

**STUDY OF SOME
FIRE SAFETY ISSUES OF NUCLEAR PO-
WER PLANS****ATOMERŐMŰVEK EGYES TŰZBIZTON-
SÁGI KÉRDÉSEINEK VIZSGÁLATA**KURMAY Sándor¹ – NAGY Rudolf²**Abstract**

The use of nuclear energy for civilian purposes has developed over the past nearly 70 years as a result of the increased consuming of electricity used by industry and the population. The first reactors grew out of their initial imperfections and went through a generational change, there are several types that developed from the previous ones and still in use today. Malfunctions and accidents that had occurred during their operation taught the decision-makers to carefully plan the design, construction, operation, and decommissioning phases. Based on these experiences, the legal background governing the use of nuclear energy has also changed from country to country. In present article, we do our research on examination of the fire safety requirements of nuclear power plants, taking into consideration its evolutionary process.

Keywords

nuclear power plant, nuclear energy, fire safety, nuclear safety

Absztrakt

Az atomenergia polgári célú felhasználása az elmúlt mintegy 70 évben az ipar és a lakosság által felhasznált villamosenergia szükségleteinek növekedése következtében fejlődött. Az első reaktorok gyermekbetegségükből kinőve generációváltáson mentek keresztül és több, napjainkban is működő típusuk fejlődött ki belőlük. A működésük során fellépő üzemzavarok és balesetek megtanították a döntéshozókat a tervezési, kivitelezési, üzemeltetési és leszerelési fázisok alapos megtervezésére. Ezen tapasztalatok mentén az atomenergia felhasználását szabályzó törvényi háttér is változott országunként. Ezen cikkünkben az atomerőművek tűzbiztonsági követelményeinek a vizsgálatával foglalkozunk betekintve annak evolúciójába.

Kulcsszavak

atomerőmű, atomenergia, tűzbiztonság, nukleáris biztonság,

¹ kurmay.sandor@uni-obuda.hu | ORCID: 0009-0004-9939-9353 | PhD student, Óbuda University Doctoral School of Safety and Security Sciences, Budapest, Hungary | doktorandusz, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola

² nagy.rudolf@uni-obuda.hu | ORCID: 0000-0001-5108-9728 | habil. senior lecturer, Óbuda University, Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Budapest, Hungary | habil. adjunktus, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

BEVEZETÉS

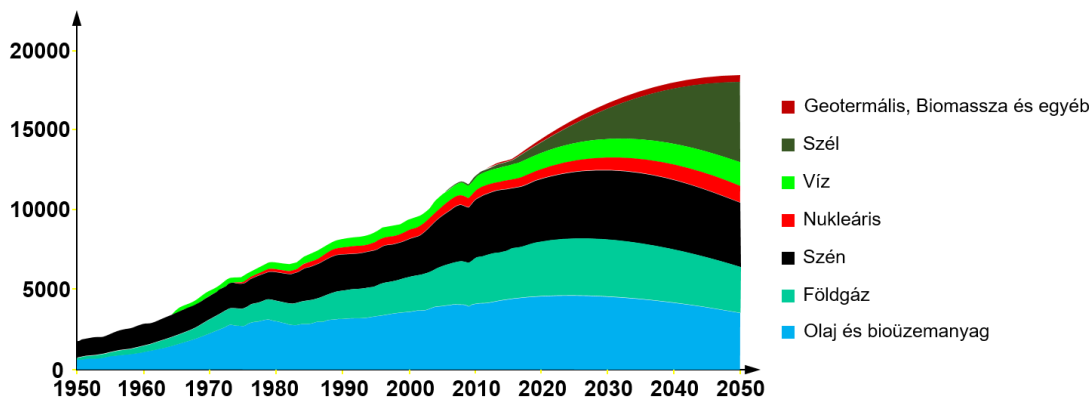
Az izzólámpa feltalálása óta a villamosenergia felhasználása az elmúlt 140 évben szédületes gyorsasággal terjedt el, napjainkra szerves részévé vált életünknek. Ezzel együtt járva a világ energiatermelése globálisan a megnövekedett fogyasztási szint miatt környezeti problémákat okoz. Ennek oka az energia mixben található magas szén-dioxid kibocsátású fosszilis tüzelőanyagok masszív alkalmazása, amelyek a teljes globális energiaellátás mintegy 80 %-át adják. A probléma enyhítésének az egyik módja az atomenergia, mint a legnagyobb karbonmentes termelő alkalmazása, hiszen a nukleáris energia felhasználásával alapvetően környezetbarát energia állítható elő. [1]

