



N3a.12. sz. útmutató

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

Verzió száma:

1.

2015. október

Kiadta:

Fichtinger Gyula
az OAH főigazgatója
Budapest, 2015

A kiadvány beszerezhető:
Országos Atomenergia Hivatal
Budapest

FŐIGAZGATÓI ELŐSZÓ

Az Országos Atomenergia Hivatal (a továbbiakban: OAH) az atomenergia békés célú alkalmazása területén működő, önálló feladat- és hatáskörrel rendelkező országos illetékességű központi államigazgatási szerv. Az OAH-t a Magyar Köztársaság Kormánya 1990-ben alapította.

Az OAH jogszabályban meghatározott közfeladata, hogy az atomenergia alkalmazásában érdekelt szervektől függetlenül ellássa és összehangolja az atomenergia békés célú, biztonságos alkalmazásával, így a nukleáris és radioaktív hulladék-tároló létesítmények és anyagok biztonságával, nukleáris veszélyhelyzet-kezeléssel, nukleáris védelemmel kapcsolatos hatósági feladatokat, valamint az ezekkel összefüggő tájékoztatási tevékenységet, továbbá javaslatot tegyen az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos jogszabályok megalkotására, módosítására és előzetesen véleményezze az atomenergia alkalmazásával összefüggő jogszabályokat.

Az atomenergia alkalmazása hatósági felügyeletének alapvető célkitűzése, hogy az atomenergia békés célú felhasználása semmilyen módon ne okozhasson kárt a személyekben és a környezetben, de a hatóság az indokoltnál nagyobb mértékben ne korlátozza a kockázatokkal járó létesítmények üzemeltetését, illetve tevékenységek folytatását. Az alapvető biztonsági célkitűzés minden létesítményre és tevékenységre, továbbá egy létesítmény vagy sugárforrás élettartamának minden szakaszára érvényes, beleértve létesítmény esetében a tervezést, a telephely-kiválasztást, a gyártást, a létesítést, az üzembe helyezést és az üzemeltetést, valamint a leszerelést, az üzemen kívül helyezést és a bezárást, radioaktív hulladék-tárolók esetén a lezárást követő időszakot, radioaktív anyagok esetén a szóban forgó tevékenységekhez kapcsolódó szállítást és a radioaktív hulladék kezelését.

Az OAH a szabályzati követelmények teljesítésének módját az atomenergia alkalmazóival egyeztetett módon, világos és egyértelmű ajánlásokat tartalmazó útmutatókban fejt ki, azokat az érintettekhez eljuttatja és a társadalom minden tagja számára hozzáférhetővé teszi. Az atomenergia alkalmazásához kapcsolódó nukleáris biztonsági, védelemmel és non-proliferációs követelmények teljesítésének módjára vonatkozó útmutatókat az OAH főigazgatója adja ki.

Az útmutatók alkalmazása előtt mindig győződjön meg arról, hogy a legújabb, érvényes kiadást használja-e! Az érvényes útmutatókat az OAH honlapjáról (www.oah.hu) töltheti le.

ELŐSZÓ

Az atomenergia békés célú, biztonságos alkalmazására vonatkozó legmagasabb szintű szabályozást az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény (a továbbiakban: Atv.) tartalmazza.

A nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló rendelkezéseket a 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet (a továbbiakban: Rendelet) és mellékletei, a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (a továbbiakban: NBSZ) határozzák meg.

A nukleáris biztonsági követelmények és rendelkezések betartása mindazok számára kötelező, akik az Atv. 9. § (2) bekezdése szerinti folyamatos hatósági felügyelet alatt állnak, valamint e törvényben előírt hatósági engedélyhez kötött tevékenységet folytatnak, ilyen tevékenységben közreműködnek, vagy ilyen tevékenység folytatásához engedély iránti kérelmet nyújtanak be. A nukleáris biztonsági követelmények és rendelkezések mellett a követelmények közé tartoznak az egyedi hatósági előírások, feltételek és kötelezettségek, amelyeket az OAH a nukleáris létesítmény nukleáris biztonsága érdekében határozatban állapíthat meg.

Az NBSZ-ben foglalt követelmények teljesítésére az OAH ajánlásokat fogalmazhat meg, amelyeket útmutatók formájában ad ki. Az útmutatókat az OAH a honlapján közzéteszi. Jelen útmutató az engedélyesek önkéntes alávetésével érvényesül, nem tartalmaz általánosan kötelező érvényű normákat.

A Rendelet 3. § (4) bekezdése alapján, ha a kérelmező a nukleáris biztonsággal összefüggő engedély iránti kérelmét az útmutatókban foglaltak szerint terjeszti elő, továbbá ha az engedélyes a nukleáris biztonsággal összefüggő tevékenységét az útmutatókban foglaltak szerint végzi, akkor az OAH a választott módszert a nukleáris biztonság követelményei teljesítésének igazolására alkalmasnak tekintti, és az alkalmazott módszer megfelelőségét nem vizsgálja.

Az útmutatókban foglaltaktól eltérő módszerek alkalmazása esetén az OAH az alkalmazott módszer helyességét, megfelelőségét és teljeskörűségét részleteiben vizsgálja, ami hosszabb ügyintézési idővel, külső szakértő igénybevételével és további költségekkel járhat.

Ha az engedélyes által választott módszer eltér az útmutató által ajánlottól, akkor az eltérés indokolása mellett igazolni kell, hogy a választott módszer legalább ugyanazt a biztonsági szintet biztosítja, mint az útmutatóban ajánlott.

Az útmutatók felülvizsgálata az OAH által meghatározott időszakonként vagy az engedélyesek javaslatára soron kívül történik.

A fenti szabályozást kiegészítik az engedélyesek, illetve más, a nukleáris energia alkalmazásában közreműködő szervezetek (tervezők, gyártók stb.) belső szabályozási dokumentumai, amelyeket az irányítási rendszerükkel összhangban készítenek.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	8
1.1. Az útmutató tárgya és célja	8
1.2. Vonatkozó jogszabályok és előírások	8
2. MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK	9
2.1. Meghatározások	9
2.2. Rövidítések	11
3. AZ ÚTMUTATÓ AJÁNLÁSAI	13
3.1. Általános ajánlások	13
3.1.1. Az alapvető tervezési követelmények teljesítésének feltételei	13
3.1.1.1. Felülvizsgálat	13
3.1.1.2. Generáltervező	13
3.1.1.3. Az engedélyes beszállítókkal kapcsolatos felelőssége	14
3.1.2. A biztonságra való tervezés alapelve	14
3.1.2.1. Nukleáris biztonsági célkitűzés	14
3.1.2.2. Alapvető biztonsági funkciók	16
3.1.2.3. Mélységben tagolt védelem	17
3.1.3. Egyéb általános tervezési követelmények	25
3.1.4. Azonosító rendszer kialakítására vonatkozó ajánlások	29
3.2. A biztonságra való tervezés alapja	30
3.2.1. Az erőmű üzemállapotai	30
3.2.1.1. Az üzemállapotok valószínűségi kritériumai	32
3.2.2. Biztonsági osztályba sorolás	33
3.2.2.1. Osztályba sorolás alapján differenciált követelmények alkalmazása	33
3.2.3. Az atomerőmű tervezési alapja	34
3.2.3.1. Kezdeti események – veszélyeztető tényezők	36
3.2.3.2. Szűrési kritériumok	43
3.2.3.3. Veszélyeztetettségű görbék	45
3.2.3.4. Több-blokkos erőmű	46
3.2.4. A tervezési alap kiterjesztése	47
3.2.5. A biztonságra való tervezés elvei	53
3.2.5.1. Prioritási sorrend	54
3.2.5.2. A normál üzemi rendszerek és a biztonsági rendszerek elválasztása	56

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

3.2.5.3. Biztonsági rendszerek tervezése	56
3.2.5.4. Gátak kritériumai	57
3.2.5.5. Autonómia	58
3.3. A biztonság igazolása	60
3.3.1. Alapkövetelmények	60
3.3.1.1. Tervezési alap igazolása	60
3.3.1.2. Dokumentálás	61
3.3.1.3. A biztonsági elemzések felülvizsgálata	62
3.3.2. Determinisztikus biztonsági elemzés	63
3.3.2.1. Az elemzések típusai	64
3.3.2.2. Nem-biztonsági rendszerek és operátori beavatkozások figyelembe vétele	65
3.3.2.3. Egyszeres hiba kritériuma	66
3.3.2.4. Speciális követelmények: ATWS, PTS	67
3.3.2.5. TAK elemzések	68
3.3.3. Valószínűségi biztonsági elemzés	69
3.3.3.1. Közös okú hibák, érzékenység, operátori beavatkozás	71
3.3.3.2. Bemelő adatok: sikerkritériumok, megbízhatósági adatok	72
3.3.4. Előzetes és Végleges Biztonsági Jelentés készítése	73
3.4. Biztonsági elemzések elfogadási kritériumai	73
3.4.1. Alapvető kritériumok	73
3.4.1.1. Alapvető valószínűségi kritériumok	73
3.4.1.2. Alapvető determinisztikus kritériumok	75
3.4.1.3. Általános időkritériumok	77
3.4.2. Technológiai kritériumok	78
3.4.2.1. Tervezői kritériumok	79
3.5. Üzemeltetési feltételek és korlátok	80
3.5.1. Az ÜFK terjedelme	81
3.5.2. Az ÜFK és a biztonsági elemzések viszonya	82
3.6. Kapcsolat a speciális tervezési követelményekkel	84
3.6.1. A biztonsági osztályba sorolt rendszerek tervezése	84
3.6.2. Specifikus veszélyeztető tényezők	85
4. FORRÁSOK ÉS REFERENCIÁK	89

1. BEVEZETÉS

1.1. Az útmutató tárgya és célja

Az útmutató ajánlásokat tartalmaz az NBSZ 3a., illetve 9. kötetében rögzített általános tervezési előírások teljesítésére.

Az útmutató célja, hogy – ajánlásokat adva az új atomerőművek és rendszereinek általános tervezési elveivel kapcsolatosan – egyértelművé tegye a hatósági elvárásokat, és ezzel elősegítse az érvényes előírásokban meghatározott nukleáris biztonsági kritériumok teljesülését, az alkalmazott műszaki megoldásoknak megfelelően, a nukleáris biztonság szempontjából.

Az útmutatót, mint általánosan a teljes tervezési folyamatra vonatkozó útmutatót kell tekinteni. Így minden tervezési folyamat során figyelembe kell venni. Az egyes tervezési fázisokra, részfolyamatokra vonatkozó további útmutatók alkalmazásakor figyelemmel kell lenni az útmutató ajánlásaira, azokat ezekkel együtt kell értelmezni és alkalmazni.

1.2. Vonatkozó jogszabályok és előírások

A nukleáris biztonsági követelmények jogszabályi hátterét az Atv. és Rendelet biztosítja.

Ahol az szükséges, ott utalás található az NBSZ más részeire, vagy más, további jogszabályokra, referenciaanyagokra, különösképpen a NAÜ SSR-2/1 számú dokumentumára [1].

2. MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK

2.1. Meghatározások

Az útmutató az Atv. 2. §-ában, valamint a Rendelet 10. számú mellékletében ismertetett meghatározásokon kívül az alábbi definíciókat tartalmazza.

Autonómiakövetelmény:

Alapvetően egy önálló erőművi blokkra érvényes általános követelmény, amely arra irányul, hogy a blokkon belül rendelkezésre álló eszközökkel, külső segítség feltételezése nélkül képesnek kell lennie kezelni a tervezési alapba és a tervezési alap kiterjesztésébe tartozó eseményeket legalább egy meghatározott minimum időtartam (amíg a külső segítség rendelkezésre nem áll) erejéig. E cél teljesítése érdekében ez az egyes biztonsági rendszerekre a tervező által meghatározandó részletes, specifikus követelményeket is jelenti, amelyek garantálják az azok folyamatos működéséhez szükséges erőforrásokat, jellemzőket és feltételeket legalább valamely meghatározott időtartamra.

Biztonsági csoport:

Valamely feltételezett kezdeti esemény kezeléséhez szükséges biztonsági rendszerek összessége, beleértve a redundáns rendszereket, rendszerelemeket.

Erőmű-sérülési állapot:

A 2. szintű PSA-val kapcsolatos fogalom. Egy erőmű-sérülési állapot (PDS – Plant Damage State) a zónasérüléshez vezető 1. szintű PSA-eseményláncok közül egybe gyűjti azokat, amelyek végállapotában hasonló a zónasérülés mértéke, a primerkör és a reaktortartály sérülésének mértéke és jellege, a konténment-rendszerek rendelkezésre állása, a konténment állapota és a belső forrástag, stb. Az erőmű-sérülési állapotok paraméterei a zónasérülés, illetve a kibocsátás kezdetének időpontjában fennálló viszonyokra vonatkoznak. A PDS-eket az elemző határozza meg. PDS-nek tekinthetők olyan állapotok is, amelyekben nincs zónasérülés (pl.: by-pass kibocsátás, vagy konténment-sérülés zónasérülés nélkül), vagy csak részlegesen sérült a zóna (pl.: tömeges fűtőelem-burkolat sérülés).

Gátfunkció

Az egymásba ágyazott többszörös gátak rendszerén belül fizikai gátként szerepet játszó RRE-nek a befoglalt radioaktív anyagokat lokalizáló funkciója. Izolálhatónak akkor hívunk egy gátat, amennyiben bizonyos aktív

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

rendszerelemek szerepe szükséges a gátfunkció teljes értékű megvalósításához.

Gyakorlatilag kizárható:

Olyan esemény, vagy eseménylánc, amelyről bebizonyítható, hogy megvalósulása vagy fizikailag lehetetlen, vagy PSA-val kiértékelhető gyakorisága 95% konfidenciaszint mellett kisebb, mint 10⁻⁷/év.

Keretparaméter:

Olyan paramétere a reaktorzónának (vagy más biztonság szempontjából fontos RRE-nek), amely bemenő adatként szükséges az üzemzavari folyamatok (szcenáriók) elemzéséhez, de az erőművi blokk élete során egy adott tartományon belül különböző értékeket vehet fel (pl.: kiégés, izotóp-összetétel, lokális maximális hőmérséklet, a tableta és burkolat közötti rés mérete, hővezető képessége, stb.). A keretparaméterek meghatározására végzett számítások célja e paramétertartomány szélső értékeinek kiszámítása. Az egyes scenáriók elemzésénél a paramétereknek azokat a szélső értékeit kell figyelembe venni, amelyek a legkedvezőtlenebb eredményt szolgáltatják.

Kezdeti esemény:

Biztonsági szempontból fontos RRE olyan állapotváltozása, amely kimozdítja az erőművet a normál üzemi (TA1) állapotból a TA2-4 vagy TAK1-2 üzemállapotok valamelyikébe. A lehetséges kezdeti események közül a feltételezett kezdeti események azok, amelyek következtében kialakuló folyamatok elemzésével a tervező bizonyítja a tervezési alap keretein belül előírt kritériumok teljesülését.

Nyomás alatti hőütés:

Olyan üzemzavari folyamat, amely a reaktortartályfal belső felületének (pl. az üzemzavari hűtőközeg betáplálása miatti) gyors lehűtésével jár, miközben ezzel egyidejűleg vagy közvetlenül ez után a tartály belső nyomása az üzemi nyomást, vagy akár azt meghaladó értéket éri el, ezzel veszélyeztetve a reaktortartály integritását. Angol rövidítése PTS – pressurized thermal shock.

Szcenarió:

Modellezésre alkalmas üzemzavari vagy baleseti eseménysor, folyamat. Egy megfelelő eszközzel modellezett ilyen folyamat alkalmas lehet biztonsági elemzésként valamely kritérium teljesülésének vizsgálatára, bizonyítására. Olyan eszköz alkalmazása esetén, amely képes a folyamatot megfelelően modellezni (szimulátor), a scenáriók alkalmasak a személyzet képzésére,

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

tréningezettetésére, kezelési utasítások tesztelésére, emberi hibák vizsgálatára, stb.

Szűrési kritérium:

Valamely hiba, kezdeti esemény vagy hatás egy évre vetített előfordulási valószínűségének, azaz gyakoriságának olyan NBSZ-ben rögzített küszöbértéke (valószínűségi kritérium), amely alá eső esetek részletes vizsgálatától, elemzésétől a tervezési alapban el lehet tekinteni.

Valószínűségi kritérium:

Valószínűségi mennyiség formájában, vagy gyakoriság dimenzióban megadott határérték, amelyről valószínűségi biztonsági elemzéssel bizonyítani szükséges, hogy teljesül.

Veszélyeztetettségi görbe:

Valamely külső (általában természeti eredetű) hatás intenzitása és várható gyakorisága közötti összefüggést leíró görbe. A bizonytalanságok figyelembe vételére általában görbesereget ábrázolnak.

Veszélyeztető tényező:

Olyan külső vagy belső eredetű hatás, amely veszélyezteti az erőmű biztonságát azáltal, hogy potenciálisan megakadályozza egy vagy több biztonság szempontjából fontos RRE biztonsági funkcióinak teljesítését, illetve potenciálisan olyan állapotváltozást okoz azokon, amely kezdeti eseményhez vezethet.

2.2. Rövidítések

ABOS	Atomerőművi Rendszerek és Rendszerelemek Biztonsági Osztályba Sorolása
ATWS	Anticipated Transient Without Scram – Várható üzemi esemény a reaktorvédelmi működés elmaradásával.
EBJ	Előzetes Biztonsági Jelentés
NAÜ	Nemzetközi Atomenergia Ügynökség, angolul IAEA – International Atomic Energy Agency.
PDS	Plant Damage State – <i>Erőmű-sérülési állapot</i>
PSA	Probabilistic Safety Assessment – <i>Valószínűségi biztonsági elemzés</i>
PTS	Pressurized Thermal Shock – <i>Nyomás alatti hőütés</i>

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

RRE	<i>Rendszerek, rendszerelemek</i> ; definíciója az Atv.-ben található. Megfelel az angol SSC (Structures, Systems and Components) rövidítésnek, tehát építészeti szerkezetekre is vonatkozik.
TA	Tervezési alap, (amin belül négy üzemállapotot különböztetünk meg: TA1-4) Lásd NBSZ 10. kötet, 156. definíció.
TAK	Tervezési alap kiterjesztése (amin belül két üzemállapotot különböztetünk meg: TAK1-2) Lásd NBSZ 10. kötet, 157. definíció.
ÜFK	Üzemeltetési Feltételek és Korlátok, mint üzemeltetési alapidokumentum
VBJ	Végleges Biztonsági Jelentés

3. AZ ÚTMUTATÓ AJÁNLÁSAI

3.1. Általános ajánlások

3.1.1. Az alapvető tervezési követelmények teljesítésének feltételei

3a.2.1.0100. „Az engedélyesnek a tervezés összetett folyamatát szabályozó irányítási rendszert kell működtetnie, amely biztosítja a tervek minőségét, összhangját és a nukleáris biztonsági követelmények teljesítését.”

Az előírás, lényegében azt hangsúlyozza, hogy az NBSZ 2. kötetében leírt követelmények az irányítási rendszer tekintetében alkalmazandók a tervezés folyamatára és az azzal kapcsolatos szervezetekre is. Kihangsúlyozza továbbá, hogy az irányítási rendszer nem öncélú, hanem a célja a tervek minőségének magas szinten való tartása a lehető legmagasabb biztonsági szint elérése érdekében.

3.1.1.1. Felülvizsgálat

3a.2.1.0200. „A tervek megfelelőségét - beleértve a tervezés eszközeit, a tervezési adatokat és eredményeket - a tervezőtől független szervezet által felül kell vizsgáltatni.”

Az NBSZ 9. kötetben további követelmények foglalkoznak a tervek felülvizsgálatával, így a követelményre vonatkozó ajánlásokat az N9.2. "Új atomerőmű tervezésének minőségirányítási rendszere" című útmutató tartalmaz.

3.1.1.2. Generáltervező

Az NBSZ 10. kötet az alábbiak szerint definiálja a generáltervezőt:

„72. Generáltervező

A tervezési folyamatot és az abban részt vevő intézetek, cégek munkáját koordináló felelős tervező szervezet, aki gondoskodik a műszaki-biztonsági követelmények megfelelő figyelembevételéről a folyamat során.”

Az NBSZ 9. kötetben további követelmények foglalkoznak a generáltervezővel, így a követelményre vonatkozó ajánlásokat az N9.2. "Új atomerőmű tervezésének minőségirányítási rendszere" című útmutató tartalmaz.

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

3.1.1.3. Az engedélyes beszállítókkal kapcsolatos felelőssége

Rendelet 30. § (1) „Az engedélyes a nukleáris biztonságot érintő tevékenységekbe a 2-10. melléklet követelményei szerint vonhat be beszállítót. A nukleáris biztonság fenntartásáért ebben az esetben is az engedélyes felel.

(2) A nukleáris létesítmény engedélyese a bevonni szándékolt beszállítók alkalmasságának igazolására a 2. és 9. melléklet szerint minősítési rendszert dolgoz ki és működtet.

(3) Az engedélyes a beszállítói tevékenység megkezdése előtt és annak végrehajtása során meggyőződik arról, hogy a beszállító képes biztosítani a munkavégzéshez szükséges feltételeket.”

Az NBSZ 9. kötetben további követelmények foglalkoznak a beszállítók bevonásának feltételeivel és azok felügyeletével, így a követelményre vonatkozó ajánlásokat az N9.2. "Új atomerőmű tervezésének minőségirányítási rendszere" című útmutató tartalmaz.

3.1.2. A biztonságra való tervezés alapelve

A biztonságra való tervezés alapjai tekintetében az NBSZ 3a.2.1.1000-3100. pontjait együtt szükséges értelmezni a Rendelet főszövegének 6. és 7. §-aival.

3.1.2.1. Nukleáris biztonsági célkitűzés

Rendelet 6. § (1) „A nukleáris létesítmények nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszereit, rendszerlemeit úgy kell megtervezni, hogy a nukleáris létesítmények alkalmazásával összefüggő általános nukleáris biztonsági célkitűzés, valamint az azt megalapozó sugárvédelmi és műszaki biztonsági célkitűzések megvalósíthatóak legyenek.

(2) Általános nukleáris biztonsági célkitűzés, hogy a lakosság egyedei és csoportjai, valamint a környezet védelme biztosított legyen az ionizáló sugárzás veszélyével szemben. Ezt a nukleáris létesítményben megvalósított hatékony biztonsági intézkedésekkel és azok megfelelő színvonalú fenntartásával kell biztosítani.

(3) Sugárvédelmi célkitűzés, hogy a nukleáris létesítmény üzemeltetése során az üzemeltető személyzet és a lakosság sugárterhelése mindenkor az előírt határértékek alatti, az ésszerűen elérhető legalacsonyabb szintű legyen. Ezt biztosítani kell a tervezési alaphoz tartozó üzemzavarok és - amilyen mértékben ésszerűen lehetséges - a tervezésen túli üzemzavarok és a balesetek következtében fellépő sugárterhelések esetén is.

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

(4) *Műszaki biztonsági célkitűzés, hogy az üzemzavari események bekövetkezése nagy biztonsággal megelőzhető, vagy megakadályozható legyen, a nukleáris létesítmény tervezésénél figyelembe vett valamennyi feltételezett kezdeti esemény esetén a lehetséges következmények az elfogadható mértékeken belül legyenek, valamint a balesetek valószínűsége kellően alacsony legyen.*

(5) *A (2)-(4) bekezdés szerinti célkitűzéseket úgy kell elérni, hogy a szükségesnél nagyobb mértékben ne korlátozzák a nukleáris létesítmények működését.*

(6) *A (2)-(4) bekezdés szerinti biztonsági célkitűzéseket a nukleáris létesítmény élettartamának minden szakaszában érvényesíteni kell, beleértve a tervezést, a telephely kiválasztást, a gyártást, a létesítést, az üzembe helyezést és az üzemeltetést, valamint a leszerelést, az üzemben kívül helyezést és a megszüntetést, továbbá a radioaktív anyagoknak ezen tevékenységekhez kapcsolódó szállítását és a radioaktív hulladékkezelést.*

(7) *A Nukleáris Biztonsági Szabályzatok a (2)-(4) bekezdés szerinti célkitűzéseken alapuló követelményrendszert foglalják magukba.”*

A műszaki biztonsági célkitűzés közvetlen feladatot ad az erőmű tervezői számára (Rendelet 6. § (4) bekezdés). Az első két célkitűzés viszont azt alapozza meg, hogy milyen kritériumokat kell alkalmazni annak eldöntésére, hogy „következmények az elfogadható mértékeken belül legyenek”. A paragrafus (5) bekezdése arra hívja fel a figyelmet, hogy a tervezésnek egy olyan optimumot kell találni, amely maradéktalanul biztosítja a biztonsági célok teljesülését, de egyben lehetővé teszi a megbízható és gazdaságos energiatermelést is.

A Rendelet 6.§ (4) bekezdésében leírt „műszaki biztonsági célkitűzés” az alapvető biztonsági funkciók biztosításával teljesül. Az NBSZ 3a.2.1.1000 pontja megköveteli, hogy e biztonsági funkciók hiánytalanul teljesüljenek az ún. tervezési alapon belül, azaz a TA1-4 üzemállapotokban (lásd 3.1.2.2. fejezet). Éppen emiatt, a tervezési alapot lényegében a műszaki biztonsági célkitűzés definiálja. A tervezési alap kiterjesztése (TAK1-2) már olyan üzemállapotoknak felel meg, ahol a műszaki biztonsági célkitűzések már nem teljesülnek hiánytalanul, de az általános biztonsági és a sugárvédelmi célkitűzésekből levezethető kritériumok lehető legnagyobb mértékben való teljesítése érdekében a tervezés hatékony eszközöket biztosít.

Az engedélyesnek a tervezési folyamatot leíró dokumentumokban és a tervezési folyamat során végzett auditok, ellenőrzések során biztosítani kell, hogy a célkitűzések szempontként jelenjenek meg az egyes tevékenységek megtervezése, végrehajtása és értékelése során. Az alapvető

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

célkitűzéseket, mint alapvető sarokköveket tetten kell tudni érne minden tervezési tevékenység során.

3.1.2.2. Alapvető biztonsági funkciók

NBSZ 10. kötet, 4. "Alapvető biztonsági funkciók

A nukleáris létesítmény biztonságos üzemeltethetőségének és a vele kapcsolatos tevékenységek alapjául szolgáló alábbi biztonsági funkciók:

- a) a nukleáris láncreakció biztonságos leállítása és biztonságos szubkritikus állapotban tartása;*
- b) a maradványhő elszállítása a reaktorból és a kiegészítő fűtőelemek tárolójából;*
- c) a radioaktív anyagok kibocsátásának visszatartása, hogy bármely kibocsátás az előírt határértékek alatt maradjon."*

Az alapvető biztonsági funkciók biztosítása a biztonságra való tervezés legfőbb célja.

3a.2.1.1000. „Az alapvető biztonsági funkcióknak teljesülnie kell TA1-4 üzemiállapotok esetén. A TAK1 üzemiállapotot követően az alapvető biztonsági funkcióknak az atomreaktor ellenőrzött, biztonságos leállított, illetve TAK2 erőmű sérültségi állapotot követően pedig a súlyos baleset utáni biztonságos állapotba viteléhez szükséges mértékben kell teljesülniük.”

3a.2.1.1100. „Az alapvető biztonsági funkciók teljesítésére rendszereket kell tervezni.”

