

ZRÍNYI MIKLÓS NEMZETVÉDELMI EGYETEM
BOLYAI JÁNOS KATONAI MŰSZAKI KAR
KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA



Petőfi Gábor

**Radioaktív anyaggal elkövetett szándékos
károkozás hatásainak vizsgálata,
következményeinek elhárítására való
felkészülés**

Doktori (PhD) Értekezés

Témavezető:

Dr. Solymosi József
nyá. mk. ezredes, a hadtudomány doktora

2009 BUDAPEST

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS	4
A TÉMA AKTUALITÁSA	4
A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA	5
KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK	5
A KUTATÁS MÓDSZERE	6
I. FEJEZET TERRORIZMUS RADIOAKTÍV ANYAGGAL: NEMZETKÖZI MEGÍTÉLÉS ÉS HAZAI FELKÉSZÜLÉS, A KAPCSOLÓDÓ JOGI ESZKÖZÖK, A FENYEGETETTSÉG ÉRTÉKELÉSE	7
1.1 TERRORIZMUS RADIOAKTÍV ANYAGGAL	7
1.2. HIÁNYOSSÁG A HAZAI FELKÉSZÜLÉSBEN.....	10
1.3. NUKLEÁRIS ÉS RADIOLÓGIAI TERRORIZMUSSEL KAPCSOLATOS NEMZETKÖZI EGYEZMÉNYEK, KÖTELEZETTSÉGEK.....	14
1.3.1. Nemzetközi egyezmények, megállapodások.....	14
1.3.2. Nemzetközi ajánlások, Európai Unió irányelvek.....	19
1.3.3. Az ENSZ Biztonsági Tanácsa vonatkozó határozatai	20
1.4. A FENYEGETETTSÉG ÁLTALÁNOS ÉRTÉKELÉSE.....	21
1.4.1. A világ és Európa	21
1.4.2. Európa és Magyarország	22
1.5. NUKLEÁRIS ÉS MÁS RADIOAKTÍV ANYAGOK FELÜGYELETE ÉS VÉDETTSÉGI KÉRDÉSEI	26
1.5.1. Megelőzés.....	27
1.5.2. Detektálás	31
1.5.3. Elhárítás.....	34
1.6. KÖVETKEZTETÉSEK.....	37
II. FEJEZET LEHETSÉGES FENYEGETÉSI MÓDOK.....	38
2.1. RADIOLÓGIAI DISZPERZIÓS ESZKÖZÖK TÍPUSAI, FELÉPÍTÉSE.....	38
2.1.1. A radiológiai robbantó eszköz (RRE)	38
2.1.2. Radioaktív aeroszol generátorok (RAG).....	40
2.2. ALKALMAZHATÓ NUKLEÁRIS ÉS RADIOAKTÍV ANYAGOK.....	40
2.2.1. A radioaktív anyagok diszpergálhatósága	41
2.2.2. RDE eszközök alkalmas töltetei.....	43
2.3. LEHETSÉGES ESEMÉNYSOROK.....	50
2.3.1. Direkt besugárzás, szivárgás – Pontforrás (PF).....	50
2.3.2. RRE robbantása szabad téren - Robbantás utcán (RU)	51
2.3.3. RRE robbantása épületen belül – Robbantás épületben (RE)	53
2.3.4. RAG alkalmazása szabad téren – Porlasztás utcán (PU).....	55
2.3.5. RAG alkalmazása épületen belül – Porlasztás épületben (PE).....	56
2.4. KÖVETKEZTETÉSEK.....	57
III. FEJEZET KÖVETKEZMÉNYEK ELEMZÉSE	58
3.1. DIREKT BESUGÁRZÁS (PF)	59
3.2. ROBBANTÁS SZABAD TÉREN (RU).....	60
3.3. ROBBANTÁS ÉPÜLETBEN (RE).....	63
3.4. PORLASZTÁS UTCÁN (PU)	64
3.5. PORLASZTÁS ÉPÜLETBEN (PE)	65
3.5.1. Áramlástan vizsgálat	65
3.5.2. A következmények vizsgálata	71
3.6. KÖVETKEZTETÉSEK.....	74

IV. FEJEZET RADIOAKTÍV ANYAGGAL ELKÖVETETT CSELEKMÉNY MIATT KIALAKULT RADIOLÓGIAI VESZÉLYHELYZET KORAI FÁZISÁNAK STRATÉGIAI ELHÁRÍTÁSI MODELLTERVE		76
4.1.	A TERV CÉLJA ÉS TERJEDELME	76
4.2.	SUGÁRVÉDELMI SZEMPONTOK	77
4.3.	RADIOLÓGIAI VESZÉLYHELYZET FENNÁLLÁSÁNAK IGAZOLÁSA	81
4.4.	VÉDŐZÓNÁK MEGHATÁROZÁSA	82
4.4.1.	Vörös zóna.....	83
4.4.2.	Sárga zóna	84
4.4.3.	Sárga zónán kívül	86
4.5.	A BEAVATKOZÓK VÉDELME	86
4.6.	A LAKOSSÁG VÉDELME	88
4.6.1.	Lakossági óvintézkedések röviddel az esemény után.....	88
4.6.2.	Sérült személyek szétválogatása és ellátása	89
4.6.3.	Személyi monitorozás, személyek dekontaminálása.....	92
4.6.4.	Személyek kórházba szállítása	94
4.6.5.	Radioaktív anyagokkal szennyeződött személyek kórházi sugármentesítése	95
4.7.	KÖRNYEZETI MONITOROZÁS (DETEKTÁLÁS, AZONOSÍTÁS, A FORRÁS HELYÉNEK MEGHATÁROZÁSA)	95
4.8.	FORRÁS KERESÉSE	97
4.9.	KÖVETKEZTETÉSEK	99
	ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK.....	100
	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	101
	AJÁNLÁSOK	102
	TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM	103
	IRODALOMJEGYZÉK.....	106
	1. MELLÉKLET: NUKLEÁRIS ÉS MÁS RADIOAKTÍV ANYAGOK ILLEGÁLIS FORGALMAZÁSÁNAK JELENTETT ESETEI.....	112
	2. MELLÉKLET: HAZAI ÉSZLELÉSI, FELDERÍTÉSI KÉPESSÉGEK.....	115
	3. MELLÉKLET: AZ ALKALMAZOTT SZÁMÍTÓGÉPI KÓDOK LEÍRÁSA	120
	MEGHATÁROZÁSOK	125

BEVEZETÉS

A radioaktív anyaggal elkövetett szándékos károkozás lehetősége, mint a védelmi felkészüléssel szembeni potenciális kihívás sok más területe, főként az Amerikai Egyesült Államok elleni 2001. szeptember 11-i, valamint az ezt követően Európában elkövetett terrorcselekmények után került a szakemberek látóterébe. Az ilyen cselekmények végrehajthatóságát már korábban is értékelő feltevések új hangsúlyt kaptak, az elvégzett elemzések pedig a szakemberek vélekedését alapvetően megváltoztatták. Ma már a nemzetközi és a hazai szaksajtóban is rendszeresen találkozhatunk a radioaktív anyagok rossz szándékú felhasználásával foglalkozó közleményekkel. A veszélyhelyzetek elhárításában érintett szakemberek rámutatnak arra, hogy a lakosság, az infrastruktúra és a gazdaság védelmét is veszélyeztethető eseményről van szó, amely elhárításához a korábbi felkészülésen kívül egyéb megfontolások figyelembevétele is alapvető. Minthogy a tématerület előtérbe kerülése nemzetközileg is viszonylag újnak számít, nem értékelhető negatívan, hogy az általában kisebb terrorfenyegetettségnek kitett hazánkban még nem történt meg az ilyen típusú fenyegetettség felmérése és egy ilyen eset elhárítása érdekében szükséges lépések meghatározása. Ugyanakkor a további késlekedés sem indokolható. Ezt felismerve kezdtem bele kutatásomba, amelynek fókuszába tehát a radioaktív anyaggal elkövetett rossz szándékú cselekmények jelentette valós fenyegetettség mértékének vizsgálatát és az alapján az elhárítás, az okozott közveszély és a környezetkárosítás következményeinek elhárítására való felkészülést helyeztem.

A TÉMA AKTUALITÁSA

A radioaktív anyagok alkalmazása szándékos károkozás céljából az elkövetők szempontjából hatékony eszköz lehet a lakosság körében pánik keltésre, hosszú távú rettegés kiváltására, jelentős anyagi kár okozására és - legalábbis helyi szinten - az egészségügyi és gazdasági rendszer megroppantására. Mindez hatalmas figyelmet jelentene a világ közvéleménye részéről az elkövetőknek, ami a terroristák egyik legfőbb célja. Felmerül a kérdés, hogy mennyire reális egy ilyen fenyegetés. A szakértők véleménye megoszlik. Egyfelől egyetértenek abban, hogy az ártó szándék, a képességek és az eszközök elérhetősége alapján a lehetőség fennáll egy ilyen cselekmény végrehajtására, és sokak szerint a kérdés nem az, hogy ilyen cselekményt végrehajtanak-e, csupán az, hogy mikor és hol. Más vélemények szerint, ha a terroristák logikusan gondolkodnának, akkor ennél egyszerűbben hozzáférhető és kezelhető

eszközök alkalmazását választanák, mert azokkal könnyebben és hatékonyabban hajthatnának végre cselekményeket. A kérdés részletesebb kutatása, további szakmai érvek felsorakoztatása segíthet az ilyen kérdések eldöntésében. A szakmai vitán túl, a nemzetközi kötelezettségeivel, azaz a hazánk által is ratifikált, a nukleáris anyagok fizikai védelmét és a nukleáris terrorista cselekmények visszaszorítását célzó nemzetközi egyezmények alapelveivel összhangban nem teheti meg felelősséggel egyetlen állam sem, hogy állampolgárai biztonsága érdekében ne vizsgálja meg az ilyen típusú fenyegetettség mértékét, és ne határozza meg a fenyegetés csökkentése, illetve a bekövetkező esemény elhárítása érdekében szüksége lépéseket. Ezek alapján:

- a) Az ártó szándék létezik a világon.
- b) A szakértelem és az eszközök rendelkezésre állnak a radioaktív anyagokkal elkövetett szándékos károkozáshoz.
- c) A terroristák képesek bárhol a világon cselekményt elkövetni, így Magyarországon is.