A nukleáris energia békés célú alkalmazása viszont kockázattal jár, annak üzemi biztonsági követelményeinek betartása és betartatása prioritás. Meghibásodásuk során jelentősen károsíthatják a környezetet és veszélyt jelentenek az emberi életre, ezért társadalmi megítélésük és alkalmazásuk országonként változó. Ráadásul az elmúlt évtizedek komoly atomerőművi baleseteinek hatásai nemcsak a szűk reaktori környezetben, de a megye és országhatárokat átívelően hatottak. [1]

Ezek tudatában tehát minél jobban megismerjük és feldolgozzuk a megtörtént káreseteket, azok kiváltó okait, annál jobban fel tudunk készülni technológiailag és emberi oldalról is ezek elkerülésére és elhárítására.

A NUKLEÁRIS ENERGIA SZEREPE NAPJAINKBAN

A világ energiaigénye az előrejelzések szerint tovább növekszik majd, ahogy az az 1. ábrán leolvasható. A 2025-ig szóló tendencia alapján az energia mixben minden komponens növekedést fog mutatni. A 20-as évek második felétől viszont már a fosszilis energiahordozók aránya abszolút értékben is csökkenni fog a várható előrejelzések szerint. Ennek pótlására nagy léptékben növekszik majd a megújuló energiahordozók aránya.



1. ábra: Globális primer energiaigények dinamikája (1 millió tonna olaj=41,868 PJ)

Forrás: Szerkesztette [2] nyomán a szerzők

A világ harminc országában működik mintegy négyszáznegyven atomerőművi reaktor, amelyek 2019 végére a globális villamosenergia-termelés mintegy 10 %-át adták. Elmondható tehát, hogy az atomenergia kulcsfontosságú alacsony széndioxid-kibocsátású energiatermelési mód. Ugyan az utóbbi időben a nukleáris energiatermelés arányaiban

csökken, bár abszolút értékben az atomerőművi energiatermelés növekedett. Ugyanis egyes országok, mint például Németország, ahol az atomerőművek a leállítása mellett döntöttek. Ellenpéldaként viszont más országok folyamatosan fejlesztik az atomreaktorok hatékonyságát és üzemeltetési rugalmasságát.

A nemzetközi trendek szakmai vizsgálata (WNISR) rámutat, hogy a nukleáris energetika terén a jövő vezető régiói várhatóan áttevődnek az ázsiai térségre. Köztük is kiemelten a feltörekvő két gazdasággal rendelkező két legnépesebb Kínát és Indiát sorolják az élre az elemzések. Mindkét ázsiai ország a terveik szerint „flotta üzemmódban” építi az atomerőműveit. A tanulmány szerint jelenleg Kína rendelkezik a világ legfiatalabb, mindössze 8,8 év átlagéletkorú nukleáris erőművi flottájával. [3] [6]

ATOMERŐMŰVEK GENERÁCIÓI

1. generáció

A II. világháború befejezése után a tudósok az atomenergia békés célú felhasználásának az alapjait kívánták lefektetni, de a két szuperhatalom közötti hidegháború kitörése elodázta a nukleáris energia kiaknázásának a lehetőségét. A múlt század közepén létesült atomerőművek jelentős részben katonai célt szolgáltak. Az első hálózatra kapcsolt atomerőművek viszonylag kis teljesítményűek voltak (<250 MW), kis darabszámú szériák készültek el belőlük, többnyire természetes urán üzemanyaggal működtek és a biztonságos üzemeltetés nem játszott nagy szerepet bennük. Az 1957-ben az angliai Windscale-ban és a szovjet Kistimben bekövetkezett súlyos balesetek rávilágítottak a technológiák veszélyeire. [4]