A követelmény úgy értelmezendő, hogy olyan biztonsági rendszereket kell tervezni, amelyek biztosítják, hogy a tervezési alap keretein belül hiánytalanul teljesülnek az alapvető biztonsági funkciók. Lényeges kiemelni, hogy egyes TAK folyamatok során lehetnek olyan helyzetek, amikor egyik, vagy másik biztonsági funkció átmenetileg nem teljesül, de e funkciók helyreállítására és fenntartására eszközökkel és módszerekkel kell rendelkezni.

A fenti követelményeknek minden nukleáris RRE tervezési alapjában meg kell jelenniük.

3a.2.1.1200. „Az alapvető biztonsági funkciók teljesítése érdekében biztonsági és egyéb elemzések által meg kell határozni az összes biztonsági funkciót és az azokat teljesítő rendszereket minden üzemiállapokra, beleértve a normál üzemet is.”

Az alapvető biztonsági funkciók mögé olyan specifikus biztonsági funkciókat kell meghatározni, amelyek teljesülése garantálja az alapvető biztonsági

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

funkciók teljesülését (pl. bizonyos mennyiségű hűtőközeg-betáplálás, vagy a konténment izolálása, stb.). Szintén szükséges, hogy az egyes biztonsági funkciók teljesítéséhez meg kell határozni, hogy mely RRE-ek funkcionalitása szükséges, beleértve a passzív rendszereket is. A normál üzem esetében biztonsági funkcióként értelmezhető a rendszer paramétereinek a normál üzemre előírt keretek között tartása.

3a.2.1.1300. „Biztosítani kell a maradványhő végső hőelnyelőbe való elvitelét úgy, hogy a hőelviteli funkció elvesztésének gyakorisága kisebb legyen, mint 10^{-7} /év.”

A 3a.2.1.1300 pont explicit valószínűségi kritériumot ír elő hőelviteli alapvető biztonsági funkció teljesülésére: a maradványhő-elviteli funkció elmaradásának gyakorisága nem haladhatja meg 10^{-7} /év-et. E kritérium csak a hőelvitel tartós (több órás nagyságrendű) elvesztésére értelmezhető – amely elegendő ahhoz, hogy a konténment integritása is veszélybe kerüljön. Tartós elvesztésnek azt kell minősíteni, amikor a betervezett súlyosbalesetkezelési eljárások a hőelvitel lehetőségének elvesztése miatt ellehetetlenülnek. Így ezt a kritériumot a megolvadt zóna hőelvitelének elvesztésére is vonatkoztatni kell (TAK2). Lényeges, hogy e kritérium teljesítése gyakorlatilag kizárhatóvá teszi, hogy a kiégett fűtőelemeket tároló pihentető medencében a hőelvonás hiánya miatt súlyos baleset alakuljon ki.

3.1.2.3. Mélységben tagolt védelem

Rendelet 7. § (1) „A nukleáris létesítményben a mélységben tagolt védelem alkalmazásával meg kell akadályozni a radioaktív anyag vagy sugárzás környezetbe kerülését, és biztosítani kell, hogy a meghibásodások vagy azok kombinációja eredményeként jelentős radioaktívanyag-kibocsátással járó balesetek csak kellően alacsony valószínűséggel következheszenek be.

(2) A mélységben tagolt védelem biztosítja

- a) a lehetséges emberi hibák vagy műszaki meghibásodások ellensúlyozását;*
- b) az egymásba ágyazott gátak hatékonyságának megőrzését; valamint*
- c) a lakosság és a környezet védelmét abban az esetben, ha a gátak hatékonysága csökkenne.*

(3) A mélységben tagolt védelem 5 szintje:

- a) a normál üzemi feltételektől való eltérések és a hibás működések megelőzése;*
- b) a normálistól eltérő üzemi körülmények észlelése és annak megakadályozása, hogy a várható üzemi események tervezési üzemzavarokká váljanak;*
- c) a tervezési alapba tartozó üzemzavarok megtervezett módon való kezelése;*

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

d) az üzemzavari és baleseti folyamatok megállítása és a következmények enyhítése;

e) radioaktív anyagok jelentős kibocsátása esetén a radiológiai következmények enyhítése.

(4) A nukleáris létesítmény mélységben tagolt védelmének legfontosabb összetevői:

a) kellő biztonsági tartalékokat alkalmazó tervezési megoldások (beleértve a megfelelő telephely kiválasztást, diverzitást és redundanciát, valamint kipróbált, nagy megbízhatóságú technológiák és anyagok alkalmazását), magas színvonalú létesítés és üzemeltetés;

b) szabályozó, korlátozó és védelmi rendszerek és vizsgálati-monitorozási megoldások, valamint az üzemeltetést szabályozó dokumentumok alkalmazása;

c) a tervezési alapba tartozó események kezelését biztosító biztonsági rendszerek, üzemzavar-elhárítási utasítások és képzések;

d) kiegészítő intézkedések, eszközök és balesetkezelési útmutatók alkalmazása, továbbá gyakorlatok szervezése; valamint

e) felkészülés a telephelyen belüli és kívüli nukleárisbaleset-elhárítási tevékenységek végrehajtására.

(4a) A mélységben tagolt védelem szintjeinek függetlenségét az ésszerűen megvalósítható mértékig biztosítani kell.

(5) A mélységben tagolt védelem fenntartása érdekében az engedélyes a 2. mellékletben meghatározott szabályok szerint hatékony irányítási rendszert működtet, vezetősége szilárdan elkötelezett a nukleáris biztonságért és az erős biztonsági kultúra fenntartásáért.”

A Rendelet 7. §-a a mélységben tagolt védelem fogalmát és az ahhoz kapcsolódó alapvető követelményeket rögzíti. A tervezésnek, a konstrukciónak és a szervezeti struktúrának olyanoknak kell lenniük, hogy több, egymásba ágyazott védelmi szinten lehetőség legyen a hibák korrigálására, kompenzálására, mielőtt azok súlyos következményekre vezetnének. A Rendelet 7. § (2) bekezdése lényegében ugyanezt rögzíti. Az (1) bekezdés követelményét az NBSZ 3a.2.1.1200-1300 pontjai fejtik ki.

A (4) bekezdés azokat a fő eszközöket sorolja fel, amelyekkel a mélységben tagolt védelem célkitűzései elérhetőek. Itt a tervezéshez köthető elemek a „kellő biztonsági tartalékokat alkalmazó tervezési megoldások”, a „szabályozó, korlátozó és védelmi rendszerek és vizsgálati-monitorozási megoldások” és a „tervezési alapba tartozó események kezelését biztosító biztonsági rendszerek”.

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

Az NBSZ 3a.2.1.1400-2000. pontjai pontosító és részletező követelményekkel egészítik ki a Rendelet 7. §-ának (2)-(4) bekezdéseit.

3a.2.1.1400. „Egymástól független védelmi szintekkel kell biztosítani, hogy a lehetséges meghibásodások, a normál üzemtől való eltérések észlelhetők, ellensúlyozhatók és kezelhetők legyenek. A 7. § szerinti követelmények mellett a 3a.2.1.1500.-3a.2.1.2000. pontban meghatározott kiegészítő követelményeket kell teljesíteni a mélységben tagolt védelem öt szintjének alkalmazása során.”

A követelmény szerint a biztonsági paraméterekkel és biztonsági rendszerekkel kapcsolatos mérő és információs rendszerek, valamint automatikus és kézi beavatkozási lehetőségek fontos elemei a mélységben tagolt védelemnek. Ezeket úgy kell megtervezni, hogy minden olyan esetben, amikor a védelemnek egy magasabb szintje kap szerepet, lehetőség legyen a helyzet felismerésére, értékelésére és legyenek eszközök arra, hogy vissza lehessen állítani a rendszert a védelem alacsonyabb szintjére. Az egyes nukleáris RRE-k tervezési alapjában azonosítani kell, hogy milyen védelmi szinteken látnak el funkciót, van-e szerepük a helyzet felismerésében, azonosításában, vagy az adott hiba kezelésében, ellensúlyozásában.

A védelmi szintek függetlensége azt jelenti, hogy minden eszközzel el kell kerülni annak a lehetőségét, hogy valamely védelmi szint sérülése vagy összeomlása maga után vonja a következő szint sérülését is. Ez elsősorban tervezési kérdés. Ugyanakkor semmi sem tiltja meg, hogy egy adott szituációban valamely védelmi szinten alkalmazzanak egy olyan eszközt, amely alacsonyabb védelmi szintre volt tervezve, feltéve, hogy az rendelkezésre áll és az adott körülmények között az a leghatékonyabb. Ezt a lehetőséget az adott RRE tervében egyértelműen azonosítani kell.

3a.2.1.1500. „A tervezés során többszörös fizikai gátakat kell alkalmazni a radioaktív anyagok környezetbe történő ellenőrizetlen kikerülésének megakadályozására.”

3a.2.1.1600. „A mélységben tagolt védelem elvének alkalmazása érdekében az alábbi négy fizikai gátat kell megkülönböztetni:

- a) az üzemanyag-mátrix;*
- b) a fűtőelem burkolata;*
- c) a reaktor primer körének határa;*
- d) a konténment rendszer.”*

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

3a.2.1.1700. „A gátak védelmét biztosítani kell. Tervezési megoldásokkal kell biztosítani a biztonsági funkciók és az elfogadási kritériumok teljesülését a védelem valamely szintjének sérülése esetén is.”

3a.2.1.1800. „Atomerőmű tervezése során, a mélységben tagolt védelem elvével összhangban:

a) tervezési megoldásokkal kell biztosítani, hogy az alapvető biztonsági funkciók a gátak fenntartásával és a meghibásodások vagy normál üzemállapottól való eltérések következményeinek csökkentésével megvalósulhassanak;

b) biztonsági funkciót ellátó rendszereket kell alkalmazni a várható üzemi események, az üzemzavarok és a balesetek megakadályozása és kezelése érdekében;

c) biztosítani kell az üzemeltetés vagy a karbantartás során bekövetkező emberi hiba káros következményeinek elkerülését,

d) műszaki eszközökkel biztosítani kell az atomerőmű állapotának kezelhetőségét úgy, hogy a meghibásodások vagy a normál üzemállapottól való eltérések esetén a biztonsági funkciót ellátó rendszerek működésének szükségessége a lehető legkisebb legyen; továbbá

e) biztosítani kell, hogy az atomerőmű állapotának kezelhetősége a biztonsági funkciót ellátó rendszerek működését igénylő állapotokban is nagy megbízhatóságú legyen, és ne igényelje a kezelő személyzet beavatkozását a folyamat korai szakaszában.”

A 3a.2.1.1500-1800. pontok a mélységben tagolt védelem és az egymásba ágyazott fizikai gátak rendszerét tárgyalják.

A 3a.2.1.1700. szerint „A gátak védelmét biztosítani kell.”, amit a 3a.2.1.1800 részletesebben kifejt. A mélységben tagolt védelem első két szintje mind a 4 fizikai gátat hivatott védeni, bár a védelemnek e szintjeihez kapcsolódó üzemállapotokban a konténmentnek még csak korlátozott biztonsági szerepe van. A konténment védelmét azonban mégis szükséges folyamatosan fenntartani, hasonlóan ahhoz, hogy a védelem mind az öt szintjét is folyamatosan fenn kell tartani, annak érdekében, hogy minden váratlan esemény kezelésére az erőmű és személyzete fel legyen készülve.

A mélységben tagolt védelem 3. szintjének aktív alkalmazása esetén tipikusan a 3. gát (a primer kör határa) sérült, vagy közvetlenül veszélyeztetett, így ilyen esetben a fő feladat a maradék 3 gát védelme. Ilyen helyzetben, még ha a primerkör ép is, vagy helyreállítható, akkor is a fűtőelem-burkolat és a mátrix védelme az elsődleges cél. Az első két gát védelmi stratégiájának a lényege a szubkritikusság és a hőelvonás

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

biztosítása. Amennyiben a második gát védelme nem teljesen sikeres, akkor is alapvető marad az első gát védelmének fenntartása, azaz az üzemanyag-olvasztás megakadályozása. Ezekben az esetekben már a 4. gátnak, a konténmentnek is kiemelt biztonsági szerepe van.

A 4. védelmi szint aktív alkalmazására akkor van szükség, ha az első három gát már sérült. Ilyen helyzetben a védelem az utolsó gát, a konténment védelmére kell koncentrálnon. Ez elsősorban a konténment nyomásának, hőmérsékletének kontrollálását jelenti, beleértve a robbanásveszélyes gázok kontrollját, továbbá a hőelvonás fenntartását a sérült reaktorzónából.

A tervezés során össze kell rendelni a nukleáris RRE-k biztonsági funkcióját azzal, hogy az mely gátak védelmét a mélységi védelem mely szintjein szolgálja. Azonosítani kell azt is, hogy a meghibásodása vagy a rendelkezésre nem állása milyen következményekkel jár.

A mélységben tagolt védelemnek a Rendelet 7. § (3) bekezdésben leírt szintjeit, valamint ezek kapcsolatát az erőmű üzemállapotaival az NBSZ 3a.2.1.1900. pontja alatt bemutatott táblázat fejt ki (lásd: 1. táblázat).

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

Mélyégi védelem szintje	Célkitűzés	Alkalmazandó eszközök	Radiológiai következmények	Vonatkozó üzemi állapot
1.	Normál üzemi állapottól való eltérések és hibák megelőzése	Konzervatív tervezés, magas színvonalú létesítés és üzemeltetés; fő üzemi paraméterek előírt határok között tartása	Nincs a hatósági korlátokat meghaladó telephelyen kívüli radiológiai hatás	Normál üzem (TA1)
2.	Normál üzemi állapottól való eltérések és hibák kezelése	Szabályozó és biztonságvédelmi rendszerek; egyéb felügyeleti módszerek		Várható üzemi események (TA2)
3.	3.a.	Biztonsági rendszerek, üzemzavar-elhárítási utasítások	Nincs vagy csak minimális telephelyen kívüli radiológiai hatás	Tervezési üzemzavar (TA3-4)
	3.b.	Üzemzavarok kezelése a radioaktív kibocsátás korlátozása és az üzemanyag-olvadás megelőzése érdekében		Hozzáadott biztonsági eszközök komplex üzemzavarok elhárítására, üzemzavar-elhárítási utasítások, telephelyi baleset-elhárítási intézkedések

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

Mélyégi védelem szintje	Célkitűzés	Alkalmazandó eszközök	Radiológiai következmények	Vonatkozó üzemi állapot
4.	A nagy vagy korai kibocsátás gyakorlati kizárása, az üzemanyag-olvasztással járó balesetek kezelése a telephelyen kívüli kibocsátások korlátozása érdekében	Kiegészítő biztonsági eszközök az üzemanyag-olvasztás korlátozásához, baleset-kezelési útmutatók, telephelyi baleset-elhárítási intézkedések	A telephelyen kívüli radiológiai hatás térben és időben korlátozott lakossági óvintézkedések bevezetését indokolhatja	Súlyos baleset (TAK2)
5.	Jelentős radioaktív anyag-kibocsátás radiológiai következményeinek csökkentése	Telephelyi és telephelyen kívüli baleset-elhárítási intézkedések; beavatkozási szintek	A telephelyen kívüli radiológiai hatás lakossági óvintézkedéseket indokol	Nagyon súlyos baleset

1. táblázat - A mélységben tagolt védelmi szintek és az üzemi állapotok kapcsolata (NBSZ 3a.2.1.1900.)

A védelem első szintjének eszközei között még érdemes kiemelni a korábban már említett információs és szabályozó eszközöket, amelyek vagy automatikusan, vagy operátori beavatkozások útján biztosítják a normál üzem kereteinek megfelelő feltételek fenntartását. Ide tartoznak még azok a fontos, és szorosan a tervezéshez kapcsolódó megoldások, amelyek a fizika törvényeire alapozva, visszacsatolásokkal és más passzív megoldásokkal biztosítják a normál üzem stabilitását (pl. negatív reaktivitástényezők).

A második szint esetében az „*egyéb felügyeleti módszerek*” elsősorban adminisztratív megoldásokra utal olyan esetekben, amikor a normál üzem keretei közül való kilépést egy ilyen előírás (az üzemeltetési feltételek és korlátok) megsértése jelenti.

A 3.a. és 3.b. szinteken minden olyan üzemzavari helyzet, amelynek során az üzemanyag nem olvad meg, gyakorlatilag azonos módon kezelendő a 3a.2.4.1100-1400. pontokban később ismertetendő általános kritériumok teljesítése szempontjából.

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

A negyedik védelmi szint akkor élesedik, ha az üzemanyag jelentős része megolvad, de a konténment ellátja feladatát. A konténment és rendszereinek tervezése kell, hogy biztosítsa, hogy a korlátozott környezeti hatás kritériuma teljesül (Lásd: 3.4.1.2 alfejezet). Ennek érdekében a tervezés megfelelő eszközöket (pl. olvadékcsapda, hidrogén-rekombinátorok, szűrt leeresztés, stb.) alkalmaz és balesetkezelési eljárásokat, útmutatókat dolgoz ki.

Az ötödik szintre akkor van teljes mértékben szükség, ha már az összes többi szint összeomlott. Az ezzel kapcsolatos feladatok nagyjából nem a tervezéshez kapcsolódnak, de vannak tervezési vonatkozásai is.

Az első védelmi szintet folyamatosan fenn kell tartani normál üzem során. A többi védelmi szint alkalmazására viszont folyamatosan felkészültnek kell lenni mind a személyzetnek, mind a technológiának. A tervezésnek biztosítani kell ehhez a szükséges eszközöket és feltételeket, a szintek alkalmazását részletesen meg kell tervezni. A tervezés további feladata, hogy biztosítsa és elemzésekkel igazolja, hogy az egyes szintek alkalmazását szükségessé tevő körülmények kialakulásának valószínűsége a szintek növekedésével egyre alacsonyabb, egyik szintről a másikra lépve ez tipikusan 1-2 nagyságrendes lépcsőt jelent.

3a.2.1.2000. „Biztosítani kell az ésszerűen megvalósítható legteljesebb mértékben:

a) a gátak integritását veszélyeztető események megelőzését, a veszélyeztető tényezők elviselését;

b) egynél több gát egyidejű meghibásodásának elkerülését;

c) egy gát meghibásodásának elkerülését egy másik gát vagy egyéb rendszer elem hibája következtében;

d) a gátak terve konzervatív legyen, a megvalósításuk pedig magas minőségi normák szerint történjen annak érdekében, hogy

da) a meghibásodások és a normál üzemi állapottól való eltérések lehetősége az ésszerűen elérhető legalacsonyabb szintű legyen,

db) az üzemzavarok az ésszerűen megvalósítható szinten kizárhatók legyenek, továbbá

dc) ne jöhessen létre szakadékszél-effektus.”

A 3a.2.1.2000. pont további fontos kiegészítésekkel szolgál a mélységben tagolt védelem elvének alkalmazására. Az a) pont tartalma később

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

részletesen bemutatásra kerül, csakúgy, mint a d) pont és alpontjai (Lásd: 3.2.3 és 3.2.5. fejezetek). A b) és c) pontok szorosan összefüggnek.

A gátak tervében be kell mutatnia, hogyan, milyen mértékben biztosított az adott gát integritását veszélyeztető események megelőzése, illetve azt, hogy a fellépő veszélyeztető tényezőket a gát miként viseli el. Be kell mutatni az egyes gátak meghibásodásának egymásra hatását, azonosítani kell, hogy az adott gát milyen szintig képes elviselni a többi gát meghibásodását.

A dc) alpont, miszerint „*ne jöhessen létre szakadékszél-effektus*”, azt hangsúlyozza ki, hogy tervezési megoldásokkal el kell kerülni annak lehetőségét, hogy külső vagy belső veszélyeztető tényezők következményeként a fizikai gátak és vele együtt a mélységben tagolt védelem szintjei – valamely paraméternek egy küszöbérték átlépését követően – megállíthatatlanul összeomoljanak (NBSZ 10. kötet, 146a. definíció). Ennek érdekében minden nukleáris RRE tervezésekor azonosítani kell a szakadék-szél effektus lehetőségét és következményét, és meg kell vizsgálni, hogyan kerülhető el. Erre alapvetően két lehetőség van: egyrészt biztosítani kell, hogy olyan nagy tartalékok maradjanak fenn az ilyen küszöbértékek eléréséig, hogy teljesen valószínűtlen legyen e tartalékok elvesztése; másrészt az egyes védelmi szintek függetlensége (pl. diverz és független eszközökkel való kiszolgálása) jelenthet garanciát az ilyen jelenségek elkerülésére.

3.1.3. Egyéb általános tervezési követelmények

3a.2.1.0910. „Programozható rendszerek esetében - amennyiben az adott követelmény másképp nem rendelkezik - a rendszerekre és rendszerelemekre vonatkozó követelményeket az ellátott funkció megvalósításában résztvevő hardver és szoftver együttesére kell vonatkoztatni.”

A 3a.2.1.0910. pont a programozható, illetve digitális rendszerekkel kapcsolatban azt rögzíti, hogy ugyan az ilyen rendszerek a hardver és szoftver elemekre bonthatóak, a nukleáris biztonsági követelmények szempontjából csak az lényeges, hogy ezek az elemek együtt mennyiben teljesítik a követelményeket. E követelmény indoka egyrészt az, hogy nem mindig különíthető el egyértelműen, hogy mi minősül hardvernek és mi szoftvernek (pl. firmware), másrészt az, hogy a tervező szabadon dönthet arról, hogy mit old meg hardverrel és mit szoftverrel. Az általános biztonsági követelmények szempontjából mindig a teljes rendszert kell értékelni, ugyanakkor lehetnek olyan speciális követelmények, amelyek kifejezetten valamelyik komponensre vonatkozathatóak. Ennek analógiája például egy elektro-mechanikus rendszer, amelynek esetében a biztonság

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

szempontjából nyilvánvalóan szintén csak a teljes rendszer tulajdonságai mérvadóak, nem pedig a villamos vagy a mechanikus elemeké külön-külön.

3a.2.1.2100. „A biztonsági funkciót ellátó rendszereket úgy kell megtervezni, hogy a biztonsági funkciók a tervben megkövetelt megbízhatósággal valósuljanak meg a teljes élettartam alatt.”

3a.2.1.2200. „A tervekben megfelelő tartalékokat kell biztosítani a tervezési módszerek, eszközök hibáira, a gyártási és szerelési tűrésekre, bizonytalanságokra, a feltételezett hibákra és a tervezett üzemidő alatti öregedési mechanizmusok által okozott romlási folyamatok konzervatíván becsült mértékére.”

A 3a.2.1.2100. és 3a.2.1.2200. pontok értelmében a tervezés során figyelembe kell venni az erőmű, illetve az érintett RRE-ek tervezett élettartamát. Ha valamely RRE tervezett élettartama rövidebb, mint az egész erőműé, akkor azt pontosan meg kell adni, továbbá elő kell írni a cserét a megadott határidővel és meg kell tervezni a csere módját. Ajánlás még, hogy a tervező részletesen adja meg a biztonság szempontjából fontos RRE-k élettartamának meghatározására alkalmazott módszertant annak érdekében, hogy a tervezési élettartam lejárta után az engedélyesnek lehetősége legyen az élettartam kiterjesztéséhez szükséges vizsgálatokat elvégezni, az eredeti tervekkel konzisztens módon.

Minden nukleáris RRE tervezésekor meg kell adni az élettartam előrehaladtával várható megbízhatóság csökkenést. Ennek figyelembevételével kell meghatározni 3a.2.1.2200. pont szerinti tartalékokat úgy, hogy a biztonsági tartalékok a tervezett üzemidő végén is rendelkezésre álljanak. Ennek figyelembevételével be kell mutatni, hogy a tervezett állapotfenntartó, karbantartó tevékenység az adott folyamatokat kezeli és képes az RRE megbízható funkció-ellátási képességének folyamatos fenntartására.

3a.2.1.2300. „A biztonság szempontjából fontos rendszereket és rendszerelemeket a nukleáris iparban elfogadott szabványok alkalmazásával kell tervezni. A tervezésnél a használatra előírányzott szabványok körét előzetesen meg kell határozni, alkalmazhatóságukat igazolni kell.”

A szabványok alkalmazhatóságának igazolása elsősorban a referenciákra való hivatkozással történhet. Fontos ajánlás, hogy az egymással szoros kapcsolatban lévő RRE-eket (pl. egy aktív mechanikai elem és az azt vezérlő elektronika) konzisztens szabványrendszer szerint kell kidolgozni, illetve bizonyítani kell, hogy megfelelnek valamely konzisztens szabványrendszernek. Általában az a szabványrendszer tekinthető

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

konzisztensnek, amelyet egyazon testület (vagy együttműködő testületek) gondoz és ad ki, vagy amely szabványok kölcsönösen hivatkoznak egymásra. A nukleáris iparban elfogadott szabványok használatára vonatkozó ajánlásokat az N9.3. "Szabványok használatának szabályai új atomerőmű létesítése során" című útmutató tartalmaz. A tervezés és létesítés során alkalmazandó szabványok jegyzékét az EBJ-ben kell bemutatni (lásd N3a.34. "Új atomerőművek biztonsági jelentései" című útmutató).

3a.2.1.2400. „A biztonság szempontjából fontos rendszereket, rendszerelemeket hasonló feltételek között kipróbált, bevált konstrukciós megoldásokat alkalmazva kell tervezni. Ettől eltérő esetben olyan technológiákat és termékeket kell alkalmazni, amelyek alkalmazhatóságát megvizsgálták és igazolták. Az új tervezési megoldások esetében, amelyek eltérnek a műszaki gyakorlatban bevett megoldásoktól, az alkalmazhatóságot adekvát kutatásokkal, tesztekkel, más alkalmazásokban szerzett tapasztalatok elemzésével biztonsági szempontból igazolni kell. Az új megoldást tesztelni kell az üzembe helyezés előtt. A rendszer, rendszerelem működését - annak üzemelése közben - monitorozni kell a megfelelés végleges igazolása érdekében.”

A 3a.2.1.2400. szerint az a preferált megoldás, ha megfelelő referenciával lehet alátámasztani azt, hogy valamely RRE valóban hiánytalanul teljesíti a vele szemben támasztott elvárásokat. Ez azonban lényegében csak az üzemi rendszerek esetében lehetséges. Azok a biztonsági rendszerek esetében, amelyek csak igen ritka üzemzavarok során hivatottak ellátni a funkciójukat, ez eleve nem lehetséges. Ilyen esetekben szükséges azonban, hogy a számításon elemzéseken túl, megfelelő kísérletek támasszák alá az elvárt tulajdonságok, funkciók teljesülését. Az adott funkció-ellátási képességet bizonyító kísérleteket, tesztek pontosan meg kell hivatkozni, és körülményeit, eredményét a műszaki megfelelésegről való döntés megalapozásához szükséges mértékben be kell mutatni. Fontos további követelmény, hogy már a tervezés során meg kell határozni a szükséges monitorozási, tesztelési eljárásokat és megfelelő elemzésekkel kell bizonyítani azok elegendő voltát. Be kell mutatni, hogy az adott nukleáris RRE-vel való korábbi üzemeltetési és egyéb tapasztalatok, valamint releváns kutatási eredmények alátámasztják a megfelelést. A megfelelést biztonsági elemzésekkel minden esetben alá kell támasztani.

Új tervezési megoldások alkalmazása esetén az adott funkció-ellátási képességet bizonyító kísérleteket, tesztek pontosan meg kell tervezni, végre kell hajtani, értékelni kell és az értékelés eredményét a műszaki

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

megfelelőségről való döntés megalapozásához szükséges mértékben be kell mutatni.

3a.2.1.2900. „A tervezés során biztosítani kell az atomerőmű leszerelhetőségét, amit a felaktiválódás minimalizálásával, a dekontaminálhatósággal, a hozzáférés biztosításával és a leszerelés irányíthatóságának figyelembevételével kell megvalósítani.”