Tehát: mind tudományos-szakmai, mind biztonsági szempontból indokolt és aktuális a kérdés kutatása.

A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA

Magyarországon részletes szabályozás és útmutatás található a nukleáris balesetek elhárítására vonatkozóan, de a radioaktív anyaggal elkövetett közveszély-okozás és környezetkárosítás által képviselt fenyegetettség mértékét még nem vizsgálták és az elhárítási tevékenységre nincsenek kidolgozott tervek. A nukleárisbaleset-elhárításban és a szándékos károkozás miatti veszélyhelyzet kezelésben alkalmazott tevékenységek a korai fázisban térnek el jelentősen, melynek feloldása egy erre a scenárióra alkalmazható modell terv kidolgozásával történhet. A tudományos probléma a lehetséges fenyegetési módok és azok potenciális következményeinek meghatározásában áll a terv kimunkálása érdekében.

KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK

A kutatásom általános célkitűzése, hogy kiindulva a téma nemzetközi irodalmának tanulmányozásából, a hazai készütségek helyzetéből és a nukleáris terrorizmussal, valamint a nukleáris és radiológiai proliferáció állósággal (fegyverek elterjedésének megakadályozásával) kapcsolatos nemzetközi egyezményekből, kötelezettségekből megvizsgáljam a radioaktív anyaggal elkövetett cselekmény által képviselt hazai fenyegetést, számszerűsítsem és értékeljem a lehetséges következményeket és ez alapján kidolgozzam a

radioaktív anyaggal végrehajtott szándékos károkozásra vonatkozó elhárítási modell tervet. Ezen belül a következő célokat tűztem ki:

- A) A nemzetközi tapasztalatok és a hazai fenyegetettség felmérése alapján hipotézist állítok fel a hazánkban figyelembe veendő eseménysorokra. A hipotézis igazolásához szempontrendszert dolgozok ki a radioaktív anyagokkal elkövethető cselekményekhez alkalmazható anyagok és eszközök értékelésére.
- B) A hipotézis igazolásával azonosítom azon hihető fenyegetési módokat, beleértve a potenciálisan alkalmazható eszközöket, anyagokat, elkövetési módokat és az alkalmazás lehetséges helyszíneit, amelyekre a hazai elhárítási rendszert javaslatom szerint méretezni kell. A méretezés érdekében a kiválasztott eseményekre burkoló scenáriókat illesztetek, amelyeket szimulációs számítógépi kódok segítségével számszerűen elemzek.
- C) A számszerű elemzések alapján a lehetséges következmények szempontjából értékelem az egyes scenáriók jelentette valós fenyegetést és javaslatot teszek a védekezés javítására.
- D) Az eredmények nemzetközi ajánlásokkal történő összehasonlítása, valamint a hazai viszonyok figyelembevételével megalkotom a radioaktív anyaggal elkövetett szándékos károkozás következményeinek elhárítására alkalmazható stratégiai modelltervet.

A KUTATÁS MÓDSZERE

A téma kidolgozásának kiindulási alapja a fellelhető írott és elektronikus, nemzetközi és hazai szakirodalom kutatása, kritikai elemzése, összehasonlítása. A tématerületen számos hazai és nemzetközi publikáció, jogszabály, egyezmény, értekezés, kézikönyv, projektbeszámoló és szakmai-tudományos konferencia anyag áll rendelkezésre. A kutatás megalapozó lépése ezek feldolgozása, majd ezek alapján a hazai helyzet és felkészülés összehasonlító kritikai elemzése. A nemzetközi és hazai viszonyok összevetéséből, valamint saját megalapozott megfontolások alapján hipotézist állítok fel azokra a potenciális eseménysorokra, amelyek végbemenetele reálisan feltételezhető hazánkban, a hipotézis igazolásához módszert dolgozok ki, majd a hipotézisemet igazolom. Az így meghatározott eseményekhez burkoló számításokat készítek erre alkalmas, korszerű számítógépi kódokkal annak érdekében, hogy megállapítsam hazánk fenyegetettségének valós voltát, illetve, hogy megalapozzam a stratégiai modelltervben a nemzetközi jó gyakorlat kritikai átvételét. Végül kimunkálom a stratégiai elhárítási modelltervet, amely a megfelelő adaptáció után alkalmazható az országos vagy szervezeti veszélyhelyzeti felkészülési tervekben.

I. FEJEZET

TERRORIZMUS RADIOAKTÍV ANYAGGAL: NEMZETKÖZI MEGÍTÉLÉS ÉS HAZAI FELKÉSZÜLÉS, A KAPCSOLÓDÓ JOGI ESZKÖZÖK, A FENYEGETETTSÉG ÉRTÉKELÉSE

1.1 TERRORIZMUS RADIOAKTÍV ANYAGGAL

Sérültek, pánik és anyagi károk: ezek egy piszkos bomba vagy általánosabban radiológiai diszperziós eszközzel (RDE, angolul: Radiological Dispersion Device vagy rövidítve RDD, [1]) végrehajtott támadás következményei. A tömegpusztító fegyverektől eltérő sajátosságai, de az angol hasonló hangzás (vö. mass destruction/mass disruption) miatt ezt az eszközt inkább tömegzüllesztő fegyvernek nevezik [2,3]. A NATO 2002-es prágai csúcsértekezletén a radiológiai fegyvereket is a tömegpusztító fegyverek közé sorolták [1], ezt egy esetleges támadás volumenével indokolták, hiszen egy radiológiai fegyver valóban tömegpusztító fegyverként viselkedhet.

A radioaktív anyagot diszpergáló eszközök céljuk és a céljuk által behatárolható működési elvük szerint többfélék lehetnek. Elképzelhető az ivóvízbázis vagy a tápláléklánc valamely elemének szennyezése (pl. a liszté egy nagy malomban) vagy egy-egy ipari létesítmény megtámadása is. Ezek terrorista szempontból megfelelő célpontok és ezekhez alkalmazható eszköz is gyártható a radioaktív anyag szétterítéséhez, de az okozott kár és a következmények szempontjából hatékonyságuk kisebb, mint a városi környezetben, sok ember által látogatott helyeken végrehajtott akcióé. Jelen munka keretében ez utóbbi cselekmény vizsgálatát tűztem ki célul. Az ilyen célra alkalmas eszközök alapvetően kétfélék lehetnek. Hagyományos robbanóanyag mellé radioaktív izotóp(ok) pora vagy oldata kerül, ami a robbanószerkezet működésbe lépését követően por vagy permet formájában szétszóródik és szennyez: ez a radiológiai robbantó eszköz (RRE). A RDE lehet passzívan, nem robbanásszerűen működő eszköz is. Ekkor a radioaktív anyag terjeszhető pl. légkondicionáló rendszer vagy valamilyen permetező eszköz segítségével is: radioaktív aeroszol generátor (RAG) [4]. A teljesség kedvéért megjegyezzük, hogy a radioaktív anyagot akár kézzel is szét lehet szórni, de ennek hatékonysága az elkövető szempontjából alacsony. Klasszikus értelemben nem diszpergálásnak számít, de elképzelhető még a direkt besugárzással okozott kár is, amely során nagy, zárt vagy részben nyitott forrást helyeznek el egy forgalmas helyen. Az alacsony átlagos részecskeméret és részecsketömeg miatt a por alakban történő terjesztés a legalkalmasabb a károkozás szempontjából, hiszen a lassú ülepedés miatt nagy arányú belélegzéssel, lenyeléssel, valamint hosszabb ideig tartó levegőben terjedéssel lehet számolni.

A jelentős károkozáshoz sok esetben kis mennyiségű radioaktív anyag is elégséges (pl. Pu-239). Az izotópválasztás nem csak egészségügyi kár, hanem gazdasági kár okozás kérdése is lehet (pl. a cézium izotópokkal szennyezett terület dekontaminálása költséges) [5].

A RDE a terrorista szempontjából hatékony eszköz: ugyan viszonylag kevés az azonnali áldozat, de több az olyan személy, akiknél a sugárzás okozta sztochasztikus hatással kell számolni. Előbb pánik, majd hosszú távú rettegés – hatalmas reklám az elkövetőknek és egyúttal, legalábbis helyi szinten az egészségügyi és gazdasági rendszer megroppantása. Általános a vélemény, hogy évekig vagy akár évtizedekig tartó (globális) társadalmi és pszichológiai hatásokkal kellene számolni egy ilyen cselekmény után. Az elhárítás körülményes, hosszadalmas, költségei rendkívüliek, amelyeket még a biztosítók sem hajlandók fedezni [5].

Kétségtelenül felmerül a kérdés, hogy mennyire reális egy ilyen fenyegetés. A szakértők egy része egyetért abban, hogy a realitás nem kérdés, hanem csak az, hogy mikor és hol követik el az első ilyen támadást [3]. Emiatt egy ország sem teheti meg, hogy nem értékeli saját helyzetét a RDE fenyegetettség szempontjából és nem készül fel az elhárításra [6].

A kockázat hihető, mert az ártó szándék létezik, az elkövetéshez szükséges radioaktív anyagok pedig viszonylag egyszerűen hozzáférhetőek. A radioaktív sugárforrások jelentős piaccal rendelkeznek, jelentős számban megtalálhatóak a világ összes országában. A lopás megakadályozása bár gazdasági érdek, de ez nem mindig jelent hatékony akadályt. Ráadásul sok az eltűnt/elvesztett forrás is, amelyek így potenciálisan az elkövetők kezébe kerülhetnek [7].

A Benjamin Netanjahu féle definíció szerint a terrorizmus a polgárokon gyakorolt szándékos, módszeres erőszak, amely az általa kiváltott félelmen keresztül politikai célokat kíván megvalósítani [8]. A definícióba kiválóan illik a RDE alkalmazása. Ilyen politikai célból elkövetett cselekmények Magyarországon sem zárhatók ki [9].