2. generáció

A jelenleg működő nukleáris reaktorok többsége ide sorolható, de tervezett élettartalmuk hamarosan lejár. Ezek már kereskedelmi forgalomban kapható nagy darabszámú szériák voltak. Az első generációs reaktorok hibáiból levont tanulságokat figyelembe véve a 70-es évektől kezdődően biztonságnövelő átalakításokat alkalmazva épültek meg a második generációs reaktorok. A műszaki fejlesztés révén alkalmazásba került a nyomásálló konténment szerkezet, amely baleseti helyzetben megakadályozta a radioaktív anyag kijutását a szabadba, valamint beépítésre került az üzemzavari hűtőrendszer, és mindkettő alkalmazásának 100 %-os biztonságot tulajdonítottak. Továbbá a 70-es években dolgozták ki a Norm Rasmussen nevével fémjelzett valószínűségi kockázat elemzés módszerét is. Ezzel a módszerrel lehet kiszámolni a bekövetkező reaktorbalesetek valószínűségét. Az ebből készült jelentés kimutatta, hogy a kockázatok terén élen járnak a humán faktorra visszavezethetők. Nem sokkal később, az évtized végén bekövetkezett amerikai Three Mile Island-i atomerőmű balesete megerősítette ezt a megállapítást. [4] [5] [6] A baleset után megváltozott az atomerőművi operátorok továbbképzése, alkalmazni kezdték a szimulátorokat.

3. generáció

A 90-es évektől kezdve létesült atomerőműveket soroljuk a harmadik generációhoz, vagy más néven evolúciós erőművekhez. Itt szintén az előző generáció üzemeltetési tapasztalatára támaszkodva kidolgozott korszerűsített műszaki-technikai újítások kerültek beépítésre. A fejlődésüknek köszönhetően magasabb üzemanyag hasznosítással és hatásfokkal üzemelnek, a korábbiakhoz képest jóval nagyobb, akár 60 éves üzemidővel. A sajnálatos balesetektől levont tapasztalatok, valamint a technológiai és számítástechnikai fejlődésnek

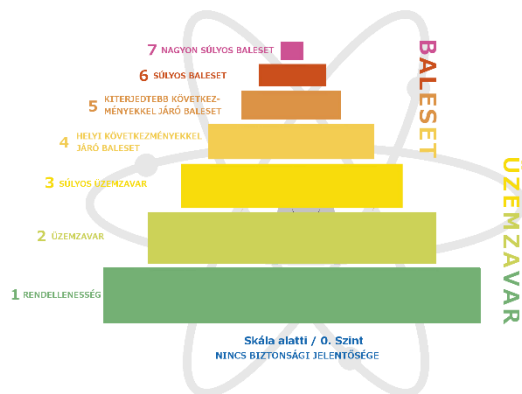
köszönhetően az aktív és passzív biztonsági rendszerek is jelentős fejlődésen mentek keresztül. [4] [5]

4. generáció

Innovációs erőműveknek is nevezhetők, fejlesztés alatt álló reaktorok. Meg kell, hogy feleljenek a megnövekedett biztonsági feltételeknek, minimális a radioaktív hulladék-termelés, valamint magas fokú profitabilitás. A most még kísérleti fázisban leledző erőművek jelentős előrelépést hozhatnak. Az elképzelések a hagyományos termikus reaktorok továbbfejlesztése mellett, a gyorsreaktorok térnyerésével is számolnak. A megemelt termikus viszonyok hatásfok növekedést eredményeznek, továbbá kapcsolt energiatermelésre is alkalmassá teszi őket. Kapcsolt műveletnek olyan üzemanyagok gyártását értjük, mint hidrogén, metanol vagy metán. [6]

AZ ATOMENERGIA KOCKÁZATAI

Az INES skálát a Nemzetközi Atomenergetikai Ügynökség (IAEA) és a Nukleáris Energia Ügynökség (OECD) szakértői grémiuma a 90-es évek elején alkotta meg. A metodológiát eleinte a nukleáris energetikában vezették be, a későbbiekben viszont tovább fejlesztve kiszélesítették annak felhasználási körét az atomiparhoz kötődő létesítményi környezetben lezajló nem várt üzemi állapotok adekvátabb megítélésére. [7] Az INES skála hét csoportra osztja a biztonságot érintő rendellenességeket, ahogy az a 2. ábrán leolvasható.