A leszerelés szempontjainak figyelembe vétele már a tervezés fázisában (3a.2.1.2900.) – a gazdaságossági szempontokon túl – a radioaktív hulladékok minimalizálásának elve szempontjából bír jelentőséggel. Az RRE-k tervében be kell mutatni, hogy ezen szempontok hogyan teljesülnek az RRE-k üzemeltetése során. További ajánlásokat az N3a.41. *„Új atomerőműben tervezése során alkalmazandó primerkörü gépezeti ajánlások”* útmutató tartalmaz.

3a.2.1.3000. „A nukleáris biztonsági, a fizikai védelmi és a biztosítéki követelményeket integrált módon, a kölcsönhatások figyelembevételével kell érvényesíteni.”

Gondoskodni kell arról, hogy a nukleáris biztonság és a védetség céljából betervezett rendszerek ne legyenek kölcsönösen kedvezőtlen hatással egymásra. A műszaki tervezés információt kell, hogy adjon a védetséget tervező és megszervező szervezetnek arról, hogy melyek a technológia potenciálisan érzékeny pontjai. Ugyanakkor a tervezőnek azt figyelembe kell venni, hogy az atomerőműnek ne legyen olyan pontja, amelynek megtámadásával az erőmű redundáns biztonsági rendszereit egyszerre lehet súlyosan károsítani vagy képtelenné tenni az adott funkció(k) ellátására. Az RRE-k tervezésekor figyelemmel kell lenni arra, hogy a nukleáris anyagok fegyvergyártásra történő felhasználásának, eltérítésének lehetősége a lehető legkisebb legyen. Lásd Sg-1 *„Útmutató a nukleáris anyagok nyilvántartásának és ellenőrzésének szabályairól szóló 7/2007. (III.6.) IRM rendelet végrehajtásához”*.

A tervezőnek a Rendelet és 190/2011. (IX. 19.) Korm. rendeletek előírásainak együttes alkalmazását biztosítani kell.

3a.2.1.3100. „Több blokkal rendelkező atomerőmű esetén biztosítani kell a blokkok egymástól való indokolt mértékű függetlenségét.”

A terveknek és az elemzéseknek olyanoknak kell lenniük, hogy csak az adott blokkba beépített biztonsági rendszereket és erőforrásokat veszik figyelembe. Tehát, azt kell bizonyítani, hogy a blokk a TA1-4 és TAK1-2 üzemiállapotokban teljesíti az előírt kritériumokat csupán a saját erőforrásait felhasználva. Nem szükséges – és nem is célszerű – olyan

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

megoldásokat alkalmazni, hogy valamely váratlan üzemzavari, baleseti szituációban, amikor az egyik blokk a saját biztonsága kockáztatása nélkül ki tudja segíteni valamely erőforrással a bajbajutott blokkot, akkor ez mesterségesen meg legyen akadályozva, vagy nehezítve. Ilyen jellegű és célú keresztkapcsolatokat kiépíteni, vagy előkészíteni azonban csak akkor szabad, ha az egyik blokk önálló biztonságát nem csökkenti. Ha ez bizonyítható, akkor az ilyen lehetőségek kihasználását a megfelelő biztosítékok mellett (pl. előre megadott feltételek megszabása, a keresztkapcsolat kialakítás téves végrehajtásának megakadályozása) esetén szabad megengedni. Az ilyen keresztkapcsolatok kialakításának tesztelését azonban a tervnek elő kell irányoznia.

Biztosítani kell, hogy az egyik blokkon a fizikai gátak vagy RRE-k meghibásodása ne okozhasson meghibásodást a másik blokkon.

3.1.4. Azonosító rendszer kialakítására vonatkozó ajánlások

9.3.5.0100. *„Ki kell fejleszteni egy szabványos, funkcionális azonosítási rendszert a rendszerekre, rendszerelemekre, valamint egy szabványos fizikai és műszaki azonosító rendszert a rendszerelemekre és azok elemeire, beleértve a tartalék-alkatrészeket is.”*

9.3.5.0200. *„A funkcionális azonosító rendszernek alkalmasnak kell lennie minden, a rendszer funkcióinak ellátásában részt vevő rendszerelem azonosítására. A műszaki azonosító rendszernek alkalmasnak kell lennie a rendszerelemek élettartama során szükséges minden tevékenység, így különösen építés, gyártás, szerelés, hegesztés, üzembe helyezés, üzemeltetés, karbantartás, anyagvizsgálatok, javítás, csere, öregedéskezelés, környezetállósági minősítés helyének azonosítására.”*

9.3.5.0300. *„A beszállítóknak a 9.3.5.0100. és 9.3.5.0200. pont szerinti szabványos azonosítókkal kell megjelölniük a rendszerelemeiket, és megfelelően alkalmazniuk kell azokat a dokumentációikban és adatbázisaikban.”*

Az új atomerőművi blokki rendszereknél, rendszerelemeknél a VGB B105e és VGB B106e ajánlások, továbbá az MSZ EN 81346-1:2010 (IEC 81346-1:2009) és MSZ EN 81346-2:2010 (IEC 81346-2:2009) szabványok alapján kidolgozott KKS (Kraftwerk-Kennzeichen-System) erőművi jelölési rendszert ajánlott alkalmazni.

Az új atomerőművi technológiai berendezések leírására szolgáló P&I sémát ajánlott alkalmazni, amely grafikus formában tartalmazza a technológiai összefüggéseket és a résztechnológiáknak, valamint a berendezéseknek az egységes jelöléseit. A P&I séma készítésekor egységes és nemzetközi

jelölésrendszert ajánlott alkalmazni az *MSZ EN 62424* és *ISO 14617* szabványok alapján.

Az *MSZ HD 361 S3:2000* harmonizációs dokumentum/szabvány a vezetékek, kábelek nemzetközi jelölésére vonatkozóan részletesen meghatározza a vezetékek, kábelek szabványosságára, névleges feszültségére, szerkezeti anyagaira és felépítésére vonatkozó jelöléseket, így ennek figyelembe vétele ajánlott.

3.2. A biztonságra való tervezés alapja

3.2.1. Az erőmű üzemállapotai

3a.2.2.0200. „A normál üzemállapotot, valamint az atomerőmű tervezési alapjának részeként figyelembe vett üzemállapotokra vezető eseményeket gyakoriságuk alapján az alábbi táblázat szerinti üzemállapotokhoz kell rendelni. A különböző üzemállapotokra vezető események gyakoriságát elemzésekkel kell igazolni.

...”

3a.2.2.0300. „A tervezési alap kiterjesztésének két kategóriáját kell megkülönböztetni:

a) TAK1: az aktív zónában és a pihentető medencében található üzemanyag olvadásával nem járó komplex üzemzavar,

b) TAK2: az üzemanyag jelentős olvadásával járó súlyos baleset.”

Az üzemállapotok definícióját és az azokat eredményező kezdeti események, illetve a TA üzemállapotokban a szekvenciák gyakorisági tartományait a 3a.2.2.0200. pont tartalmazza, amelyhez tartozó táblázatot alább látható 2. táblázatban, kiegészítve a TAK esetekkel. A TAK üzemállapotokra vonatkozó gyakoriságok már tipikusan nem kezdeti eseményekre vonatkoznak, hanem inkább vonatkoznak eseménykombinációk, specifikus szekvenciák, állapotok, PDS-ek megvalósulási gyakoriságára. Fontos kiemelni, hogy nem fogadható el e követelmény formális teljesítése azáltal, hogy nagyszámú, egymástól lényegesen nem különböző PDS-t definiál a tervező, amelyekre külön-külön bizonyítja a valószínűségi követelmények teljesülését.

Jóllehet, a 3a.2.2.0300 pontban csak a TAK1 esetén van külön megnevezve a pihentető medence, de a 3a.2.2.0200 alatti táblázatban azonosított összes többi üzemállapot egyaránt vonatkozik a reaktorra és a pihentető medencére, illetve, minden olyan RRE-re, amely kiégett üzemanyagot tartalmaz.

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

Mivel a normál üzem nem csak a névleges teljesítményen való üzemelést jelenti, hanem a különböző leállási üzemmódokat is, ezért egy üzembe helyezett erőmű esetén ez az állapot folyamatosan megvalósul, hacsak nincs üzemzavar.

Üzem- állapot	Megnevezés	Esemény gyakoriság (f [1/év])
TA1	normál üzem (beleértve minden üzemi állapotot)	-
TA2	várható üzemi események	$f \geq 10^{-2}$
TA3	kis gyakoriságú tervezési üzemzavarok	$10^{-2} > f \geq 10^{-4}$
TA4	nagyon kis gyakoriságú tervezési üzemzavarok	$10^{-4} > f \geq 10^{-6}$
TAK1	az aktív zóna vagy a pihentető medence komplex üzemzavara, amely nem jár az üzemanyag (jelentős részének) megolvadásával,	$f < 10^{-6}$ (csak célérték)
TAK2	az üzemanyag jelentős részének megolvadásával járó súlyos baleset	$f < 10^{-6}$ (a 3a.2.2.0400 következménye)

2. táblázat - Az erőművi blokk üzemállapotai

A 3a.2.2.0300. pont definiálja a tervezési alap kiterjesztésben (TAK1-2) kezelendő eseteket a 2. táblázatban leírtaknak megfelelően. Mivel a TAK2 esetén a szabályzat jelentős üzemanyag-olvadást említ, így nyilvánvaló, hogy a TAK1 azokat a tervezési alapon túli eseteket fedi le, ahol nincs jelentős üzemanyag olvadás (vagyis a fűtőelem burkolat hőmérséklete sehol sem éri el az olvadáspontját). Ilyen esetekre lehet példa valamely olyan reaktivitási baleset, amelynek esetében a zóna egy korlátozott részében rövid időre egyes fűtőelem-pálcákban a tabletták belsejében a hőmérséklet meghaladja az üzemanyag olvadáspontját, de bizonyítható, hogy a következmények teljesítik a TA4 vagy TAK1 kritériumokat.

A TAK esetekre az NBSZ nem tartalmaz alsó valószínűségi korlátot.

3.2.1.1. Az üzemállapotok valószínűségi kritériumai

Az öt meghatározott üzemzavari és baleseti kategóriára különböző kritériumok vonatkoznak, amelyeket később részletesen bemutatásra kerülnek (3.4. fejezet). A fent megadott gyakorisági kritériumokon kívül bizonyos általános elvek alapján előírja az NBSZ, hogy egyes eseménytípusokat milyen kategóriába kell sorolni. Az itt bemutatott gyakorisági kritériumokat úgy kell értelmezni, hogy bizonyítani kell, hogy mindazok a kezdeti események, amelyek valamely kategóriába tartozó üzemállapotot eredményeznek, kisebb gyakoriságértéket mutatnak, mint ami felső határként a 2. táblázatban szerepel. Az alsó határérték csak tájékoztató jellegű, természetesen nem kötelező (és nem kell bizonyítani), hogy pl. valamely várható üzemi esemény gyakorisága valóban nagyobb, mint $10^{-2}/\text{év}$. Ez azt is jelenti, hogy a különböző üzemállapotokhoz sorolt kezdeti események PSA gyakorisága tipikusan átfedő eloszlásokat mutat. A TA4 esetben a $10^{-4}/\text{év}$ felső határ úgy alkalmazandó, hogy csak ennél kisebb valószínűségű események következményire alkalmazhatóak a TA3-hoz képest kevésbé szigorú kritériumok.

3a.2.2.0400. „Valószínűségi biztonsági elemzésekkel kell igazolni minden tervezési alapba tartozó üzemzavarra, hogy egy adott kezdeti esemény gyakoriságának és az adott kezdeti esemény okozta tranziens során a TA4 üzemállapotokra vonatkozó elfogadási kritériumok teljesítéséhez szükséges bármely biztonsági funkció elmaradása valószínűségének szorzata nem haladja meg a $10^{-6}/\text{év}$ értéket.”

A 3a.2.2.0400. pont a tervezési üzemzavarok elhárítására szolgáló biztonsági rendszerek megbízhatóságára vonatkozó implicit kritérium. Ez abból az általános követelményből származtatható, hogy a tervezési alapon túli üzemzavarok, balesetek gyakorisága legyen igen alacsony. A követelmény teljesülését a PSA eszközeivel kell igazolni.

Az üzemanyag-olvadással járó erőműsérülési-állapotok (PDS-ek) gyakoriságára nincs hatóságilag megkövetelt korlát, de amennyiben a tervező erre olyan korlátozást alkalmaz, hogy az azonos konténmentállapotra vezető eseménysorok összegzett gyakoriságai egyenként a $10^{-6}/\text{év}$ érték alatt maradnak, akkor – jó eséllyel – az előző kritérium is teljesül. Az azonos konténmentállapot szempontjából a konténment integritásának megőrzésére szolgáló rendszerek rendelkezésre állását érdemes vizsgálni, valamint a konténment igénybevételeinek jellegét (pl. átolvadt a reaktortartály, túlnyomás, stb.) és a konténment integritását.

3.2.2. Biztonsági osztályba sorolás

Az RRE-k biztonsági osztályokba sorolásának részletes módszertanát külön útmutató tárgyalja.

3.2.2.1. Osztályba sorolás alapján differenciált követelmények alkalmazása

A különböző biztonsági osztályokhoz, valamint a külső és belső eredetű veszélyeztető tényezők szerinti különböző osztályokhoz tartozó RRE-k vonatkozásában differenciált követelményrendszert kell alkalmazni, amely követelményrendszert a tervezőnek legalább a következő főbb tevékenységekre vonatkozó követelmények meghatározásával kell létrehozni:

- tervezés
- építés
- gyártás
- beszerzés
- kezelési, raktározási és állagmegóvási követelmények
- szerelés
- speciális eljárások, például hegesztés, hőkezelés
- környezetállósági minősítés
- ellenőrzések, vizsgálatok és próbák
- karbantartás
- öregedés kezelés
- javítás
- üzembe helyezés

A fenti modulokban szakterületenként, legalább a következő szempontok szerint javasolt a követelményeket meghatározni:

- RRE specifikus műszaki követelmények, alkalmazandó műszaki megoldások, szabványok, irányelvek, előírások
- közreműködő szervezet(ek)kel szembeni követelmények
- engedélyezés
- konfiguráció kezeléssel és információ menedzsmenttel kapcsolatos követelmények

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

- minőségellenőrzés és minőségbiztosítás (szükséges ellenőrzések, tesztek, vizsgálatok, verifikálás, validálás, jóváhagyási folyamat, nem megfelelések kezelése, stb.)
- nemmegfelelések kezelése

A differenciált követelmények alkalmazásának egyik alapvető célja, hogy a tervezett funkciónak és beépítési helynek megfelelő szintű követelmények kerüljenek alkalmazásra egy adott RRE vagy folyamat tervezése és megvalósítása során. Magasabb osztályba sorolt RRE-kre előírt követelmények alkalmazása általánosságban elfogadható alacsonyabb osztályba sorolt RRE-k vonatkozásában, azonban fontos hangsúlyozni, ez az indokoltnál bonyolultabb, költségesebb RRE-hez vagy folyamathoz vezethet.

3.2.3. Az atomerőmű tervezési alapja

3a.2.2.3500. „A tervezéshez meg kell határozni mindazon feltételezhető kezdeti eseményt, amely befolyásolhatja az atomerőmű biztonságát, és ezekből determinisztikus módszerrel vagy determinisztikus és valószínűségi módszerek kombinációjával kell kiválasztani a tervezési alapba tartozókat.”

3a.2.2.4100. „A tervezési alap részét képezik mindazok az események, amelyeknek radiológiai következményei lehetnek és nem szűrhetők ki a 3a.2.2.5000. pont alapján. Ide tartoznak azok a feltételezett kezdeti események is, amelyek az alacsony teljesítményű üzem során, vagy leállított, szétszerelt atomreaktor esetén következnek be. Az atomreaktoron kívüli lehetséges ilyen eseményeket is a tervezési alap részének kell tekinteni.”

Az általános és alapvető elv szerint „mindazon feltételezhető kezdeti eseményt, amely befolyásolhatja az atomerőmű biztonságát” számba kell venni, de a tervezési alapban csak bizonyos valószínűségi és determinisztikus kritériumoknak megfelelőket kell ténylegesen figyelembe venni. Fontos további kiegészítés az, hogy az erőművi blokk névleges teljesítményétől eltérő üzemmódjait is fel kell tételezni, illetve nem csak a reaktort kell a potenciális radioaktív kibocsátás forrásának tekinteni (kiégett fűtőelemeket, radioaktív hulladékokat kezelő, tároló RRE-k).

3a.2.2.3600. „Az atomerőmű tervezési alapjában az atomerőmű minden üzemállapotára meg kell határozni azokat a teljesítmény-paramétereket, funkcionális, megbízhatósági jellemzőket, amelyek szükségesek ahhoz, hogy a külső és belső veszélyeztető tényezők által előidézett körülmények között is teljesüljenek az előírt kritériumok.”

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

3a.2.2.3700. „A tervezési alap meghatározása során a bizonytalanságok kompenzálása érdekében ésszerű mértékben konzervatív feltételezéseket kell alkalmazni.”

3a.2.2.3800. „A nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszerek és rendszerelemek alapvető fizikai jellemzőire tervezési korlátokat és határértékeket kell meghatározni az atomerőmű minden üzemállapotában. A tervezési korlátoknak és határértékeknek meg kell felelniük a nukleáris biztonsági követelményeknek és az alkalmazott szabványoknak.”

3a.2.2.3900. „A nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszerekre és rendszerelemekre vonatkozó határfeltételeket és tervezési követelményeket a TA2-4 és a TAK1-2 üzemállapotokat eredményező kezdeti eseményekből, illetve azokból a körülményekből kell származtatni, amelyek között teljesíteniük kell a biztonsági funkcióikat.”

A 3a.2.2.3600. pontja a biztonság szempontjából fontos RRE-kre értelmezendő, a kritériumok alatt részben a 3.1.2. fejezetben már tárgyalt általános kritériumokat, részben a később, a 3.4. fejezetben tárgyalandó részletes kritériumokat kell érteni. A 3a.2.2.3800-3900. pontokkal kapcsolatban annyi értelmező kiegészítés célszerű, hogy valamely RRE esetén olyan üzemállapotokra szükséges „*tervezési korlátokat és határértékeket*” meghatározni, amely üzemállapotban, vagy amely üzemállapotnál súlyosabb üzemállapotban (Lásd: 2. táblázat) szükség lehet az RRE biztonsági funkcióira.

A 3a.2.2.3700. pont alapvető követelményt rögzít, miszerint a tervezési inputként felhasznált elemzési paraméterekben szükségszerűen jelenlevő bizonytalanságok miatt szükséges konzervatív feltételezéseket tenni, annak érdekében, hogy ezekkel kompenzáljuk az ismeretlen bizonytalanságokat. Amely bizonytalanságokról jó kvantitatív becsléssel rendelkezik a tervező, azokat explicite figyelembe veheti úgy, hogy a névleges értékről legalább a bizonytalanság mértékével a kedvezőtlenebb irányba módosítja az érintett paramétereket. Az ilyen eseteket megfelelően indokolni és dokumentálni szükséges. Ilyen megközelítést kell alkalmazni mind a méretezési eljárások során (Lásd 3a.2.1.2000. d) alpontját!), mind a biztonság igazolására alkalmazott elemzések során.

3a.2.2.5900. „Tervezési megoldásokkal biztosítani kell, hogy az atomerőművi blokk a TA2-4 üzemállapotokat követően az ésszerűen elérhető legrövidebb idő alatt ellenőrzött állapotba, majd biztonságos leállított állapotba kerüljön. Az ellenőrzött állapot elérését legkésőbb 24 órán belül, a biztonságos leállított állapot elérését legkésőbb 72 órán belül biztosítani kell.”

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

A 3a.2.2.5900. pont előírja, hogy a tervezési alapon belül igazolni kell, hogy a tervezési megoldások teljesítik az ellenőrzött állapot elérését. Ezek az előírások elemzési kritériumként kezelendők a biztonság igazolása során (Lásd még a 3.4.1.3 alfejezetet).

3.2.3.1. Kezdeti események – veszélyeztető tényezők

3a.2.2.4000. „A feltételezett kezdeti események között minden olyan eseményt figyelembe kell venni, amely:

- a) az atomerőmű telephelyével és annak környezetével kapcsolatos és természeti eredetű,*
- b) szándékos, de nem célzottan az atomerőmű ellen irányuló, vagy szándékolatlan telephelyi és telephelyen kívüli emberi tevékenységek következménye,*
- c) az atomerőmű üzemeltetéséből, rendszereinek, rendszerlemeinek meghibásodásából, eredő technológiai meghibásodás, vagy*
- d) emberi hibából ered.”*

A 3a.2.2.4000. pont sorra veszi és csoportosítja a kezdeti eseményeket azok eredete szerint. A b) pontban írott „szándékos, de nem célzottan az atomerőmű ellen irányuló” kitétel arra irányul, hogy a szándékos, rosszindulatú emberi tevékenység elleni védekezés nem a biztonság, hanem a „védettség” területére tartozik (lásd 190/2011. (IX. 19.) Korm. rendelet), így az ilyen kérdésekre az NBSZ nem vonatkozik. A d) pont az „emberi hibából” eredő kezdeti eseményekről szól, amelyek elsősorban az operátorok (illetve, aktuálisan tevékenységet végző személyek) hibáiból eredő eseményeket jelentik. Jóllehet a karbantartási vagy tervezési hibákat ember okozza, azok mégis „technológiai meghibásodások”-nak tekintendők, így a c) pont alá tartoznak. A tervezés és a telephely-vizsgálat során elkövetett emberi hiba olyan eseményeket okozhat, amelyeket az a) és a b) alpontok alatt kellett volna megvizsgálni, illetve a várt hatásoknak megfelelően a szükséges tervezési intézkedéseket megtenni. Az ilyen hiba azt eredményezi, hogy olyan kezdeti esemény valósul meg, amiről a tervező azt feltételezte, hogy az gyakorlatilag nem lehetséges (feltételezett gyakorisága a szűrési küszöb alá esik). Ilyen esetek elkerülését jelentősen segíti a tervek független felülvizsgálata és hatósági értékelése. A mélységi védelem negyedik és ötödik szintjére éppen azért szükséges felkészülni, mivel ennek ellenére nem zárhatóak ki teljesen az ilyen esetek.

3a.2.2.4200. „Az atomerőmű tervezésénél meg kell határozni az összes lehetséges külső és belső veszélyeztető tényezőt.”

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

A 3a.2.2.4200. pont által írott követelmény analóg a már tárgyalt 3a.2.2.3500-as követelménnyel, csak ez a veszélyeztető tényezőkre vonatkozik. Ezek nem tévesztendő össze a kezdeti eseményekkel: a veszélyeztető tényezők a kezdeti események potenciális okozói. Például a földrengés veszélyeztető tényező, amely bizonyos valószínűséggel törést idézhet elő a primer körben, amely egy kezdeti esemény. A veszélyeztető tényezőkkel szemben a tervezés feladata éppen az, hogy annak a valószínűsége, hogy az kezdeti eseményt okozzon, kellően alacsony, vagy lényegében kizárható legyen. Ennek bizonyítási kötelezettségével és módjával foglalkozik később a 3a.2.3.1900. pont.

3a.2.2.4300. „A külső veszélyeztető tényezők közül legalább az alábbiakat figyelembe kell venni:

- a) szélsőséges szélterhelés,*
- b) szélsőséges külső hőmérsékletek,*
- c) szélsőséges csapadékviszonyok,*
- d) villámcsapás,*
- e) jeges és jégmentes árvíz valamint alacsony vízszint,*
- f) fel- és alvízi létesítmények sérülésének veszélye,*
- g) szél által mozgatott repülő tárgyak,*
- h) szélsőséges hűtővíz-hőmérsékletek és jegesedés,*
- i) a telephely földtani alkalmasságának igazolásánál figyelembe vett földtani adottságok (különösen a földrengés, a talajfolyósodás),*
- j) katonai és polgári repülőgép becsapódása,*
- k) telephelyhez közeli szállítási, ipari és bányászati tevékenységek,*
- l) a kapcsolódó külső távvezeték-hálózat zavarai, beleértve annak tartós és teljes üzemképtelenségét,*
- m) olyan, a telephelyen vagy annak szomszédságában lévő létesítmények, amelyek tüzet, robbanást vagy egyéb veszélyt jelenthetnek az atomerőműre,*
- n) külső tűzhatás,*
- o) elektromágneses interferencia, valamint*
- p) biológiai eredetű veszélyek.”*

A 3a.2.2.4300. pont a figyelembe veendő külső veszélyeztető tényezőknek egy minimális készletét sorolja fel, amely figyelembe veszi a hazai sajátosságokat. A külső veszélyeztető tényezők közül a természeti

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

eredetűek esetében az ún. veszélyeztetettségi görbét (lásd 7.1. sz. útmutató „Nukleáris létesítmények telephely-vizsgálatának és -értékelésének módszertana”) kell meghatározni – ahol az értelmezhető és lehetséges –, amely görbe a veszélyeztető tényező intenzitását jellemző paraméter (pl. a földrengés esetében a vízszintes gyorsulás értéke) és az előfordulási gyakoriság között teremt összefüggést (Lásd még a 3a.3.6.0100. és a 3a.3.6.2200. pontokat!). Miután igen kis gyakoriságokra kell extrapolálni, a feladat a rendelkezésre álló adatokból általában statisztikai módszerekkel oldható meg és mindig jelentős bizonytalansággal terhelt. Éppen emiatt a kiválasztás során tett feltételezéseket pontosan meg kell adni és indokolni kell.

3a.2.2.4400. „A külső veszélyeztető tényezők közül a telephely-specifikus kockázatvizsgálat alapján kell kiválasztani a tervezési alapba tartozókat.”

3a.2.2.4800. „Az egyedi események minden reális kombinációját figyelembe kell venni a tervezés során - beleértve a külső és a belső eredetű eseményeket is -, amelyek TA3-4 üzemállapothoz vezethetnek. A tervezésnél figyelembe veendő eseménykombinációkat mérnöki megfontolások és valószínűségi elemzések együttes figyelembevételével kell kiválasztani.”

3a.2.2.4900. „A tervezés során meg kell határozni a figyelembe veendő külső és belső események érintett rendszerekre és rendszerelemekre gyakorolt hatásának várható mértékét és időtartamát.”

3a.2.2.5100. „Minden olyan természeti eredetű veszélyeztető tényezőt, amelyet a fenti szűrési kritériumok alapján nem lehet kiszűrni, meg kell vizsgálni determinisztikus, illetve amennyire a legfrissebb tudományos és technikai ismeretek lehetővé teszik, valószínűségi módszerekkel is. Az elemzésnek az összes elérhető, validált adatot figyelembe kell vennie, és amennyire lehetséges, kapcsolatot kell teremtenie a veszélyeztető tényezők súlyossága, így különösképpen a nagysága és időtartama, valamint előfordulásuk gyakorisága között. Amennyire lehetséges, meg kell határozni a veszélyeztető tényezők maximális, még megalapozott mértékű súlyosságát.”

3a.2.2.5200. „A külső veszélyeztető tényezők elemzése során:

a) figyelembe kell venni minden releváns telephelyi és regionális adatot. Különös figyelmet kell fordítani a történelmi adatokra,

b) különös figyelmet kell fordítani az olyan veszélyeztető tényezőkre, amelyek időben változhatnak,

c) a használt módszerek és a feltételezések elfogadhatóságát igazolni kell, illetve becsülni kell az eredményeket befolyásoló bizonytalanságokat.”