A világban elkövetett terrorcselekményeket vizsgálva kiderül, hogy az elkövetők célja és ezzel párhuzamosan a választott módszerek is finomodnak [10,11,12,13]. Gondoljunk csak a 2001. szeptember 11-i USA elleni támadásokra, vagy az elmúlt években Afrika keleti partjai mentén a szomáliai kalózkodók által végrehajtott akciókra. A korábbi orosz titkos ügynök,

Alexander Litvinyenko meggyilkolása [14], habár az nem terrorcselekmény volt, az elkövetésnél alkalmazott sugárzó anyag (Po-210) és a cselekmény előkészítésének terrorakcióhoz hasonlatos volta miatt szintén itt említendő. Levonható a következtetés, hogy a terroristák egyre többször választanak nehezen megközelíthető célpontot és/vagy alkalmaznak szofisztikált eszközöket. Ezen cselekmények összehangolt, részletes tervezést és végrehajtást igényelnek. Ezzel egyértelműen azt kívánják bizonyítani és bizonyítják, hogy a világon bárhol és bármilyen eszközzel képesek terrorcselekményt végrehajtani.

A terrorcselekményekre irányuló figyelem a sajtóban is egyszerűen tetten érhető, egy példa a HVG és több egyéb orgánus 2008. április 7-i számából: 2007-ben az előző évinél 24 százalékkal több terrorcselekményt jelentettek az Európai Unió tagállamainak rendőrségei az unió közös rendőri szervezete, az Europol szerint. Konkrétan a piszkos bombával kapcsolatban az amerikai sajtóban található több példa, amelyek egy része általánosan a fenyegetéssel foglalkozik, más részük egy-egy gyanúról, illetőleg nyomozásról ad számot [15,16,17].

A témát részletesen boncolgató [18] tanulmány megállapítása jól foglalja össze a jelen helyzetet: a terrorizmus napjaink állandó veszélyforrása lett, amely szervezetében, módszerében folyamatosan fejlődik, és gyorsan alkalmazkodik. Bebizonyosodott, hogy a terrorizmus ellen nincs teljes védelem, csupán az illegális cselekmények megelőzésével, előkészítésének és végrehajtásának észlelésével, továbbá elhárításával kapcsolatos elméleti és gyakorlati munka módszereit lehet tökéletesíteni. Napjainkra az is világossá vált, hogy a korábban létrehozott szervezetek, működési folyamatok, alkalmazott módszerek nem, vagy csak csekély mértékben eredményesek a terrorszervezetekkel szemben. Továbbá, a demokratikus rendszerek és a velük összekapcsolható vívmányok nagyon könnyen sebezhetőek.

Ahogy a korábbiakban már említettem, a radioaktív anyaggal végrehajtott szándékos károkozás¹ lehetőségével azért is kell foglalkozni, mert az ilyen célra alkalmazható eszköz készítése kisebb szakértelmet és technikai felkészültséget igényel, mint egy nukleáris fegyverrel elkövetett támadás végrehajtása. Ugyanakkor kérdés, hogy vannak-e arra utaló

¹ Külön problémakört jelent a nukleáris és más radioaktív anyagok, illetve létesítmények elleni sikeres szabotázs cselekmények kezelése [19,20]. A vonatkozó elhárítási tevékenység azonban – tekintettel arra, hogy a veszélyhelyzet létesítményhez kötött – az OBEIT keretében kezelhető.

jelek, hogy egy ilyen támadásra a terroristák készülnek, mérlegelik-e egy ilyen eszköz bevetésének lehetőségét. A választ egyértelműen nem lehet megadni, ugyanakkor a nukleáris és más radioaktív anyagok jogtalan eltulajdonítására, forgalmazására tett – a DSTO (Database on Nuclear Smuggling, Theft and Orphan Radiation Sources) [21] és az ITDB (Illicit Trafficking Database) [22] adatbázisok tanulmányozása alapján kiválasztott és az 1. mellékletben bemutatott – kísérletek azt jelzik, hogy a világon létezik a szándék.

Amint a gyűjtésből látható, az eddigi cselekmények elég kezdetlegesek voltak, és szerencsére valóban hiányzott a szakértelem. Az akciók elsősorban a könnyebben beszerezhető radioaktív izotópokra irányultak és csak néhány esetben fordult elő dúsított uránnal vagy plutóniummal kapcsolatos esemény. Ennek elsődleges oka, hogy atomfegyvert még fegyver minőségűre (90% U-235) dúsított uránnal sem lehet amatőr módon elkészíteni és célba juttatni, a nem kellően dúsított urán további dúsítására egy terrorszervezetnek a szükséges speciális berendezések beszerzése, üzemeltetése miatt nincs reális lehetősége.

Összegezve a fentieket megállapítom, hogy a probléma hazai kutatása aktualitás, mert:

- a) Az ártó szándék létezik a világon.
- b) A RDE eszközök készítéséhez szükséges alapanyagok és szakértelem rendelkezésre állhat a terroristák számára.
- c) Az eddigi cselekmények alapján a terroristák képesek bárhol a világon a cselekményt elkövetni. Így Magyarországon sem lehet bizonyossággal kizárni egy ártó cselekmény végrehajtását.

1.2. HIÁNYOSSÁG A HAZAI FELKÉSZÜLÉSBEN

A hazai nukleárisbaleset-elhárítási készültség mai rendszerét az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény, valamint végrehajtási rendeletei hozták létre. Ezen belül a radiológiai veszélyhelyzetek kezelését is ellátó Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Rendszert (ONER) alkotó központi, ágazati és helyi szervek feladatai többé-kevésbé tisztázottak, azonban ezen szervezetek együttműködése, valamint az erőforrások méretezésére, kihasználására szolgáló összehangolt terv a jogszabályok szintjén nem létezik. A nemzetközi ajánlásokkal [23,24,25] összhangban született meg ennek a hiánynak a pótlására az Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv (OBEIT) 2002-ben [26], majd annak 2. változata 2008-ban [27]. A terv érdeme, hogy nagyon sok korábban használt fogalmat tisztáz és rendszerbe helyezi a

nukleárisbaleset-elhárítási feladatokkal rendelkező szervezeteket és ezek képességeit. A terv célja mindazon követelmények és feladatok összefoglalása, amelyek a hazánk területét érintő nukleáris veszélyhelyzetben a telephelyen kívüli nukleárisbaleset-elhárítás szempontjából fontossággal bírnak. A terv áttekinti a nukleárisbaleset-elhárítás tervezési alapját, a létesítményekhez köthető és az ezekhez nem kapcsolható veszélyhelyzetek fokozatait és az alkalmazandó tervezési zónákat. Rögzíti az ONER működésének állapotait és rendjét, az óvintézkedések meghatározásakor, valamint a beavatkozók védelme érdekében alkalmazandó sugárvédelmi szinteket, korlátokat. Részletesen ismerteti az ONER felépítését, kapcsolatrendszerét, valamint a veszélyhelyzet elhárításában azonosított kritikus feladatok felelőseit és az egész szervezet működési rendjét a különböző működési állapotokban. Korlátozott terjedelemben foglalkozik a sugársérültek ellátásával és a lakosság tájékoztatásának kérdéseivel is. Az OBEIT egyben mintatervül szolgál, keretet biztosít és különösen az útmutatóival együtt eligazít az ágazati, területi, helyi és létesítményi tervek elkészítéséhez, végrehajtásához. Összességében egy jól átgondolt, logikusan strukturált és az ONER jelenlegi állapotában jól alkalmazható dokumentum a nukleáris veszélyhelyzetek kezelésére.

Mindebből ugyanakkor látható, hogy az OBEIT koncepciója szerint nem foglalkozik a veszélyhelyzetek megelőzésével és csak korlátozottan (lásd az alábbiakban is) a veszélyhelyzetek detektálásának kérdésével. Az alábbiakban röviden elemzem azon területeket, amelyeken az elhárításra való felkészüléssel szemben eltérő követelmények jelentkeznek a szándékos cselekmény által okozott, illetőleg a nukleáris veszélyhelyzet között.

Az OBEIT pontosan tisztázza azt az eseménykört, amely esetére az alkalmazását tervezték: az elhárítani szándékozott nukleáris veszélyhelyzet (NVH) fogalma az OBEIT értelmezésében lefedi mind a nukleáris, mind a sugárzó anyagokkal végzett tevékenység következtében előálló veszélyhelyzeteket, tehát tartalmazza a nukleáris létesítmények (nukleáris létesítményi veszélyhelyzet), a radioaktív anyagot alkalmazó létesítmények és a radioaktív anyaggal végzett tevékenységek lehetséges veszélyhelyzeteit (radiológiai veszélyhelyzet) is. A terv céljai között nem szerepel a radioaktív anyagokkal okozott közveszély vagy környezetkárosítás esetén szükséges elhárítási tevékenység. Bár a IV. veszélyhelyzeti tervezési kategóriába a terv besorolja a szándékosan előidézett veszélyhelyzeteket, de kezelésének specifikumaira már nem tér ki.

A szándékosan okozott veszélyhelyzetek kezelése alapjaiban nem, de bizonyos tekintetben mégis eltér a nukleáris veszélyhelyzetekétől. A sugársérült vagy szennyezett személyek kezelése ugyanolyan probléma mindkét esetben, és hasonlóan közös terület a következmények felszámolása terén a szennyeződött épületek, talaj, műtárgyak mentesítése is. Itt csak az eltérő sugárzó anyagok sajátosságai játszhatnak szerepet, hiszen szándékos esetben lehet a cél az egészséget jobban károsító vagy a nehezen mentesíthető anyag alkalmazása is.

Az elhárításban a leglényegesebb eltérés az, hogy szándékos cselekmény esetén nincs, vagy csak esetlegesen van idő megelőző intézkedések kimunkálására, végrehajtására [28]. A szennyezettség, a sugársérülés nagy része gyakorlatilag az észlelés pillanatában vagy akár már az előtt fellép, ezáltal nemhogy felső szintű döntéshozatalra, de még a helyi vezetők általi döntéshozatalra sincs idő, jórészt a beavatkozó szervek vezetőinek és dolgozóinak kell azonnali döntéseket hozni a következmények, károk, sérülések megelőzése és enyhítése érdekében. Fontos, hogy ezek a döntések nagy jelentőséggel bírnak a későbbi károk mértékére.

