

Fizikai Szemle

MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

A Matematikai és Természettudományi Értesítőt az Akadémia 1882-ben indította
A Matematikai és Physikiai Lapokat Eötvös Loránd 1891-ben alapította

LXII. évfolyam

3. szám

2012. március

CÉLZOTT BIZTONSÁGI FELÜLVIZSGÁLAT A PAKSI ATOMERŐMŰBEN 2/2

Elter József, Eiler János
Paksi Atomerőmű Zrt.

A japán fukusimai atomerőmű balesetét követően az Európai Unió összes atomerőművében, így a paksi atomerőműben is a reaktorbaleset tanulságain alapuló biztonsági felülvizsgálatot hajtottak végre. Ezt a célirányos biztonsági felülvizsgálatot közkeletű szóval stressz-tesztnek nevezték. A felülvizsgálat igazolta, hogy a paksi atomerőmű blokkjai teljesítik a tervezési alaphoz tartozó követelményeket, beleértve a belső és külső hatásokkal szembeni védettség kritériumait. Az atomerőmű védettsége a fukusimaihoz hasonló, vizsgált kulcseseményekkel szemben is jó.

Az első részben bemutattuk a célzott biztonsági felülvizsgálat során alkalmazott módszert, értékeltük az atomerőmű földrengésbiztonságát, valamint a külső elárasztásokkal szembeni védettségét. A cikk jelenlegi, második részében sor kerül az atomerőmű ellenálló-képességének vizsgálatára olyan eseményekkel szemben, mint a villamos betáplálás és végső hőelnyelő funkció tartós (több napos) elvesztése, valamint súlyos baleset miatt jelentős radioaktív kibocsátás vagy extrém intenzitású sugárzási tér kialakulása.

A villamosenergia-betáplálás elvesztése

Az erőmű – a mélységi védelem elvének messzemenő alkalmazásával – felkészült arra, hogy a villamos betáplálás belső okból származó megszűnésének következményeit kezelje, és így eleget tesz a hazai nukleáris biztonsági szabályzatokban előírt megbízhatósági követelményeknek.

A mélységi védelem első szintjeként a külső villamosenergia-hálózat zavara vagy elvesztése esetén a blokk szigetüzemre kapcsoló automatikája leválasztja a blokkokat az országos hálózatról és csökkentett, háziüzemi teljesítményre szabályozza azokat. Akár egyetlen blokk csökkentett teljesítményű üzeme is képes mind a négy blokk háziüzemi fogyasztóit ellátni megfelelő mennyiségű villamos energiával.

További biztonságot jelent, hogy dedikált betáplálási lehetőséget alakítottunk és próbáltunk ki a százhalombattai és a litéri erőmű egyik gázturbinájától az atomerőmű teljes feszültség-kimaradásának elhárítására.

Amennyiben a fenti lehetőségek ellenére sem külső forrásból, sem másik blokkról nem lenne villamos energia nyerhető, akkor a blokki biztonsági dízelgenerátorok automatikus indítása biztosítja a villamosenergia-betáplálást a hűtéshez és hűtve tartáshoz. A földrengésálló épületben elhelyezett dízelgenerátorok blokkonként három azonos felépítésű, egymástól teljesen független ágot képeznek. Az alkalmazott hármas redundancia és a redundáns ágak függetlensége együttesen biztosítja a rendszertől megkövetelt funkciók nagy megbízhatósággal történő ellátását és az egyszeres meghibásodások elleni védettséget. A dízelgenerátorok számára tárolt üzemanyag mennyisége legalább 120 órai üzemeléshez elégséges. Az *1. ábra* mutatja a II. kiépítés dízel gépegységét.

A normál betáplálás kiesése esetén a szünetmentes betáplálást akkumulátortelepek biztosítják. Ezek tervezetten 3,5 órán át képesek a méréseket táplálni és a

1. ábra. A II. kiépítés biztonsági dízelgenerátora.



szükséges beavatkozások elvégzéséhez energiát biztosítani. Az ezen időtartam alatt üzembe lépő dízelgenerátorok a továbbiakban az akkumulátortelemek töltését is végzik.