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

3a.2.2.5300. „Amennyiben valamely természeti eredetű veszélyeztető tényező előfordulási gyakoriságát nem lehet elfogadhatóan kismértékű bizonytalansággal meghatározni, akkor egy olyan eseményt kell kiválasztani, amelyre igazolják a biztonság azonos szintjét.”

3a.2.2.5400. „Az atomerőművi blokkok nukleáris biztonságára hatással lévő külső veszélyeztető tényezők stabilitását és változásait a teljes élettartamra prognosztizálni kell, és a tervezési alapan ezt a prognosztizált értéket is figyelembe kell venni. Az időben változó veszélyeztető tényezők esetében a legkedvezőtlenebbet kell figyelembe venni.”

A veszélyeztető tényezők értékelésére további követelményeket ad meg a 3a.2.2.5200. pont. Ennek alapján a veszélyeztetettségi görbe meghatározásánál a modern, műszeres adatokon túl történelmi adatokat figyelembe kell venni, de ahol lehetséges, ott célszerű kiegészíteni ezeket geológiai, fosszilis információkkal. A b) pont arra utal, hogy amennyiben arra lehet következtetni, hogy valamely hatás egy trend szerint változik az üzemidő folyamán, akkor azt figyelembe kell venni. Ugyanezt a követelményt részletezi a 3a.2.2.5400. pont. A 3a.2.2.5200. c) pontja a bizonytalanságok megfelelő becslését írja elő. A 3a.2.2.5300. pont azt az esetet fedi le, amikor a veszélyeztető tényező intenzitásáról nincs elegendő információ, így a veszélyeztetettségi görbe meghatározása nem megoldható. Ilyenkor olyan intenzitási paraméterértéket kell kiválasztani, amelyekről konzervatívan és megalapozottan feltételezhető, hogy meghaladja az üzemidő során várható legsúlyosabb esetet.

A meghatározandó veszélyeztetettségi görbék terjedelmét a 3a.2.2.5000 b) és c) pontjai határozzák meg. Ugyanakkor ezek kiszűrési kritériumokat jelentenek, ezért a következő alfejezetben tárgyaljuk.

A természeti eredetű veszélyeztető tényezők értékelési módszereire további követelményeket ad a 3a.2.2.5100. pont. Ebből azt emeljük ki, hogy bizonyos hatások esetén nem csak az intenzitást, hanem a hatás időtartamát (pl. árvíz, vihar, szél esetén) is szükséges figyelembe venni, mivel a hatás általi igénybevétel ettől is függ. Ide tartozik még a 3a.2.2.4900. pont azzal egészítve ki az eddigieket, hogy a veszélyeztető tényezők (események) hatását intenzitás és időtartam szerint kell vizsgálni az egyes biztonság szempontjából fontos RRE-k tervezése során. A 3a.2.4400. pontban leírt követelményt mindezek alapján kell teljesíteni.

A tervezési alapan figyelembe vett külső veszélyeztető tényezőkre vagy azt kell bizonyítani, hogy azok kezdeti eseményt nem okoznak (minden érintett RRE képes ellenállni a meghatározott mértékű hatásnak), vagy azt, hogy

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

legfeljebb a tervezési alapba tartozó egyszeres meghibásodásnak megfelelő kezdeti eseményt okoz. Mivel a külső hatások jellemzően egyszerre több rendszerre hatnak, ezért általában csak az első megközelítés célravezető és lehetséges. Mindezek együtt jelentik a 3a.2.1.2000. pont a) alpontjában leírt követelmény teljesítését is.

3a.2.2.4500. „Az atomerőmű tervezésénél legalább az alábbi belső eseményeket figyelembe kell venni a különböző TA1-4 üzemállapotok között:

a) TA1-hez tartozó normál üzemi állapotok:

aa) teljesítményüzem,

ab) felterhelési folyamat,

ac) meleg készenléti állapot,

ad) meleg leállított állapot,

ae) hideg leállított állapot,

af) átrakási állapot,

ag) üzemelés kiszakaszolt hurokkal, amennyiben az megengedett,

b) TA1 üzemállapotba tartozó várható üzemi tranziensek:

ba) a hőmérsékletnek az Üzemeltetési Feltételek és Korlátok által megengedett sebességű emelése, vagy csökkentése,

bb) az Üzemeltetési Feltételek és Korlátok által megengedett mértékű ugrásszerű terhelésnövekedés, vagy -csökkenés,

bc) az Üzemeltetési Feltételek és Korlátok által megengedett sebességű terhelésnövekedés, vagy -csökkenés,

bd) háziüzemre való átkapcsolás névleges teljesítményről, gőzlefúvatással,

be) túlfeszültség vagy villamos hálózat instabilitása,

bf) üzemelés az Üzemeltetési Feltételek és Korlátok által engedélyezett korlátozó feltételek mellett,

c) TA2 üzemállapotok:

ca) szabályozó rúdkeg szándékolatlan mozgása szubkritikus reaktor mellett,

cb) szabályozó rúdkeg szándékolatlan mozgása teljesítményüzem mellett,

cc) szabályozó rúdkegek vagy rúdcsoportok helytelen pozicionálása,

cd) szándékolatlan bórsav hígulás,

ce) a primer hűtőközeg tömegáramának részleges csökkenése,

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

- cf) a főgőzvezeték záró armatúrájának szándékolatlan zárása,*
- cg) a terhelés teljes elvesztése, illetve turbinakiesés,*
- ch) gőzfejlesztő fő tápvízáramának elvesztése,*
- ci) a főgőz-tömegáram irányítatlan csökkenése vagy növekedése,*
- cj) gőzfejlesztő fő tápvízrendszerének meghibásodása,*
- ck) telephelyen kívüli villamos betáplálás elvesztése 2 óránál rövidebb időre,*
- cl) a turbina túlterhelése,*
- cm) a primer hűtőkör átmeneti nyomáscsökkenése,*
- cn) gőzfejlesztő biztonsági szelepeinek szándékolatlan nyitása vagy más egyszeres hiba által okozott szekunderköri nyomásesés,*
- co) az üzemzavari zónahűtő rendszer indokolatlan indulása,*
- cp) a primerköri vegyszeti és térfogatszabályozó rendszer meghibásodása,*
- cq) nagyon kismértékű hűtőközeg veszteség, így különösen impulzusvezeték törése,*
- cr) fő hőelnyelő elvesztése,*
- d) TA3 üzemállapotok:*
 - da) primer körüli hűtőközeg veszteség, így különösen kisméretű csőtörés,*
 - db) szekunder körüli kisméretű csőtörés,*
 - dc) a hűtőközeg áram kényszerített csökkenése,*
 - dd) üzemanyag-kazetta téves pozícióba helyezése,*
 - de) egy szabályzó rúdkegél kihúzása teljesítményüzemen,*
 - df) a térfogatkompenzátor biztonsági szelepeinek indokolatlan működése,*
 - dg) térfogat szabályozó tartály törése,*
 - dh) gáz halmazállapotú hulladékok visszatartására szolgáló tartály törése,*
 - di) folyékony hulladékok gyűjtőtartályának törése,*
 - dj) egy gőzfejlesztőcső törése, illetve az atomreaktor primer hűtőköréhez csatlakozó és részben a konténmenten kívül elhelyezkedő cső törése vagy hőcserélő cső sérülése, megelőző jódcsúcs nélkül,*
 - dk) telephelyen kívüli villamos betáplálás elvesztése 72 óráig,*
 - dl) aktív zóna instabilitása,*
 - dm) a TA2 üzemállapot során szükséges reaktorleállítási funkciót ellátó rendszerek késleltetett beavatkozása,*

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

e) TA4 üzemállapotok:

ea) főgőz vezeték törése,

eb) fő tápvíz vezeték törése,

ec) főkeringtető szivattyú beékelődés,

ed) bármely szabályzó rúdköteg kilökődése,

ee) primerköri hűtőközegvesztés, beleértve a primer kör legnagyobb átmérőjű vezetékének törését a keresztmetszet 200%-án történő kiömléssel,

ef) a nukleáris üzemanyag kezelésével, mozgatásával és tárolásával kapcsolatos üzemzavarok,

eg) egy gőzfejlesztőcső törése előzetes jódcsúccsal,

eh) több gőzfejlesztőcső törése, vagy a primer kollektor felnyílása.”

3a.2.2.4600. „A 3a.2.2.4500. pontban felsorolt események másik kategóriába is átsorolhatók, amennyiben megfelelő biztonsági elemzésekkel igazolható, hogy ez a számított bekövetkezési gyakoriságuk alapján indokolt. Átfogó tervezési megoldásokkal kell biztosítani, hogy az összes esemény bekövetkezési gyakorisága az ésszerűen elérhető legalacsonyabb legyen. Továbbá a bekövetkezési gyakoriságon alapuló besorolástól függetlenül az összes eseményre az ésszerűen elérhető legszigorúbb elfogadási kritériumok teljesítésére kell törekedni.”

3a.2.2.4700. „A 3a.2.2.4500. pontban felsorolt eseményeken túl, a TA3-4 üzemállapotok keretein belül vizsgálni kell még az alábbi eseménycsoportokat, és az azokba tartozó konkrét kezdeti események következményeire a kezdeti események gyakoriságának megfelelő kritériumokat kell alkalmazni:

a) nehéz teher leejtése emelőgépek alkalmazása során,

b) tűz, robbanás és belső elárasztás hatásai és az általuk kiváltott kezdeti események, továbbá

c) másodlagos következményeket potenciálisan kiváltó folyamatok, így különösen a repülő tárgyak, beleértve a turbina elszabaduló részeit, meghibásodott rendszerekből kikerülő veszélyes közeg, rezgés, törött csővezeték ostorozó mozgása, folyadéksugár hatásai.”

3a.2.2.4800. „Az egyedi események minden reális kombinációját figyelembe kell venni a tervezés során - beleértve a külső és a belső eredetű eseményeket is - , amelyek TA3-4 üzemállapothoz vezethetnek. A tervezésnél figyelembe veendő eseménykombinációkat mérnöki megfontolások és valószínűségi elemzések együttes figyelembevételével kell kiválasztani.”

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

A belső események minimális készletét, amelyet a tervezési alapon belül tárgyalni szükséges a 3a.2.2.4500. pont rögzíti. Az eseményeket a TA1-4 üzemállapotok alapján öt csoportba sorolja, úgy, hogy a TA1 állapotot két alcsoportra osztja a) és b). A két csoport a normál üzemi állapotok stacioner és tranziens folyamatainak felel meg, és minden ilyen esetben teljesülniük kell az Üzemeltetési Feltételek és Korlátok (ÜFK) előírásainak. Ezekre a folyamatokra azt kell bemutatni, hogy azok végrehajthatók az ÜFK keretein belül megfelelő tartalékokkal úgy, hogy valamely hiba fellépése nélkül semmilyen kezdeti esemény nem jön létre. A csoportosítás a TA2-től kezdődően úgy értendő, hogy az esemény TA1 üzemállapot valamely alesetében kezdődik és az esemény következtében az erőmű a megadott üzemállapotba kerül. A 3a.2.2.4600. pontot úgy kell értelmezni, hogy olyan esetben, amikor bizonyítható, hogy valamely esemény gyakorisága kisebb, mint a 2. táblázatban az adott üzemállapotra meghatározott érték, az esemény következményeire akkor is teljesíteni kell annak az üzemállapotnak a kritériumait, amelynek listájában a 3a.2.2.4500. alatt az esemény szerepel.

Fontos hangsúlyozni, hogy a 3a.2.2.4500. alatti lista nem teljeskörű, tehát alkalmazása nem teljesíti automatikusan a 3a.2.2.3500.-ban leírt általános követelményt. A 3a.2.2.4700. pont alatt leírt eseménnytípusokra, illetve minden más eseményre, amely gyakorisági alapon a tervezési alapba sorolandó, a 2. táblázat alapján kell megtenni a besorolást.

A 3a.2.2.4800. pont kontextusából következik, hogy az „esemény” szó külső (elsősorban természeti) eseményre utal, illetve ezek kombinációjára az esetlegesen fellépő belső eredetű kezdeti eseményekkel. Olyan példákat lehet felhozni, mint egy igen erős vihar (vagy más természeti katasztrófa, pl. földrengés) reálisan együtt járhat a külső hálózatról való leszakadással, vagy egy tartós aszály során történhet valamely belső kezdeti esemény, pl. kisátmérőjű primer körű törés. Mivel az ilyen kombinációk egy részében az események nem függetlenek, ezért ezeket nem szabad statisztikai alapon kiszűrni.

3.2.3.2. Szűrési kritériumok

3a.2.2.5000. „A feltételezett kezdeti események köréből kiszűrhető:

- a) a rendszerek, szerelemek meghibásodása vagy emberi hiba, vagy mindkettő következtében bekövetkező belső kezdeti esemény, ha a gyakorisága kisebb, mint 10^{-6} /év;*
- b) a telephelyre jellemző külső emberi tevékenységből származó olyan esemény, amelynek gyakorisága 10^{-7} /évnél kisebb, vagy ha a veszélyeztető tényező olyan*

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

távolságban van, hogy igazolható az, hogy az atomerőművi blokkra az várhatóan nem gyakorol hatást; valamint

c) a 10^{-5} /évnél kisebb gyakorisággal ismétlődő természeti eredetű külső hatás által keltett minden kezdeti esemény."

A 3a.2.2.5000. pont rögzíti azokat szűrési valószínűségi kritériumokat, amelyekre már hivatkozott a 3a.2.2.4100-as pont. A „kiszűrés” egyrészt azt jelentheti, hogy a tervező megállapítja a kezdeti esemény elvi lehetőségét, valószínűségi elemzésekkel reális becslést ad annak gyakoriságára, és ha belátható, hogy a szűrési kritérium alá esik, az eseményből eredő folyamatok részletes elemzésétől eltekint (pl. a reaktortartály törése). Más esetekben elemzés nélkül megállapítható, hogy ilyen esemény gyakorisága bizonyosan és jelentős mértékben a kritérium alá esik, tehát semmi további megfontolásra, elemzésre nincs szükség (pl. műhold becsapódása). A 3a.2.2.5000. három különböző szűrési kritériumot rögzít.

Az a) feltétel a belső eredetű kezdeti eseményekre vonatkozik, beleértve a közvetlen emberi hibából (de nem szándékos szabotázscselekményből) eredő hibákra vonatkozik. Az emberi hibák gyakoriságának megbízható becslése általában nehezebb, mint a technológiai hibáké, annál inkább, mivel ez nem csak az emberi tulajdonságoktól függ, hanem a technológia kialakításától és a szervezeti tényezőktől is. Megfelelően megtervezett kísérletek teljes léptékű szimulátor felhasználásával alkalmasak bizonyos típusú emberi hibák gyakoriságának mérésére, ugyanakkor a szimulátor tréningcélú rendszeres alkalmazása csökkenti az ilyen hibák esélyét.

A b) feltétel által lefedett eseménycsoport a telephelyen kívül vagy belül, de az erőművi blokk biztonság szempontjából fontos épületein, területein kívül végzett tevékenységekre vonatkozik (pl. ipari tevékenység, szállítás, közlekedés stb.). A szigorúbb szűrési feltételt az indokolja, hogy ezek a tevékenységek (illetve azok hatása) jellemzően nem sztochasztikusak, ezért a valószínűségi modellezés elég durva közelítés. Az ez által okozott szisztematikus hibát kompenzálhatja az, hogy a szigorúbb szűrési feltétel miatt a valószínűtlenebbnek tűnő eseményeket figyelembe kell venni. Fontos további feltétel a szűrésre a távolságtól való függése a hatásoknak: ha belátható, hogy valamilyen veszélyes tevékenység egy adott távolságon túl nem lehet hatással az erőműre, akkor csak azokat az eseteket kell figyelembe, amelyek a távolságon belül történhetnek.

A c) feltétel a természeti eredetű hatásokra vonatkozik. Itt a belső hatásokhoz képest enyhébbnek tűnő kritériumot az indokolja, hogy a természeti hatások már tízezer éves időtávon speciális trendeket követnek

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

és nem csak véletlenszerűek (pl. 12000 évvel ezelőtt még jégkorszak volt). Ugyanakkor, a rendelkezésre álló adatokból csak matematikai modellek alapján lehet a veszélyeztetettségi görbéket meghatározni. Mivel megbízható adatok a legtöbb hatásra csak néhány évtizedre visszamenőleg állnak rendelkezésre, az ilyen mértékű kiterjesztés igen nagyfokú bizonytalanságot tartalmaz.

3.2.3.3. Veszélyeztetettségi görbék

A meghatározandó veszélyeztetettségi görbék minimális terjedelmét a 3a.2.2.5000 b) és c) pontjai határozzák meg kiszűrési feltételek formájában. A b) pont az emberi eredetű veszélyeztető tényezőkre azt a valószínűségi kritériumot adja meg, hogy minden olyan tényezőt, ill. ahhoz rendelhető intenzitást figyelembe kell venni, amelynek gyakorisága nagyobb, mint 10^{-7} /év. A 10^{-5} /év medián gyakoriságú földrengésre tervezve nagy megbízhatósággal garantálható hogy a sérülékenységi nem lesz 1%-nál nagyobb, azaz teljesül a nagy vagy korai kibocsátásra a 10^{-7} /év (medián) gyakoriság. Fontos azonban, hogy a görbét tovább meghatározzák, annak érdekében kiértékelhető legyen a szakadékszél hatás elkerülése érdekében szükséges tartalék.

3a.2.2.5100. „Minden olyan természeti eredetű veszélyeztető tényezőt, amelyet a fenti szűrési kritériumok alapján nem lehet kiszűrni, meg kell vizsgálni determinisztikus, illetve amennyire a legfrissebb tudományos és technikai ismeretek lehetővé teszik, valószínűségi módszerekkel is. Az elemzésnek az összes elérhető, validált adatot figyelembe kell vennie, és amennyire lehetséges, kapcsolatot kell teremtenie a veszélyeztető tényezők súlyossága, így különösképpen a nagysága és időtartama, valamint előfordulásuk gyakorisága között. Amennyire lehetséges, meg kell határozni a veszélyeztető tényezők maximális, még megalapozott mértékű súlyosságát.”

3a.2.2.5200. „A külső veszélyeztető tényezők elemzése során:

- a) figyelembe kell venni minden releváns telephelyi és regionális adatot. Különös figyelmet kell fordítani a történelmi adatokra,*
- b) különös figyelmet kell fordítani az olyan veszélyeztető tényezőkre, amelyek időben változhatnak,*
- c) a használt módszerek és a feltételezések elfogadhatóságát igazolni kell, illetve becsülni kell az eredményeket befolyásoló bizonytalanságokat.”*

3a.2.2.5400. „Az atomerőművi blokkok nukleáris biztonságára hatással lévő külső veszélyeztető tényezők stabilitását és változásait a teljes élettartamra prognosztizálni kell, és a tervezési alapon ezt a prognosztizált értéket is

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

figyelembe kell venni. Az időben változó veszélyeztető tényezők esetében a legkedvezőtlenebbet kell figyelembe venni.”

A 3a.2.2.5100. pont lényegében a veszélyeztetettségi görbék meghatározására ad követelményeket, beleértve a meghatározáshoz alkalmazandó adatok körét. Az adatok tekintetében a 3a.2.2.5200. a) pontja azzal egészíti ki az adatokra vonatkozó követelményeket, hogy „minden releváns telephelyi és regionális adatot” fel kell használni, amely úgy értelmezendő, hogy felhasználandóak olyan adatok, amelyek nem a telephely szoros közelségéből származnak, de megfelelően jellemzik a telephelyi viszonyokat. Mindezt kiegészíti a 3a.2.2.5400 pont és a 3a.2.2.5200. b) pontja azzal, hogy direkt módon figyelembe kell venni, ha valamely hatás jellemző értékei feltételezhetően szisztematikusan változnak az élettartam során (pl. globális felmelegedés). Ilyen esetekben torzítani kell a veszélyeztetettségi görbét és ennek megfelelőségét igazolni kell az EBJ-ben.

3.2.3.4. Több-blokkos erőmű

3a.2.2.5500. „Több blokkal rendelkező atomerőmű esetében az atomerőmű egésze és a blokkok tervében figyelembe kell venni, hogy egyes külső veszélyeztető tényezők egyidejűleg érinthetik az atomerőmű minden blokkját.”

3a.2.2.5600. „Több blokkal rendelkező atomerőmű esetében a tervezés során vizsgálni kell a blokkok által használt, megegyező rendeltetésű, típusú és üzemeltetésű biztonsági rendszerek közös okú meghibásodásának lehetőségét.”

3a.2.2.5700. „Több blokk által közösen alkalmazott biztonsági rendszerek meghibásodását és azoknak az egyes blokkok nukleáris biztonságára gyakorolt egyidejű hatását vizsgálni kell.”

A külső eredetű veszélyeztető tényezőknek a legfontosabb jellemzőjére hívják fel a figyelmet a 3a.2.2.5500-5700. pontok, azzal kapcsolatban, hogy a külső hatások feltételezhetően „egyidejűleg érinthetik az atomerőmű minden blokkját” és feltételezhető, hogy a blokkok által használt „megegyező rendeltetésű, típusú” RRE-e hasonlóan reagálnak a hatásra. Az utóbbi probléma egy blokkon belül fennáll: az azonos tulajdonságú redundáns rendszerek azonos módon sérülhetnek.

3a.2.2.5800. „Olyan telephely estén, ahol több nukleáris létesítmény is üzemel, elemezni kell a létesítmények egymásra gyakorolt hatását is a létesítmények valamennyi üzemállapotában és a feltételezhető összes veszélyeztető tényező által létrehozott körülmények között. A kölcsönhatások elemzésénél a létesítési, üzembe helyezési és a leszerelési életciklus szakaszokat is figyelembe kell venni.”

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

A 3a.2.2.5800. pont úgy értelmezendő, hogy több-blokkos telephely esetén az emberi eredetű külső veszélyeztető tényezők között figyelembe kell venni a szomszédos blokkok potenciális hatásait. Természetesen nem csak olyan esetben, amikor a szomszédos blokkok normál üzemállapotban vannak (ilyen esetben elvárható, hogy semmi hatás ne legyen), hanem üzemzavari, baleseti állapotok esetén, valamint a létesítmények életciklusának minden fázisában (pl. létesítés, leszerelés).

3.2.4. A tervezési alap kiterjesztése

A tervezési alap kiterjesztése tervezett és megfelelő kritériumokkal körülbástyázott átmenetet képez a tervezési alapba tartozó, nagy megbízhatósággal kontrollált folyamatok és a jelentős külső, környezeti hatással járó, tervezett eszközökkel már nem kontrollálható, nagy kibocsátással járó súlyos balesetek között. A 3a.2.2.0200.-0300. pontokból – együtt a 3a.2.2.4800. ponttal – indirekt módon következik, hogy a tervezési alap kiterjesztésén (TAK) belül olyan eseteket kell kezelni, amelyek nem részei a tervezési alapnak, de nem tartoznak a gyakorlatilag kizárható kategóriába.

3a.2.2.6000. „A mélységi védelem elvével összhangban, a TAK üzemállapotokat eredményező eseményeket és eseménykombinációkat valószínűségi módszerekkel és mérnöki megfontolásokkal kiegészített determinisztikus elemzésekkel kell kiválasztani. Igazolni kell, hogy minden lehetséges eseményt és eseménykombinációt figyelembe vettek. A biztonság igazolására szolgáló elemzéshez a módszerek közül a vizsgált esetnek leginkább megfelelőt vagy azok leginkább megfelelő kombinációját kell alkalmazni.”

A 3a.2.2.6000. pont úgy részletezi a TAK események kiválasztási módját, hogy az *„eseményeket és eseménykombinációkat valószínűségi módszerekkel és mérnöki megfontolásokkal kiegészített determinisztikus elemzésekkel kell kiválasztani”*. Tehát alapvetőek a valószínűségi módszerek, mivel elsősorban valószínűségi kritérium különbözteti meg a TAK1 és TA eseteket. Ebből az is következik, hogy olyan kis valószínűségű egyszeres hibából származó, nem komplex eseménysor, amelynek gyakorisága a küszöb alá esik, TAK kritériumok szerint kezelhető. Lényeges kiemelni azonban, hogy TAK kategóriára nincs alsó valószínűségi küszöb, tehát a tervező *„mérnöki megfontolásokkal kiegészített determinisztikus elemzések”* alapján ide sorolhat olyan folyamatokat, eseményeket, amelyek kizárhatóságát nem tudja garantálni, ezért célszerűnek látja gondoskodni arról, hogy a következmények korlátozottak legyenek. Emiatt a TAK kategóriában kezelt eseményláncokra csak azt kell PSA-val belátni, hogy gyakoriságuk kisebb,

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

mint 10^{-6} /év, az eredménynek további jelentősége nincsen. Az a követelmény, hogy „Igazolni kell, hogy minden lehetséges eseményt és eseménykombinációt figyelembe vettek.” úgy értelmezhető, hogy minden olyan eseményláncot megvizsgálunk, amely potenciálisan nagyobb gyakoriságú, mint a 10^{-7} /év-es küszöb (az eseménylánc gyakorlatilag kizárható), más értelmezés esetén korlátlan halmazról lenne szó.

A 3a.2.2.6100-6200. és a 3a.2.2.6600-6700. pontokat a 3.3. „Biztonság igazolása” fejezet tárgyalja.

3a.2.2.6300. „A tervezési alap kiterjesztésénél legalább az alábbiakat figyelembe kell venni, feltéve, hogy a tervezési alapnak nem képezi részét és az adott erőműtípusra értelmezhető:

- a) teljes feszültségvesztés,
- b) a TA2-4 üzemállapot során szükséges reaktor leállítási funkciót ellátó rendszerek elvesztése,
- c) gőzvezeték-törés a gőzfejlesztő hőátadó felületének járulékos sérülésével,
- d) a konténment megkerülésével közvetlen környezeti kibocsátáshoz vezető események,
- e) teljes tápvízvesztés,
- f) hűtőközegvesztés valamelyik zóna-üzemzavari hűtőrendszer-típus teljes elvesztésével,
- g) szabályozatlan szintcsökkenés a részlegesen feltöltött hurok melletti természetes cirkulációs üzemállapot vagy átrakás során,
- h) az alapvető biztonsági funkciót ellátó berendezések egy vagy több segédrendszerének teljes elvesztése,
- i) az aktív zóna hűtésének elvesztése a maradványhő elvezetése során,
- j) a pihentető medence hűtésének elvesztése,
- k) ellenőrizetlen bórhiágulás,
- l) egy gőzfejlesztő több hőátadó csövének egyidejű törése,
- m) egy feltételezett kezdeti esemény kezeléséhez hosszú távon szükséges biztonsági rendszerek elvesztése,
- n) konténment nyomáscsökkentő funkció elvesztése olyan üzemállapotokban, amikor arra szükség lenne,
- o) üzemanyag-olvadással járó egyéb események,
- p) katonai és polgári repülőgép becsapódása, valamint

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

q) a többszörös meghibásodással járó események.”

3a.2.2.6400. „A TAK1 üzemállapothoz vezető események kiválasztásánál minden olyan eseményt vagy eseménykombinációt figyelembe kell venni, amelyekről nem lehet nagy biztonsággal megállapítani, hogy extrém alacsony a bekövetkezési valószínűségük, és olyan állapotokhoz vezethetnek, amiket nem vettek figyelembe a tervezési alapon. Ennek ki kell terjednie az alábbiakra:

a) a lehetséges üzemállapotok során bekövetkező események,

b) a belső és külső veszélyeztető tényezők hatására bekövetkező események,

c) közös okú meghibásodások,

d) a telephelyen található valamennyi nukleáris létesítmény hatása, valamint

e) események, amelyek a telephelyen található valamennyi létesítményt érinthetik, a közöttük feltételezhető kölcsönhatásokkal együtt.”