2. ábra: Az INES eseményskála [8]

A skála kialakításánál a cél az volt, hogy egy adott szintű esemény súlyosságánál közel egy nagyságrenddel legyen jelentősebb a skála eggyel magasabb szintjére sorolt esemény súlyossága (a skála tehát logaritmikus). A csernobili atomerőműben 1986-ban bekövetkezett baleset az INES skálán 7-es szintű (kiterjedt egészségügyi és környezeti hatás) besorolást kapott. Ezzel egyenértékű a 2011-ben bekövetkezett Fukusimai baleset is (kiterjedt környezeti hatás). A skála nem alkalmazható azokra az esetekben, amelyek tisztán ipari biztonsággal vannak összefüggésbe, vagy amelyeknek nincs sugár biztonsági vagy nukleáris biztonsági vonzatuk. Nem minősíthető a skála alkalmazásával pl. azon tüzesetek besorolására sem, melyek nem járnak radiológiai kockázattal, és nem érintenek nukleáris biztonsági

jelentőségű berendezést. [7] Köszönhetően annak, hogy az INES skála egységesen alkalmazott kategóriarendszer, és jelentéstartalmában mindenki által használt egyformán értelmezett, ezért a határ-menti együttműködésben is azonnali kommunikációs eszközként használható.

JOGSZABÁLYI KÖRNYEZET

A Magyar Országgyűlés 1980. március 7-én fogadta el az első Atomtörvényt, ami a rendkívüli szigorú követelmények jogi alátámasztását tette lehetővé. Tizenhat évvel később ezt váltotta fel 1996. december 18-án kihirdetett 1996. CXVI. törvény az atomenergiáról, amelynek 4. § (2) pontja szerint „Az atomenergia alkalmazása során a biztonságnak minden más szemponttal szemben elsőbbsége van”. [9] E szabályozási körben a jogalkotó a nukleáris balesetek elhárításával kapcsolatos hatósági felügyeleti jogköröket az Országos Atomenergia Hivatalhoz (OAH) telepítette. A hivatal feladatainak sorában markánsan megjelenített kötelezettség a tájékoztatási tevékenység. [1] Mivel a biztonságos üzemeltetés teljesülése prioritás az atomenergia békés célú alkalmazásánál, ezért már a létesítési folyamat kezdeti fázisában is központi kérdés a tűzvédelmi előírások érvényesítése. Ebben alapelvnek tekintjük a mélységi védelem kialakításának elvét. Ami azt jelenti, hogy a nukleáris erőművek tervezésének folyamán úgy kell kialakítani a szervezeti struktúrákat és konstrukciókat, hogy az összekapcsolódó és egymáshoz illeszkedő védelmi szinten garantálják a bekövetkező hibák kompenzálása, kijavítása mielőtt még döntően veszélyeztethetnék a biztonságot. Ezzel az egymásra épülő műszaki megoldásokkal és intézkedésekkel az üzemszavar vagy baleset bekövetkezése terén nagyfokú robusztussággal ruházható fel a rendszer. [10]

Ezáltal a létesítmény külső és belső zavarokkal szembeni ellenállása egyaránt fokozható. A humán faktor jelentette kockázatok szerepének érdemi háttérbe szorítása céljából, minél nagyobb teret kell engedni a műszaki megoldásoknak. Egyúttal a kivitelezésben minőség valamennyi szegmensében az elérhető legmagasabb követelményrendszert kell érvényesíteni, kiküszöbölendő a rendellenes üzemállapotok bármiféle létrejöttének lehetőségét. Az aktív és passzív tűzvédelmi rendszerek kompatibilitását olyan szintűre kell emelni, hogy azok funkcióvesztése ne eredményezhesse más elemek esetleges működési zavarát, kiesését. Már a tervezési fázisban meg kell határozni a veszélyes és éghető anyagok veszélytelen elhelyezését és kezelésük kockázatmentes elvégzését. Mindemellett a különös gondossággal kell eljárni a kockázati egységek és tűzszakaszok definiálásában és az ezekhez kapcsolódó menekülési és felvonulási útvonalakat érintően. [1] [10]