További jelentős különbség a potenciálisan érintett helyszínekben azonosítható [28]. A radioaktív anyaggal elkövetett szándékos károkozás alapvető célpontjai a városban élő, tartózkodó lakosság és a városi-gazdasági környezet, ami alapvetően kívül esik az OBEIT tervezési alapján. Nagyobb, szándékos károkozással összemérhető következményt jelentő nukleáris létesítményi veszélyhelyzet atomerőműben alakulhat ki, amely hazánkban lakott területektől viszonylag távol esik, egy baleset közvetlen következménye nagy számban várhatóan nem érint embereket, de a kibocsátás mértéke miatt nagy, de jórészt nem lakott terület szennyeződhet el. A szándékos károkozás esetén a nagyszámú ember által látogatott helyszínek azok, amelyek célpontként felmerülhetnek (belvárosok, sportcsarnokok, bevásárló központok, uszodák, rendezvény szervezésére alkalmas helyszínek). Ezek olyan területek, ahol jelenleg egy-két kivételtől eltekintve nincsenek detektáló eszközök sem és a detektálás esetén a teendőkre az ONER nincs is megfelelően felkészítve. Ezeken a helyeken, ellentétben pl. egy nukleáris létesítményben bekövetkezett eseménnyel, nem kerül automatikusan sor a sugárzás mérésére mindaddig, amíg nem merül fel sugárzó anyag jelenlétének gyanúja.

Szintén eltérésként lehet azonosítani, hogy szándékos cselekmények esetén már a kezdeti időszakban szerepet kaphat a nyomozati tevékenység is. Rossz szándékú elkövetőről lévén szó feltételezhető az is, hogy az elhárítást meg kívánja nehezíteni, akár további csapdákat is állíthat, illetve a tervek ismeretében ki akarja játszani azokat a még nagyobb rombolás, károkozás érdekében. Gondoljunk itt az összehangolt 2001. szeptember 11-i cselekményekre, amelyek során a katonai elhárítás irányításának bénítását, akadályozását is (Pentagon elleni akció) célul tűzték ki.

Különbségként jelentkezik, hogy a nukleárisbaleset-elhárításban alkalmazott elemzési potenciál eltérő, legalábbis eltérő céllal alkalmazható és az OBEIT által értelmezett sürgős óvintézkedések is másképpen értelmezhetők (pl. jódpofilaxisra csak jódtizotóp jelenléte esetén van szükség, és az esemény bekövetkezésének helyszínétől távolabb van csak értelme megelőző jellegű intézkedésként elzárkózásról vagy kimenekítésről beszélni).

Szintén ki kell emelni, hogy az OBEIT elsősorban a veszélyhelyzet értékelésével és az óvintézkedések meghatározásának rendjével, az ehhez szükséges információk begyűjtésével és elemzésével foglalkozik. A tervezés megszakad ezen a ponton és csak elvi szinten (korlátok meghatározása, beavatkozók védelme) foglalkozik a lehetséges intézkedések végrehajtásával, azokat az adott szervezetek saját hatáskörére bízza, illetve a vonatkozó szabályozásra támaszkodik. Nem rendelkezik a logisztikai feladatok végrehajtásának részleteiről (pl. ki milyen eszközzel, hogyan végez mérést), hogyan történik pl. a jódtabletták kiosztása, a kimenekítés. Hol, hogyan és pontosan ki mentesíti a lakosságot, ehhez milyen mentesítő eszközök állnak rendelkezésre. Hogyan történik az állatállomány és az egyéb vagyoni elemek mentése. Röviden: hiányzik az intézkedés-végrehajtás stratégiai terve és ezt az OBEIT alá rendelt további útmutatók tervezett kiadása sem oldja meg [29]. Nyilvánvaló az is, hogy az ONER-ben részt vevő, az intézkedések végrehajtásában szerephez jutó szervezeteknek a saját BEIT-jeikben és az alárendelt dokumentumaikban kellene ezen kérdések szabályozására részletesen kitérniük.

Megemlítem, hogy a hazai gyakorlatban már sokan és sokszor foglalkoztak a nukleáris létesítmények következményeivel és ezek kezelésével. Egy kiváló összefoglaló munka született nemrégiben ezzel kapcsolatban [30]. Nem meglehetően az ilyen típusú veszélyhelyzetek eltérő súlyosságára munkám során figyelemmel voltam az ott levont tanulságokra is.

Összegezve megállapítható, hogy az OBEIT és a BEIT-ek rendszere nukleáris veszélyhelyzet elhárítására készült, a szándékos károkozás következményeinek eltérő kezelése érdekében érdemi megfontolásokat nem tartalmaz. A terv részben alkalmazható ilyen scenárió esetén is, de főként az eseményt közvetlenül követő időszakban a nukleáris veszélyhelyzet elhárításánál alkalmazottól eltérő megközelítésre, így az OBEIT kiegészítésére vagy a szándékos károkozás kezelésére vonatkozó külön terv készítésére van szükség². A veszélyhelyzet kezdeti időszaka után nagyrészt alkalmazhatóak az OBEIT mechanizmusai, döntéshozatali folyamatai és a magyar katasztróaelhárító rendszer jelenlegi infrastruktúrája, személyzete.

1.3. NUKLEÁRIS ÉS RADIOLÓGIAI TERRORIZMUSSEL KAPCSOLATOS NEMZETKÖZI EGYEZMÉNYEK, KÖTELEZETTSÉGEK

Az elmúlt néhány évtizedben számos nemzetközi jogi eszköz született a globális biztonságot is veszélyeztető, a nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos jogellenes cselekmények megelőzése, észlelése és felszámolása érdekében. Ezek a jogi eszközök két szinten érvényesülhetnek. Egyrészt szabályozzák az egyes államok és nemzetközi intézmények közötti kapcsolatokat, jogokat és kötelezettségeket fogalmazzák meg nemzetközi szinten az egyes résztvevők számára, másrészt olyan kötelező rendelkezéseket is tartalmaznak, amelyeknek a nemzeti jogrendszerben meg kell jelenniük.

A nemzetközi jogi eszközök egy része (mint az egyezmények és megállapodások) jogi kötelezettségekkel jár a részes államok számára, más részük (viselkedési kódex, alapelvek, nemzetközi standardok és műszaki dokumentumok) csak önkéntes alapon vállalható kötelezettségeket, ajánlásokat és gyakorlatot képvisel, követésük az adott állam szuverén döntésén alapul.

1.3.1. Nemzetközi egyezmények, megállapodások

A nukleáris fegyverek elterjedésének megakadályozásáról szóló szerződést [31] az Egyesült Nemzetek Szervezete Közgyűlésének XXII. ülészaka 1968. június 12-én határozta el és 1968. július 1-jén Moszkvában, Washingtonban és Londonban írták alá. Magyarország 1968-ban írta alá az ún. Atomsorompó Szerződést, amely az 1970. évi 12. törvényerejű rendelettel

² Amennyiben a szándékos károkozással foglalkozó részekkel az OBEIT kiegészülne, akkor javaslom, hogy az elnevezése Nukleáris és Radiológiai Veszélyhelyzet-kezelési Tervre változzon.

[32] lépett hatályba. Célja a nukleáris fegyverek további elterjedésének megakadályozása volt. A nukleáris fegyverrel nem rendelkező államok (köztük hazánk) kötelezik magukat arra, hogy sem közvetlenül, sem közvetve senkitől sem fogadnak el nukleáris fegyvereket vagy egyéb nukleáris robbanószerkezeteket, illetve nem vállalják ilyen fegyverek vagy robbanószerkezetek felett az ellenőrzést; nem állítanak elő és más módon sem szereznek nukleáris fegyvereket vagy egyéb nukleáris robbanószerkezeteket; valamint nem kérnek és nem fogadnak el semmiféle segítséget nukleáris fegyverek vagy más nukleáris robbanószerkezetek előállításához.

Az Atomsorompó Egyezmény három alapvető pilléren nyugszik: a nukleáris fegyverek elterjedésének megakadályozásán (non-prolifерáció), a meglévő nukleáris fegyverek leszerelésén és a nukleáris energia békés célra történő felhasználása jogán. Az Atomsorompó Egyezmény 1970-es életbe lépését követően a nukleáris technológiával rendelkező (szállító) országok megbeszéléseket kezdeményeztek azzal a céllal, hogy összehangolják az Egyezmény III. 2. cikke szerinti exportellenőrzési kötelezettségek értelmezését. A közös politika és irányelvek harmonizálására létrehozták az NPT (Nuclear Proliferation Treaty) Exportálók Bizottságát, amelyet első elnökéről (Dr. Claude Zangger) ma már Zangger Bizottságként említünk. A bizottság elsődleges célja tehát a nukleáris iparhoz kapcsolható termékek exportjának kontrollálása, vagyis meghatározni az irányelveket és azon tiltott áruk listáját [33] az Atomsorompóban részes államok számára, amelyek exportálása csak NAÜ biztosítékok mellett lehetséges. A Zangger Bizottság irányelveinek kidolgozását követően, 1974-ben az indiai kísérleti atomrobbantás hatására a legnagyobb nukleáris szállító országok londoni ülésükön a non-prolifерációs erőfeszítések további erősítéséről tárgyaltak. Ennek eredményeképpen irányelveket fogalmaztak meg, amelyeket ma az NSG (Nuclear Suppliers' Group – Nukleáris Szállítók Csoportja) irányelveiként [34] ismernek. A nukleáris és nukleáris kettős felhasználású anyagok és technológiák export és import engedélyezése és ellenőrzése terén a hazai szabályozás alapját a vonatkozó Európa Tanácsi rendelet és az 50/2004. (III.23.) Korm. rendelet [35] és a 263/2004. (IX.23.) Korm. rendelet [36] képezi.