Amennyiben bármilyen okból a biztonsági dízelgenerátorok nem indulnának el vagy működésképtelenné válnának, akkor teljes feszültségvesztés alakulna ki, aminek hatására a blokkon az összes váltóáramú fogyasztó leállna, de egyidejűleg automatikus védelmi működéssel a láncreakció is leállna. Villamos betáplálás hiányában sem a hőhordozó felbőrozására, sem a blokk üzemszerű lehűtésére nincsen lehetőség. Az üzemzavar-elhárítási utasítás megfelelő alkalmazásával a szekunderkörü nyomás az atmoszférába redukáló szelepek nyitásával stabilizálható, csökkenthető.

Névleges teljesítményről induló üzemzavarok esetén villamos betáplálás teljes hiányában mintegy négy és fél órával a feszültségkiesés után a gőzfejlesztők kiürülnek, megszűnik a hőelvitel. Ilyenkor már csak alternatív betáplálási útvonalon és alacsonyabb nyomáson biztosítható a gőzfejlesztők megtáplálása. Ennek sikertelensége esetén a primer körben a nyomás és a hőmérséklet emelkedni kezd. A primer kör lefűvató és biztonsági szelepei korlátozzák a nyomás növekedését, de a lefűvató hatására a primerkörü vízkészlet fogy, az aktív zóna szárazra kerül, megkezdődik a fűtőelem-kazetták túlhevülése. Az aktív zóna sérülése 10 órával a feszültségkiesés után várható.

Villamos betáplálás hiányában a pihentető medence hűtővizének keringtetése is megszűnik. A medencében az intenzív forrás legkorábban 4 óra elteltével indulhat meg. A forrás következtében a vízszint csökken, a kazetták teteje szárazra kerül. Kezdetben üzemi szintet feltételezve a tárolt fűtőelem-kazetták burkolatának sérülése konzervatív elemzés szerint mintegy 19 óra múlva kezdődik meg. A leálláskor szokásos magasabb átrakási szint esetében a sérülés mintegy 25 óra elteltével várható.

A teljes villamos betáplálás elvesztése esetén a beavatkozások sikere, a súlyos-baleseti folyamatok kialakulásának megelőzése azon múlik, hogy a megfelelő intézkedéseket időben végre lehet-e hajtani. A fentebb megadott időtartamok alatt kell a kezelőknek helyreállítani a villamos betáplálást vagy alternatív áramforrást biztosítani a folyamat súlyos balesetté fejlődésének megakadályozására.

A felülvizsgálat céljának megfelelően a rendelkezésre álló kezelési utasítások, rendszertechnikai ismeretek és egyéb üzemeltetési tapasztalatok alapján felmértük és értékeltük mindazokat a preventív balesetkezelési lehetőségeket, amelyeket a külső és belső villamos betáplálás tartós kiesése esetén a paksi atomerőműben alkalmazni lehet.

A telephelyen rendelkezésre álló, blokkok közötti villamos kapcsolatok tekintetében megállapítható, hogy megfelelő átkapcsolási lehetőségek állnak rendelkezésre, amennyiben valamely blokk háziüzemi energiaellátást biztosít a külső hálózattól függetlenül, vagy bármely blokk biztonsági dízelgenerátorainak legalább egyike üzemel.

Felmértük a mobil és tartalék dízelgenerátorok alkalmazásának lehetőségét. A telephelyen kisebb dízel aggregátok rendelkezésre állnak, de ezek csak lokális áramellátási feladatokra használhatók. Megállapítottuk, hogy a blokkonként rendelkezésre álló 1-1 baleseti mobil dízelgenerátor teljes feszültségvesztés esetén képes ellátni azokat a mérő, ellenőrző és beavatkozó rendszereket, amelyekkel a súlyos balesetet megelőző, következményeit csökkentő beavatkozások elvégezhetőek. Ezek a dízel aggregátok biztonsági betápláló rendszerek, hűtővízszivattyúk megtáplálására nem alkalmasak, ezért a baleseti helyzetek kezelésére további, független, nagyobb teljesítményű, védett helyen telepített, az atomerőmű egyéb szolgáltatásaitól függetlenül üzemeltethető, léghűtéses baleseti dízelgenerátor létesítését irányozzuk elő a javító intézkedések között.