Az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról szóló 54/2014. (IX.6.) BM rendelet alapján *“az atomerőmű vonatkozásában olyan tűzvédelmi biztonsági rendszerek és rendszerelemek alkalmazására továbbá manuális tűzoltási lehetőségek kombinálására van szükség, amely olyan jelző és oltó eszközökkel rendelkezik, hogy képes a tüzekeket ellenőrzése alatt tartani.”* [11]

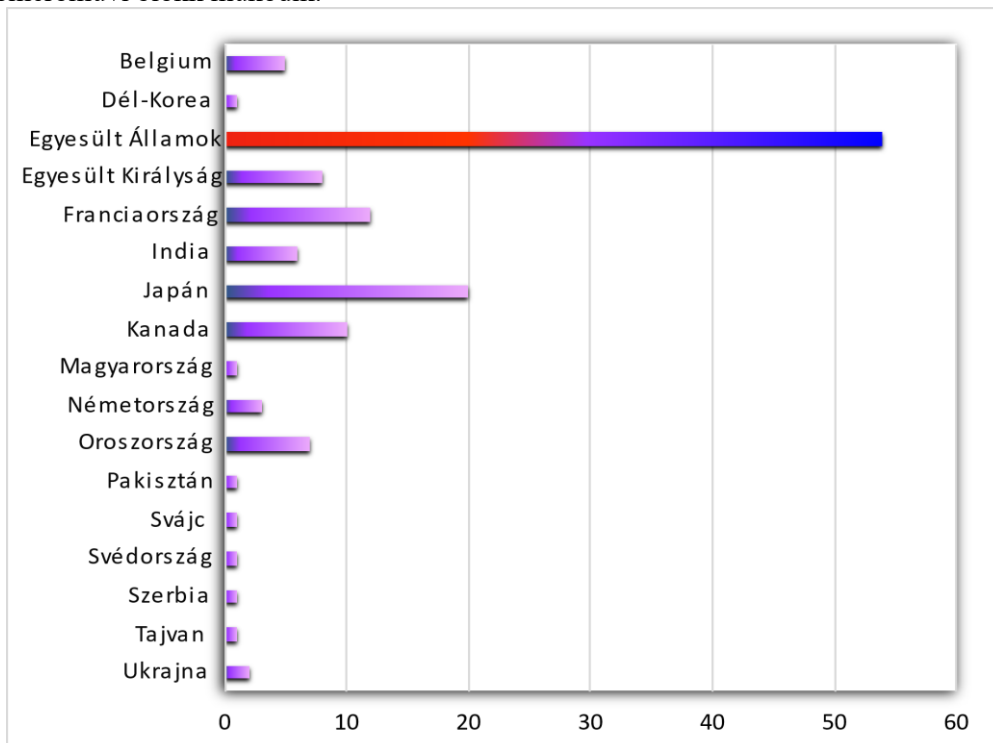
Az atomerőművek esetében a létesítési megfontolások valamennyi paraméterét érintően – az egyéb területekhez hasonlóan – tűzvédelmi tervezést meg kell előznie a tűzkockázat-elemzés. Ennek köszönhetően szavatolható, hogy valamennyi a tűzbiztonságot hátrányosan befolyásolható tényező adekvát módon legyen megítélhető. A kockázatelemzés nukleáris energiatermelés valamennyi műszaki és üzemeltetési szempontjait egyesíti a tűzmegeelőzés előírás rendszerének legmagasabb szintjén.

ÜZEMI ESEMÉNYEK VIZSGÁLATA

Az atomkorszak kezdetén atomlétesítmények vonatkozásában jelentős prioritást kaptak a nukleáris fegyverkezés szempontjai, melynek köszönhetően a fegyverminőségű hasadóanyagok előállítását szolgáló reaktorok domináltak. Ezt követően az 1950-es évek második felében jelentek meg a hálózatra termelő első atomerőművek.