A nukleáris fegyverek elterjedésének megakadályozásáról szóló szerződés végrehajtásának biztosítékeként a részes államok nukleáris tevékenységüket nemzetközi ellenőrzés alá helyezték és erről egyenként, vagy más államokkal közösen egyezményt kötöttek a NAÜ-vel [37]. A biztosítéki egyezményt Magyarországon az 1972. évi 9. törvényerejű rendelet [38] hirdette ki. A teljes körű biztosítéki egyezmények megkövetelik az aláíró országoktól, hogy a

NAÜ ellenőrzése alá helyezték az ország területén végzett békés célú nukleáris tevékenységben felhasznált nukleáris anyagokat (urán, plutónium, tórium). Ezek a biztosítéki egyezmények előírják a nukleáris anyagok országos nyilvántartási és ellenőrzési rendszerének létrehozását és működtetését. Az egyezmények alapján az országok kötelesek az országban található nukleáris anyagokról, azok mozgásáról és készletéről, valamint nukleáris tevékenységéről a NAÜ-t szabályozott módon és időben értesíteni. A teljes körű biztosítéki egyezmény alapján a NAÜ ellenőrzési jogosultsága a bejelentett nukleáris anyagok és tevékenységek verifikálására terjed ki.

Az Öböl-háború utáni iraki események – valamint később a Koreai Népi Demokratikus Köztársaságban feltárt események – még inkább világossá tették, hogy a NAÜ meglévő ellenőrzési rendszere csak a bejelentett nukleáris tevékenységek ellenőrzésére összpontosít. Ezen hiányosság felismerése a nemzetközi közösséget arra sarkalta, hogy számos új intézkedést hozzon a rendszer erősítése érdekében. Az intézkedések eredményeként került kidolgozásra a Kiegészítő Jegyzőkönyv modell-szövege [39], amelyet a NAÜ Kormányzótanácsa 1997 májusában fogadott el, és amely eszközként szolgált a meglévő biztosítéki rendszer hatékonyabbá tételére. A Kiegészítő Jegyzőkönyvet hazánk 1998-ban írta alá és az 1999. évi XC. törvénnyel [40] erősítette meg és hirdette ki. A Kiegészítő Jegyzőkönyv – azzal, hogy további jogokkal ruházta fel a NAÜ-t – elősegíti, hogy a NAÜ fel tudja tárni a be nem jelentett nukleáris anyagokat és tevékenységeket is.

Az Európai Unió jogrendjében az Atomsorompó Szerződéshez kapcsolódó kötelezettségek teljesítésének alapját a tagország, az Európai Unió és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség közötti biztosítéki egyezmény, valamint az egyezményhez kapcsolódó Kiegészítő Jegyzőkönyv képezi [41]. Hazánk Európai Uniós csatlakozását követően így felfüggesztette a NAÜ-vel kötött kétoldalú megállapodások végrehajtását; az új háromoldalú szabályozást a 2006. évi LXXXII. törvény [42] hirdette ki. A nukleáris anyagok nyilvántartási és ellenőrzési rendszere működésének részleteit a 7/2007. (III.6.) IRM rendelet [43] szabályozza.

A nukleáris anyagok védelme, a jogtalan eltulajdonítástól, szabotázsztól és terrorcselekményektől való megóvásuk kulcsfontosságú nemcsak a nukleáris fegyverek elterjedése, hanem a nukleáris védettség (nuclear security) és a nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos bűn- és jogellenes cselekmények megelőzése szempontjából is. A nukleáris anyagok fizikai védelméről az 1980. évi Nukleáris Anyagok Fizikai Védelméről szóló

Egyezmény (továbbiakban Egyezmény) [44] alapozta meg, amit Magyarország aláírt és az 1987. évi 8. számú törvényerejű rendelettel [45] kihirdetett. Az időközben felmerült tapasztalatok és a terrorizmus elleni harc kiszélesedése miatt az Egyezményt 2005-ben módosították [46], melyet Magyarországon a 2008. évi LXII. törvény [47] hirdetett ki. A legfontosabb változtatást az jelenti, hogy az egyezménybe bekerült a nukleáris anyagokon kívül a nukleáris létesítmények fizikai védelme is a szabotázs-cselekmények ellen. A módosítással az egyezmény magába foglalja a békés célra használt nukleáris anyagokkal történő műveletek teljes körét (előállítás, felhasználás, tárolás és szállítás).

A csernobili baleset hatására született nukleáris balesetekről adandó gyorsértesítési egyezmény [48] 1986. október 27-én lépett hatályba, a részes államok száma 2009. 08. 31-én 91. Magyarország 1986. szeptember 26-án írta alá, és a 28/1987. (VIII.9.) MT rendelet [49] hirdette ki. A részes országok az egyezményben vállalták, hogy azonnali értesítést adnak a területükön bekövetkezett olyan balesetekről, amely radioaktív anyagoknak az országhatárokon túl terjedő hatásával jár, vagy járhat és más országok számára sugár-egészségügyi jelentőségű lehet. Magyarország környezetében valamennyi atomerőművet üzemeltető ország (Bulgária, Csehország, Németország, Oroszország, Románia, Svájc, Szlovákia, Szlovénia és Ukrajna) részese az egyezménynek. Az egyezmény alapján Magyarország kétoldalú kölcsönös értesítési-tájékoztatási megállapodást is kötött Ausztriával, Csehországgal, Horvátországgal, Németországgal, Romániával, Szlovákiával, Szlovéniával és Ukrajnával. Az egyezmény kapcsolódik a nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos bűn- és jogellenes cselekmények észleléséhez és felszámolásához, hiszen az ilyen illegális tevékenységek bizonyos esetekben radioaktív anyag olyan mértékű környezetbe jutását okozhatják, melynek országhatáron túli hatásai is lehetnek.

Szintén a csernobili balesetet követően a NAÜ keretében létrejött és 1987-ben hatályba lépett egy olyan egyezmény is, amely nemzetközi kereteket hozott létre a koordinált segítségnyújtás biztosítására nukleáris baleset vagy radiológiai veszélyhelyzet esetén [50]. Magyarország 1986-ban írta alá az egyezményt és azt a 29/1987. (VIII.9.) MT rendelet [51] hirdette ki. E keret jellegű egyezmény szerint minden potenciálisan érintett és veszélyeztetett részes állam segítségért fordulhat bármely résztvevő államhoz, vagy a NAÜ-höz, illetve más nemzetközi szervezethez. A részes államok előre meghatározzák, hogy veszélyhelyzet esetén milyen segítséget tudnak nyújtani más államok számára szakemberek, felszerelések és anyagok tekintetében, továbbá lehetőségeikhez mérten meghatározzák a segítségnyújtás feltételeit is. A

NAÜ az előre meghatározott segítségnyújtást felajánló országok között létrehozta a RANET (Response Assistance Network) hálózatot, a felajánlott potenciált pedig egy adatbázis tartalmazza [52].

Az Európai Rendőrségi Hivatal (Europol- European Police Office) az egész Európai Unióban működő rendvédelmi szervezet, amelynek az a célja, hogy segítse a tagállamokat a nemzetközi bűnözés súlyos formáinak megelőzésében és az ellenük folytatott küzdelemben azokban az esetekben, amikor a bűncselekmények a szervezett bűnözéshez kapcsolódnak, és legalább két tagállamot érintenek. A Hivatalt az Europol Egyezmény hozta létre, amely 1999-ben lépett hatályba [53]. Az Europol fő gyakorlati feladata abban áll, hogy megkönnyítse a tagállamok közti információcserét, a bűncselekmények elemzését szakvéleményekkel segítse, és technikai támogatást nyújtson. Az Europol operatív elemzéseket is készít a tagállamok műveleteinek támogatásához. Ezenkívül stratégiai jelentéseket (pl. fenyegetettségi értékelések) és bűnügyi elemzéseket állít össze a tagállamok által szolgáltatott, illetve egyéb forrásokból származó információk és bűnüldözési operatív információk alapján. Ezek közül a szervezett bűnözéssel és a nemzetközi terrorizmussal kapcsolatos jelentések közvetlenül felhasználhatók a nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos bűn- és jogellenes cselekmények elleni védekezés területén.

A Nukleáris Terrorizmussal Kapcsolatos Cselekmények Betiltására Vonatkozó Nemzetközi Egyezményt [54] 2005 szeptemberében 91 nemzet írta alá, és miután a 22-ik ország is ratifikálta, 2007. július 7-én hatályba lépett. Az egyezményt hazánk a 2007. évi XX. törvény törvénnyel [55] ratifikálta. Az ENSZ régóta központi szerepet játszik a terrorizmus elleni nemzetközi küzdelemben, és arra törekszik, hogy jogi keretbe foglalja valamennyi aspektusát. Több globális egyezmény született már a témában az ENSZ égisze alatt, mint például az 1979. évi Konvenció a Tűzszedés ellen [56]; az 1997. évi Egyezmény a Terrorista Bombatámadások Megszüntetéséért [57]; és az 1999. évi Egyezmény a Terrorizmus Finanszírozásának Megszüntetéséért [58]. Az Egyezmény részes államai kötelezettséget vállalnak, hogy mindent megtesznek a nukleáris és más radioaktív anyagok védelme érdekében az ehhez kapcsolódó NAÜ ajánlások és tevékenységek figyelembe vételével. Az egyezményben meghatározott, jogellenesnek tekintendő cselekmények megfelelnek a Nukleáris Anyagok Fizikai Védelméről szóló Egyezményben [59] felsoroltaknak, amire utalás is történik. Az Egyezmény fontos jellemzője, hogy külön kitér a radiológiai anyagot diszpergáló eszközök (RDE) alkalmazására is.

1.3.2. Nemzetközi ajánlások, Európai Unió irányelvek

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség Kormányzó Tanácsa 1999-ben akcióttervet fogadott el a radioaktív sugárforrások biztonsága növelése érdekében [60]. Az akciótterv eredményeként, a radioaktív sugárforrások biztonságával kapcsolatos alapidokumentumként született a radioaktív sugárforrások biztonságára és védettségre vonatkozó viselkedési kódex [61]. A viselkedési kódex támaszkodik a sugárforrások és sugárzó anyagok biztonságára és kontrolljára vonatkozó nemzetközi standardokat, és egyben kiegészíti azokat, hiszen az Államok számára útmutatóul szolgál a sugárforrások felügyeletével kapcsolatos teendőkben. A radioaktív sugárforrásokkal kapcsolatos bűn- és jogellenes cselekmények megelőzésének és detektálásának egyik alapvető eleme a pontos és ellenőrzött központi nyilvántartás. Sajnos számos, még fejlett gazdasággal rendelkező országban sem volt korábban egységes központi nyilvántartás, mely a nyilvánvaló sugár-, egészség- és környezetvédelmi kockázatok mellett lehetővé tette, hogy sugárforrás észrevétlenül illetéktelen kezekbe kerüljön. Lényeges eleme a kódexnek, hogy mindazon államok számára, melyek elfogadják ajánlásait, kötelezővé teszi a nagy kockázatú források központi nyilvántartását, amelyet azonban csak a két legveszélyesebb (1. és 2.) kategóriába tartozó forrásokra kötelező alkalmazni [62].