3a.2.2.6500. „Azonosítani kell minden olyan TAK2 üzemállapotot, amelyekben nem kerülhető el a súlyos fűtőelem sérülés.”

A 3a.2.2.6300-6500. pontok előírják azokat a szituációkat, amelyeket legalább figyelembe kell venni a tervezési alap kiterjesztésének esetei között, amennyiben az értelmezhető az adott típusra, és ha azokat nem tekintette a tervező a tervezési alap részének, illetve ha nem bizonyítható, hogy az adott eset gyakorlatilag kizárható.

3a.2.2.6800. „Alternatív villamos-energia ellátási lehetőséget kell biztosítani a teljes feszültségvesztés elkerülésére.”

A 3a.2.2.6800. pont feltétel nélküli követelményt fogalmaz meg olyan célú alternatív energiaforrásokra, amelyek a TAK esetek kezelését támogatják. Bizonyítani kell, hogy ezek a megoldások minősítve vannak a TAK esetén fellépő környezeti feltételekre.

3a.2.2.6900. „A tervezési alap kiterjesztésénél figyelembe vett TAK1 üzemállapotot követően biztosítani kell az ellenőrzött állapot elérését 24 órán belül, a biztonságos leállított állapot elérését legkésőbb 72 órán belül.”

A 3a.2.2.6900. pont az ellenőrzött állapot és a biztonságos leállított állapot elérésének időhatára tekintetében a TA4-el azonos követelményt rögzít a TAK1 eseményláncokra (v. ö.: 3a.2.2.5900). Ennek alapján egyértelmű, hogy az F1B és az F2 biztonsági funkciójú rendszerek alkalmazása része lehet a TAK1 folyamatok kezelésének.

3a.2.2.7000. „A tervezési alap kiterjesztésénél a baleset-kezelési funkciókat és az azokat megvalósító rendszerek képességeit kell figyelembe venni annak

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

érdekében, hogy a TAK2 üzemállapot következményei a 3a.2.4.0800. pontban a nagy vagy korai kibocsátásokra előírt kritériumoknak megfelelően csökkenthetők legyenek."

A 3a.2.2.7000. pont alapvetően TAK2-re értelmezendő, amely folyamatok kezelésének céljára speciális rendszereket szükséges tervezni annak érdekében, hogy a kibocsátásra vonatkozó kritériumok teljesítése lehetséges legyen.

3a.2.2.7200. „Legalább az alábbi eseményeket tervezési megoldásokkal vagy preventív baleset-kezelési képességek kialakításával gyakorlatilag ki kell zárni, azaz bizonyítani kell, hogy bekövetkezésük fizikailag lehetetlen, vagy a bekövetkezési gyakorisága nagy biztonsággal kisebb, mint 10^{-7} /év:

a) reaktortartály törése,

b) prompt kritikussággal járó reaktivitás balesetek, beleértve a heterogén bórhígulási eseteket is,

c) minden olyan rövid- és hosszútávon jelentkező terhelés, ami veszélyeztetheti a konténment integritását, így különösképpen nehéz teher leejtése, gőz- és hidrogénrobbanás, üzemanyag-olvadék kölcsönhatása beton teherhordó szerkezetekkel és konténment túlnyomódás,

d) hűtés elvesztése a besugárzott fűtőelem tárolása során, ami fűtőelem-sérüléshez vezethet, valamint

e) hűtőközeg-vesztés nyitott konténment mellett, ami a zóna szárazra kerülését okozhatja."

3a.2.2.7300. „A bizonytalanságok minimalizálása és az atomerőművi blokk biztonságának robusztussága érdekében a gyakorlati kizárhatóság igazolása során előnyben kell részesíteni a fizikai lehetetlenségen alapuló igazolást a valószínűségi alapon történő igazoláshoz képest."

3a.2.2.7400. „A tervezés során baleset-kezelési funkciókat és azokat megvalósító, baleseti nyomáscsökkentő és hidrogén eltávolító rendszereket olyan terjedelemben kell meghatározni, hogy az üzemanyag-olvadást okozó eseményeknél a nagynyomású folyamatok, valamint a korai konténment sérülések elkerülhetők legyenek."

A 3a.2.2.7200. pontban felsorolt események olyan súlyos következményekkel járnának, amelyeket mindenképpen el kell kerülni. ennek érdekében ki kell zárni a megvalósulásuk lehetőségét: tehát bizonyítani kell, hogy előfordulásuk fizikailag lehetetlen vagy gyakoriságuk kisebb, mint 10^{-7} /év. A 3a.2.2.7400. lényegében kiegészíti a 3a.2.2.7200. pontot azzal, hogy a gyakorlatilag kizárható eseményláncok között kell

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

kezelné az üzemanyag-olvadással és korai konténment-sérüléssel járó eseteket, különös tekintettel a hidrogénrobbanás vagy gőzrobbanás lehetőségére. A megadott listán túl, az adott erőmű típusától függően a tervezőnek bizonyítania kell, hogy gyakorlatilag kizárható minden olyan eseménylánc, amely potenciálisan az itt felsoroltakhoz hasonlóan súlyos következményekkel járhat.

A 3a.2.2.7300. a gyakorlati kizárás bizonyítási módjára tesz ajánlást: *„előnyben kell részesíteni a fizikai lehetetlenségen alapuló igazolást a valószínűségi alapon történő igazoláshoz képest”.*

3a.2.2.7500. *„Balesetek következményeit enyhítő funkciókat és szükség esetén azokat megvalósító rendszereket olyan terjedelemben kell meghatározni, hogy súlyos balesetknél az üzemanyag olvadék konténmenten belül lehűtött állapotban megtartható legyen.”*

A 3a.2.2.7500. pont, a 3.4.1.2. fejezetben tárgyalt kibocsátási kritériumokon túl, a TAK2 esetekre explicite előírja, hogy olyan rendszereket kell tervezni, amelyek egy esetleges üzemanyag-olvadást követően biztosítják azt, hogy az olvadék a konténment belsejében maradjon és megfelelő hűtéséről gondoskodni lehessen. A kibocsátási követelmények alapján egyértelmű, hogy ezt hosszú távon kell tudni biztosítani.

3a.2.2.7600. *„A súlyos baleset utáni biztonságos állapot elérését a sérült rendszerek helyreállításával vagy a TAK üzemállapot kezelését biztosító balesetkezelési rendszerek működtetésével az ésszerűen elérhető legrövidebb időn belül, de a 10. melléklet 146. pont a)-c) alpontjai tekintetében legkésőbb 168 órán belül biztosítani kell.”*

Az NBSZ 10. kötetének 146. definíciója meghatározza a súlyos baleset utáni biztonságos állapotot:

- „a) a zónatörmelék megszilárdult és hőmérséklete stabil vagy csökken,*
- b) a zónatörmelékből származó hőt külső hőelnyelőbe lehet elvezetni,*
- c) a zónatörmelék konfigurációjában $keff \ll 1$,*
- d) a konténment nyomása olyan alacsony, hogy annak kinyitásakor a korlátozott környezeti hatás kritérium teljesül, valamint*
- e) a hasadási termékek kikerülése a konténmentbe megszűnt.”*

Az e) pont úgy értelmezendő, hogy a hasadási termékek jelentős mértékű kikerülése a konténmentbe megszűnt, hiszen egy súlyos baleset után diffúzióval, deszorpcióval, párolgással stb. folyamatosan zajlik a kikerülés,

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

abszolút értelemben csak akkor szűnik meg, amikor a sérült zónát eltávolították és minden szerkezetet dekontamináltak.

3a.2.2.7700. „Meg kell tervezni a szükséges baleset-kezelési eszközöket, és ki kell dolgozni a baleset-kezelési útmutatókat a részletesen elemzett tervezési alapot meghaladó állapotok - beleértve az üzemanyag teljes megolvadásával járó súlyos baleseti folyamatokat - következményeinek hatékony csökkentésére úgy, hogy a környezet és a lakosság veszélyeztetése a baleset-kezelési eljárások és eszközök sikeres működése esetén előre meghatározott, kezelhető szint alatt maradjon.”

3a.2.2.7800. „A baleset-kezelési eszközökre csak ésszerűen megvalósítható mértékben kell alkalmazni a biztonsági rendszerekre előírt speciális tervezési követelményeket. A baleset-kezelési eszközök nem befolyásolhatják kedvezőtlenül a tervezési alapba tartozó biztonsági funkciók teljesülését.”

A 3a.2.2.7700-7800. pontok a balesetkezelési eszközök tervezésére adnak követelményeket, amelyekből kiemelendő, hogy azokat oly módon kell megtervezni, hogy „... nem befolyásolhatják kedvezőtlenül a tervezési alapba tartozó biztonsági funkciók teljesülését” (3a.2.2.7800). Ez a követelmény egy speciális megjelenése a mélységben tagolt védelem szintjei között megkövetelt függetlenségnek.

3a.2.2.7900. „TAK üzemállapotot eredményező külső veszélyeztető tényezők elemzése során, az ésszerűen megvalósítható biztonságnövelő intézkedések azonosításához legalább a következőket kell teljesíteni:

- a) meg kell határozni az adott esemény azon súlyosságát, amelyet átlépve nem lehet biztosítani az alapvető biztonsági funkciókat,*
- b) igazolni kell, hogy a szakadékszél-effektus elkerüléséhez kellő tartalékok állnak rendelkezésre,*
- c) azonosítani és értékelni kell az alapvető biztonsági funkciók biztosításának leghatékonyabb módjait,*
- d) figyelembe kell venni az olyan eseményeket is, amelyek egyszerre érintenek több blokkot, valamint redundáns rendszert és rendszerelemet, illetve hatással vannak a telephelyi és a regionális infrastruktúrára, a telephelyen kívüli szolgáltatásokra és védelmi intézkedésekre,*
- e) igazolni kell, hogy több blokkal rendelkező atomerőmű esetén a közös használatú erőforrások elegendő mennyiségben állnak rendelkezésre, aminek teljesüléséről helyszíni ellenőrzéssel is meg kell győződni.”*

A külső veszélyeztető tényezők potenciálisan TAK eseményláncokat eredményezhetnek azáltal, hogy egyidejűleg több rendszer, sőt egyidejűleg

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

a telephelyen lévő több erőművi blokk épségét veszélyeztethetik. Az ilyen hatásokkal kapcsolatos bizonyítási eljárások tartalmára ad követelményeket a 3a.2.2.7900. pont. A külső eseményeknél alapvetően arra kell törekedni, hogy legalább a TAK1 kritériumai teljesüljenek. A megadott lista segítséget nyújt arra, hogy – a TAK koncepciónak megfelelően – miként kell bizonyítani, hogy minden olyan eseménylánc (akár belső, akár külső hatásra alakul ki), amely nem teljesíti a TAK-ra vonatkozó kritériumokat, gyakorlatilag kizárható. Az a) és c) alpontokra vonatkozó ajánlások:

- Az a) pontban említett „súlyosság”-ot meghaladó esemény következtében az alapvető biztonsági funkciók valamelyike már nem biztosítható. Az ilyen helyzetben a TAK2 állapot kialakulása feltételezhető. Azonban, ha az áll elő, hogy a 3. alapvető biztonsági funkció az első kettő valamelyikével együtt nem teljesül, az már túlmutat a TAK2-n, tehát ha létezik ilyen súlyossága a veszélyeztető tényezőnek, akkor be kell mutatni, hogy az gyakorlatilag kizárható.
- A c) pont esetén tervezőnek azt kell igazolnia, hogy az alapvető biztonsági funkciók megvalósítására több megoldást megvizsgált és a leghatékonyabbat választotta.
- A d) pont szerinti eredményeket figyelembe kell venni a baleset-elhárítás és a baleset-kezelés tervezésekor.

3.2.5. A biztonságra való tervezés elvei

3a.2.2.8000. „Az atomerőművi blokk tervezése során azonosítani kell a TA2-4 üzemállapotokat és TAK1 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményeket. Konzervatív módszerekkel meg kell határozni az események nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszerekre és rendszerelemekre kifejtett hatásait. A kezdeti események reprezentatív csoportokba sorolhatók. A tervezési követelményeket, a figyelembe veendő hatásokat, eseményeket és határértékeket csoportonként, burkoló elv alapján is meg lehet határozni.”

A 3a.2.2.8000. pont ugyan részben a biztonság igazolásának módszeréről szól, de annyiban ide tartozik, hogy a tervezés során célszerű a különböző üzemállapotokra vezető kezdetiesemény-típusokban gondolkodni és a különböző üzemzavarok, balesetek kezelésére, a következmények minimalizálásra betervezett rendszereket ennek megfelelően kialakítani. Az RRE-k tervezésének egyik fontos szempontja továbbá az, hogy „... Konzervatív módszerekkel meg kell határozni az események nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszerekre és rendszerelemekre kifejtett hatásait. ...” (3a.2.2.8000.), amely lényegében azonos a 3a.2.2.3600. pont követelményével, de a konzervatív módszer alkalmazása lényeges

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

kiegészítés. Itt a fontossága miatt vissza kell utalni a 3a.2.1.2000. pont d) alpontjára, amely a gátfunkciót teljesítő fizikai gátak tervezésére mondja ki a konzervatív tervezés követelményét.

3.2.5.1. Prioritási sorrend

3a.2.2.8100. „A kezdeti eseményeket követő folyamatok kezelése során az itt meghatározott sorrendben olyan megoldást kell alkalmazni, mely az ésszerű mértékben biztosítja, hogy:

a) a kezdeti esemény ne okozhasson szignifikáns hatást a biztonságra, vagy az esemény okozta változás a biztonság irányába történjen, a rendszerek inherens biztonsági jellemzőinek köszönhetően;

b) a kezdeti esemény hatására az atomerőmű biztonságos maradjon a passzív biztonsági eszközök vagy olyan rendszerek működése révén, amelyek folyamatosan üzemelnek a kezdeti esemény szerinti állapotban;

c) a kezdeti eseményt követően az atomerőmű biztonságos leállított állapotba kerüljön azoknak a biztonsági rendszereknek a működése révén, amelyek az esemény kezeléséhez szükségesek; valamint

d) a kezdeti eseményt követően az atomerőmű biztonságos leállított állapotba kerüljön speciális eljárások alkalmazása révén.”

3a.2.2.8200. „Amennyiben valamely kezdeti esemény bekövetkezésekor azonnali beavatkozásra van szükség, biztosítani kell, hogy az automatikusan megtörténjen a súlyosabb következmények megelőzése érdekében. A kezelői beavatkozásra akkor kerülhet sor, ha az esemény észlelése és a szükséges intézkedés közötti idő a biztonsági elemzésekben bizonyítottan elegendően hosszú. A kezelői beavatkozás esetén biztosítani kell a kezdeti esemény kezeléséhez szükséges megfelelő adminisztratív, üzemviteli, üzemzavar-elhárítási és baleset-kezelési eljárások rendelkezésre állását.”

Prioritási sorrendet határoz meg a 3a.2.2.8100. pont arra, hogy milyen célokat kell kitűzni a kezdeti események következményinek elhárítására. Eszerint,

- **elsődlegesen** – ha lehetséges – olyan megoldást kell találni, hogy a kezdeti esemény ne legyen jelentős hatással a biztonságra, vagy passzív, inherens fizikai folyamatokon keresztül (pl. reaktivitás-tényezők, visszacsatolások) a biztonság irányába vigye a rendszert;
- **másodlagosan** olyan passzív módon működő rendszerek vigyék és tartsák biztonságos állapotban a reaktort, amelyek nem igényelnek sem

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

automatikát, sem operátori beavatkozást (pl. hidroakkumulátor, természetes cirkuláció);

- **harmadlagosan** automatikusan működő biztonsági rendszerek révén kerüljön a reaktor ellenőrzött, majd biztonságos leállított állapotba, továbbá

Üzemeltetői beavatkozás: csak olyan esetben támaszkodjon a blokk biztonsága az személyzet által végrehajtandó speciális eljárásokra, amikor a fenti megoldások nem látták el a feladatukat, vagy az adott rendkívüli helyzetre ilyen rendszereket reálisan nem lehet tervezni.

A 3a.2.2.8200. pont egyértelműen megköveteli, hogy amikor egy kezdeti esemény azonnali beavatkozást igényel, akkor azt automatikus rendszerrel kell végrehajtatni. A biztonsági célú kezelői beavatkozásra csak „... akkor kerülhet sor, ha az esemény észlelése és a szükséges intézkedés közötti idő a biztonsági elemzésekben bizonyítottan elegendően hosszú. ...” (v. ö.: 3a.2.2.8900. a) pontjával!). Az lényeges kitétele ennek a pontnak, hogy az ilyen beavatkozásokhoz szükséges eljárásoknak, dokumentumoknak rendelkezésre kell állniuk, ami tervezési szempontból azt jelenti, hogy a tervező teljes részletességgel ki kell, hogy dolgozza azokat.

3a.2.2.9100. „A tervezés során egyszerűsége, átláthatóságra kell törekedni. A passzív védelmi rendszerek használatát kell előnyben részesíteni az aktív megoldásokkal szemben.”

A követelmény általános jellege miatt itt érdemes tárgyalni a 3a.2.2.9100. pontot. Az „egyszerűsége, átláthatóságra” való törekvés fontos több szempontból: könnyebb a biztonsági elemzések elvégzése, értelmezése, felülvizsgálata, de előnyösebb a létesítés, az üzemeltetés és a karbantartás szempontjából is. A passzív rendszerek alkalmazása részben szintén harmonizál az előbbi elvárással, mert általában az ilyen rendszerek egyszerűbbek és könnyebben elemezhetők. A passzív rendszerek előnye, hogy működésükhöz nem igényelnek külső energiaforrást vagy vezérlést, funkciójuk teljesítését egyszerű fizikai folyamatok biztosítják, ezáltal lényegesen kevésbé vannak kitéve az esetleges emberi hibáknak, az aktív rendszerekhez képest. Ugyanakkor passzív rendszerek alkalmazása esetén fokozottan gondot kell fordítani az öregedési effektusokra, mint korrózió, erózió stb., hiszen ezek a hatások könnyen megghiúsíthatják a passzív rendszerek működésbe lépését a hosszú inaktivitást követően. A passzív rendszerek esetében különbséget kell tenni a tesztelhető és a nem tesztelhető rendszerek között. Ez utóbbiak esetén a tervezésnek megfelelő

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

módszerrel bizonyítani kell a teljes élettartam alatt, hogy a rendszer valóban működképes lesz, amikor a funkciójára szükség merül fel.

3.2.5.2. A normál üzemi rendszerek és a biztonsági rendszerek elválasztása

3a.2.2.8300. „A normál üzemvitel céljaira tervezett rendszerekben, rendszerelemekben fellépő meghibásodások nem akadályozhatják a biztonsági funkciók ellátását.”

Igen lényeges a 3a.2.2.8300. pont előírása arra, hogy a normál üzem céljaira tervezett RRE-k hibái „nem akadályozhatják a biztonsági funkciók ellátását”, azaz nem akadályozhatják a biztonsági RRE-k működését. Ezt a függetlenséggel és az elválasztással kell elérni. Az előbbi azt jelenti, hogy a normál üzemi rendszerek villamos energiaellátása (és más esetleg szükséges energiaellátása, pl. sűrített levegő, üzemanyag stb.), vezérlése, mérőrendszerei függetlenek kell, hogy legyenek a biztonsági rendszerek hasonló célú ellátó rendszereitől. Az elválasztás kellően robosztus fizikai elválasztást jelent, amely biztosítja, hogy a meghibásodás esetén fenyegetést jelentő nem biztonsági rendszerek hatása ne okozhasson kárt a biztonsági rendszerben, beleértve annak segédrendszereit.

Természetesen, ez a követelmény általánosítható úgy, hogy valamely TA1-4 esemény kezelésére tervezett rendszer hibája nem okozhatja valamely súlyosabb helyzet kezelésére tervezett rendszer biztonsági funkciójának elvesztését. A fordított függetlenséget jogos elvárni: pl. a TAK helyzetek kezelésére tervezett rendszerek hibái nem okozhatják a TA helyzetek kezelésére tervezett rendszerek funkciójának sérülését. Általánosságban, ez a mélységben tagolt védelem szintjeinek függetlenségével kapcsolatos.

3.2.5.3. Biztonsági rendszerek tervezése

3a.2.2.8400. „A bármely TA2-4 és TAK1 üzemállapotot eredményező kezdeti esemény következtében történő meghibásodás nem okozhatja az adott kezdeti esemény kezeléséhez szükséges biztonsági funkció elvesztését. A kezdeti eseményből származó egyéb meghibásodásokat a kezdeti esemény részeként kell figyelembe venni.”

A 3a.2.2.8400. pont arra hívja fel a figyelmet, hogy valamely esemény (eseménylánc), amely TA2-4 vagy TAK1 üzemállapotot eredményez, nem veszélyeztetheti épp azokat a biztonsági rendszereket, amelyeket az adott folyamat kezelésére terveztek. Ezt a követelményt legcélszerűbben úgy lehet elérni, hogy a tervezési alapba tartozó folyamatokat, eseményeket (és azok következményeit) el kell viselniük a tervezési alapba, illetve a TAK1 kategóriába tartozó esetek kezelésére tervezett biztonsági rendszereknek

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

legalább annyi ideig, amíg azokra szükség van. Ez az általánosabb megközelítés azért célszerű, mert a TAK1 kategóriában már olyan kombinációk szerepet játszhatnak, amelyek elemzése során megalapozott mérnöki megfontolásokat lehet alkalmazni.

A biztonsági rendszerek szándékolatlan, indokolatlan működését a potenciális belső veszélyforrások között kell kezelni (Lásd: 3a.2.2.4500), ezáltal automatikusan teljesül a 3a.2.2.4000. c) pont követelménye.

3.2.5.4. Gátak kritériumai

3a.2.2.8600. „Megfelelő tervezéssel biztosítani kell, hogy a TA1-2 üzemállapotok esetén az összes fizikai gát teljesítse funkcióját.”

3a.2.2.8700. „Megfelelő tervezéssel biztosítani kell, hogy bármely, TA3-4 és TAK1 üzemállapotot eredményező esemény bekövetkezése esetén 3a.2.1.1600. pont b)-d) alpontjaiban foglaltak közül az üzemanyag-mátrixon felül legalább egy teljesítse a funkcióját.”

A 3a.2.2.8600-8700. pontok és a TAK2-re vonatkozó kibocsátási kritériumokból (3a.2.4.0700.) származtathatóan a gátakra vonatkozó követelményeket az egyes üzemállapotokban a 3. táblázat foglalja össze.

Üzemállapot	Követelmény a gátak épségére
TA1-2	Minden gát épen marad ÜFK korlátokon belül.
TA3	A üzemanyag-mátrix épen marad és még legalább egy további gát. A 3a.2.4. fejezet szerinti szigorúbb kibocsátási kritérium miatt a fűtőelem-burkolatok legfeljebb elhanyagolható mértékben sérülhetnek.
TA4	A fűtőelem-mátrix épen marad és még legalább egy további gát. A 3a.2.4. alcím szerinti kibocsátási kritérium miatt a fűtőelem-burkolatok csak korlátozottan sérülhetnek.
TAK1	A üzemanyag-mátrix épen marad és még legalább egy további gát, valamint a fűtőelem-burkolatok nem olvadnak meg.
TAK2	A konténment épsége tartósan fennmarad.

3. táblázat - A gátakra vonatkozó követelmények az egyes üzemállapotokban

3.2.5.5. Autonómia

3a.2.2.8800. „A tervezés során az operátori beavatkozások, a biztonságos üzemeltetéshez szükséges külső szolgáltatások, külső villamos betáplálás és a végső hőelnyelő tekintetében autonómia követelményeket kell meghatározni. A követelményeket az F1 és az F2 szintű biztonsági funkciókra vonatkozó időtartamokból kell levezetni.”

3a.2.2.8900. „Megfelelő tervezéssel biztosítani kell, hogy:

a) az operátori beavatkozások tekintetében:

aa) a tervben meghatározott kibocsátási szintek betartásához TA2-4, valamint TAK üzemállapotot eredményező eseményeknél a vezénylőben 30 percig, a vezénylőn kívül 1 óráig ne legyen szükség operátori beavatkozásra,

ab) ne legyen szükség telephelyi könnyű mobil eszközre TAK üzemállapotot eredményező esemény esetén az üzemanyag-olvadás megakadályozásához 6 órán belül, valamint a konténment funkció megőrzésére TAK üzemállapotot eredményező esemény esetén 24 órán belül, TA2-4 üzemállapotot eredményező esemény esetén 72 órán keresztül,

ac) TA2-4 és TAK üzemállapotot eredményező esemény esetén ne legyen szükség telephelyi vagy telephelyen kívüli nehéz mobil eszközre 72 órán át, és

ad) a konténment rendszer TAK üzemállapotot eredményező esemény esetén operátori beavatkozás nélkül legalább 12 órán, de lehetőleg 24 órán át álljon ellen;

b) a hőelnyelő tekintetében:

ba) hosszútávon megfelelő hőelnyelő álljon rendelkezésre TA2-4 és TAK üzemállapotot eredményező esemény esetében,

bb) az üzemzavari tápvíz tartalék 24 órán keresztül elég legyen, és

bc) a gőzfejlesztők hűtésére az atomerőmű területén legalább 72 órára elegendő vízmennyiség álljon rendelkezésre;

c) a villamosenergia-ellátásban:

ca) TA1-4 és TAK üzemállapotok esetében a külső ellátástól való függetlenség legalább 72 óráig biztosított legyen,

cb) az F1 biztonsági funkciót ellátó akkumulátorok legalább 6 órán át utántöltés nélkül lássák el biztonsági funkciójukat TA2-4 üzemállapotból teljes feszültségvesztés miatt TAK1-2 üzemállapotba való jutást követően, és

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

cc) TAK2 üzemállapot kezelésére szolgáló rendszereket ellátó akkumulátorok legalább 24 órán át lássák el biztonsági funkciójukat újratöltés nélkül és legyenek függetlenek az F1 biztonsági funkciót ellátó akkumulátoroktól.”

Üzemzavar, baleset esetén általános követelmény, hogy meghatározott időn belül az erőmű ne szoruljon külső segítségre, tehát autonóm módon, kizárólag belső erőforrásai felhasználásával képes legyen a problémák előre megtervezett kezelésére (3a.2.2.8800.). Ennek megfelelően kell biztosítani a szükséges rendszerek folyamatos üzemelési képességét, valamint a szükséges anyagok (pl. hűtőközeg, üzemanyag) megfelelő mennyiségben való rendelkezésre állását.

Az általános autonómiakövetelményeken túl a 3a.2.2.8900. pont konkrét követelményeket támaszt, amelyeknek akkor is eleget kell tenni, ha nem vezethetők le közvetlenül az F1-F2 biztonsági funkciókból.

- Az a) pont a különböző üzemzavari és baleseti állapotokban betervezett és a kritériumok teljesítésének bizonyítására elvégzett biztonsági elemzésekben figyelembe vett operátori beavatkozásokkal foglalkozik (pl. „TA2-4, valamint TAK üzemállapotot eredményező eseményeknél a vezénylőben 30 percig, a vezénylőn kívül 1 óráig ne legyen szükség operátori beavatkozásra”), illetve megfelelő elemzésekkel igazolandó, hogy azok teljesülnek.
- A b) pont és alpontjai a hőelnyeléssel kapcsolatos követelményeket írják le, itt a bc) ponthoz kapcsolódóan amellet, hogy a gőzfejlesztők hűtésére alkalmas hűtőközeg kell, hogy rendelkezésre álljon 72 órás időtávra, a konténment hűtésére is szükséges legalább ilyen időtartamra biztosítani közeget, feltéve, hogy az adott típusra ennek van jelentősége.
- A c) pont a villamosenergia-ellátással kapcsolatos autonómia követelményeit részletezi. A cb) követelmény TAK1 állapotra értelmezhető, mivel az akkumulátorok töltésének lehetősége lényegében csak teljes feszültségvesztés esetén szűnik meg, amely nem része a TA2-4 üzemállapotoknak. Az akkumulátorok 6 órára elegendő kapacitása konzisztens a 3a.2.2.8900. ab) pontjával, mert a „telephelyi könnyű mobil eszköz” például kisteljesítményű dízelgenerátort jelent, amely alkalmas az akkumulátorok töltésére. A cc) alpont természetesen csak akkor értelmezhető, ha az adott erőműtípusban egyáltalán szükséges egyenáramú áramellátás a TAK2 üzemállapot kezelése érdekében, bár feltételezhető, hogy legalább az állapot monitorozása céljából szükség van egyenáramú ellátásra.