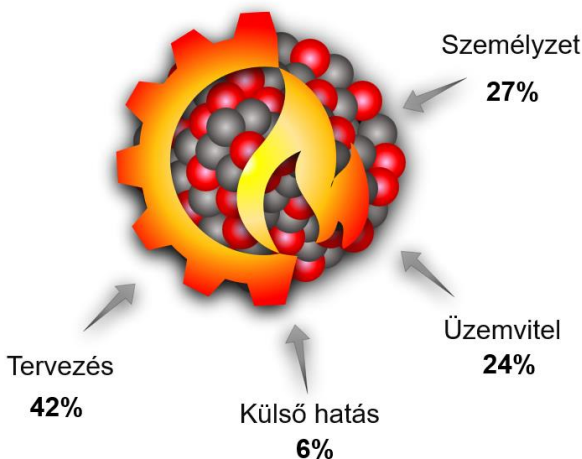
A Nemzetközi Atomenergiai Ügynökség adatai alapján az elmúlt mintegy 70 évben több mint száz üzemzavar és baleset történt a világban. Nukleáris vagy radioaktív baleset a Nemzetközi Atomenergiai Ügynökség definíciója szerint „*olyan esemény, mely jelentős következményekkel jár az ember, a környezet vagy az infrastruktúrára tekintettel. Ide tartozik többek között minden sugárbetegség, a környezetbe jutott magas ionizáló sugárzás vagy a reaktor védőburkának megolvadása*”. [12]

A 3. számú ábrán az üzemzavarok és balesetek országonkénti bontásban láthatók. Ebből jól kiolvasható, hogy az összes atomenergiával kapcsolatos üzemzavarok és balesetek 60 %-a az Egyesült Államokban történt. Az USA-ban a világon a legtöbb, mintegy száz atomerőművi blokk működik.



3. ábra: Üzemzavarok és balesetek száma országonként
 Forrás: Szerkesztette [12] nyomán a szerzők

A rendelkezésre álló több mint 100 esetből az a 33 esetet vizsgáltam meg, amelyben a baleset következményeként tűz ütött ki, vagy a tűz kitörését sikerült megakadályozni. [13]



4. ábra: Tűzesetek kiváltó okai
 Forrás: Szerkesztette [12] nyomán a szerzők

Megvizsgálva a tűzbalesetek kiváltó okait, alapvetően két tényező határozta meg: műszaki tervezési, valamint emberi okok. Műszaki ok lehet például az alapvetően hibás tervezési konstrukció alkalmazás, berendezések rossz minősége, fáradása, meghibásodása. Az emberi tényezők viszont összetettebbek, mint például a biztonsági előírások akaratlan megszegése, döntésképeség csökkenése stresszhelyzetben. A 4. ábrán láthatóan ez a két fő ok mellett néhány esetben a külső tényezők, természeti katasztrófák voltak az események elindítói.

A tanulmányozott 33 esetből 12 esetben az INES skála szerinti üzemzavarról, és további 12 esetben pedig balesetről beszélhetünk (1. Táblázat). A fennmaradó 9 eset eseménye nem kapott INES skála besorolást.

Ország	INES-besorolás						
	1	2	3	4	5	6	7
Argentína				1			
Belgium		1	1				
Egyesült Államok			2	2	1		
Egyesült Királyság					1		
Franciaország	6			1			
Japán	1			1			1
Kanada		1			1		
Oroszország						1	
Svájc				1			
Ukrajna							1
Kategória	Üzemzavar			Baleset			

1. Táblázat: INES eseményskálán besorolt tűzesetek száma
 Forrás: Szerkesztette [12] nyomán a szerzők

A fenti adatokból az alábbi következtetéseket lehet levonni:

- A bekövetkezett üzemzavarok és balesetek 1. és 2. generációs reaktorokban következtek be.
- A vizsgált üzemzavarok és balesetek, majd 1/3-ban történt tüzeset.
- A legismertebb négy, az INES eseményskálán legmagasabb besorolást kapott súlyos baleset mindegyike tüzesettel járt.
- A vizsgált üzemzavarok és balesetek 24 %-a az INES eseményskálán is besorolható volt.
- A vizsgált üzemzavarok és balesetek nagy többsége emberi mulasztás és műszaki okok miatt történt.
- a balesetet szenvedett reaktorok típusai vegyes képet mutatnak. Volt közöttük plutónium tenyész reaktor, forralóvizes reaktor (RBMK, melynek moderátora grafit, hűtőközege elgőzölgő könnyűvíz), valamint nyomottvizes reaktor.

