása is stratégiai feladat hazánk villamosenergia-ellátása szempontjából.

Villamosenergia-termelés atomerőművekben

Az atomerőművek többnyire alaperőműként kapnak szerepet a villamosenergia-rendszerben, azaz szinte folyamatosan üzemelve, nagy kihasználtsággal működve elégítik ki a villamosenergia-igény állandó, időjárástól és időponttól-napszaktól független részét. E kategóriába célszerűen nagy teljesítményű, magas rendelkezésre állású, alacsony termelési költséggel üzemelő erőművek tarthatnak. Hazánkban a hagyományos

fosszilis erőművek inkább menetrendtartó erőműként üzemelnek, azaz teljesítmény-változtatással követik a fogyasztás változásait. A gyorsan indítható gázturbinák (és ahol léteznek ilyenek, a tározós vízerőművek) rövid időszakokra üzemelnek, a gyors fogyasztásnövekedéseket kielégítve.

Az atomerőművekben történő villamosenergia-termelés elve igen hasonló a hagyományos, fosszilis erőművekéhez. A fő különbség a gőz előállításához szükséges hőtermelés módjában van: az atomerőművek esetében a megszokott kazán helyére az atomreaktor és az ezt hűtő ún. primer kör lép (Szatmáry – Aszódi, 2005).

A hagyományos fosszilis tüzelésű erőművekhez képest az atomreaktorokban hatalmas energiasűrűség jön létre, mivel egy urán atommag hasadásából felszabaduló energia hat nagyságrenddel (több mint egymilliószor) nagyobb, mint egy szénatom kémiai oxidációjából (égéséből) felszabaduló energia. Adott energia előállításához emiatt például 2,6 milliószor nagyobb tömegű feketeköszénre van szükség, mint amennyi tiszta U-235-re. A teljes hazai éves villamosenergiafogyasztás fedezhető lenne 5600 kg tiszta U-235 elhasításából, míg ugyanehhez az energiamennyiséghez 14,5 millió t feketeköszén kellene.

A magas teljesítménysűrűségéből következik, hogy az atomerőműben szükséges üzemanyag éves mennyisége viszonylag csekély – Pakson például évente kb. 40–50 t friss üzemanyagot töltenek a négy blokkba összesen –, és ennek köszönhetően az üzemanyag-kazetták viszonylag egyszerűen készletezhetők. A paksi atomerőműben jelenleg két évre elegendő friss üzemanyagot tartalékolnak, ez a mennyiség azonban kis befektetéssel természetesen tovább lenne

növelhető. Ilyen, több évre elegendő mennyiségű biztonsági, stratégiai tartalék tartása kőolajból vagy földgázból hatalmas beruházási költséget igénylő tároló létesítményekben lenne csak megvalósítható.

Az urán ráadásul – az olajjal és a földgázzal ellentétben – nem a világ krízisrégióiból származik, ezért annak hisztérikus árváltozása a világpiacon nem jellemző. Meg kell jegyezni, hogy az elmúlt években az uránérc ára folyamatosan nő, részben az új atomerőmű-építések iránt újra megéledt érdeklődésnek, részben más nyersanyagpiaci változásoknak köszönhetően.

Az atomerőművi villamosenergia-termelés gazdaságossága

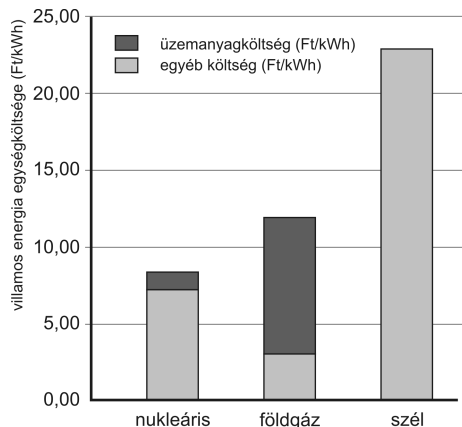
Az atomerőművi villamosenergia-termelés jellegzetessége, hogy az atomerőművek építésükkor igen nagy beruházási költséget igényelnek, az üzemeltetési költségek azonban – a többi energiaforráshoz képest – viszonylag alacsonyak. Összességében az atomerőművi villamosenergia-termelés egységköltsége világszerte versenyképes a fosszilis és megújuló forrásokkal szemben, a legtöbb európai országban az atomenergia előállítása a legolcsóbb.