3.3. A biztonság igazolása

3.3.1. Alapkövetelmények

3a.2.3.0100. „A tervezési alapra vonatkozó általános biztonsági követelmények teljesülésének bizonyítására használt tervező és elemző eszközöket, modelleket és modellrészeket, valamint a bemenő adatokat verifikálni és validálni kell. Az elemzési eszközök validációját a megfelelő nemzetközileg elérhető adatok - kísérleti eredmények - alapján kell bemutatni. Az elemzési modellek verifikációját az elemzést, tervezést végrehajtó személytől, munkacsoporttól független személynek, munkacsoportnak is el kell végeznie.”

A biztonság igazolása alapvetően nem más, mint „tervezési alapra vonatkozó általános biztonsági követelmények teljesülésének bizonyítása” (3a.2.3.0100). Lényeges azonban ehhez hozzátenni, hogy a tervezési alap kiterjesztése a tervezési alap részének tekintendő ebből a szempontból, mivel az eddig leírtak alapján ezekre az üzemállapotokra is igazolni szükséges a biztonság meghatározott szintjét.

3.3.1.1. Tervezési alap igazolása

A TA esetek elemzésére alkalmazott eszközök validációjára a 3a.2.3.0100. pont előírja nemzetközileg elérhető (lehetőleg kísérleti) adatokkal való validációt. Az adott technológia modellezésére felállított modellekkel szemben pedig azt követeli meg, hogy azok verifikációját „*az elemzést, tervezést végrehajtó személytől, munkacsoporttól független személynek, munkacsoportnak is el kell végeznie*”. Míg a validáció azt igazolja, hogy az adott elemzési eszköz alkalmas az elemzési feladat elvégzésére, a verifikáció pedig azt, hogy valamely eszköz segítségével az adott technológiai, üzemzavari folyamat leképezésére felállított modell (nodalizáció, adatok, közelítések, határfeltételek stb.) megfelelő az adott elemzés elvárt pontosságú elvégzésének céljára.

3a.2.3.0200. „El kell végezni a tervek biztonsági szempontból meghatározó jellemzőit tartalmazó elemzések független ellenőrzését eltérő számítási módszerekkel is.”

A 3a.2.3.0200. pont a 3a.2.1.0200. követelmény specifikus alkalmazása a biztonsági elemzésekre, azzal a fontos kiegészítéssel, hogy a lényegi „*elemzések független ellenőrzését eltérő számítási módszerekkel is*” el kell végezni. Az ilyen ellenőrzésre kiválasztott elemzések körének meghatározására a követelmény az, hogy „*a tervek biztonsági szempontból meghatározó jellemzőit tartalmazó elemzések*”-et kell ily módon ellenőrizni, elsősorban azokat, amelyek eredménye vagy kevés tartalékot mutat, vagy a

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

benne szereplő megoldás újszerű, másutt még nem alkalmazott. Ez a művelet az elemzési eredmények validációjának fontos eleme.

3a.2.3.0300. „A tervezési alap meghatározása, valamint a vizsgált események elemzése során alkalmazott módszerek és felhasznált adatok megfelelőségét fizikai adatok, kísérletek felhasználásával, vagy más módon kell bizonyítani. A fennmaradó bizonytalanságok kompenzálása érdekében - a biztonsági elemzésben megalapozott, ésszerű mértékben - konzervatív feltételezéseket kell alkalmazni, elsősorban a kezdeti és peremfeltételek konzervatív megválasztásával.”

3a.2.3.0400. „Érzékenységi vizsgálatokat kell végezni a feltételezések, a felhasznált adatok és számítási módszerek bizonytalanságának értékelésére. Ahol az elemzés eredményei érzékenyeknek bizonyulnak a modell feltételezéseire, ott további elemzéseket kell végezni az előzőtől független módszerek és eljárások használatával.”

A 3a.2.3.0300. és 3a.2.3.0400. pontok a tervezési alap és az ahhoz tartozó elemzések szükségszerűen fennmaradó bizonytalanságainak kezelési módjáról rendelkeznek. Fontos kiemelni, hogy a biztonsági elemzésekben ki kell térni annak megalapozására, hogy az alkalmazott konzervatív feltételezések elegendőek a fennmaradó bizonytalanságok kompenzálására. Ebben a megalapozásban nyújthatnak jelentős segítséget a 3a.2.3.0400.-ban előírt érzékenységi vizsgálatok. Ez visszautal a korábban a 3a.2.3.0200. pont kapcsán tárgyalt validációs eljárásra.

3.3.1.2. Dokumentálás

3a.2.3.0500. „A biztonság igazolására szolgáló elemzéseket oly módon és olyan mélységben kell dokumentálni, hogy azok az atomerőmű teljes élettartama során megismételhetők, független felülvizsgálatnak alávetethetők, és az átalakítások értékeléséhez szükséges terjedelemben módosíthatóak legyenek, továbbá az alkalmazott konzervativizmusok mértéke és az elemzés alapján rendelkezésre álló tartalékok mértéke felülvizsgálható és újraértékelhető legyen.”

Mindez azt jelenti, hogy az engedélyezésre benyújtott dokumentációnak ilyen mélységűnek és részletességűnek kell lennie, mert egyébként az OAH szakértőinek nem áll módjában érdemi felülvizsgálatot végezni.

A dokumentálást a korszerű, digitális eszközök széleskörű alkalmazásával ajánlott megoldani, amely lehetővé teszi a változáskövetést, többszörös mélységű strukturálást, kereszthivatkozásokat, dokumentum-beágyazást, rajzok, animációk, modellezések alkalmazását. Ezzel kapcsolatos további

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

ajánlásokat N9.2 "Új atomerőmű tervezésének minőségirányítási rendszere" című útmutató tartalmaz.

3a.2.3.3100. „Az engedélyesnek valamennyi, az Előzetes és Végleges Biztonsági Jelentésben hivatkozott vagy figyelembe vett - nyilvánosan nem hozzáférhető - dokumentációval rendelkezni kell.”

Az engedélyesnek azért kell rendelkezni ezekkel a dokumentációkkal, hogy az üzemeltetés során esetlegesen szükséges módosítások biztonsági hatásait meg tudja ítélni, és ezen változásokat a biztonság szempontjából körültekintően meg tudja alapozni saját maga és az OAH számára. Egy másik olyan eset, amikor szükségesek a dokumentumok, ha egy biztonságot érintő esemény után kell igazolni a továbbüzemeléshez a biztonsági tartalékok fennmaradását, vagy ezeket kell emiatt felülvizsgálni. A dokumentumok nyilvántartására olyan rendszert kell kialakítani, ami biztosítja a dokumentumok egyértelmű azonosítását és egyszerű visszakereshetőségét.

Az OAH általában nem tart igényt teljes részletességű adatokra, de ellenőrizheti azok meglétét, elérhetőségét, tárolási módját és felülvizsgálatra bekérhet bármely konkrét adathalmazt, információt, jelentést. A nyilvánosan nem hozzáférhető jelentéseket a minősítésüktől függően, azzal összhangban kell az OAH számára biztosítani.

3.3.1.3. A biztonsági elemzések felülvizsgálata

3a.2.3.0600. „Az atomerőmű élettartama során minden, a nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszert, rendszeremet érintő, az engedélyezett állapottól eltérő helyzetet okozó beavatkozás, módosítás megfelelőségét determinisztikus biztonsági elemzéssel vagy determinisztikus és valószínűségi biztonsági elemzések kombinációjával kell igazolni.”

3a.2.3.0700. „A tervezési alapot, a tervezési alap kiterjesztését és ezek igazolását a tervezés lezárásakor, valamint az atomerőmű teljes élettartama során, rendszeres időközönként, továbbá lényeges új biztonsági információk felmerülése esetén felül kell vizsgálni, és szükség esetén módosításokat kell végrehajtani a determinisztikus és valószínűségi számítások eredményei alapján. Az azonosított hiányosságokat értékelni kell, és időben meg kell tenni a szükséges korrekciós intézkedéseket.”

3a.2.3.0800. „A felülvizsgálat során figyelembe kell venni:

a) az atomerőművi blokkot vagy a működését érintő változásokat a tervezés vagy a megvalósulás fázisában, és működése során;

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

- b) bármely a biztonságot szignifikáns módon befolyásoló, érintő új műszaki és tudományos ismeretet az atomerőművi blokk viselkedéséről és a hibalehetőségekről;
- c) bármely olyan anyagi tulajdonság megváltozását öregedés vagy más hatás miatt, amelyet nem vettek figyelembe;
- d) a biztonsági szabványok nemzetközi fejlődését; valamint
- e) jelentős, új biztonsági információ felmerülését."

A biztonság igazolására készített elemzések soha nem tekinthetők örökérvényűnek, mivel akár már megépülés előtt a tervek módosulhatnak, a biztonságot érintő új információk merülhetnek fel, az üzembe helyezés közben felmerülhetnek módosítási igények, vagy kiderülhet, hogy valamely komponens a tervektől eltérő paraméterekkel rendelkezik, stb. Később az erőmű üzemeltetése során történhetnek átalakítások és ismertté válhatnak új információk. Az ilyen esetekre adnak előírásokat a 3a.2.3.0600-0800. pontok.

A 3a.2.3.0600. kiemeli, hogy megfelelő elemzésekkel kell igazolni az eredetileg engedélyezett biztonsági szint fennmaradását. A 3a.2.3.0700-0800. pontok előírják, hogy mikor kell az erőmű biztonsági elemzéseit felülvizsgálni. A magyar jogszabályok szerint az egyik ilyen kötelező rendszeres biztonsági felülvizsgálat az Időszakos Biztonsági Felülvizsgálat, amelyet a Rendelet 34. §-a ír elő. Ezen túlmenően a 3a.2.3.0800. pont tételesen felsorolja, hogy mit tekint olyan eseteknek, amelyek esetén ilyen jellegű felülvizsgálat szükségessé válik.

Az előírás egyértelművé teszi, hogy ilyen felülvizsgálatra a tervezési fázisban szükség lehet. Természetesen, a felülvizsgálatnak csak akkor van hatósági vonzata, ha olyan elemzések felülvizsgálata válik szükségessé, amelyet az engedélyes, vagy engedélyért folyamodó már korábban benyújtott a hatóságnak. Más oldalról: ha a beadványozást követően az OAH tudomására jut „a biztonságot szignifikáns módon befolyásoló, érintő új műszaki és tudományos ismeretet”, akkor az OAH is elrendelheti egy ilyen felülvizsgálat lefolytatását.

3.3.2. *Determinisztikus biztonsági elemzés*

NBSZ 10. kötet, 41. „*Determinisztikus biztonsági elemzés*

Mérnöki megfontolásokat vagy fizikai modelleken alapuló számításokat tartalmazó biztonsági elemzés, amely előre rögzített kezdeti és peremfeltételeken alapul.”

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

A determinisztikus biztonsági elemzésekről egy részletes, külön hatósági útmutató áll rendelkezésre, amely kitér az alkalmazandó módszerekre, eszközökre (lásd N3a.32 *„Új atomerőműre vonatkozó determinisztikus alapú biztonsági elemzések”* című útmutatóban). Itt csak az általános kérdések tárgyalása található.

3a.2.3.0900. „A tervezési alapba, valamint a tervezési alap kiterjesztésébe tartozó összes kezdeti eseményre determinisztikus biztonsági elemzésekkel kell igazolni a vonatkozó elfogadási kritériumok teljesülését.”

A 3a.2.3.0900. pont rögzíti a determinisztikus elemzések alapkövetelményét, amely azonban több ponton értelmezést igényel. A legfontosabb az, hogy az „összes” kezdeti eseményre való igazolás általában nem azt jelenti, hogy annyi elemzés szükséges, ahány kezdeti esemény a tervezési alapba tartozik, hanem alkalmazható a 3a.2.2.8000. pontban leírt csoportosítás és a burkoló elv.

A tervezési alap kiterjesztésére vonatkozó elemzések esetén a kezdeti események helyett inkább eseménykombinációkról szükséges beszélni, illetve meghatározott PDS-ekről, tekintet nélkül arra, hogy milyen kezdeti esemény (vagy kombináció) vezetett az adott állapotra.

3.3.2.1. Az elemzések típusai

3a.2.3.1000. „A biztonság igazolásához legalább termohidraulikai-, áramlástan-, reaktorfizikai-, szilárdságtani-, statikai-, törésmechanikai-, dinamikai-, forrócsatorna-, sugárvédelmi- és terjedésszámításokat kell alkalmazni.”

A 3a.2.3.1000. szintén általános követelménynek tekintendő és úgy kell értelmezni, hogy egy teljes erőmű esetén mindezek a determinisztikus elemzési (NBSZ 10. kötet 41. definíció) eljárások szükségszerűen kell, hogy szerepeljenek a tervezés folyamatában.

A *„szilárdságtani-, statikai-, törésmechanikai-”* elemzések általában az egyes RRE-k tervezési folyamatának a szerves részét képezik, de általános értelemben ezek determinisztikus típusú elemzések és részét képezik a biztonság igazolásának. Ugyanakkor ezek az elemzések bemenő adatokat szolgáltatnak a tervezési alapba és annak kiterjesztésébe tartozó tranziensek, scenáriók elemzéséhez.

A tranziensek, scenáriók elemzésére elsősorban ún. termohidraulikai rendszerkódokat kell alkalmazni, de gyakran összetett fizikai modelleket tartalmazó, csatolt kódokra van szükség. A rendszerkódok ugyan viszonylag durva nodalizációban, de a technológia minden fontosabb részletét

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

leképezik, beleértve a szabályozásokat, automatikákat. Amikor finom áramlási részletek modellezése szükséges, arra ún. CFD (computational fluid dynamics) kódokat lehet használni. A baleseti folyamatok (fűtőelem-sérülés, üzemanyag-olvadás stb.) modellezése kísérleti adatokhoz illesztett, félempirikus modellekkel oldható meg.

A reaktorfizikai elemzések egyrészt azokat a számításokat tartalmazzák, amelyek meghatározzák a tranziensek, scenáriók elemzéséhez szükséges keretparamétereket, másrészt azokat a dinamikai számításokat, amelyek egyes scenáriók kiszámításához szükségesek.

A terjedési számítások alapvetően két csoportba oszthatók: az épületen belüli (ezen belül a konténmenten belüli, valamint az épületek kiszolgálható helyiségeiben való terjedésszámítások), valamint a kibocsátást követően a környezetben való terjedésre vonatkozó számítások. Természetesen, ezek a különböző számítások eltérő eszközöket és módszereket igényelnek.

A sugárvédelmi számítások célja kettős: egyrészt azt kell vizsgálni, hogy a különböző üzemzavari, baleseti állapotokban a kiszolgáló személyzet potenciálisan milyen dózisosoknak lehet kitéve és mely pontokon képes, ill. nem képes ellátni a feladatát; másrészt ezzel kell bizonyítani, hogy a környezetre és a lakosságra vonatkozó általános biztonsági kritériumok teljesülnek.

3.3.2.2. Nem-biztonsági rendszerek és operátori beavatkozások figyelembe vétele

3a.2.3.1100. „A TA2-4 üzemállapotot eredményező események elemzése során csak a biztonsági funkciót megvalósító rendszerek működését szabad figyelembe venni. Ezeknek a rendszereknek a teljesítményét a vizsgált folyamat szempontjából lehetséges legkedvezőtlenebb mértékűnek kell feltételezni. Az eseménysorra hatással bíró nem biztonsági funkciót megvalósító rendszerek, rendszerelemek működését akkor kell feltételezni, ha azok működése súlyosbítja a kezdeti esemény hatását.”

A 3a.2.3.1100. egy hagyományos és jól bevált követelményt rögzít, mégpedig, hogy a biztonsági elemzések során „*csak a biztonsági funkciót megvalósító rendszerek működését szabad figyelembe venni*”. A „*biztonsági funkciót megvalósító rendszerek*” egyben a valamely biztonsági osztályba sorolt RRE-eket jelentik. Fontos a komplementens követelmény, miszerint a nem biztonsági besorolású rendszerek működését olyan esetben viszont fel kell tételezni, ha az előnytelenül befolyásolja a folyamatot, vagyis „*súlyosbítja a kezdeti esemény hatását*”. Ilyen lehet például egy olyan eset, amikor a főkeringtető szivattyúk nem állnak le és működésük az adott esetben

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

kedvezőtlen a folyamat szempontjából. Ugyanakkor a kezdeti eseményt megelőzően nem működő normál üzemi rendszer független okból történő téves indulását akkor sem szükséges feltételezni, ha az súlyosbítja a hatást. Tehát két figyelembe veendő eset van: a kezdeti eseményt megelőzően működő rendszer vagy változatlan módon üzemben marad, vagy kiesik.

A TA2 kategóriában sok esetben teljesül, hogy a kezdeti esemény hatása csupán üzemi rendszerekkel kompenzálható, kezelhető (pl. a pótvízrendszerrel kompenzálható kis folyás). Ilyen esetben célszerű bemutatni, hogy mely üzemi rendszerekkel kezelhető az esemény, valamint azt, hogy azok üzemképtelensége esetén a biztonsági rendszerek szintén alkalmasak az állapot kritériumoknak megfelelő kezelésére.

3a.2.3.1500. „A TA2-4 és TAK1 üzemállapotot eredményező események elemzéseiben kezelői beavatkozásokat csak konzervatívan meghatározott időszükséglet alapján lehet figyelembe venni. 30 percnél rövidebb időtartamon belül feltételezett kezelői beavatkozások esetén a bizonytalanságokat is meghatározó elemzésnek kell igazolnia, hogy a feltételezett kezelői tevékenységek végrehajthatók a rendelkezésre álló idő alatt.”

Az elemzésekben figyelembe vett operátori beavatkozásokra vonatkozik a 3a.2.3.1500. pont, de lényeges hozzátenni, hogy a 3a.2.2.8900. pont a) alpontja szigorúbban és egyértelműbben fogalmaz, tehát az ott leírtak figyelembe vétele és szükség esetén igazolása szükséges.

3.3.2.3. Egyszeres hiba kritériuma

3a.2.3.1200. „A TA2-4 üzemállapotot eredményező események elemzéseiben a biztonsági funkciót ellátó rendszereknek az adott esemény következményeit leginkább meghatározó, legsúlyosabb következményt eredményező egyszeres meghibásodását vagy emberi hibát kell feltételezni. Nem szükséges azonban feltételezni passzív rendszerelem meghibásodását, amennyiben igazolható, hogy az adott rendszerelem meghibásodása nagyon kis valószínűségű, vagy a feltételezett kezdeti esemény bekövetkezése nincs rá hatással.”

A konzervatív elemzési megközelítés legfontosabb elemét követeli meg a 3a.2.3.1200. pont. Más megközelítésben – amely megfelel a NAÜ [1] szabványának (Requirement 25) – ez azt jelenti, hogy minden egyes biztonsági csoporton belül, minden egyes feltételezett kezdeti esemény elemzésénél fel kell tételezni egy véletlen hibát és ezzel együtt kell bizonyítani a kritériumok teljesülését.

Fontos mellékkövetelmény az, hogy a „legsúlyosabb következményt eredményező” hibát kell feltételezni, beleértve a lehetséges emberi hibákat. E követelmény egzakt teljesítése nem egyszerű és a gyakorlatban általában

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

elfogadható a mérnöki megfontolások alkalmazása ebből a célból. A mérnöki megfontolások egyik fontos forrása a világszintű üzemeltetési tapasztalat lehet. Ha a legkedvezőtlenebb egyszeres hiba kiválasztása nem egyértelmű, akkor a konkurens hibák feltételezésével számításorozat szükséges végezni. Ebben a kontextusban passzív rendszerelem hibáját feltételezni általában csak olyan elemeknél indokolt, amelyek valamilyen aktív funkciót látnak el, mint pl. a visszacsapó szelepek. Passzív rendszerelemek integritásának sérülését (a kezdeti eseményhez járulékosan) csak akkor indokolt feltételezni, ha maga a kezdeti esemény kiválthatja az integritás sérülését (pl. nagyenergiájú csőtörés más elemek sérülését eredményezheti vagy nyomás alatti hűtés esemény).

3.3.2.4. Speciális követelmények: ATWS, PTS

3a.2.3.1300. „A TA2-3 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményeket az üzemállapot során szükséges leállítási funkciót ellátó rendszerek elvesztésével is elemezni kell. Az értékelés során a TA2 üzemállapotokkal kombinált esetekben a TA4-es, a $>10^{-3}$ /év előfordulási gyakoriságú TA3 üzemállapotokkal kombinált esetekben a TAK1-es kritériumokat kell alkalmazni.”

A 3a.2.3.1300. követelménye a hagyományos ATWS-re vonatkozó követelmény általánosítása a tervezési alap kiterjesztésével konzisztensen. Ez a követelmény egyértelműen erősebb, mint az előző pont egyszeres hibatűrési követelménye, hiszen itt egy önmagában is szükségszerűen egyszeres hibatűró rendszer, a reaktorvédelmi rendszer teljes funkcióvesztését kell posztulálni. Emiatt logikus, hogy az ilyen mesterségesen előírt hibakombinációhoz enyhébb kritériumok tartoznak (v. ö. a 3a.2.2.6300. b) alpontjával). Tehát az ATWS tekintetében a követelmény általánosítása azt jelenti, hogy nem csak a „*tranziensekre*” (TA2), hanem azokra a tervezési üzemzavarokra, amelyek 10^{-3} /év-nél nagyobb gyakorisággal bekövetkezhetnek szintén önkényesen posztulálni kell a reaktorvédelmi rendszer funkcióvesztését, de valamelyest enyhébb kritériumoknak kell eleget tenni. Természetesen, az ilyen elemzések során további egyszeres hibát nem kell feltételezni és extra konzervatív feltételezéseket sem kell tenni.

3a.2.3.1400. „A TA1 üzemállapotban fellépő igénybevételekre, nyomáspróbákra, a TA2-4 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményekre, valamint bármely, 10^{-6} /év-nél gyakoribb esemenylánc során kialakuló nyomás alatti hűtésre elemezni kell a reaktortartály integritására vonatkozó megfelelőségi kritériumok teljesülését.”

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

A reaktortartály nyomás alatti hűtése (PTS) megvalósulhat normál üzemi körülmények között, de bizonyos tervezési üzemzavarok esetén szükségszerűen megvalósul, mivel a nagynyomású üzemzavari zónahűtő rendszerek nagymennyiségű és viszonylag hideg közeget nyomnak be a tartályba a rendszer működése során. Tehát alapvető követelmény, hogy bizonyítani kell azt, hogy a reaktortartály ellenáll ennek a terhelésnek. Erre vonatkozó követelményt ír elő a 3a.2.3.1400. pont. A hivatkozott kritériumok a 3a.2.4.1000. pont alatt találhatóak. Lényeges azt kiemelni, hogy a tartály anyagának átmeneti hőmérséklete a neutronbesugárzás hatására emelkedik. A tartály élettartamának tervezésénél ennek figyelembe vétele alapvető fontosságú. A 10^{-6} /év-nél nagyobb gyakoriságú eseményláncok figyelembe vétele a gyakorlatban azt jelenti, hogy a TAK1 eseményláncokra bizonyítani szükséges a PTS kritérium teljesülését (realisztikus posztulált repedésméret mellett), mivel a kritérium teljesítése nélkül feltehetően nehéz lenne igazolni a nagy és korai kibocsátásokra vonatkozó valószínűségi kritériumot.

3.3.2.5. TAK elemzések

3a.2.3.1600. „A TAK1 és TAK2 üzemállapotot eredményező eseményekre vonatkozó elemzésekben a legjobb becslés módszerét kell alkalmazni. Bármely rendszer vagy rendszerelem működésképtelenségét akkor kell feltételezni, ha annak sérülése a kezdeti esemény vagy az üzemzavari folyamat eredményeképpen valószínűsíthető.”

3a.2.2.6100. „A TAK1 üzemállapotok elemzése során a bizonytalanságok kompenzálása érdekében vagy ésszerű mértékben konzervatív feltételezéseket kell alkalmazni vagy a legjobb becslés módszerét és adatokat kell alkalmazni kiegészítve a szükséges bizonytalansági és érzékenység vizsgálatokkal.”

3a.2.2.6200. „A TAK2 üzemállapotok elemzését a hatások, igénybevételek, anyagjellemzők medián értékeire lehet elvégezni.”

3a.2.2.6700. „A TAK események elemzésénél:

- a) csak megalapozott módszereket és feltételezéseket lehet használni;*
- b) biztosítani kell az elemzés megismételhetőségét olyan esetekben is, amikor az elemzés során mérnöki becslést vettek figyelembe, illetve figyelembe kell venni az elemzéssel kapcsolatos összes bizonytalanságot és azok hatását;*
- c) azonosítani kell minden olyan megelőző vagy következmény-csökkentő intézkedést, amivel növelni lehet az erőmű ellenálló képességét a tervezési alapban figyelembe nem vett állapotokkal szemben;*

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

- d) meg kell vizsgálni a TAK események telephelyen belüli és kívüli potenciális radiológiai hatásait, feltételezve, hogy a baleset-elhárítási intézkedések sikeresek;
- e) figyelembe kell venni az erőmű elhelyezkedését és felépítését, a berendezések képességeit, a vizsgált eseményhez kapcsolódó állapotokat és a tervezett balesetelhárítási intézkedések hatékonyságát;
- f) igazolni kell, hogy a szakadékszél-effektus elkerüléséhez kellő tartalékok állnak rendelkezésre;
- g) be kell mutatni a valószínűségi biztonsági elemzések eredményeit és ezek megfelelő felhasználását;
- h) ahol releváns, figyelembe kell venni a súlyos baleset során lejátszódó jelenségeket;
- i) definiálni kell végső állapotokat, vagy ahol lehetséges biztonságos állapotokat, illetve az ezekhez kapcsolódó rendszerek és rendszerelemek szükséges működési idejét."

A TAK kategóriába eső folyamatok elemzésénél alkalmazandó megközelítésmódról a 3a.2.3.1600. a legjobb becslés módszerének alkalmazását írja elő, de ezt pontosítják a 3a.2.2.6100. és 3a.2.2.6200. pontok azáltal, hogy az előbbi a TAK1 esetekre bizonyos konzervativitást követel meg „a bizonytalanságok kompenzálása érdekében”. A TAK2 esetekre a követelmények enyhébbek azáltal, hogy csak a legjobb becslésnek megfelelő elemzéseket írja elő a mediánértékek alkalmazásával.

A 3a.2.2.6700. további specifikus követelményeket ír elő a TAK esetek elemzésére. Ezek közül a reprodukálhatóságot emeljük ki, valamint azt, hogy „definiálni kell végső állapotokat”, amely azt kell, hogy jelentse, hogy meg kell határozni, hogy milyen folyamatokon keresztül jut a rendszer a biztonságos leállított állapotba (vagy a súlyos baleset utáni biztonságos állapotba) és mennyi idő szükséges ehhez. Ez szorosan kapcsolódik a fentebb tárgyalt (ld. 3.2.5. fejezet) autonómiakövetelményekhez.