TÜZESETEK KÖVETKEZMÉNYEI

Az atomerőművek üzemi biztonságával szemben magasak az elvárások, mégis az elmúlt évtizedekben az egész világ közvéleményére ható balesetek és üzemzavarok következtek be. [14]

Az első baleset Angliában történt a Windscale erőműben. A reaktort a negyvenes években nyitották meg katonai céllal. Az 1957-ben történt katasztrófa alatt az erőmű grafit-moderátora a túlmelegedés következtében kigyulladt és két napig égett, a reaktor kéményből radioaktív jód és mérges gázok távoztak. A reaktor környezetében egy 500 km²-es terület elszennyeződött, valamint a reaktor személyzetének tagjai magas sugárterhelésnek voltak kitéve. A baleset az INES skálán 5-ös fokozatot kapta. [14]

Időben a második baleset a már korábban említett Pennsylvania államban következett be. Ezt nevezik Three Mile Island (TMI) balesetnek. A nukleáris katasztrófa kiváltásához egyidejűleg járult hozzá a konstrukció, valamint az emberi tévedés. Ráadásul a balesetben érintett TMI-2 blokkot hónapokkal korábban adták át. A balesetben az aktív zóna túlmelegedett, a fűtőelemek és szerkezeti anyagok megolvadtak, a lezajló reakciókban felszabaduló hidrogén robbanása a szerkezeti károk mellett, továbbá illékony radioaktív izotópok kiszabadulását eredményezték. A baleset az INES skálán 5-ös fokozatot kapta. [14]

A harmadik baleset Szovjetunióban történt 1986-ban, 130 km-re Kijevtől a csernobili atomerőműben. A legismertebb atomkatasztrófa kiváltásához ebben az esetben is tervezési hibák és emberi mulasztás vezettek. A baleset következtében a 4-es blokk reaktorát két robbanás rázta meg, amely felszakítva a reaktorcsarnok tetejét és megrongálva a szerkezet falait, utat engedett a radioaktív szennyezésnek. Az események után a reaktorban a tűz napokon át lángolt. A környezetbe kiszabaduló radioaktív szennyeződés mértéke, több nagyságrenddel meghaladta a II. világháborúban Japánt ért atomtámadásokban szétterjedt sugár-szennyezés mértékét. A létesítmény körül 30 km-es lezárt övezetet hoztak létre, a lakosságot kitelepítve onnan. [1] A baleset az INES skálán 7-es fokozatot kapta.

A negyedik baleset szintén a 7-es besorolást kapta az INES skálán. Az esemény ezúttal a távol-keleti Japánban történt 2011-ben a Fukushima Daiichi-ben. A 9-es erősségű földrengés következtében, amelyet a működő erőmű rendszerei is érzékeltek, automatiku-

san leálltak. Ez még nem okozott kritikus problémát, mert földrengésállók voltak az építmények. Viszont az ezt követő 15 m magas szökőár következtében az 1-es, 2-es és 3-as blokkokban leállt a maradék hőelvonó rendszer, mert a szökőár tönkretette a hőcserélő rendszert és a 12 tartalék generátort. A túlhevülés következtében 3 reaktor zónasérülést szenvedett, a magas hőmérsékletű olvadék átégette a reaktortartályt, továbbá legalább 4 hidrogén-robbanás történt letépve az épületek fedelét. A robbanás következtében a távozó gőz radioaktív nemesgázokat és jódot tartalmazott. Ennek következtében 20 km sugarú szennyezett zóna keletkezett, ahonnan 165.000 embert ki kellett telepíteni. A kármentés még napjainkban is zajlik. Ennél a katasztrófánál elmondható, hogy nem következett volna be, ha magasabb gátat emeltek volna a hullámok megállítására, és a dízel generátorokat magasabbra helyezik. [15]

KÖVETKEZTETÉS

Az ENSZ 2023. november 30. és december 12. éghajlatváltozási konferenciáján a fosszilis tüzelőanyagok fokozatos kivezetése és a megújuló energiakapacitás növelése érdekében az aláíró országok 2050-re a 2020-as szinthez képest meg szeretnék háromszorozni az atomerőművek hálózatra kapcsolt áramellátó kapacitását világszerte. A nyilatkozat olyan tudományos állásfoglalásra hivatkozik, amely szerint 2050-ig a klímasemlegesség nem érhető el atomenergia nélkül.