Hasonló felismerések húzódtak meg a nagy aktivitású zárt radioaktív sugárforrások és a gazdátlan sugárforrások ellenőrzéséről szóló, 2003. december 22-i 2003/122/Euratom irányelv [63] mögött is, mely szintén szigorú nyilvántartási, ellenőrzési, valamint évenkénti leltározási kötelezettségeket ír elő a nagy aktivitású (az 1. és 2. osztályba tartozó) forrásokra.

A radioaktív sugárforrások biztonságára vonatkozó viselkedési kódex elfogadása mellett a NAÜ koordinálásával kidolgozták a radioaktív sugárforrások importjával és exportjával foglalkozó útmutatót [64], amely 2005-ben jelent meg. Bár ez az anyag is csak ajánlásokat fogalmaz meg, fontos szerepet játszik a radioaktív sugárforrások illegális kereskedelme, így a nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos jogellenes cselekmények visszaszorításában, amit az útmutató II. fejezete is hangsúlyoz. Az útmutató két fejezetben részletezi azokat az adminisztratív eszközöket és eljárásrendeket, amelyeket a nemzeti export-ellenőrzésben célszerű alkalmazni. Külön fejezetek foglalkoznak az import- és tranzit kérdésekkel, amelyek biztosítják az adott országba behozott, illetve azon keresztül szállított sugárforrás felügyeletét és biztonságát.

Az ismertetett ajánlásokat és irányelveket a 16/2000. (VI.8.) EüM [65] és a 33/2004. (VI.28.) BM [66] rendeletek ültetik át a hazai szabályozásba.

1.3.3. Az ENSZ Biztonsági Tanácsa vonatkozó határozatai

Az ENSZ Biztonsági Tanácsa 2004 áprilisában egyhangúan fogadta el az 1540-es számú határozatot [67]. E határozat felvázolja a fegyverkezés elleni intézkedésekkel kapcsolatos alapvonalakat és felhívja az összes államot azok haladéktalan betartására. Az 1540-es számú határozat megkövetelte az államoktól, hogy büntessék a proliferációt, hogy szigorú export szabályzókat léptessenek hatályba, és hogy helyezték biztonságba határaikon belül az összes proliferáció érzékeny anyagot. Az 1540-es számú határozat teljes körű végrehajtásának előmozdítására irányuló erőfeszítések növelése érdekében az ENSZ BT 2006. április 27-én elfogadta az 1673-as számú határozatát [68], amelyben úgy határozott, hogy ezt a célt a bizottsági munkaprogram, információs tevékenység, segítségnyújtás, párbeszéd és együttműködés révén éri el.

Az Európai Unió 2006. június 12-én elfogadta a tömegpusztító fegyverek elterjedése elleni EU-stratégia végrehajtása keretében az 1540-es számú ENSZ BT-határozat végrehajtása érdekében hozott 2006/419/KKBP első tanácsi együttes fellépést [69], amit a 2008/368/KKBP [70] tovább erősített. Az említett együttes fellépés célja az 1540-es számú ENSZ BT-határozattal kapcsolatos kötelezettségek tudatosítása, valamint hozzájárulás nyújtása a harmadik államok részére a határozat végrehajtásáról szóló nemzeti jelentések elkészítésével kapcsolatos igazgatási képességeik erősítéséhez.

Az ENSZ 1373-as határozatában [71] 2001. szeptember 28-án hozta létre a Terrorellenes Bizottságot a World Trade Center elleni merénylet hatására. A szervezet feladata a tagállamok közötti együttműködés, valamint a terrorellenes törvények minden formájának és a nemzetközi protokollnak a betartatása a kérdéssel kapcsolatban. A fő cél a terrorista szervezetek finanszírozásának nehezítése.

1.4. A FENYEGETETTSÉG ÁLTALÁNOS ÉRTÉKELÉSE

1.4.1. A világ és Európa

A terrorizmus jelentette fenyegetettség szintje mind globálisan, mind Magyarországot érintően az elmúlt években jelentősen nem változott, azonban a terrorizmus kiindulópontjaként számításba vehető területeket illetően bizonyos átrendeződés, hangsúlyeltolódás tapasztalható. A 2001. szeptember 11. óta eltelt idő alatt nemcsak az Egyesült Államok, de Európa is számol az egyre jobban körvonalazódó, ezáltal mindinkább megismerhető globális dzsiháid ideológiája alapján működő terrorista szervezetek és csoportok által képviselt veszéllyel. Mindezt csak fokozza az Európai Unió számos tagországának – köztük Magyarországnak – szerepvállalása az iraki és az afganisztáni rendezésben. [10,13,72]

A nemzetközi terrorizmust tekintve továbbra is az iszlámizmus talaján álló formációk tevékenysége jelenti a fő kockázati tényezőt. Napjainkban egyre kevésbé beszélhetünk terrorszervezetekről, hiszen az al-Kaida által globálisan terjesztett radikális nézetek és terrorista „know-how” magát a terrorizmus megjelenését is átalakították: megcsappant a költségesen működtethető, hierarchikusan felépített szervezetek száma, helyükbe viszont mozgékony, önfenntartásra képes, az egymás közötti átjárhatóságot és kapcsolatokat biztosító csoportok, alkalmi szövetségek léptek. [72]

A terrorizmus eszközeit elfogadó és támogató nemzetközi dzsiháidista ideológia két szinten jelent veszélyt. Az első szint az al-Kaida maga, illetve a hozzá csatlakozott szervezetek, amelyeket nemcsak a helyi (iraki, afganisztáni stb.) célpontok érdekelnek, hanem nemzetközi tevékenységet is folytatnak. Másfelől létezik számos olyan terrorista csoport és sejt, amelyeket inspirál az al-Kaida tevékenysége és ideológiája, azonban csak a saját környezetükben, működési területükön kívánnak akciót folytatni, külső célpontok támadására nem törekszenek. Európára, ezen belül az Európai Unió országaira mindkét forma veszélyt jelent, de az elmúlt évek eseményei bebizonyították, hogy különösen az országon belül működő, sok esetben az ott nevelkedett muszlimokból alakuló csoportok jelentenek állandó kockázatot. Ezeket a hálózatokat nem külföldről irányítják: a helyi iszlámisták önmagukat szervezik, maguk alakítják ki kommunikációs és biztonsági szokásaikat, szabályaikat, épp ezért a nemzetközi terrorizmusban általánosan használt eszközök és módszerek nem feltétlenül jelennek meg a helyi csoportoknál. Ez nagyban megnehezíti a prevenciót és az ellenük való fellépést. [72, 73]

A globális dzsihadista terrorizmus fenyegetése egyrészt közelebb került Európához, másrészt azonban távolodott is tőle. Az öreg kontinenshez ezer szállal kötődő észak-afrikai térség az algériai, líbiai és marokkói terrorista szervezeteknek az al-Kaidához történt csatlakozása következtében a dzsihad új színhelyévé vált. Ismét emelkedik a terrorcselekmények száma, intenzíven terjed a radikális iszlám ideológia, miközben a Csád, Mali, Nigéria, Niger régióból – röviden a Száhel-övezetből – folyamatos fegyver-, ellátmány- és ember-utánpótlásra, logisztikai támogatásra számíthatnak. Másrészt az elmúlt években a terrorizmustól leginkább sújtott Irakban az al-Kaida befolyása csökkenni látszik. Jóllehet továbbra is napirenden vannak a tömeges áldozatokat szedő robbantások, a terroristák célpontjaikat az ország határain belül választják ki. Az iraki helyzet ilyen értelmű változásához nagyban hozzájárultak a terrorellenes nemzetközi koalíció által sikeresen végrehajtott akciók, amelyek eredményeként számos vezető terrorista semlegesítése valósult meg. Ezzel szemben az afgán-pakisztáni régió – különösen a két ország határvidéke – ismét egyre aktívabb terrorista fészkek képét mutatja. A terrorizmus ellenes koalíció erőfeszítései ellenére folyamatos veszélyt jelentenek az erősödő tálib erők és az őket mind materiálisan, mind ideológiailag támogató iszlamisták. [72]

Fontos figyelembe venni azt is, hogy a szervezett bűnözés és a terrorizmus anyagi hátterének megteremtése egyre nehezebben elválasztható, amely a bűnüldöző szervektől is új nézőpontok alkalmazását kívánja meg. Az „ideális célpontokban” ugyanakkor évek óta nincs változás; az ún. „puha”, jelentős károkozásra alkalmas objektumokat részesítik előnyben (pl. közterületek, bevásárlóközpontok, hotelek, színházak, uszodák). Emellett azonban emelkedik a gazdasági és a kritikus infrastruktúrához tartozó célpontok fenyegetettsége is.

1.4.2. Európa és Magyarország

A térség általános fenyegetettségi szintjének emelkedését okozza a terrorcselekmények hatására érezhetően növekvő iszlámellenesség Európában. Az iszlámra hivatkozó terrorizmus miatt még a hagyományosan befogadóként számon tartott, liberálisabb európai országokban is megjelent a muszlimok diszkriminációja, és e nézetek kinyilvánítása sokszor a vallást sértő módon történik. (Elég csak a Dániában megjelent Mohamed-karikatúrákra vagy egyes holland és osztrák politikusok nyilatkozataira gondolni.) Ez végül egy olyan ördögi kört hoz létre, amelyben a terrorizmus következménye végül annak indokává válhat.