3.3.3. Valószínűségi biztonsági elemzés

NBSZ 10. kötet, 177. „Valószínűségi biztonsági elemzés

Átfogó és strukturált elemzési eljárás a lehetséges meghibásodási eseményláncok azonosítására, amely a megfelelő fogalmi és matematikai eszközrendszer alkalmazásával lehetővé teszi a kockázat vagy valamely meghatározott következmény bekövetkezési valószínűségének számszerű becslését.

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

A nukleáris iparban az 1. szintű valószínűségi biztonsági elemzés olyan elemzést jelent, ahol a vizsgált következmény a reaktorzóna sérülése; a 2. szintű valószínűségi biztonsági elemzés olyan elemzés, ahol a vizsgált következmény a lakosságot és a környezetet veszélyeztető mértékű radioaktív kibocsátás."

3a.2.3.1700. „Az atomerőmű jelentette teljes kockázat meghatározására, a vonatkozó kockázati célok és elfogadási kritériumok teljesülésének igazolására, a terv kiegyensúlyozottságának, egyenszilárdságának értékelésére, valamint a tervezési alap kiterjesztése megfelelőségének megítélésére valószínűségi biztonsági elemzést kell készíteni.”

3a.2.3.1800. „Az atomerőművi blokk tervéhez, beleértve az üzemanyag tároló és kezelő rendszereket is, 1. és 2. szintű valószínűségi biztonsági elemzést kell kidolgozni, amely kiterjed minden lehetséges üzemállapotra, rendszerkonfigurációra és valamennyi feltételezett kezdeti eseményre, amelyre más módszerrel nem bizonyítható, hogy a kockázathoz adott járuléka elhanyagolható.”

3a.2.3.2600. „A valószínűségi biztonsági elemzést a rendelkezésre álló nemzetközi tapasztalatok, validált módszerek alkalmazásával az engedélyes minőségirányítási rendszerével összhangban kell elkészíteni, dokumentálni és karbantartani.”

A valószínűségi biztonsági elemzések részletes módszereiről külön útmutató áll rendelkezésre (lásd N3a.11. „Új atomerőműre vonatkozó valószínűségi alapú biztonsági elemzések” című útmutató), itt csak egyes általános kérdésekkel foglalkozunk.

A 3a.2.3.1700. pont a valószínűségi elemzések kettős célját emeli ki, mégpedig, hogy a „teljes kockázat meghatározására, a vonatkozó kockázati célok és elfogadási kritériumok teljesülésének igazolására, a terv kiegyensúlyozottságának” igazolására szükséges azokat elvégezni. A tervezési alap kiterjesztésének megfelelőségére elvégzendő 2. szintű PSA elemzéseknek egyrészt a korlátozott környezeti hatás kritériumának teljesülését, másrészt az ezen túlmenő hatások gyakorlatilag kizárható voltát kell igazolni.

A 3a.2.3.2600. pontban hivatkozott nemzetközi tapasztalatokat legteljesebb formában a NAÜ [9] és [10] számok alatt hivatkozott dokumentumai foglalják össze.

A tervek részeként elvégzendő PSA elemzések terjedelmét a 3a.2.3.1800. pont írja elő. Ennek megfelelően kell 1. és 2. szintű PSA elemzéseket készíteni. Mindkettőben figyelembe kell venni kiindulásként minden

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

lehetséges normál üzemi állapotot (tehát a különböző meghatározott leállási, vagy csökkentett teljesítményű üzemi állapotokat), valamint nem csak a reaktorból induló eseményeket, hanem az üzemanyag-tároló és -kezelő rendszerek lehetséges eseményeit is. A szűrési kritériumra ez a pont nem ad egyértelmű követelményt, de az az irányadó, hogy az elemzésből kiszűrt események összegzett járuléka legalább egy nagyságrenddel kisebb legyen a teljes kockázatnál.

3.3.3.1. Közös okú hibák, érzékenység, operátori beavatkozás

3a.2.3.1900. „A valószínűségi biztonsági elemzésben figyelembe kell venni a lényeges funkcionális, területi, a rendszerelemek fizikai elhelyezkedéseit alapul vevő, az üzemeltetésből, karbantartásból és egyéb közös okú meghibásodásból fakadó függőségeket, így különösen a repülő tárgyak, folyadék- és gőzsugár hatásait, a belső tüzet és elárasztást, valamint a környező ipari létesítmények üzemzavarait és emberi tevékenységek hatásait. A külső természeti eredetű veszélyeztető tényezők által kiváltott eseményeket is értékelni kell.”

3a.2.3.2000. „A valószínűségi biztonsági elemzés keretében a bizonytalansági és érzékenységi vizsgálatokat is el kell végezni, és minden alkalmazásnál tekintettel kell lenni azok eredményére.”

3a.2.3.2100. „A valószínűségi biztonsági elemzésnek az atomerőmű viselkedését valóságghűen kell modelleznie. Ehhez figyelembe kell venni a vonatkozó tervezési adatokat, az üzemeltetési és üzemzavari utasításokat, baleset-kezelési útmutatókat vagy azok tervezeteit, figyelembe véve az emberi beavatkozásokat, az azokhoz kapcsolódó potenciális emberi hibákkal együtt. A valószínűségi biztonsági elemzésekben feltételezett, szükséges működési idők megfelelőségét igazolni kell.”

3a.2.3.2200. „Emberi megbízhatósági elemzéseket kell végezni, figyelembe véve azokat a tényezőket, amelyek az atomerőművi blokk egyes üzemállapotaiban hatással lehetnek az üzemeltető személyzet tevékenységére, teljesítőképességére.”

A 3a.2.3.1900. fontos technikai követelményeket rögzít, mégpedig azt, hogy az elemzésnek figyelembe kell venni a vizsgált elemek fizikai elhelyezkedését minden olyan esetben, ahol megvalósulhat az egymásra hatás, illetve a közös okú hiba esete (pl. belső elárasztás, vagy tűz esetén). A közös okú hibák kezelésénél tekintettel kell lenni az azonos karbantartási eljárás szerint kezelt rendszerekre, valamint más függőségekre. Szintén alapvetően fontos a közös okú hibák kezelése a külső hatások elemzésénél, akár természeti, akár mesterséges hatásokról legyen szó.

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

A 3a.2.3.2000. az érzékenységi vizsgálatokkal kapcsolatban a különböző PSA alkalmazásokat emeli ki (pl. kockázatalapú karbantartási stratégia), de az érzékenység a PSA elemzések minőségének megítélése szempontjából is fontos: azon bemenő paraméterek pontossága a legfontosabb, amelyekkel szemben a kiértékelt eredmények leginkább érzékenyek.

A 3a.2.3.2100-2200. pontok legfontosabb kitétele az, hogy a PSA elemzésekben alapvetően szükséges az operátori tevékenységek figyelembe vétele, amely szorosan kapcsolódik a különböző kezelési utasításokhoz, azok minőségéhez, az operátorok képzéséhez stb. Az operátori tevékenységek megbízhatóságát a tervezés fázisában csak generikus adatokkal lehet reprezentálni, de a későbbi fázisokban a teljes léptékű szimulátor felhasználásával az emberi megbízhatóság az adott technológiai és adminisztratív környezetben mérhetővé válik. Az ilyen eredmények felhasználása ajánlott.

3.3.3.2. Bemenő adatok: sikerkritériumok, megbízhatósági adatok

3a.2.3.2300. „A rendszerek és emberi beavatkozások sikerkritériumainak meghatározására vonatkozó elemzésekben a legjobb becslés módszerét kell alkalmazni. Ahol a legjobb becslés módszere nem alkalmazható, ott a feltételezések konzervativizmusa miatti torzító hatást értékelni kell.”

3a.2.3.2400. „A számításokhoz megbízható, hiteles, elsősorban létesítmény-, másodsorban létesítménytípus-, harmadsorban típus-specifikus megbízhatósági adatokat kell használni. Az adatok forrását, a minta nagyságát dokumentálni kell. A forrásadatok változása esetén figyelembe kell venni a tervezési adatok és az üzemi viszonyok közötti különbségeket, és ezeket értékelni kell. Ahol nem állnak rendelkezésre használható statisztikai adatok, megalapozott becsléseket kell alkalmazni.”

3a.2.3.2500. „A valószínűségi biztonsági elemzéseket a rendszerek, rendszerelemek tervezett, majd tényleges karbantartási és tesztelési, ellenőrzési gyakorlatának megfelelően kell elvégezni. A valószínűségi biztonsági elemzések eredményeire vonatkozó követelmények teljesülését a karbantartások, próbák és ellenőrzések rendszer- és rendszerelem-megbízhatóságra gyakorolt hatásának figyelembevételével kell igazolni.”

A PSA elemzések eseményfáiban a sikerkritériumok meghatározása – ahol az reálisan lehetséges – megfelelő determinisztikus elemzéseken kell, hogy alapuljon. A 3a.2.3.2300. arra hívja fel a figyelmet, hogy sok esetben az elvárt legjobb becslés módszerének megfelelő elemzés elvégzése nem reális, ezért azt egyszerűsítő és konzervatív elemzéssel vagy egyszerű mérnöki megfontolással helyettesítik. Ilyenkor azonban túlzott

konzervativizmust vihetnek be az elemzési folyamatba, amit értékelni kell, és megfelelően kompenzálni lehet szükséges.

A valószínűségi elemzések legfontosabb bemenő adatai az egyes rendszerelemek megbízhatósági adatai. Ide tartoznak mind az aktív, mind a passzív rendszerelemek. A 3a.2.3.2400. pont egy preferencia sorrendet rögzít arra, hogy honnan kell nyerni ezeket az adatokat. Előnyben részesíti az adott konkrét elemre érvényes adatokat az általános, generikus adatokkal szemben. Az elemzés dokumentálásánál követelmény az adatok forrásának megadása. A konkrét, hiteles adatokkal szemben a megbízhatósági adatok becslésen alapuló meghatározása csak a legutolsó lehetőség, amely csak akkor alkalmazható, ha más lehetőség nem áll fenn.

Az egyes RRE-k (elsősorban az aktív elemek) pillanatnyi megbízhatóságát a karbantartás, tesztelés, illetve az utolsó ilyen tevékenység óta eltelt idő befolyásolja. A 3a.2.3.2500. tartalmazza az erre vonatkozó követelményt.

3.3.4. Előzetes és Végleges Biztonsági Jelentés készítése

Az Előzetes és az azon alapuló Végleges Biztonsági Jelentés az erőmű alapdokumentuma, amelynek részletes tartalmáról külön útmutató áll rendelkezésre (lásd N3a.34. "Új atomerőművek biztonsági jelentései" című útmutató).

3.4. Biztonsági elemzések elfogadási kritériumai

3.4.1. Alapvető kritériumok

A feltételezett kezdeti események és az azokból induló tranziensek, üzemzavarok, balesetek elemzésénél alapvetően háromféle kritérium teljesülését kell bizonyítani:

- a) valószínűségi kritériumok az esemény gyakoriságára,
- b) determinisztikus kritériumok az esemény következményeire és
- c) időkritériumok az ellenőrzött állapot és biztonságos leállított állapot, vagy a súlyos baleset utáni biztonságos állapot elérésére.

3.4.1.1. Alapvető valószínűségi kritériumok

Az alapvető valószínűségi kritériumok egyértelműen az üzemállapotokhoz vannak kötve, vagyis az adott esemény TA2-4 vagy TAK1-2 üzemállapotot eredményez, illetve ezeknél súlyosabb állapotot. Az utóbbi esetben azt kell belátni, hogy az ilyen esemény, eseménylánc gyakorlatilag kizárható. A TA2-4 vagy TAK1-2 üzemállapotokat eredményező eseményről azt kell

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

bizonyítani, hogy az esemény, eseménylánc gyakorisága nem haladja meg a 2. táblázatban megadott felső korlátot. A TAK1 esetében szabályzati korlát nincs, így amennyiben egy komplex esemény (TAK1) gyakorisága valamely TA gyakoriságának tartományába esik, akkor be kell mutatni, hogy a következmények megfelelnek az adott kategóriában előírt kritériumoknak.

3a.2.2.0400. „Valószínűségi biztonsági elemzésekkel kell igazolni minden tervezési alapba tartozó üzemzavarra, hogy egy adott kezdeti esemény gyakoriságának és az adott kezdeti esemény okozta tranziens során a TA4 üzemiállapotokra vonatkozó elfogadási kritériumok teljesítéséhez szükséges bármely biztonsági funkció elmaradása valószínűségének szorzata nem haladja meg a 10^{-6} /év értéket.”

3a.2.4.0600. „Valamennyi feltételezett kezdeti eseményből kiinduló eseményláncre - a szabotázst kivéve - a zóna részleges vagy teljes megolvadásával járó esetek összegzett gyakorisága nem haladja meg a 10^{-5} /év értéket.”

Az első speciális valószínűségi kritériumot a már tárgyalt 3a.2.2.0400. pont tartalmazza, amelynek közvetlen következménye, hogy nem lehet olyan eseménylánc, amely zónaolvadáshoz vezet, és a gyakorisága meghaladja a 10^{-6} /év értéket. Ezt tovább szigorítja a 3a.2.4.0600. pont, miszerint „a zóna részleges vagy teljes megolvadásával járó esetek összegzett gyakorisága nem haladja meg a 10^{-5} /év értéket”. A „részleges” zónaolvadás fogalmát nyilván együtt kell értelmezni a 3a.2.2.0300. b) pontjával, amely „jelentős olvadás”-t említ (v. ö. a 3.2.1. fejezetben erről írtakkal). Ezek tipikusan az 1. szintű PSA vizsgálatokkal meghatározandó értékek, amelyben figyelembe kell venni a különböző normál üzemi állapotokból (névleges teljesítmény és különböző csökkentett teljesítményű és leállási állapotok) induló eseménylánccokat, beleértve a pihentető medence és más üzemanyag-kezelő RRE-k baleseteit. Lényeges hangsúlyozni, hogy figyelembe kell venni az összes belső és külső veszélyeztető tényező által kiváltott kezdeti eseményt.

3a.2.4.0800. „A nagy vagy korai kibocsátással járó eseményeket gyakorlatilag ki kell zárni. A nagy vagy korai kibocsátással járó eseménylánccok minden kiinduló üzemiállapotra és hatásra összegzett gyakorisága - kivéve a szabotázis esetét - nem haladhatja meg a 10^{-6} /év értéket. A követelmények teljesülését 2. szintű valószínűségi biztonsági elemzésekkel kell igazolni.”

A második speciális valószínűségi kritériumot a 3a.2.4.0800. rögzíti, amely lényegében a korlátozott környezeti hatás kritériumát (Lásd alább!) meghaladó esetekre ad explicit valószínűségi kritériumot A követelményben a „hatás” kifejezés alatt valamely veszélyeztető tényező hatását kell érteni.

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

Lényeges, hogy ez a kritérium az összes ilyen következménnyel járó eseménylánc gyakoriságának az összegére vonatkozik, egyben explicit követelményt jelent a pont első mondatában rögzített „A nagy vagy korai kibocsátással járó eseményeket gyakorlatilag ki kell zárni.” követelményre. Tipikusan a 2. szintű PSA a megfelelő eszköz a kritérium teljesülésének igazolására.

3.4.1.2. Alapvető determinisztikus kritériumok

3a.2.4.0100. „A TA2-4 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményből kiinduló folyamatokra bizonyítani kell, hogy a lakosság vonatkoztatási csoportjának dózisa nem haladja meg:

- a) TA2 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményből kiinduló folyamatnál a dózismegszorítás értékét,*
- b) TA3 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményből kiinduló folyamatnál az 1 mSv/esemény értéket, és*
- c) TA4 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményből kiinduló folyamatnál az 5 mSv/esemény értéket.”*

3a.2.4.0200. „TA2 üzemállapotot eredményező kezdeti események nem okozhatnak 1 mSv/esemény értéket meghaladó dózist az atomerőmű ellenőrzött zónáján kívül, az atomerőmű emberi tartózkodásra engedélyezett üzemi területein.”

3a.2.4.0300. „TA3-4 üzemállapotot eredményező kezdeti események nem okozhatnak 10 mSv effektív dózisértéket vagy 100 mGy pajzsmirigy dózisértéket meghaladó dózist az atomerőmű ellenőrzött zónáján kívül, az atomerőmű emberi tartózkodásra engedélyezett üzemi területein.”

3a.2.4.0400. „A TA2 üzemállapotot eredményező kezdeti események az atomerőmű ellenőrzött zónájában csak olyan mértékű és jellegű radioaktív szennyeződést okozhatnak, amelyek az üzemszerűen alkalmazott módszerekkel, rendszerekkel és rendszerelemekkel kezelhetők és eltávolíthatók.”

3a.2.4.0500. „A TA2-4 üzemállapotot eredményező kezdeti események - az egyszeres meghibásodás feltételezése mellett, további független hiba feltételezése nélkül - nem idézhetnek elő olyan következményt, amely sérti az adott üzemállapotra előírt biztonsági kritériumokat.”

Az alapvető determinisztikus kritériumok a különböző kategóriájú események által potenciálisan okozott dózisokra vonatkoznak. A TA2-4 üzemállapotot eredményező események következményeire vonatkozó

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

determinisztikus dóziskritériumokat a 3a.2.4.0100-0400. pontok rögzítik. Ezek az 4. táblázatban láthatók összefoglalva.

Üzem- állapot	Korlát a lakosság vonakoztatási csoportjára	Korlát a telephely ellenőrzött zónáján kívül	Max. következmény az ellenőrzött zónában
TA2	Dózismegszorítás alatt	1 mSv/esemény	Üzemszerű eszközökkel elhárítható szennyezés.
TA3	1 mSv/esemény	10 mSv effektív- vagy 100 mGy pajzsmirigy dózis /esemény	--
TA4	5 mSv/esemény		

4. táblázat - Dózis és radiológiai kritériumok a tervezési alapon belüli eseményekre

A 3a.2.4.0500. pont egyértelműsíti, hogy az 4. táblázat korlátai csak az egyszeres meghibásodás feltételezése mellett érvényesek (vö. 3a.2.3.1200.), ha ezen túl további hiba fellép, akkor az ilyen esemenylánc már komplex üzembavar, így TAK1-nek minősül. Ugyanakkor, ha egy ilyen esemenylánc gyakorisága valamely TA kategória gyakorisági tartományába esne (2. táblázat), akkor elvárt, hogy teljesüljenek az adott TA kategóriára vonatkozó radiológiai korlátok.

3a.2.4.0700. „A korlátozott környezeti hatás kritérium teljesítéséhez a TAK1 üzemiállapotot eredményező eseményre és a 3a.2.2.7000. pont előírásainak figyelembevételével a TAK2 üzemiállapotot eredményező eseményekre bizonyítani kell, hogy:

- a) az atomreaktortól vett 800 m távolságon túl nincs szükség sürgős óvintézkedésekre;*
- b) az atomreaktortól vett 3 km távolságon túl nincs szükség semmilyen átmeneti intézkedésre, azaz nincs szükség a lakosság ideiglenes áttelepítésére;*
- c) az atomreaktortól vett 800 m távolságon túl nincs szükség semmilyen késői védőintézkedésre, azaz nincs szükség a lakosság végleges áttelepítésére;*
- d) ne legyen szükség hosszú távú élelmiszerfogyasztási korlátozásra.”*

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

A 3a.2.4.0700. pont a TAK kategóriába tartozó eseményekre vonatkozó korlátozott környezeti hatás kritériumát konkretizálja.

3a.2.2.7000. „A tervezési alap kiterjesztésénél a baleset-kezelési funkciókat és az azokat megvalósító rendszerek képességeit kell figyelembe venni annak érdekében, hogy a TAK2 üzemállapot következményei a 3a.2.4.0800. pontban a nagy vagy korai kibocsátásokra előírt kritériumoknak megfelelően csökkenthetők legyenek.”

3a.2.4.0800. „A nagy vagy korai kibocsátással járó eseményeket gyakorlatilag ki kell zárni. A nagy vagy korai kibocsátással járó eseményláncok minden kiinduló üzemállapotra és hatásra összegzett gyakorisága - kivéve a szabotázs esetét - nem haladhatja meg a 10^{-6} /év értéket. A követelmények teljesülését 2. szintű valószínűségi biztonsági elemzésekkel kell igazolni.”

A TAK2 esetekre a környezeti hatás kritériumot kissé árnyalja a 3a.2.2.7000. pont (amely viszont előrehivatkozik a 3a.2.4.0800.-ra), miszerint „a baleset-kezelési funkciókat és az azokat megvalósító rendszerek” tulajdonságainak figyelembevételével kell bizonyítani, hogy nagy és korai kibocsátások, vagyis a korlátozott környezeti hatás kritériumát meghaladó kibocsátásokkal járó eseménykombinációk egyenként gyakorlatilag kizárhatóak. A fentebb már tárgyalt 3a.2.4.0800 alatti valószínűségi kritériumnak megfelelően a TAK2-ként kezelendő eseteket a hipotetikus súlyosabb következményű esetektől ez utóbbiak potenciális következményei és egyben azok gyakorlatilag kizárható volta, vagyis igen alacsony valószínűségük vagy fizikailag kizárható voltak különbözteti meg. Tehát, a jelentős zónaolvadással járó esetekre azt kell bizonyítani, hogy amikor az ilyen helyzet kezelésére betervezett eszközök ellátják a feladatukat, akkor teljesül a korlátozott környezeti hatás kritériuma, továbbá, hogy az olyan esetek gyakorisága, amikor az eszközök nem képesek teljesíteni feladatukat az előírt küszöb alá esik vagy az ilyen esetek bekövetkezése fizikailag lehetetlen.

3.4.1.3. Általános időkritériumok

3a.2.2.5900. „Tervezési megoldásokkal biztosítani kell, hogy az atomerőművi blokk a TA2-4 üzemállapotokat követően az ésszerűen elérhető legrövidebb idő alatt ellenőrzött állapotba, majd biztonságos leállított állapotba kerüljön. Az ellenőrzött állapot elérését legkésőbb 24 órán belül, a biztonságos leállított állapot elérését legkésőbb 72 órán belül biztosítani kell.”

3a.2.2.7600. „A súlyos baleset utáni biztonságos állapot elérését a sérült rendszerek helyreállításával vagy a TAK üzemállapot kezelését biztosító baleset-kezelési rendszerek működtetésével az ésszerűen elérhető legrövidebb időn

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

belül, de a 10. melléklet 146. pont a)-c) alpontjai tekintetében legkésőbb 168 órán belül biztosítani kell."

Az általános időkritériumokat a szabályzat más részei írják elő, de az áttekinthetőség kedvéért itt is összefoglaljuk. E kritériumok teljesülését determinisztikus elemzésekkel vagy megalapozott mérnöki megfontolásokkal kell igazolni.

Az időkritériumok teljesülésének determinisztikus elveken alapuló bizonyításán túlbe kell mutatni, hogy annak a valószínűsége, hogy e kritériumok nem teljesülnek, kellően alacsony. Ez alatt azt kell érteni, hogy a 1-es és 2-es szintű valószínűségi elemzések során figyelembe kell venni azokat az eseteket, amikor e kritériumok nem teljesülnek és ilyenkor fel kell tételezni, hogy a környezeti hatásra vonatkozó kritériumok nem teljesíthetők.

3.4.2. Technológiai kritériumok

A fenti alapvető kritériumok teljesítésének garantálása érdekében a szabályzat előír bizonyos további teljesítendő kritériumokat, amelyeket az alapvető kritériumokon túl teljesíteni kell. E kritériumok többnyire a gátak állapotára vonatkoznak, valamint az üzemanyag állapotára a különböző kategóriájú eseményeket követően. Néhány ilyen kritériumot a szabályzat explicit módon előír, másokra csak azt követeli meg, hogy a tervező adjon kritériumot a megfelelő fizikai paraméterben kifejezve.

3a.2.4.0900. "A tervezésnek determinisztikus biztonsági elemzésekkel kell igazolni, hogy a TA2 üzemállapotot eredményező kezdeti események egyszeres hiba feltételezése mellett nem vezetnek egyetlen gát funkciójának elvesztéséhez sem."

3a.2.4.1000. „A reaktortartály ridegtöréssel szembeni integritását olyan módon kell biztosítani, hogy a tartály kritikus elemeiben a feszültségintenzitási tényező sehol sem haladhatja meg a kialakult hőmérséklethez tartozó törési szívósságot - azaz a szerkezetben levő anyagfolytonossági hiányok nem terjedhetnek a TA2-4 és TAK1 üzemállapotot eredményező események során."

3a.2.4.1100. „TA2-4 és TAK1 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményeket követően a reaktivitásra ható szabályozó és biztonságvédelmi szerkezetek, a fűtőelemkötegek, valamint az atomreaktor szerkezeti elemei nem sérülhetnek, deformálódhatnak oly mértékben, hogy ezáltal a szabályozó és biztonságvédelmi szerkezeteknek a hasadási láncreakció leállítására irányuló mozgása lehetetlenné váljon."

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

3a.2.4.1200. „TA2-4 és TAK1 üzemállapotot eredményező kezdeti eseményeket követően a fűtőelemkötegeknek, az atomreaktor primer körének és az ahhoz kapcsolódó rendszereknek olyan állapotban kell maradniuk, hogy a besugárzott nukleáris üzemanyag rövid és hosszú távú hűtése és kezelhetősége biztosítható legyen, továbbá a hő elvonásához szükséges rendszerek rövid és hosszú távon képesek legyenek feladatuk ellátására.”

Az első ilyen kritérium a 3a.2.4.0900. alatt található, amely azt írja elő, hogy TA2 kategóriájú események „nem vezetnek egyetlen gát funkciójának elvesztéséhez sem”.

A következő gátkritérium a már tárgyalt PTS hatásra vonatkozik (jelen útmutató 3.3.2. fejezete, NBSZ 3a.2.3.1400. pontja). A követelmény alapján származtatott konkrét értéket (vagy függvényt) természetesen a tervező kell, hogy megadja az adott anyagminőségnek és a figyelembe vett öregedési hatásoknak megfelelően TA2-4 és TAK1 esetekre, lévén a tartály sérülése már TAK2 helyzetnek minősülne.

A 3a.2.4.1100. pontban előírt kritérium TA2-4 és TAK1 kategóriájú eseményekre vonatkozik. Természetesen az adott esemény során miután a láncreakció sikeres leállítása megtörtént, a követelmény már tovább nem alkalmazandó. Ennek első sorban a súlyosabb (TA4 és TAK1) esetekben lehet jelentősége.

A 3a.2.4.1200. követelmény szintén a TA2-4 és TAK1 kategóriájú eseményekre vonatkozik, de kifejezetten az esemény során, hosszú távon érvényes. Lényeges, hogy a „kezelhetőség” eltérő lehet a különböző eseménykategóriákra.

3.4.2.1. Tervezői kritériumok

A következő előírások a tervezőt kötelezik arra, hogy adja meg azokat a specifikus paramétereket és korlátokat, amelyeknek eleget téve garantálható egyes általános kritériumok teljesülése.

3a.2.4.1300. „A TA2 üzemállapotot eredményező eseményekre a tervezés során meg kell határozni a fűtőlempálca sértetlenségének megőrzését biztosító kritériumokat, a nukleáris üzemanyag hőmérsékletére, a kritikus hőfluxusra és a burkolat hőmérsékletére vonatkozó határértékek formájában. A TA3-4 és TAK1 üzemállapotokra a hosszú távú hűthetőség és kezelhetőség követelményének teljesítése érdekében meg kell határozni a fűtőelem-sérülés megengedhető maximális mértékét és jellegét.”