Elmondható tehát, hogy az elfogadható léptékű kockázatok mellett, a következő évtizedekben az atomenergiában további lehetőségek rejlenek. Nem szabad viszont megfeledkeznünk a veszélyekről és le kell vonnunk a következtetéseket. Az eddigi tapasztalatokat felhasználva kell építenünk a jövőnk nukleárisenergia-startégiáját. Ennek biztonságát csak hatékony monitoring rendszerekkel és a tűzvédelmi követelményeket maradéktalanul érvényesítő mérnöki megoldásokkal lehet megvalósítani.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Manga László, Kátai-Urbán Lajos, *Nukleáris balesetekből levonható tanulságok – a tudomány állása I. rész*, BOLYAI SZEMLE 2016/4, pp.: 120-136. (2016)
- [2] Engineered science, https://www.researchgate.net/figure/World-primary-energy-consumption-million-tons-of-oil-equivalent-1950-2050_fig2_326809889 (letöltés dátuma: 2024.01.07.)
- [3] Energiaklub, *Atomerőművek építés alatt – 2022*. Energia Klub Környezetvédelmi Egyesület, https://energiaklub.hu/files/study/Atomeromuvek_epites_alatt_2022_0.pdf (letöltés dátuma: 2024.01.07.)
- [4] Antal Zoltán, Kátai-Urbán Lajos, Vass Gyula, *Atomerőmű generációk fejlődésének vonzatai*, HADMÉRNÖK XIII. évf. 3. szám (2018)
- [5] Energiaklub, *Reaktorta - Nukleáris erőművek és környezetünk*. Energia Klub Környezetvédelmi Egyesület 2001. ISBN 6930093650, <https://energiaklub.hu/files/brochure/reaktorta.pdf> (letöltés dátuma: 2024.01.07.)
- [6] Radnóti K., Király M., *Az atomenergiáról egyszerűen: az atomerőművek működése, típusaik és jövőjük*. Nukleon, VIII 177 (2015), pp.: 1-13. oldal.

- [7] Országos Atomenergia Hivatal, *AKFT1.48. sz. útmutató - Az INES minősítés elvégzésének módszertana nukleáris és radiológiai események esetén.* [https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/AB534110DEE39331C1257BE400746F05/\\$File/AKFT1.48v1.pdf](https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/AB534110DEE39331C1257BE400746F05/$File/AKFT1.48v1.pdf) (letöltés dátuma: 2024.07.04.)
- [8] Országos Atomenergia Hivatal, Veszélyhelyzet-kezelés - INES skála, https://www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/web?openagent&menu=02&sub-menu=2_6_1, (letöltés dátuma: 2024.06.19.),
- [9] 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról
- [10] Antal-Farkas Zoltán: Atomerőmű létesítés nukleáris veszélyhelyzet-kezelési követelményeinek kutatása és fejlesztése. Doktori értekezés, pp.: 255-258 oldal.
- [11] Antal Zoltán, Vass Gyula, Kátai-Urbán Lajos: *Atomerőmű létesítés tűzvédelmi követelményeinek vizsgálata*, Védelem tudomány II. évfolyam 1. szám, pp.: 17-30. (2017)
- [12] Laka foundation, *Lokation – Europe*, Documentation and research centre on nuclear energy. <https://www.laka.org/docu/ines/location/europe/>, (letöltés dátuma: 2024.03.07.)
- [13] ARIA, Online Database, French Ministry of Environment, Bureau for Analysis of Industrial Risks and Pollutions. Analysis, Research and Information on Accidents, https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/?lang=en&s=nuclear%20INES%20scale&fwp_recherche=nuclear%20INES%20scale (letöltés dátuma: 2024.03.07.)
- [14] Dobor József, Kossa György, Pátzay György : *Atomerőművi balesetek és üzemzavarok tanulságai 1.* Hadmérnök, XII. Évfolyam 1. szám (2017. március), pp.: 58-71.
- [15] Dobor József, Kossa György, Pátzay György : *Atomerőművi balesetek és üzemzavarok tanulságai 2.* Hadmérnök, XII. Évfolyam 4. szám (2017. december), pp.: 84-98.