A hűtés lehetőségének elvesztése

A végső hőelnyelő elvesztésének megelőzésében kulcs szerepet játszó biztonsági rendszerek kialakításánál is megfelelően alkalmazták a biztonsági filozófia alapvető elvét, a mélységi védelem koncepcióját.

Ezek a rendszerek eleget tesznek a hazai nukleáris biztonsági szabályzatokban előírt megbízhatósági követelményeknek, ugyanis kiépítésük kellő redundanciával történt, egyes alrendszereik függetlenek egymástól, így mind az egyszeres, mind a közös okú meghibásodás ellen megfelelő védelemmel rendelkeznek.

A végső hőelnyelő elvesztése esetén a zóna hűtése a telepített rendszerek közül csak a 2. ábrán is látható, ikerblokkonként 3-3 darab, az udvartéren elhelyezett földregésálló tartályokban tárolt sótalanvíz-készlettel biztosítható bizonyos ideig. A jelenlegi előírások alapján tárolt készlet több napra elegendő a hűtés ellátásához.

Amennyiben valamilyen külső oknál fogva megszűnik a vízkivétel a Dunából leágazó hidegvíz csatornából, a rendszerek vízellátása megszűnik. A biztonsági hűtővízellátás megszűnése miatt a blokkok leállnak, leállnak a primerkörü szivattyúk, így a primer kör hűtése természetes cirkulációs üzemmódban történik. A hűtővíz elvesztése egyben azt is jelenti, hogy

2. ábra. A II. kiépítés sótalanvíz-rendszerének tartályai.





3. ábra. A mobil vízvételi rendszer telepítése.

a gőzfejlesztőkben keletkező gőz elvitele csak a korábban már leírt módon az atmoszférába történhet, így a rendszerben lévő vízkészlet folyamatosan fogy, de értékelésünk szerint így is több mint 3 napig biztosítható a blokkok hűtése.

A legfontosabb alternatív biztonsági hűtővíz-betáplálás a tűzvíz-rendszer felől nyerhető. Ennek elsődleges vízforrása a parti szűrősű kúttelep, amely $810 \text{ m}^3/\text{h}$ vízmennyiséget képes szolgáltatni 8 bar nyomáson. Ezen kívül rendelkezésre áll a földrengésálló kivitelű dízel szivattyúból álló tűzvíz-szivattyútelep 4000 m^3 vízkészlettel, amelynek forrása az 1–2. blokki melegvíz-csatorna. A tűzvíz-rendszer a villamos betáplálás biztosításával időkorlát nélkül képes a gőzfejlesztők hűtését ellátni alacsony nyomáson.

Tekintve, hogy a végső hőelnyelő elvesztése miatt megszűnő biztonsági hűtővíz-ellátás szükséges a biztonsági villamos betáplálás dízelgenerátorainak üzeméhez, ezért ilyen esetekben a folyamat a villamos betáplálás teljes elvesztésére is vezethet. A végső hőelnyelő és a teljes villamos betáplálás együttes elvesztése esetén a beavatkozások sikere, a súlyos-baleseti folyamatok kialakulásának megelőzése azon múlik, hogy a megfelelő intézkedéseket és a lehűtés feltételét képező felbőzást időben végre lehet-e hajtani. A fentebb hivatkozott pontban szereplő időtartamok alatt kell a kezelőknek végrehajtani mindazokat a beavatkozásokat, amelyekkel az alább részletezett alternatív hűtési vagy hűtővíz-betáplálási lehetőségeket biztosíthatják.

Az aktív zóna hűtését szolgáló gőzfejlesztők táplálásának végső forrását a sóalanvíz-készlet képezi. A sóalanvíz-tartályok leürülését követően a személyzet a rendelkezésre álló üzemzavar-elhárítási utasítások szerint jár el, tevékenységének célja folyamatos alternatív betáplálás biztosítása a gőzfejlesztőkbe. Ennek egyetlen lehetősége egy független külső csatlakozáson keresztül az ikerblokk mindkét blokki kiegészítő üzemzavari tápvízrendszerének megtáplálása. Ez a csatlakozás a kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer nyomóági kollektorán jelenleg is megtalálható.