3a.2.4.1400. „A radioaktív kibocsátásokat visszatartó vagy korlátozó fizikai gát funkciót ellátó rendszerek és rendszerelemek a biztonsági funkció ellátása

érdekében teljes élettartamuk során a maximális nyomására, maximális és minimális hőmérsékletére, a termikus és nyomástranziensekre, a degradációra, valamint a megadott hőmérsékleti tartomány függvényében a feszültségekre vonatkozóan kritériumokat kell meghatározni."

3a.2.4.1600. „A nukleáris biztonsági követelmények kielégítése érdekében a konténment teljes élettartama során a hőmérsékletére, nyomására és a szivárgás mértékére kritériumokat kell megállapítani."

A 3a.2.4.0900. előírta, hogy TA2 esetben minden gát épségét meg kell őrizni. A 3a.2.4.1300. megköveteli, hogy a tervező adja meg „a fűtőelem-pálca sértetlenségének megőrzését biztosító kritériumokat”. Ugyanez a pont előírja, hogy a tervező határozza meg a különböző üzemi állapotokra „a fűtőelem-sérülés megengedhető maximális mértékét és jellegét”, vagyis azokat a paramétereket, amelyet biztosítják a 3a.2.4.1200. teljesülését.

A 3a.2.4.1400. és a 3a.2.4.1600. pontok a radioaktív anyagok visszatartását biztosító nyomástartó RRE-k (tipikusan a reaktortartály, primer kör és a konténment) konkrét fizikai paramétereire vonatkozó korlátok előírását követeli meg a tervezőtől.

3.5. Üzemeltetési feltételek és korlátok

3a.2.5.0100. „A tervezési folyamat során meg kell határozni a rendszerek és rendszerelemek üzemeltetésének azon feltételeit és korlátait, amelyek betartása mellett igazolt, hogy az atomerőmű a Biztonsági Jelentésben dokumentált tervezői célkitűzéseknek megfelelően, a nukleáris biztonsági követelményekkel összhangban üzemeltethető."

3a.2.5.1000. „Az atomerőmű üzembe helyezését megelőzően ki kell dolgozni az Üzemeltetési Feltételek és Korlátok dokumentum előzetes változatát, amelyben rögzítettek biztosítják, hogy az atomerőmű rendszerei, rendszerelemei a Biztonsági Jelentésben szereplő tervezési feltételezéseknek és célkitűzéseknek megfelelően működnek."

3a.2.5.1100. „Az Üzemeltetési Feltételek és Korlátok dokumentum előzetes változatát az üzembe helyezés tapasztalatai alapján felül kell vizsgálni, és a Biztonsági Jelentéssel összhangban szükség szerint módosítani, véglegesíteni kell."

Az üzemeltetési feltételek és korlátok (ÜFK) dokumentumára vonatkozó részletes követelményekről és elvárásokról külön útmutató áll rendelkezésre (N4.2 "Üzemeltetési feltételek és korlátok"), itt csak az általános tervezési követelményekhez kapcsolódó összefüggésekre térünk ki.

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

Az ÜFK ugyan az erőmű üzemeltetésének alapdokumentuma, de annak részletes tartalmát a 3a.2.5.0100. előírása alapján a tervezés folyamán, a tervezőnek kell kidolgozni, eleget téve a 3a.2.5.1000. pont előírásának. Általános gyakorlat szerint a dokumentum véglegesítése az üzembe helyezési eljárás során gyűjtött adatok, tapasztalatok alapján történik meg, ahogy a 3a.2.5.1100. előírja.

3.5.1. Az ÜFK terjedelme

3a.2.5.0200. „Az üzemeltetési feltételeket és korlátokat úgy kell meghatározni, hogy azok betartása mellett az üzemzavarokhoz vezető helyzetek megelőzhetőek, a lehetséges üzemzavarok esetén a következmények enyhíthetőek legyenek. A biztonsági korlátok meghatározásánál konzervatív megközelítést kell alkalmazni a biztonsági elemzések bizonytalanságainak figyelembevételére érdekében.”

3a.2.5.0400. „Az üzemeltetési feltételek és korlátok meg határozásánál a következő egymásra épülő biztonsági szinteket kell figyelembe venni:

a) biztonsági korlátok,

b) a biztonsági funkciót ellátó rendszerek működésbe lépésének határértékei, és

c) a normál üzem feltételei és korlátai.”

Az ÜFK fő célját a 3a.2.5.0200. pont rögzíti. Az ÜFK a korlátoknak egy egymásba ágyazott, háromszoros rendszerét határozza meg (3a.2.5.0400.).

3a.2.5.0500. „Az üzemeltetési feltételeknek és korlátoknak le kell fedni minden üzemi állapotot, beleértve a teljesítményüzemet, a leállított állapotot és az átrakást, valamint az előbbi állapotok közötti átmeneti állapotokat, továbbá a karbantartás, a próbák és a rendszerelemek felügyelete során kialakuló ideiglenes helyzeteket.”

3a.2.5.0600. „A biztonság garantálása érdekében a biztonsági funkciót ellátó rendszerek paramétereinek az Üzemeltetési Feltételek és Korlátok dokumentumban meghatározott értékei és a biztonsági korlátok között - megfelelő konzervatív megközelítéssel vagy a biztonsági elemzések bizonytalanságainak figyelembevételével - tartalékot kell fenntartani.”

3a.2.5.0700. „Az Üzemeltetési Feltételek és Korlátok dokumentumnak tartalmaznia kell az üzemi paraméterekre vonatkozó korlátokat, a nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszerek vonatkozásában pedig azoknak az üzemképes rendszerelemeknek a minimálisan előírt számát, amelyeknek különböző TA1-2 üzemállapotokban, üzemi vagy készenléti állapotban kell lenniük. Az üzemeltetési feltételekhez és korlátokhoz képest észlelt eltérés esetére

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

tartalmaznia kell továbbá az üzemeltető szervezet által végrehajtandó beavatkozásokat és a beavatkozások végrehajtására megengedett időt.

3a.2.5.0900. „Az Üzemeltetési Feltételek és Korlátok dokumentum részeként meg kell határozni a biztonságos üzemeltetéshez szükséges és elégséges személyzettel szemben támasztott követelményeket. A biztonságos üzemeltetéshez szükséges és elégséges személyzet meghatározásánál az üzemzavarok kezelésre vonatkozó követelményeket is teljesíteni kell.”

Az egymásba ágyazott korlátok rendszere szintén a mélységben tagolt védelem elvének egy speciális alkalmazása, jóllehet a korábban (jelen útmutató 3.1.2. fejezet) tárgyalt ötszintű védelem szempontjából ezek a korlátok mind az első szinthez tartoznak, vagy annak határát jelentik. A „*biztonsági korlátok*” azokat a fizikai paraméterekkel jellemezhető értékeket jelentik, amelyeken belül a biztonsági elemzések alapján az érintett RRE-k biztonságos működése garantált (3a.2.5.0600.) a figyelembe vett üzemállapotokban. A védelmi rendszerek, vagyis a biztonsági funkciót ellátó rendszerek működésbe lépésének határértékei ezen belül kell, hogy legyenek annak érdekében, hogy – figyelembe véve a mérések és az elemzések bizonytalanságát – garantált legyen a biztonságos működési tartományon belül való maradás (3a.2.5.0600.). A normál üzem feltételei és korlátai azt az üzemeltetési tartományt határozzák meg, amelyen belül az operátorok szabadon változtathatják a paramétereket valamilyen üzemeltetési cél érdekében, anélkül, hogy kockáztatnák a védelmi rendszerek aktiválását.

Az ÜFK alapvetően a normál üzemi állapot kereteit állapítja meg, amely normál üzemi állapotok magukba foglalják a teljesítményüzemen kívül „... a leállított állapotot és az átrakást, valamint az előbbi állapotok közötti átmeneti állapotokat, továbbá a karbantartás, a próbák és a rendszerelemek felügyelete során kialakuló ideiglenes helyzeteket” (3a.2.5.0500.).

Az ÜFK nem csak korlátokat, hanem nevének megfelelően feltételeket is rögzít. Ezeket egyrészt a technológia konfigurációjára vonatkozóan teszi (3a.2.5.0700); másrészt „a biztonságos üzemeltetéshez szükséges és elégséges személyzettel szemben támasztott követelményeket” (3a.2.5.0900.) rögzíti. Mindkét feltételrendszer figyelembe kell, hogy vegye nem csak a normál üzemi állapotok szükségleteit, hanem az esetleges váratlanul fellépő üzemzavarok kezelésének potenciális igényeit.

3.5.2. Az ÜFK és a biztonsági elemzések viszonya

3a.2.5.0200. „Az üzemeltetési feltételeket és korlátokat úgy kell meghatározni, hogy azok betartása mellett az üzemzavarokhoz vezető helyzetek

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

megelőzhetőek, a lehetséges üzemzavarok esetén a következmények enyhíthetőek legyenek. A biztonsági korlátok meghatározásánál konzervatív megközelítést kell alkalmazni a biztonsági elemzések bizonytalanságainak figyelembevételére érdekében."

3a.2.5.0700. „Az Üzemeltetési Feltételek és Korlátok dokumentumnak tartalmaznia kell az üzemi paraméterekre vonatkozó korlátokat, a nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszerek vonatkozásában pedig azoknak az üzemképes rendszerelemeknek a minimálisan előírt számát, amelyeknek különböző TA1-2 üzemállapotokban, üzemi vagy készenléti állapotban kell lenniük. Az üzemeltetési feltételekhez és korlátokhoz képest észlelt eltérés esetére tartalmaznia kell továbbá az üzemeltető szervezet által végrehajtandó beavatkozásokat és a beavatkozások végrehajtására megengedett időt."

3a.2.5.0800. „A nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszerek, rendszerelemek maximálisan megengedett üzemképtelenségi időtartamát, valamint e rendszerek, rendszerelemek időszakos próbáinak, ellenőrzésének ciklusidejét elemzési eredményekre kell alapozni. A ciklusidő meghatározásakor figyelembe kell venni a karbantartás és a próbák miatt fellépő üzemképtelenség okozta kockázat és az e tevékenységek által elérhető megbízhatóság-növekedés egyensúlyát."

Az ÜFK és a biztonsági elemzések között egy sajátos, kölcsönös viszony áll fenn, ezért az ÜFK kidolgozása iterációt igényelhet a biztonsági elemzésekkel. A kölcsönös viszony egyrészt azt jelenti (3a.2.5.0200), hogy a biztonsági korlátokat az elemzésekkel kell megállapítani, vagy igazolni. Ahogy a különböző fizikai paraméterekre vonatkozó korlátokat a determinisztikus elemzésekből kell származtatni, a konfigurációs követelményeket – az egyidejűleg rendelkezésre álló redundáns rendszerek száma (3a.2.5.0700.), tesztelési és karbantartási periódusok – viszont a PSA elemzésekből, illetve azokkal kell igazolni (3a.2.5.0800).

Az iteráció másik oldala viszont az, hogy a biztonsági elemzéseknél kezdeti feltételekként az ÜFK által definiált körülményeket kell figyelembe venni, mégpedig konzervatív módon. Ez azt jelenti, hogy minden egyes tranziens elemzése során az ÜFK által megengedett paramétertartománynak abból a szélső pontjából kell indítani az eseményt, amely a legkedvezőtlenebb helyzetet teremti a scenárió során. Ha az ilyen kezdőpont meghatározása nem egyértelmű egyszerű megfontolások alapján, akkor elemzéssorozattal kell megállapítani a konzervatív kezdeti állapotot. Az iteráció potenciálisan azt eredményezheti, hogy a legkedvezőtlenebb kiindulási pontból indított, valamely feltételezett kezdeti eseményre vonatkozó elemzés eredménye

nem igazolja a kritériumok teljesülését, akkor szigorítani szükséges a megfelelő ÜFK előírásokat.

A tervek módosulása, vagy átalakítások esetén hasonló iterációra szintén szükség lehet annak érdekében, hogy a módosítással konzisztens ÜFK és a módosított rendszer biztonságát igazoló elemzések létrejöhessenek.

3.6. Kapcsolat a speciális tervezési követelményekkel

A speciális tervezési követelményeket az NBSZ 3a. kötetének 3a.3. alcíme részletezi, amely már kívül esik jelen útmutató témakörén. A speciális tervezési követelmények több résztémáját önálló útmutatók tárgyalják. A speciális tervezési követelmények általánosságban azt részletezik, hogy milyen megoldásokkal kell eleget tenni az általános követelményeknek. A speciális követelményeken belül arra a két témakörre térünk ki röviden az alábbi két alfejezetben, amelyek legszorosabban kapcsolódnak az általános követelményekhez.

3.6.1. A biztonsági osztályba sorolt rendszerek tervezése

3a.3.1.0100. „A biztonsági osztályba sorolt rendszerek és rendszerelemek tervezése során a megkövetelt tervezési kritériumok teljesítése érdekében elsősorban a redundancia, diverzitás, fizikai és villamos betáplálás szempontjából történő elválasztás, funkcionális elkülönítés és függetlenség, valamint független adatkapcsolat és meghibásodás-védett tervezési elveket kell alkalmazni. Az ilyen rendszereket megbízható, minősített rendszerelemek alkalmazásával, szükség szerint független segédrendszerek kialakításával kell megtervezni.”

3a.3.1.0200. „Minden kiinduló eseményre igazolni kell, hogy az esemény lefolyásában érintett mélységi védelmi szinthez tartozó biztonsági funkció megvalósításában részt vevő rendszer és rendszerelem független a többi mélységi védelmi szinthez tartozó rendszertől és rendszerelemtől.”

3a.3.1.0300. „A függetlenség teljesebb biztosítása érdekében, ésszerű mértékben, szisztematikusan meg kell valósítani, hogy a kiinduló eseményektől függetlenül egy biztonsági osztályba sorolt rendszer vagy rendszerelem a mélységben tagolt védelem csak egy meghatározott szintjéhez legyen köthető.”

3a.3.1.0600. „Valamely nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszer vagy rendszerelem meghibásodása nem okozhatja egy nála magasabb biztonsági osztályba sorolt rendszer vagy rendszerelem meghibásodását.”

A biztonság szempontjából fontos RRE-k tervezésénél a legfontosabb követelmény (elsősorban az ABOS 2. osztályba sorolt RRE-k esetében) az

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

egyszeres hibatűrés. Ennek a követelménynek a 3a.3.1.0100. pont alkalmazásával kell eleget tenni. Ezen a felsoroláson belül talán a „*funkcionális elkülönítés és függetlenség*” igényel magyarázatot: ez arra utal, hogy a különböző biztonsági funkciókat egymástól ésszerűen megvalósítható mértékben független RRE-k alkalmazásával kell teljesíteni, mert ezáltal elkerülhetők olyan közös okú meghibásodások, amelyek által egyszerre több különböző biztonsági funkció sérül.

A 3a.3.1.0200-0300. pontok megkövetelik, hogy a mélységben tagolt védelem különböző szintjeihez tartozó biztonsági funkciók teljesítését egymástól független RRE-k végezzék. Az ilyen megoldásnak az a fő előnye, hogy a védelem szintjeinek dominó-szerű összeomlását előzi meg. Mindez persze nem akadályozza meg, hogy adott esetben a személyzet egy alacsonyabb szinthez tartozó rendszert alkalmazzon, amennyiben az rendelkezésre áll és hatékonyabb, mint az adott szintre tervezett eszköz. Ehhez a függetlenségi elvhez kapcsolódik az a követelmény, hogy valamely RRE „*meghibásodása nem okozhatja egy nála magasabb biztonsági osztályba sorolt rendszer vagy rendszerelem meghibásodását*” (3a.3.1.0600.).

3a.3.1.1300. „Biztosítani kell, hogy az F1 szintű biztonsági funkciót ellátó rendszerek működőképessége üzem közben ellenőrizhető legyen.”

3a.3.1.1500. „Amennyiben a valószínűségi biztonsági célok elérése csak különlegesen nagy megbízhatóságú rendszerek alkalmazásával lenne biztosítható, akkor az ilyen biztonsági funkciót diverz módon kell ellátni.”

Az explicit követelmény (3a.3.1.1300.), együtt az egyszeres hibatűrés követelményével, közvetve meghatározza a betervezendő redundáns ágak minimális számát.

Fontos követelmény továbbá, hogy ha az általános valószínűségi kritériumokat csak „*különlegesen nagy megbízhatóságú rendszerek alkalmazásával lenne biztosítható, akkor az ilyen biztonsági funkciót diverz módon kell ellátni*” (3a.3.1.1500.). A diverzitás alkalmazása azért élvez előnyt az egyedi nagy megbízhatósággal szemben, mert az előbbi kevésbé van kitéve valami téves értékelés miatt váratlanul fellépő meghibásodásnak, és a közös okú meghibásodásokkal szemben is előnyösebb.

3.6.2. *Specifikus veszélyeztető tényezők*

3a.3.6.0100. „A telephely-specifikus biztonsági földrengést az átlagos veszélyeztetettségi görbe szerint, a szabadfelszíni válaszspektrummal, ennek megfelelő gyorsulás-idő függvényvel kell jellemezni, a felszíni rétegek nemlineáris átvitelének figyelembevételével. Ennek alapján meg kell határozni

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

azt a válaszspektrumot, amely a tervezés mértékadó inputját képezi a biztonsági földrengésre történő tervezés, ellenőrzés és minősítés során."

3a.3.6.0200. „Függetlenül a telephely szeizmicitásától, a biztonsági földrengés maximális vízszintes gyorsulásértéke a szabad felszínen nem lehet kisebb, mint 0,25 g."

3a.3.6.0400. „Az F1 biztonsági funkciót megvalósító, továbbá a földrengéssel szembeni védelem megvalósításában résztvevő F2 funkciót ellátó rendszereket és rendszerelemeket úgy kell megtervezni, minősíteni, hogy azok megőrizzék a megkövetelt működképességüket, funkciójukat biztonsági földrengés esetén. A tervezést és a minősítést a biztonsági osztálynak megfelelően, nukleáris szabványok, tesztlési eljárások szerint kell végezni."

3a.3.6.0500. „A B1, B2 funkciót megvalósító ABOS 1. és 2. biztonsági osztályba sorolt, továbbá a földrengéssel szembeni védelem megvalósításában részt vevő B3 funkciót ellátó rendszereket és rendszerelemeket úgy kell megtervezni, hogy azok megőrizzék szerkezeti integritásukat, stabilitásukat és tömörségüket biztonsági földrengés esetén. A tervezést a biztonsági osztálynak megfelelően, nukleáris szabványok szerint kell végezni."

3a.3.6.0600. „Biztosítani kell az F1, B1, és B2 funkciójú, továbbá a földrengéssel szembeni védelem megvalósításában részt vevő F2 vagy B3 funkciót ellátó rendszer, rendszerelem védelmét a biztonsági vagy fizikai gát funkcióval nem rendelkező rendszerelemeknek biztonsági földrengés hatására bekövetkező sérülésével, kölcsönhatásával szemben."

3a.3.6.0700. „Biztosítani kell, hogy a biztonsági földrengés spektrális és maximális gyorsulásértékeinek kisebb meghaladása esetén se következzen be a rendszerek, rendszerelemek azonnali funkcióvesztése."

A külső, természeti veszélyeztető tényezők közül kiemelkedő figyelmet kell fordítani a földrengésre, mert előre jelzésére jelenleg nincs lehetőség és rövid idő alatt egyszerre veszélyezteti az erőmű összes biztonság szempontjából fontos RRE-et. Ezért bír különleges jelentőséggel, hogy a telephely-specifikus veszélyeztetettségi görbét megfelelő részletességgel és megfelelő konzervativizmussal kell meghatározni (Lásd: 3a.3.6.0100.). A tervezés alapjául szolgáló biztonsági földrengésnek megfelelő vízszintes gyorsulásértékre a 3a.3.6.0200. előírja, hogy az nem lehet kisebb, mint 0,25 g. (Lásd még: 7.1 „Nukleáris létesítmények telephely- vizsgálatának és - értékelésének módszertana” című útmutató.)

A 3a.3.6.0400-0600. pontok előírják, hogy az ABOS 1-2. besorolású és az F1, F2 biztonsági funkciót, valamint B1, B2 gátfunkciót ellátó RRE-k teljesítsék

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

biztonsági funkciójukat egy biztonsági földrengést követően, továbbá, hogy a B3 gátfunkciót ellátó szerkezetek őrizzék meg integritásukat.

Kiemelendő még, hogy a szakadékszél-hatás elkerülése érdekében megfelelő tartalékokkal kell megtervezni a földrengések esetén funkcióval bíró RRE-eket (3a.3.6.0700.).

3a.3.6.1900. „Azonosítani kell a belső veszélynek kitett helyiségeket, az azokban potenciálisan érintett, biztonsági funkcióval rendelkező rendszereket és rendszerelemeket. A vizsgált események hatása nem akadályozhatja meg a biztonsági funkciók teljesülését.”

A belső veszélyeztető tényezők közül a tűz, a robbanás és az elárasztás a kiemelendők. Ezek a tényezők mind potenciálisan közös okú meghibásodásokat okozhatnak, amellyel szemben a fő védekezési módot a megfelelően megtervezett elválasztás, szeparáció jelenti. A legfontosabb követelményt a 3a.3.6.1900. pont rögzíti. Ez azt is jelenti, hogy a valószínűségi biztonsági elemzésekben figyelembe kell venni, hogy mely RRE-k vannak egyszerre kitéve valamely belső veszélyeztető tényezőnek és milyen valószínűséggel valósul meg a berendezéscsoport egyidejű üzemképtelensége. Az ennek megfelelő PSA vizsgálatokat a berendezések és a helyiségek kapcsolatát leíró megfelelő adatbázissal célszerű támogatni.

3a.3.6.2400. „A tervezési alapba tartozó természeti veszélyeztető tényezőkkel szembeni védekezés érdekében egy olyan átfogó védekezési tervet kell kidolgozni, amely biztosítja, hogy teljesülnek a 3a.2.1.1000. követelményei.”

3a.3.6.2500. „Az átfogó védekezési tervet a 3a.2.1.2200., 3a.2.2.9000. és a 3a.3.2.3900. pontok szerinti, valamint az alábbi szempontok figyelembe vételével kell kidolgozni:

a) Figyelembe kell venni a várható események kiszámíthatóságát és időbeli alakulását.

b) Megfelelő eszközöket és eljárásrendeket kell biztosítani, annak érdekében, hogy a tervezési alapon figyelembe vett események során és azt követően meg lehessen győződni az erőmű állapotáról.

c) Fel kell készülni az olyan eseményekre, amelyek egyszerre érintenek több blokkot, valamint több rendszert és rendszerelemet (redundáns rendszer esetén az összes ágat egyszerre), illetve hatással vannak a regionális infrastruktúrára, a telephelyen kívüli szolgáltatásokra és védelmi intézkedésekre.

d) Több blokkal rendelkező atomerőmű esetén biztosítani kell a szükséges erőforrásokat olyan eseményeknél is, ahol közös berendezéseket és

Általános tervezési elvek új atomerőművek és rendszereinek tervezéséhez

szolgáltatásokat kell használni, hogy az ne befolyásolja hátrányosan a tervezési alapon figyelembe vett eseményekkel szemben kialakított védelmet."

3a.3.6.2600. „Állapotmonitorozó eszközöknek és figyelmeztető jelzéseknek folyamatosan működőképesnek kell lenniük, annak érdekében, hogy támogatást nyújtsanak az átfogó védekezési tervhez a lehetséges veszélyek előrejelzésével."

A természeti eredetű egyéb hatások alapvetően két csoportra oszthatók: gyors és előre nem jelezhető hatások, valamint a lassú, előre jelezhető és tartós hatások. Az előbbiekre – a földrengéshez hasonlóan – veszélyeztetettségi görbéket kell meghatározni a 3a.2.2.5100-5200. pontoknak megfelelően és az érintett RRE-ket annak megfelelően kell méretezni. A lassú és tartós hatások kezelésére a 3a.3.6.2400.-nek megfelelően *„olyan átfogó védekezési tervet kell kidolgozni, amely biztosítja, hogy teljesülnek a 3a.2.1.1000. követelményei"*, továbbá a 3a.2.1.2200., 3a.2.2.9100. és a 3a.3.2.3900. követelmények. A 3a.3.6.2600. követelmény szintén elsősorban a lassú hatásokra lényeges, miszerint az *„állapotmonitorozó eszközöknek és figyelmeztető jelzéseknek folyamatosan működőképesnek kell lenniük, annak érdekében, hogy támogatást nyújtsanak az átfogó védekezési tervhez a lehetséges veszélyek előrejelzésével"*.

3a.3.6.2700. „Külső veszélyeztető tényezők hatásainak elhárítására tervezett rendszerek és szervezési megoldások esetében figyelembe kell venni azt a helyzetet, ha a telephely megközelítése, a rendszerek kiszolgálása és működtetése tartósan nehézségekbe ütközik."

Kiterjedt természeti katasztrófa esetére vonatkozik a 3a.3.6.2700. követelmény, miszerint ilyen esemény kezelésére való felkészülésnél *„figyelembe kell venni azt a helyzetet, ha a telephely megközelítése, a rendszerek kiszolgálása és működtetése tartósan nehézségekbe ütközik"*. A korábban tárgyalt autonómia-követelmények szorosan kapcsolódnak ehhez a problémakörhöz.

4. FORRÁSOK ÉS REFERENCIÁK

- [1] IAEA SSR-2/1. Safety of Nuclear Power Plants: Design.
- [2] IAEA NS-G-1.2. Safety Assessment and Verification for Nuclear Power Plants.
- [3] IAEA Safety Series No. 50-P-1. Application of the Single Failure Criteria. IAEA, Vienna 1990 (no longer valid standard)
- [4] IAEA Safety Series, No. 46. Assessment of Defense-in-Depth for Nuclear Power Plants.
- [5] IAEA INSAG -10. Defense in Depth in Nuclear Safety.
- [6] IAEA-TECDOC-986. Implementation of Defence-in-Depth for Next Generation Light Water Reactors.
- [7] A Nukleáris Biztonsági Szabályzatok 3. sz. kötetéhez tartozó 3.12. sz. Irányelv. OAH 1999, (hatályon kívül helyezve)
- [8] SSG-2 Deterministic Safety Analysis for Nuclear Power Plants, IAEA, Vienna, 2009
- [9] SSG-3 Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants, IAEA, Vienna 2010
- [10] SSG-4 Development and Application of Level 2 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants, IAEA, Vienna 2010
- [11] Protection against Internal Hazards other than Fires and Explosions in the Design of Nuclear Power Plants Safety Guide Series No. NS-G-1.11, IAEA, October 04, 2004.
- [12] Severe Accident Management Programmes for Nuclear Power Plants Safety Guide Series No. NS-G-2.15, IAEA, July 14, 2009.
- [13] External Events Excluding Earthquakes in the Design of Nuclear Power Plants Safety Guide Series No. NS-G-1.5, IAEA, December 17, 2003.
- [14] YVL B.1 Safety design of a nuclear power plant 15 Nov 2013
- [15] Safety Assessment Principles for Nuclear Facilities 2006 Edition, Revision 1 (ONR UK)
- [16] MSZ 27003 Nukleáris létesítmények berendezéseinek konstrukciós szabályai (ASME III)
- [17] Standard Format and Content of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants, US NRC Regulatory Guide 1.70, Rev. 3. November, 1978
- [18] GS-G-4.1 Format and Content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants, IAEA, Vienna 2004
- [19] WENRA Report: Safety of new NPP designs - Study by Reactor Harmonization Working Group (RHWG), March 2013