A költségekről szemléletes képet ad a jelenleg építés alatt álló finn Olkiluoto-3 (EPR – Európai Nyomottvizes Reaktor típusú) reaktor költségvetése: az 1600 MW elektromos teljesítményű blokk beruházási költsége fix áras szerződés szerint 3 milliárd euró lesz, azaz a beruházási egységköltség kW-onként 1875 euró. A nagy rendelkezésre állás, a magas kihasználhatóság és az alacsony üzemeltetési költségek miatt azonban a villamosenergia-termelési egységköltség a tervek szerint mindössze 2,47 eurocent/kWh, ami lényegesen kedvezőbb az alterna-

tívaként felmerült gáztüzelésű erőmű (3,06 eurocent/kWh), széntüzelésű erőmű (3,28 eurocent/kWh) vagy fatüzelésű erőmű (3,93 eurocent/kWh) egységköltségéhez képest (TVO, 2002). Ez az előny az ún. externális (számszerűsíthető, de a termelési költségben nem jelen lévő, pl. a környezetszennyezés miatt nem közvetlenül az erőműben felmerülő) költségek figyelembevételével tovább javulna.

Hazánkban jelenleg a legolcsóbb és legnagyobb villamosenergia-termelő a paksi atomerőmű, 2005-ben 8,32 Ft/kWh áron értékesítette az elektromos energiát. A második legolcsóbb termelő a lignit alapú mátrai hőerőmű, ahol az áram ára 10,3 Ft/kWh, míg a földgázt tüzelő erőművek tipikusan 12–16 Ft/kWh áron tudtak 2005-ben áramot termelni (Energia Hivatal, 2005).

Az atomerőművi villamosenergia-termelés költségét jelentősen stabilizálja az a tény, hogy az előállítási költségben csak kis hányadot (kb. 10–15%) tesz ki az üzemanyag költség (1. ábra). Ez nagyban csökkenti az atomerőművi villamosenergia-termelés árszékenységét: az üzemanyagköltség akár megduplázódása is csupán 10–15 % körüli áremelkedést okozna az áram előállítási költségében. Ezt az árszabotilitást tovább javítja a már említett könnyű készletezhetőség, amely lehetővé teszi, hogy az atomerőművek kedvező piaci feltételek mellett szerezhessek be üzemanyag-tartalékaikat. Ezzel szemben a fosszilis tüzelésű erőművekben termelt villamosenergia árban lényegesen nagyobb hányadot jelent az üzemanyag: gáztüzelésű erőmű esetén például az említett finn elemzés szerint 75 % az üzemanyag költséghányada. A gázár megkétszereződése tehát 70 %-nál nagyobb emelkedést jelentene az áram árában.



1. ábra • A villamos energia egységköltsége és azon belül az üzemanyagköltség különböző típusú erőművek esetén

Az új atomerőművek építése a nagy beruházási költség és a hosszú megtérülés miatt igen tőkeerős, stabil befektetők esetén lehetséges csak. Ismét a finn példát említve: az új finn EPR blokk beruházásában ipari nagyfogyasztók is részt vesznek, így csökkentve a befektetők kockázatát, és biztosítva saját előjogaikat az olcsóbb atomáramhoz.