A felülvizsgálat céljának megfelelően a rendelkezésre álló kezelési utasítások, rendszertechnikai ismeretek és egyéb üzemeltetői tapasztalatok alapján felmértük és értékeltük mindazokat a preventív baleset-

kezelési lehetőségeket, amelyeket a végső hőelnyelő tartós elvesztése esetén, elsősorban a zónasérülés, a pihentető medencében tárolt üzemanyag sérülésének elkerülése, vagy a kiterjedt zónaolvadási folyamat megállítása és a konténmentsérülés elkerülése érdekében a paksi atomerőműben alkalmazni lehet.

A villamos betáplálás elvesztésével kombinált esetben a tűzvíz-rendszer csak korlátozottan alkalmas a hőelvitel megvalósítására elsősorban azért, mert a parti szűrősű szivattyútelep villamos betáplálás nélkül nem működik. Ezért a feszültségvesztés és a végső hőelnyelő egyszerre történő elvesztésének esetére javító intézkedéseket foglalmaztunk meg. Megoldjuk a parti szűrősű kúttelep bűvárszivattyúinak villamos megtáplálását baleseti helyzetekre, megfelelő védettséggel telepített, vagy mobil dízelgenerátor segítségével.

Szintén megfelelő és jelenleg is rendelkezésre álló megoldás mobil vízkivétel megvalósítása a Dunából, vagy az erőmű mellett található halastavakból. Ezt a feladatot a balesetelhárítási szervezet a felülvizsgálat során gyakorolta, amit a 3. ábra mutat. A létesítményi tűzoltóság a telephelyen rendelkezésre álló eszközökkel mintegy 40 perc alatt mobil szivattyúból álló kaszkáddal kiépítette a Dunától a közel 1 km-es víz-betáplálási útvonalat.

A pihentető medencék jelenleg nem rendelkeznek külső, független vízbetáplálási lehetőséggel. Az üzemzavar-elhárítási utasítás szerint a vízpótlás külső energiaforrás nélkül a lokalizációs torony felső tálcáinak gravitációs leürítésével biztosítható. Amennyiben egy időben a reaktoron is baleseti folyamat zajlik, a lokalizációs torony tálcáin tárolt vízkészlet más célra is szükséges lehet. Ezenkívül a leürítési útvonalon található armatúrák kézi működtetése a kialakuló dóziszivszonyok függvénye. A pihentető medence kívülről történő vízpótlásának biztosításához földrengésre, külső veszélyekre megfelelően méretezett, udvartéri flexibilis csatlakozású betápláló vezetékkel kell a későbbiekben kiépíteni.

Súlyosbaleset-kezelési lehetőségek

A reaktorban lejátszódó súlyos baleseti folyamatok tekintetében a korábbi vizsgálatok teljes körűek voltak (beleértve a leállított reaktorban bekövetkező baleseteket). A kockázat mértéke elfogadható, megfelel a hazai és nemzetközi elvárásoknak. A baleseti folyamatok a VVER-440 reaktorokra jellemzően viszonylag hosszú idő alatt játszódnak le. A kockázat mértékét jelentősen csökkenti a közelmúltban bevezetett súlyosbaleset-kezelés, amely dedikált rendszerek beépítésével és megfelelő utasításrendszerrel segíti a baleset következményeinek csökkentését.

A paksi atomerőműben a közelmúltban elvégzett súlyosbaleset-kezelési átalakítások célja volt, hogy egy feltételezett súlyos baleset után várható folyamatok nagy eséllyel megállíthatóak legyenek, a blokk biztonságos, lehűtött állapotba kerüljön. A súlyos balesetek kezelésének stratégiáját a valószínűségi