Mindezen körülmények és fenyegetések ellenére elmondhatjuk, hogy Magyarország továbbra sem közvetlen célpontja a nemzetközi terrorizmusnak, azonban a NATO- és az EU-tagság, valamint az afganisztáni és iraki műveletekben való részvétel potenciálisan növelte hazánk terrorveszélyeztetettségét [9]. Az, hogy Magyarország nem szerepel a nemzetközi terrorszervezetek közvetlen célpontjai között, nem jelenti azt, hogy ne léteznének olyan kockázati tényezők, amelyek a világpolitikai változások következtében időszakonként felerősödnek. Ezzel annak ellenére számolni kell, hogy terrorszervezethez köthető akcióképes csoport nincs jelen Magyarországon. Összességében értékelve, hazánk nemzetközi terrorfenyegetettsége évek óta változatlan. [9]

Magyarországon – a terrorizmus támogatását illetően – elsősorban a humán-logisztikai háttér biztosításával kell számolni (terror- és/vagy szélsőséges szervezetek tagjainak, aktivistáinak, szimpatizánsainak tranzitálása Nyugat-Európába, pihentetése, esetleg gyógykezelése, illetve okmányokkal való ellátása). Ebből a szempontból a schengeni csatlakozás új kihívásokkal is szembesíti az országot, mivel a határok kitolódásával Magyarország az övezetbe bejutni kívánó, kockázatot jelentő személyek érdeklődésének is középpontjába kerülhet.

Az aktuálisan reális iszlamista fenyegetés [10,11] mellett potenciálisan számolhatunk a radikális környezetvédő és globalizációellenes csoportok erősödésével. Jóllehet jelenleg számottevő mozgósító erőt ezek a szervezetek Magyarországon nem képviselnek, a nemzetközi példák és kapcsolatok a radikális akciók irányába mozdíthatják őket. Habár napjainkban semmi jel nem utal arra, hogy ezek a csoportok a terrorizmus irányába fejlődjenek, nem feledkezhetünk meg arról, hogy az ő kiemelt célpontjaik éppen a nukleáris létesítmények és a kritikus infrastruktúra lehetnek.

A reális fenyegetettség értékeléséhez figyelembe veendő sajátosságokat és jellemzőket szisztematikusan értékeli a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség nemzeti fenyegetettség értékelésére és a tervezési alapfenyegetettségek meghatározására vonatkozó dokumentuma [74]. A dokumentum által vizsgált sajátosságok és jellemzők az alábbi módon értékelhetők Magyarország szempontjából.

Motiváció: A ma Magyarországon működő szélsőséges csoportok ideológiai alapon szerveződnek, a potenciális nemzetbiztonsági veszélyt jelentő szervezetek a jobboldali

extrémizmushoz sorolhatók. Ugyancsak az ideológia mentén szerveződ(het)nek a vallási, elsősorban az iszlám fundamentalista, radikális csoportok (ilyen magyarországi jelenlétére, működésére információk nem keletkeztek, ám jövőbeni kialakulása teljes bizonyossággal nem zárható ki). A kritikus infrastruktúra elleni esetleges támadásra közvetlenül egyikük sem motivált, nem ismert olyan vallási vagy politikai eszme, amely bármilyen szimbolikus értékkel ruházná fel azt. Az aktuálisan reális iszlamista és szélsőjobboldali fenyegetés mellett potenciálisan számolhatunk a radikális környezetvédő és globalizációellenes csoportok erősödésével. Jóllehet jelenleg számottevő mozgósító erőt ezek a szervezetek Magyarországon nem képviselnek, a nemzetközi példák és kapcsolatok a radikális akciók irányába mozdíthatják őket. [9]

Önfeláldozás: Amennyiben az „önfeláldozás” az iszlamista motivációjú öngyilkos merényletekre való hajlandóságot takarja, kijelenthetjük, hogy hazánkban nem ismert egyetlen csoport, sejt vagy személy sem, aki ilyen művelet végrehajtására – akár csak a verbalitás szintjén – elszánást mutatna. Fontos hangsúlyozni, hogy a fent leírt öngyilkos merénylők általában a válságövezetek helyi lakosságából, illetve a szent háború helyszínére önszántából utazó mudzsahedek közül kerülnek ki. Általános jelleggel ezt a megállapítást fogadhatjuk el még akkor is, ha például a 2006. augusztusi nagy-britanniai öngyilkos-merénylet- kísérletek elkövetői a támadás előtt csak viszonylag rövid idővel érkeztek (tértek vissza) Angliába [9]. Nincs arról információ, hogy Magyarország tekintetében számolnunk kellene ilyen típusú támadás közvetlen veszélyével, de nem hagyhatjuk figyelmen kívül az Európai Unió tapasztalatokat [9, 10, 11, 75].

Szándék, cél: Ami az iszlámra hivatkozó terrorizmust illeti, az „ideális célpontokban” évek óta nincs változás; a támadók az ún. „puha”, jelentős károkozásra alkalmas, ám kevésbé védett, ellenőrzött objektumokat részesítik előnyben. Pszichésen e helyek sikeres támadása vagy megsemmisítése sokkal nagyobb hatással van a lakosságra, mint az amúgy jelentősebb és súlyosabb károkozást valószínűsítő radioaktív, sugárzó vagy nukleáris célpontok. Arról sem feledkezhetünk meg, hogy a puha célpont megtámadása mérsékelt anyagi befektetést igényel, a szükséges eszközök jó része nyilvános kereskedelmi forgalomból beszerezhető, míg a védett, katonai jellegű célpontok elleni merényletet sokkal jelentősebb előkészítés, szervezés előzi meg, és a végrehajtáshoz szükséges fegyverek nagy valószínűséggel illegális csatornákon keresztül szerezhetők meg.

Csoportméret: Egy támadás sikeres végrehajtásához szükséges létszám nagyban függ a célpont megközelíthetőségétől és a tervezett merénylet igényelt technikai háttérétől. A tapasztalatok azt mutatják, hogy egy „puha” célpont esetében általában 4-5 főből áll a végrehajtó csoport, ezek a típusú támadások azonban különösebb technikai felkészültséget nem igényelnek [72]. Egy védett vagy biztonságtechnikailag fejlettebb célpont esetében szakértőkre is szükség van, ami a terrorista akció teljes folyamatát tekintve (felderítés, előkészítés, végrehajtás) akár duplájára is emelheti a csoportlétszámot.

Fegyverek: A nemzetközi tapasztalatok azt mutatják, hogy a terrortámadások során az elkövetők jellemzően könnyű kézfegyvereket, robbanóanyagokat (katonai, ipari IED – Improvised Explosive Device) használnak [72]. A katonai robbanóanyagok illegális magyarországi beszerzése nehezebb, mint az ipari felhasználásúaké, azonban nagyobb a valószínűsége annak, hogy házilag előállított (robbanó)eszközzel követnek el terrorcselekményt. Robbanóanyag használata esetén számolni lehet gépkocsiba rejtéssel, továbbá a hatás fokozása érdekében a különböző eszközök (az iparban használt gáz illetve oxigén palackok) kombinációjával. Ezekben az esetekben a rögtönzés esélye minimális, mivel ezeknek az eszközöknek az alkalmazása is előkészítést igényel. Improvizált robbanóeszköznek nevezünk minden olyan szerkezetet, amely különböző típusú alkatrészek és robbanóanyag felhasználásával készült.

Szállítási eljárások: A csoportok egyre inkább törekednek a költséghatékonyságra, ennek következtében igyekeznek a helyben hozzáférhető célpontokat helyi szállítóeszközökkel megközelíteni. Magyarország esetében elsősorban szárazföldi, közúti szállítás jöhet szóba. A nemzetközi tapasztalatok alapján ugyan nem lehet kizárni a vízi és a légi szállítóeszközök használatát, azonban ezen eszközök alkalmazásának valószínűsége csekély.

Technikai szakismeret: A szükséges szakismeretet a célpont egyéni jellemzői határozzák meg. A robbanóanyagokkal kapcsolatos szakértelem manapság valóban csak speciális esetekben szükséges, egy „átlagos” támadáshoz szükséges szerkezetet az interneten fellelhető információk alapján szinte bárki összeállíthat. Az elmúlt években Európában végrehajtott cselekményekre is ez volt jellemző; a madridi és a két londoni támadásban használt eszközök összeállítására és működtetésére vonatkozó külön szakismerettel egy elkövető sem rendelkezett. [72]

Anyagi eszközök: Az elmúlt években Európában végrehajtott támadások tapasztalatai alapján komoly kihívást jelent, hogy a jelenleg „divatos” terrorcselekmények anyagi vonzata meglehetősen alacsony. Márpedig minél olcsóbb és kivitelezhetőbb egy terrorcselekmény végrehajtása, annál nagyobb valószínűséggel következik be. Valós lehetőségként kell számolni egy vegyi, biológiai, nukleáris vagy radiológiai (CBNR) támadással, de közvetlenebb realitása van annak, hogy házilag előállított (robbanó)eszközzel (IED) követnek el terrorcselekményt. Már a nagyon közeli jövőben a legnagyobb problémát az informatikai fejlődés terroristák általi ki- és felhasználása jelentheti: az internet és a rohamosan fejlődő mobil-telekommunikáció miatt a merényletek kivitelezésére alkalmas tudás, a szükséges anyagok és eszközök könnyen elérhetőkké válnak, egyre egyszerűbb a kapcsolattartás. Fontos figyelembe venni azt is, hogy a szervezett bűnözés és a terrorizmus anyagi hátterének megteremtése egyre nehezebben elválasztható, amely a bűnüldöző szervektől is új nézőpontok alkalmazását kívánja meg.

Bennfentesség: Egy esetleges támadás során nem lehet kizárni annak a lehetőségét, hogy az elkövetőknek belső, a megtámadott létesítményről a támadás hatékonyságát növelő, következményeit súlyosbító ismeretekkel rendelkező segítők is vannak, akik információikkal vagy akár aktívan is segíthetik a cselekmény kivitelezését.

A fenti ismérvek számbavétele alapján egy puha célpont elleni, radioaktív anyaggal, valamilyen RDE eszközzel elkövetett cselekmény lehetősége nem zárható ki Magyarországon.