Az atomenergia versenyképessége természetesen a többi energiaforrás áráról is függ. Egy elemzés szerint Európában megéri új atomerőmű építésébe beruházni, ha a villamosenergia-árak a 2000. évi szint felett maradnak, amire a jelenlegi magas olajárak mellett minden esély megvan. Szintén a befektetői kockázatot növeli több országban a törvényi szabályozás bizonytalansága, például az engedélyezett üzemeltetési időtartam vagy az adózási feltételek meghatározásának hiánya. Emiatt nagyobb számú új atomerőmű építések csak a törvényi feltételek rendezése után várhatók. Ilyen jellegű törvénymódosítás született például 2006 első felében az Egyesült Államokban a befektetési kedv növelése érdekében. Ez a mó-

dosítás – többek között – jelentős adókedvezményt is ígér az első öt új atomerőmű építójének az USA-ban.

*Atomenergia, klímavédelem,
környezetvédelem*

Az atomerőművi villamosenergia-termelés a klímavédelem szempontjából is kedvező megoldás, mivel az atomerőművek üzemelésük során nem bocsátanak ki üvegházhatású gázokat, így a villamosenergia-ipar teljes szén-dioxid-emisszióját is csökkentik. Az erőműépítés és a berendezések gyártása során is viszonylag csekély a CO₂-emisszó, így az atomenergia kimondottan klímabarát technológia.

A paksi atomerőművel hazánk évente kb. 5–10 millió tonna szén-dioxid kibocsátását kerüli el ahhoz képest, mintha ezt az energiamennyiséget modern szén- vagy gáztüzelésű erőművel termelnénk meg (nagyságrendileg kb. ennyi CO₂-t bocsátanak ki évente a hazai gépjárművek is). Az atomerőművek CO₂-kibocsátás-mentessége gazdasági következményekkel is jár: a szén-dioxid-kibocsátási adó bevezetése tovább javíthatja az atomerőművek versenyképességét a fosszilis erőművekkel szemben, egyúttal a megújuló energiák jelenlegi árhátrányát is csökkentheti. Az atomerőművek működése nem jár kén-dioxid, nitrogén-oxid, por, hamu vagy szén-monoxid termelésével sem, így a fosszilis alapú energiatermeléshez képest jelentősen csökkentik a környezetünk károsanyag-terhelését.

Kétségtelen ugyanakkor, hogy az atomerőmű működése során keletkeznek a környezetre veszélyes radioaktív hulladékok is. Ezek mennyisége azonban korlátozott, és a környezet megóvása érdekében összegyűjtjük, kezeljük és biztonságosan elhelyezzük

azokat. A Tolna megyei Bábaapátiban jelenleg épül a kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére szolgáló föld alatti tároló, amely be fogja fogadni az atomerőmű működése és majdani leszerelése során keletkező kis- és közepes aktivitású hulladékokat (Hegyháti, 2006).

A kis mennyiségben keletkező nagy aktivitású hulladékok végleges elhelyezése a Baranya megyei Boda térségébe tervezett mélygeológiai tárolóban nagy valószínűséggel lehetséges lesz (Hegyháti, 2006). A kiégett atomerőművi üzemanyagot sokan nagy aktivitású hulladéknak gondolják, pedig a hatályos törvényi definíció értelmében nem az. A kiégett kazettákban további jelentős energiatermelési potenciál van, amely a jövőben értékes energiaforrásunk lehet. Más részről olyan, hosszú felezési idejű izotópok találhatóak a kiégett atomerőművi üzemanyagban, amelyek – kikerülésük esetén – a környezetre nagy veszélyt jelenthetnek, így hasznos lenne, ha ezeket a hulladékokat át lehetne alakítani, és ezáltal „ártalmatlanítani” lehetne. Megfelelő kutatás-fejlesztés után erre nyújthat megoldást a transzmutáció (Fehér, 2006), ill. az azt alkalmazó, negyedik generációs reaktorok (Gadó, 2006).