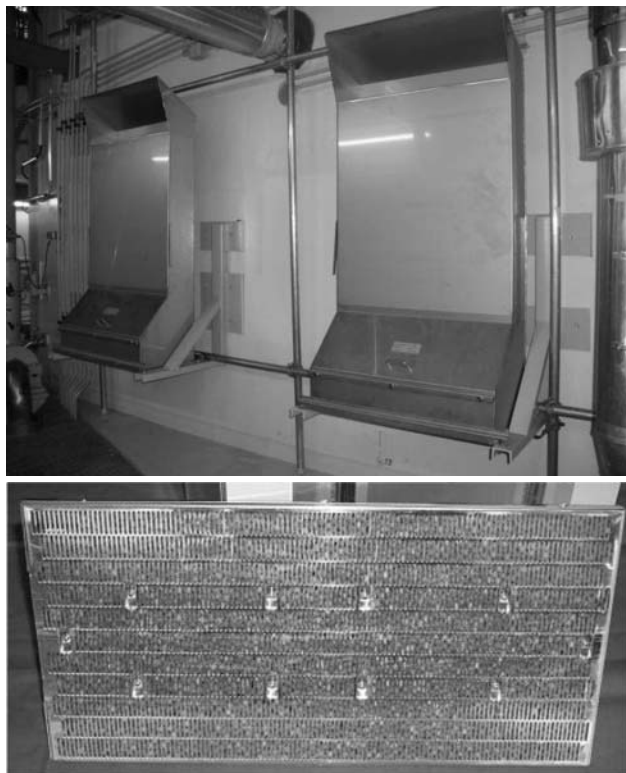
biztonsági elemzések alapján határoztuk meg. Olyan intézkedéseket, átalakításokat hajtottunk végre, amelyek a súlyos baleset bekövetkezése után nagy valószínűséggel fellépő, a radioaktív kibocsátás mértékét jelentősen növelő folyamatok megelőzését és/vagy azok következményeinek csökkentését eredményezik. A súlyosbaleset-kezelés blokkfüggetlen, így négy reaktortartályban egyszerre bekövetkező fűtőelem-sérülés esetén is alkalmazható.

A súlyosbaleset-kezelés két kulcseleme a Súlyosbaleset-kezelési Útmutatók bevezetése és az alábbi műszaki átalakítások kivitelezése:

- a reaktortartály külső hűtésének lehetővé tétele,
- hidrogénkezelés passzív autokatalitikus rekombinátorok beépítésével,
- pihentető medence csőtörésből adódó hűtőközeg vesztésének megakadályozása,
- súlyosbaleseti dízelgenerátor telepítése kijelölt berendezések energiaellátásához,
- súlyosbaleset-kezelési mérőrendszer kiépítése.

A különböző súlyos balesetek során a felhevülő fűtőelem burkolatát alkotó cirkónium 30–50%-a a vízgőz közegben oxidálódik, az ebből a folyamatból felszabaduló hidrogén mennyiségét meghatároztuk. A konténmenten belüli nagy hidrogénkoncentráció kialakulásának megelőzése érdekében balesetkezelési intézkedésként passzív rekombinátorokat építettünk be a blokkokba, figyelembe véve a várható hidrogéneloszlásra vonatkozó korábbi elemzéseket. A 4. ábrán látható 30 darab nagyteljesítményű, passzív autokatalitikus re-

4. ábra. Egy rekombinátorpár a beépítési helyén a hermetikus térben, valamint a rekombinátorban elhelyezett egyik palládium-kazetta.



kombinátorpár segítségével biztosítható, hogy a súlyosbaleseti folyamatban esetleg felszabaduló hidrogén mennyisége folyamatosan csökkenthető legyen, és ne alakulhassanak ki olyan robbanásszerűen lejárászódo folyamatok, amelyek a nagy nyomás miatt a hermetikus tér épségét veszélyeztetnék. Bizonyos esetekben a lokális turbulens égés nem kizárható, de az ezek által okozott nyomások maximális értékei a konténment tervezési nyomása alatt vannak és jelentősebb biztonsági tartalék van a számított égési nyomások és a konténment sérülésére vezető nyomásérték között.

A reaktorcsarnokban kialakuló hidrogén-koncentrációt korábban csak egy nyitott reaktor balesetére vizsgáltuk. Ilyenkor a felgyülemelő hidrogén koncentrációja a reaktorcsarnokban semmiképpen sem éri el a gyulladáshoz szükséges értéket. A célzott biztonsági felülvizsgálat keretében azt az esetet is elemeztük, amelynél egy-egy kiépítésen két pihentető medencében, egy átrakás alatt lévő nyitott, valamint egy zárt reaktorban egy időben alakul ki súlyosbaleseti folyamat. A konzervatív elemzési eredmények szerint ebben az esetben a reaktorcsarnokban a közeget gyúlékony lehet mintegy 2 óra időtartamban, a térfogat 40%-ában. Részletesebb, kevésbé konzervatív elemzéseket kell végezni a javító intézkedések megalapozásához.

A pihentető medence súlyos balesetéhez vezető folyamatokat is meghatároztuk. Tekintettel arra, hogy a pihentető medence a konténmenten kívül helyezkedik el, súlyos balesete esetén az esetleges kibocsátás mértéke igen jelentős a konzervatív feltételek mellett végzett számítások szerint. A bekövetkezés gyakoriságát a nemrégiben bevezetett preventív intézkedésekkel kellően alacsonyra csökkentettük. A kulcselemények bekövetkezése esetén is kizárható a fűtőelemek sérülése a lokalizációs torony vizének gravitációs leürítésével. További balesetkezelési lehetőséget jelent az említett, kívülről történő vízpótlást célzó javító intézkedés.

Az elvégzett vizsgálatok szerint a radioaktív hulladékok tároló rendszereinek meghibásodása, sérülése nem járna nagy radioaktív kibocsátással.

A reaktortartály külső hűtésével – amelyre vonatkozóan az átalakításokat a blokkok egy részén már végrehajtottuk, a többinél a következő években elvégezzük – a zónaolvadék a reaktortartályon belül tartható, és így sem gőzrobbanás, sem a zóna-beton kölcsönhatás okozta alaplemez-átégés nem következhet be.

A súlyos baleset késői szakaszában a konténmenten belüli nyomás növekedhet. A konténment szivárgásának függvényében a nyomás 3–8 nap alatt meghaladja a 3,35 bar értéket, amelynél a konténment sérülése 5% valószínűséggel várható. Amennyiben addig nem történik valamilyen nyomáscsökkentés, akkor a konténment megsérülhet és nagy mennyiségű radioaktív anyag kerülhet a környezetbe. Erre vonatkozóan balesetkezelő intézkedést dolgozunk ki.

A súlyosbaleset-kezelés bevezetésével a nagy radioaktív kibocsátás esélye jelentősen csökken, várhatóan nem haladja meg az új építésű blokkokra vonatkozó szigorúbb elvárásokat sem.

A telephelyi veszélyhelyzet-kezelés

Az atomerőmű alapvetően rendelkezik a veszélyhelyzetek (nukleáris és hagyományos) kezeléséhez szükséges személyi és tárgyi feltételekkel és erőforrásokkal.

A felülvizsgálat megállapította, hogy a veszélyhelyzeti és a súlyosbaleset-beavatkozási képesség a nemzetközi ajánlások és a nemzeti szabályozások követelményei alapján épül fel. A felkészülés időszakában készenléti rendszer és eszközök, illetve riasztással aktiválható szervezet biztosítja a beavatkozó képességet. A felkészültség biztosításának irányelvei és a konkrét tervezési alapjai a nukleáris baleseti események mellett egyéb veszélyhelyzetek felszámolására is biztosítottak. Normál időszakban kötelező ellenőrzési, képzési és gyakorlási rendszer eredményezi a beavatkozási képesség fenntartását.

A paksi atomerőműben működő balesetelhárítási szervezet jelenlegi formájában nem teljesen alkalmas a tervezési alapján túli esetek, azaz a több blokkon egyidejűleg bekövetkező balesetek kezelésére. Több-blokkos súlyos baleset esetén a jelenlegi szervezet még több váltást figyelembe véve sem tudja biztosítani a folyamatos tevékenységet, az elhárítási feladatokra rendelkezésre álló állomány létszáma elhúzódó időtartamú tevékenység esetén nem elegendő. Ilyenkor a balesetelhárítási szervezet külső erők bevonásával tudja kezelni a helyzetet. Bizonyos tervezésen túli külső események olyan mértékű személyi és anyagi kárt okozhatnak, hogy a helyzet kezelése mindenképpen az országos hatáskörű szervezetek közreműködését igényli.