Atomenergia és megújuló energiaforrások

A megújuló energiaforrások az atomenergiához hasonlóan klímabarát megoldást jelenthetnek a fosszilis energiától való függés csökkentésében. Ezen energiaforrások azonban jelenleg nem – és minden bizonnyal a következő néhány évtizedben sem – képesek önmagukban előállítani a szükséges villamosenergia-mennyiséget. Az EU országai-
ban a megújuló energiaforrások részaránya a villamosenergia-termelésben jelenleg 12 % körül van, ezt az arányt az Unió 2010-ig

20 %-ra szeretné növelni. Ez a részesedés néhány, nagy esésű folyókkal jól ellátott országban (például Ausztria, Svédország, Portugália) már most meghaladja a 40 %-ot. Ausztriában például a teljes vízerőműpark beépített kapacitása 12 ezer MW (ez kb. kétszer akkora, mint a magyar villamosenergia-csúcsfogyasztás), ezek a nagyerőművek főként a Dunán és a Dráván helyezkednek el. Ausztria villamosenergia-termelésének közel 60 %-a származik vízerőművekből. Hazánkban ma a teljes villamosenergia-fogyasztás 4,5 %-át fedezik megújuló energiaforrások alkalmazásával.

Kérdéses, hogy a kisebb vízenergia-potenciállal rendelkező országok hogyan valósíthatják meg az EU célkitűzéseit. A Duna magyarországi szakasza alkalmas lenne arra, hogy azon egy közepes teljesítményű vízerőmű épülhessen, ezt a kérdést azonban az elmúlt másfél évtizedben – elsősorban politikai okokból – nem lehetett objektíven megtárgyalni a közvéleménnyel. A vízenergián túl jelenleg elsősorban a biomassza el-tűzésén alapuló erőművek jelentősebb kihasználása tűnik megvalósíthatónak, míg kisebb mértékben a szélenergia is fejleszthető. Ám mindkét megújuló forrás esetén figyelembe kell venni a viszonylag magas villamosenergia-előállítási egységköltséget. Hazánkban – hasonlóan az európai gyakorlathoz – a megújulók esetében magasabb garantált átvételi ár érvényesül: ahogy az 1. ábrán is látható, a széllel vagy biomasszával megtermelt áram garantált ára 23 Ft/kWh, ami szükséges ahhoz, hogy ezek a beruházások rentábilisak lehessenek. Ezzel szemben az atomerőmű 8,32 Ft/kWh áron termeli az áramot.

A szélenergia esetén további problémák is felmerülnek az időjárás változékonysága

és kiszámíthatatlansága miatt: a szélerőművi kapacitás 80–90 %-ának megfelelő, ún. forgótartalékot kell tartani ahhoz, hogy a villamosenergia-rendszer kompenzálhassa a széljárás változása miatt bekövetkező ingadozásokat. Ez tovább növeli a szélerőműhöz kapcsolódó termelési költségeket, és a forgótartalék – mivel általában fosszilis alapú erőművekben áll rendelkezésre – maga is szén-dioxid-kibocsátással jár. A villamosenergia-rendszer szabályozása miatt, a szél-erőművek részarányának növelése miatt is nagyon hasznos lenne egy folyami vízerőmű és/vagy egy szivattyús tározós vízerőmű megépítése Magyarországon.

Atomerőművek biztonsága

Az atomerőművek normál üzemelésük során nagyon csekély mennyiségű radioaktív anyagot bocsátanak ki a környezetbe, ennek maximális megengedhető mennyiségét hatósági korlátok szabályozzák. A paksi atomerőmű normál üzemi kibocsátása általában a természetes eredetű sugárterhelés mintegy tízezred része, ez nem okoz számottevő egészségügyi kockázatot a lakosságnak. Az atomerőművekkel kapcsolatos ellenérzések többnyire nem is a normál üzemre, hanem a kis valószínűséggel bekövetkező üzemzavarokra, balesetekre vonatkoznak. A nukleáris biztonság ezek megelőzését, illetve következményeik csökkentését is magában foglalja.