A balesetelhárítási tevékenységeket úgynevezett védett vezetési pontról lehet irányítani, annak elvesztésekor az irányítási feladatokat a tartalék vezetési pontról kell végrehajtani, ahol az irányítási és kommunikációs feltételek jelenleg nem teljes értékűek. Ezért a védelmi követelményeknek (földrengés, sugárzás, környezeti hőmérséklet stb.) megfelelő, az

irányítás és a kommunikáció eszközeit tekintve a védett vezetési ponttal egyenértékű tartalék vezetési pont létesítését határoztuk el.



A paksi atomerőműben végrehajtott célzott biztonsági felülvizsgálat igazolta, hogy az erőmű blokkjai teljesítik a tervezési alaphoz tartozó követelményeket, beleértve a belső és külső hatásokkal szembeni védetség kritériumait. Az atomerőmű védetségére a vizsgált kulcseseményekkel szemben is jó.

A vizsgálatok alapján rögzíthető volt, hogy a fukusimai tapasztalatok feldolgozása és a célzott biztonsági felülvizsgálat eredményei azonnali beavatkozással nem tesznek szükségessé.

A felülvizsgálat emellett arra is rámutatott, hogy több lehetőség kínálkozik a tartalékok növelésére a kis valószínűsű, de a tervezési alapon túli terheléseket eredményező hatásokkal vagy azok következményeivel szemben.

A célzott biztonsági felülvizsgálat során különböző javító intézkedések lehetőségeit tártuk fel. A javító intézkedések négy különböző kategóriába sorolhatók:

- külső hatásokkal (földrengés, elárasztás) szembeni védetség fokozása,
- kezelési utasítások módosítása, újak készítése,
- meglévő és alternatív villamos betáplálási vagy hűtési lehetőségek biztosítása és
- súlyos balesetek következményének csökkentése.

A javító intézkedések végrehajtását követően a villamos betáplálás és a végső hőelnyelő, valamint a pihentető medencék hűtésének tartós elvesztése csaknem lehetetlenné válik. Ezért a súlyos balesetek bekövetkezésének valószínűsége az eddigi alacsony értékhez képest is radikálisan csökken. Az extrém külső események ugyan továbbra is okozhatnak károkat a telephelyen, de e károk biztonsági hatása jelentősen csökken. A több-blokkos balesetek esélye még a jelenlegi rendkívül kis értékhez képest is elhanyagolhatóvá válik.

MIKROMÉRETŰ MINTÁK DEFORMÁCIÓINAK VIZSGÁLATA

Hegyí Ádám, Ratter Kitti, Ispánovity Péter Dusán, Groma István
Eötvös Loránd Tudományegyetem, Anyagfizikai Tanszék

A kristályos anyagok képlékeny alakváltozását mikroszkopikus alapon leíró elmélet a 20. század elején jött létre, amikor 1934-ben *Orován*, *Polányi* és *Taylor* bevezette a diszlokáció fogalmát és sikeresen alkalmazta azt a képlékeny alakítás kvantitatív vizsgálatára. A diszlokáció vonalszerű rácshiba, amely sok tekintetben hasonlít a folyadékok áramlásakor kialakuló örvényekhez. Alapvető különbség azonban, hogy

amíg a folyadékörvény egy vektortér (nevezetesen a sebességtér) örvényessége, addig a diszlokáció egy tenzortér (az elasztikus disztorzió) örvényessége. Ezért tulajdonságai lényegesen bonyolultabbak. Ezekre még a későbbiekben részletesebben kitérünk.

Az évek során sikerült a diszlokációk feszültségterét és kölcsönhatásukat is meghatározni, ezáltal lehetővé vált a kristályos anyagok deformáció közben történő mozgásának leírása. Minél több diszlokációt tartalmaz az anyag, annál „keményebb”, hiszen a diszlokációk akadályozzák egymást mozgásukban, így ugyanakkora plasztikus (maradandó) deformáció csak nagyobb

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg (a támogatás száma TAMOP 4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0003).