A nukleáris biztonság megvalósítása az atomerőmű tervezésekor kezdődik: az erőművet úgy kell megtervezni, megépíteni és üzemeltetni, hogy még egy baleset bekövetkezésekor is biztosítva legyen a környezetnek biztonsága. Az üzemeltetés során törekedni kell a biztonság folyamatos, további növelésére, ennek alapja a biztonság rendszeres felülvizsgálata és újraértékelése azért,

hogy a tudomány új eredményei és más erőművek üzemeltetési tapasztalatai hasznosuljanak minden atomerőműben.

A radioaktív anyagok környezetbe jutását normál és baleseti szituációban az úgynevezett „mérnöki gátak” akadályozzák meg. Az első mérnöki gát maga az üzemanyag-pasztila, az üzem közben keletkező hasadási termékek jelentős része ugyanis beágyazódik a keramikus üzemanyagmátrixba, amely így akadályozza azok kikerülését.

A második mérnöki gát az üzemanyagpálca burkolata, amelybe az urán-dioxid pasztillákat töltik. Ezt a – többnyire cirkónium-ötvetes anyagú – burkolatot a gyártás során nemesgázzal töltik fel, majd hermetikusan lezárják. Így a burkolat a gáznemű hasadási termékeket is magába zárja. A normál üzemeltetés során az első két mérnöki gát felelős a radioaktív anyagok visszatartásáért.

A harmadik fontos védelmi eszköz a reaktortartály – amelyben az aktív zóna elhelyezkedik – és a primer kör. Az igen nagy nyomásra és hőmérsékletre méretezett, rozsdamentes acéltartály az üzemanyag esetleges sérülése esetén is további védelmet jelent a radioaktív anyagok környezetbe jutása ellen. A negyedik mérnöki gát a teljes primer hűtőkört körülvevő biztonsági védőépület (konténment), amelyet az ún. méretezési balesetek során kialakuló túlnyomásra méreteznek, és folyamatosan, ellenőrzött módon, szűrőkön keresztül szellőztetnek.

A tervezés és üzemeltetés során a nukleáris biztonság fenntartását az ún. mélységi védelem elve garantálja. Ez a 60-as években az Egyesült Államokban kidolgozott módszer a balesetek megelőzését, a balesetre utaló jelek figyelését és az esetleges balesetek következményeinek enyhítését is magában foglalja. A mélységi védelem elvét alkalmaz-

va normál üzemben csak elhanyagolható radioaktív kibocsátás történhet az atomerőműből, és baleseti szituációban is a minimumra csökkenti a környezetre gyakorolt káros hatásokat. A mélységi védelem elve alapján az erőműnek rendelkeznie kell olyan, ún. baleset-elhárítási intézkedési tervvel is, melynek segítségével – ha a korábban említett műszaki intézkedés ellenére számottevő radioaktív anyag-kibocsátás történne a környezetbe egy extrém kis valószínűséggel bekövetkező esemény esetén – minimalizálni lehet a káros egészségügyi következményeket.

Az atomerőmű biztonságát belső és külső biztonsági rendszerek sokasága garantálja. Belső, inherens biztonságról akkor beszélhetünk, ha a reaktort úgy tervezik meg, hogy benne a teljesítmény növekedése csökkentse a reaktor reaktivitását (így a maghasadások számát, vagyis magát a teljesítményt is). Ezek a negatív visszacsatolások fizikai folyamatokon alapulnak, ezért kikapcsolhatatlanok, és üzemzavari vagy baleseti helyzetben is védik a reaktort az ún. megszaladás ellen.

A külső biztonsági rendszerek fő célja a reaktor teljesítményének szabályozhatósága (és szükség esetén leállíthatósága), a felszabaduló hő elszállítása és a radioaktív anyagok kikerülésének megakadályozása. Ez utóbbi funkciót a már említett mérnöki gátak látják el. A láncreakció szabályozására és a leállításra rövid távon a szabályozó rudakat, hosszú távon a primer hűtőközegebe oldott bórsavat használják. Ezek elnyelik a reaktorban levő szabad neutronokat, ezáltal csökkentik a maghasadások számát.

Az atomerőművek sajátossága, hogy a reaktorban a hőfejlődés a láncreakció leállítása után sem szűnik meg azonnal, mivel a korábbi üzemelés során keletkezett radioak-

tív hasadási termékek bomláshője továbbra is felszabadul. Közvetlenül leállítás után ez a maradékhő (az ún. remanens hő) a névleges üzemi teljesítmény kb. 7 %-a, ami a leállítás óta eltelt idő függvényében folyamatosan csökken. A remanens hő miatt a reaktor hatékony hűtésére nem csupán a normál üzem során, de leállított állapotban is szükség van. A külső biztonsági rendszerek fontos részét képezik az üzemzavari hűtőrendszerek, amelyek ezt a hűtési feladatot még a primer hűtőkör sérülése (egy ún. csőtöréses vagy hűtőközeg-vesztéses üzemzavar) esetén is ellátják. A ma használt atomerőműveket úgy tervezték meg, hogy még a legnagyobb átmérőjű primer körű vezeték teljes keresztmetszetű törése esetén is biztosítható a reaktor szükséges mértékű hűtése.

A biztonságvédelmi rendszereket a redundancia elve alapján meg többszörözve építik be, hogy az egyes elemek esetleges meghibásodása ellenére is működőképes maradjon a védelmi rendszer. A diverzitás elve alapján pedig arra törekednek, hogy több, különböző gyártmányú vagy eltérő működési elvű biztonságvédelmi rendszer is elláthassa az adott feladatot, hogy a különböző rendszerek közös módú meghibásodását el lehessen kerülni.

A megfelelő tervezés, a mélységi védelem és a mérnöki gátak szerepét jól szemlélteti a két eddigi legsúlyosabb atomerőmű-baleset összevetése. 1979-ben az Egyesült Államokban a TMI atomerőmű 2. blokkjában hűtőközeg-vesztést követően – több operátori hiba hatására – részleges zónaolvadás következett be. Az olvadék azonban a reaktortartályon belül maradt, a konténment pedig szerepének megfelelően visszatartotta a radioaktív anyagok döntő részét. A környezetbe így csupán némi radioaktív nemesgáz-kibocsátás történt, ez azonban csak elhanyagol-

ható többletterhelést okozott a lakosságnak. Ezzel szemben a csernobili atomerőmű 4. blokkjában 1986 áprilisában történt súlyos, reaktormegszaladásos baleset során konstrukciós hibák következtében a reaktorban nem voltak meg az inherens biztonsághoz szükséges negatív visszacsatolások, a külső biztonsági rendszerek egy részét pedig kikapcsolták, aminek következtében a reaktor felrobbant. Nagy teherbírású reaktortartály és megfelelő védőépület hiányában nem voltak meg azok a védelmi eszközök sem, amelyeket a magyar vagy a nyugati reaktoroknál megkövetelünk, így nagy környezeti kibocsátás történt, és a lakosság sugárterhelése is igen jelentős volt.

A nukleáris biztonsággal foglalkozva feltehetően meg kell említenünk a paksi atomerőmű 2. blokkjában 2003 áprilisában bekövetkezett üzemzavart. Ennek során a reaktoron kívül, egy ideiglenesen odateleptett víz alatti tisztítótartályban következett be harminc fűtőelem-kazetta sérülése. A sérülést a kazetták nem megfelelő hűtése okozta, így a magas remanens hő miatt a kazetták túlhevültek, elridegedtek, majd az elárasztásuk után széttöredeztek. A sérült fűtőelemekből a gáznemű radioaktív hasadási termékek egy része a környezetbe jutott (az első két mérnöki gát sérült), jelentős környezeti kibocsátás azonban nem történt. A kibocsátás következtében a lakosság sugárterhelése elhanyagolható volt: a legterheltebb paksi lakos 0,13 μSv többletterhelést kaphatott, ami kb. 80 percnyi természetes háttérsugárzásnak felel meg.

Az erőmű biztonságának fontos komponense az üzemeltető személyzet biztonság iránti elkötelezettsége, a szervezet biztonsági kultúrája. Ez az üzemeltetők és karbantartók magas színvonalú és folyamatos képzésével,

a biztonság tudatos szemlélet erősítésével biztosítható. A nukleáris létesítmények üzemeltetői és vezetőik felé alapvető elvárás, hogy a biztonságot mindenek fölött álló, elsődleges szempontnak tekintsék, s azt a mindennapi munkájuk során folyamatosan szem előtt tartásuk. A műszaki rendszerek és a személyzet így biztosíthatják együttesen az elvárt biztonsági színvonalat.

Összefoglalás

Az atomerőművek olyan hőerőművek, amelyek kis mennyiségű hasadóanyag felhasználásával képesek nagy mennyiségű, olcsó villamos energiát előállítani, biztonságosan, nagy rendelkezésre állással, a klímát károsító anyagok kibocsátása nélkül. A hasadóanyag többleves készletezhetősége és az üzemanyag árának kis aránya a villamos energia egységköltségében segíti a hosszú távú árstabilitást.

A legtöbb fejlett országban, így hazánkban is, a következő évek legfontosabb feladata a meglévő blokkok üzemidejének meghosszabbítása addig a határig, ameddig az

biztonsági oldalról, műszakilag és gazdaságilag lehetséges. Emellett dolgozni kell a megújuló energiahordozók (elsősorban a biomasz és a víz) minél nagyobb mértékű felhasználásán, ezek azonban nem alternatívái, hanem nagyon jó kiegészítői az atomenergiának a fosszilis energiahordozóktól való függés csökkentésében. Finnországhoz és Franciaországhoz hasonlóan itt az ideje, hogy Magyarország is előkészítse új atomerőművi blokk vagy blokkok építését.

Mind az üzemidő-hosszabbítások, mind az új erőműépítések nagy szakemberigényt jelentenek, ezért idejében gondoskodni kell az új szakember-generáció képzéséről, és hasonlóan fontos a generációk közötti tudásátadás elősegítése is. Ebben különösen nagy feladat hárul az egyetemekre és a velük együttműködő akadémiai kutatóintézetekre.

Kulcsszavak: atomenergia, nukleáris biztonság, ellátásbiztonság, áramár, rendelkezésre állás, üzemidő-hosszabbítás, megújuló energiaforrások, vízerőmű, szélerőmű, biomasz

IRODALOM

- Csom Gyula (2004): Atomerőművek. Magyar Atomforum Egyesület
- Energia Hivatal (2005): Villamosipari társaságok 2004. évi adatai. Magyar Energia Hivatal
- Fehér Sándor (2007): Radioaktív hulladékok transzmutációja. Magyar Tudomány. 1. (jelen cikkkel egy kötetben megjelenő cikk)
- Gadó János (2007): Negyedik generációs nukleáris

- rendszerek. Magyar Tudomány. 2006/1.
- Hegyháti József (2007): Radioaktív hulladékok kezelése és végleges elhelyezése. Magyar Tudomány. 1. (jelen cikkkel egy kötetben megjelenő cikk)
- Szatmáry Zoltán – Aszódi Attila (2005): Csernobil. Tények, okok, hiedelmek. Typotex, Budapest
- TVO (2002): Construction of the Nuclear Power Plant Unit at Loviisa or Olkiluoto. TVO Teollisuuden Voima Oy, Helsinki