1.5. NUKLEÁRIS ÉS MÁS RADIOAKTÍV ANYAGOK FELÜGYELETE ÉS VÉDETTSÉGI KÉRDÉSEI [6,76,77]

A nukleáris védettség

- a) megelőzi a nukleáris és más radioaktív anyagok ellopását, valamint a nukleáris és más radioaktív anyagok és nukleáris létesítmények elleni szabotázszt;
- b) megelőzi a nukleáris vagy más radioaktív anyaggal okozott közveszélykozás, illetve környezetkárosítás elkövetését, a radioaktív anyaggal való visszaélést;
- c) a fenyegetettség mindenkori szintje alapján fizikai védelmet nyújt a használatban lévő, tárolás vagy szállítás alatt álló nukleáris és más radioaktív anyagok ellopása

ellen, fizikai védelmet nyújt a nukleáris és más radioaktív anyagok és nukleáris létesítmények szabotázsa ellen; és

- d) felismeri a radioaktív anyaggal elkövetett visszaélést, nukleáris vagy más radioaktív anyagokkal elkövetett közveszélyokozást és környezetkárosítást, illetve annak kísérletét és előkészítését;
- e) biztosítja gyors és átfogó intézkedések életbe léptetését a hiányzó vagy ellopott nukleáris és más radioaktív anyag helyének meghatározására, és amennyiben lehetséges, visszaszerzésére;
- f) enyhíti vagy minimalizálja a nukleáris és más radioaktív anyagok, valamint nukleáris létesítmények elleni szabotázs, továbbá a nukleáris vagy más radioaktív anyaggal elkövetett közveszélyokozás vagy környezetkárosítás következményeit.

A nukleáris védettség három fő területen valósul meg. A megelőzés célja a nukleáris és más radioaktív anyagok hatósági felügyelet alóli kikerülésének megakadályozása és az engedély nélküli tevékenységek, jogellenes cselekmények megakadályozása, azok kivitelezésétől (a megfelelő szankciókkal) való elrettentés. A detektálás/felismerés célja a nukleáris és más radioaktív anyagok (valamint a hozzájuk kapcsolódó technológiák) kereskedelmének monitorozása és az illegális forgalmazás, engedély nélküli tevékenységek felismerése és megakadályozása. Az elhárítás célja a jogellenes cselekmények következményeinek enyhítése, felszámolása, az elkövetők azonosítása és büntetése, valamint a talált és lefoglalt nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos intézkedések megtétele.

1.5.1. Megelőzés [6,76,77]

A nukleáris és más radioaktív anyagok ellopása, a nukleáris és más radioaktív anyagok és nukleáris létesítmények elleni szabotázs, a nukleáris vagy más radioaktív anyaggal okozott közveszélyokozás, illetve környezetkárosítás, a radioaktív anyaggal való visszaélés megelőzése érdekében az érintett hatóságok hatékony felügyeleti rendszert alakítanak ki és folyamatos működtetnek, az alábbi eszközrendszer alkalmazásával:

- a) nyilvántartásba vételi, illetve engedélyezési eljárások során előzetesen győződnek meg a hatóságok arról, hogy a nukleáris vagy más radioaktív anyagot birtokló szervezet által megvalósítandó tevékenységek, a nyilvántartási, biztosítéki és fizikai védelmi intézkedések alkalmasak a követelmények teljesítésére, a felügyeleti

tevékenység hatékony megvalósítására és támogatják a hatósági helyszíni ellenőrzések céljainak teljesülését;

- b) adatszolgáltatás előírásával és a beérkezett jelentések feldolgozásával a hatóságok folyamatos felügyeletet biztosítanak és értékelést végeznek a nukleáris és más radioaktív anyagok, valamint az azokkal kapcsolatos tevékenységek tekintetében;
- c) helyszíni ellenőrzéseken a hatóságok hitelesítik az adatszolgáltatás során szerzett információkat, és ellenőrzik nyilvántartási, biztosítéki és fizikai védelmi rendszerek alkalmazását és működtetését, az előírt intézkedések tényleges és hatékony végrehajtását;
- d) érvényt szereznek a hatóságok a jogszabályi követelményeknek, a nem megfelelést szankcionálják.

Nukleáris biztosítékok rendszere, exportszabályozás

A nukleáris fegyverek elterjedésének megakadályozásáról szóló egyezmény célja a nukleáris fegyverek további elterjedésének megakadályozása. A nukleáris fegyverrel nem rendelkező államok (köztük hazánk) kötelezik magukat arra, hogy sem közvetlenül, sem közvetve senkitől sem fogadnak el nukleáris fegyvereket vagy egyéb nukleáris robbanószerkezeteket, illetve nem vállalják ilyen fegyverek vagy robbanószerkezetek felett az ellenőrzést; hogy nem állítanak elő és más módon sem szereznek nukleáris fegyvereket vagy egyéb nukleáris robbanószerkezeteket, és hogy nem kérnek és nem fogadnak el semmiféle segítséget nukleáris fegyverek vagy más nukleáris robbanószerkezetek előállításához.

A legfontosabb nemzetközi szintű célkitűzés, hogy megfelelő alapot biztosítson az Atomsorompó rendszer végrehajtását szolgáló nemzetközi biztosítéki rendszer teljesítésére, valamint az eltitkolt nukleáris tevékenységek felderítésére. A magyar nyilvántartási rendszer szorosan kapcsolódik a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség és az Euratom biztosítéki ellenőrzési rendszeréhez. Nemzeti szintű célkitűzés, hogy a nyilvántartásba kerüljön minden, az országban található nukleáris anyag. A nukleáris anyagok azonosítása, mennyiségének ellenőrzése, egyéb körülhatárolási intézkedések (környezeti dörzsminta vétel és környezeti mérések) végrehajtása elősegíti a nukleáris anyagok elvesztésének, illetéktelen használatának felismerését. A biztosítéki intézkedéseket az utóbbi években kiterjesztették a környezeti minták vizsgálatára is, amelyek feladata elsősorban az esetleges eltitkolt tevékenység során a környezetbe kibocsátott hasadóanyagok kimutatása.

Radioaktív anyagok nyilvántartása

Az Euratom vonatkozó irányelveivel és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség ajánlásaival összhangban, az Országos Atomenergia Hivatal számítógépes rendszert működtet a radioaktív anyagok és készítmények nyilvántartására. A radioaktív anyagok (beleértve a radioaktív hulladékokat is) tulajdonosainak és birtokosainak az általuk birtokolt radioaktív anyagokról olyan helyi nyilvántartást kell vezetniük, amelyből bármikor megállapítható a radioaktív anyagok aktuális készlete, fajtája, aktivitása, rendeltetése, tárolási helye és alkalmazása (felhasználása). A helyi nyilvántartásba haladéktalanul be kell vezetni minden készletváltozást, valamint a radioaktív anyagok minden felhasználását, alkalmazását és az alkalmazás szüneteltetését, a mentességi szint alá történő lebomlást, az anyag teljes felhasználását, illetve a hatósági felügyelet alól történő felszabadítást.

A helyi nyilvántartások a zárt radioaktív anyagok minden készletváltozásáról elektronikusan és papír alapon is jelentést küldenek a központi nyilvántartásnak. A készletváltozást mind az átadó, mind az átvevő engedélyesnek jelentenie kell, ezek összehasonlításával a központi nyilvántartás folyamatosan követi a zárt radioaktív anyagok készletváltozásait. Emellett az engedélyesek évente fizikai leltárt készítenek a birtokukban lévő radioaktív anyagokról, és annak eredményéről leltárjelentést küldenek a központi nyilvántartásnak. [66]

Nukleáris és más radioaktív anyagok fizikai védelme

A nukleáris anyagok védelme, a jogtalan eltulajdonítástól, szabotázsztól és terrorcselekményektől való megóvásuk kulcsfontosságú nemcsak a nukleáris fegyverek elterjedése, hanem a nukleáris védettség és a nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos bűn-és jogellenes cselekmények megelőzése szempontjából is.

A fizikai védelem követelményeinek fokozatos megközelítésen kell alapulnia, figyelembe véve a mindenkori fenyegetettséget, az anyag alkalmasságát nukleáris fegyver készítésére, illetve szándékos károkozásra, az anyag fizikai és kémiai tulajdonságait, továbbá az anyag ellopásával, valamint a nukleáris és más radioaktív anyagok, valamint létesítmények elleni szabotázzsal összefüggő lehetséges következményeket.

A nukleáris fegyver készítésére, valamint a szándékos károkozásra való alkalmasság alapján az anyagokat kategorizálják. A fokozatos megközelítés érdekében az alacsonyabb kategóriába

tartozó (azaz alkalmasabb) anyagokat erősebb fizikai védelemmel kell őrizni. A nukleáris anyagok kategorizálása az 1.1 táblázatban található

1.1. táblázat: Nukleáris anyagok [44]

Anyag megnevezése	Megjelenési forma	I-es kategória	II-es kategória	III-as kategória ^c
Plutónium ^a	Besugározatlan ^b	≥ 2 kg	$500 \text{ g} \leq m < 2 \text{ kg}$	$15 \text{ g} \leq m < 500 \text{ g}$
U-235	Besugározatlan ^b - U-235 $\geq 20\%$ dúsítás - $20\% \geq \text{U-235} \geq 10\%$ - $10\% > \text{U-235} >$ természetes	≥ 5 kg	$1 \text{ kg} \leq m < 5 \text{ kg}$ $\geq 10 \text{ kg}$	$15 \text{ g} \leq m \leq 1 \text{ kg}$, $1 \text{ kg} < m < 10 \text{ kg}$ $\geq 10 \text{ kg}$
U-233	Besugározatlan ^b	≥ 2 kg	$500 \text{ g} \leq m < 2 \text{ kg}$	$15 \text{ g} \leq m < 500 \text{ g}$
Besugározott üzemanyag			Szegényített vagy természetes urán, tórium vagy alacsony dúsítású üzemanyag (<10% hasadóanyag tartalom) ^{d/e}	

a – minden Pu, kivéve amely izotópkoncentrációja eléri a Pu-238-as 80%-át;

b – olyan anyag, amely nem lett besugározva reaktorban vagy be lett sugározva, de a sugárzási szintje < 1 Gy/h 1 m-es távolságban árnyékolás nélkül

c – azok a mennyiségek, amelyek nem esnek a III-as kategóriába: a természetes urán, a szegényített urán és a tórium. Ezeket megfelelően kialakított, körültekintő gyakorlat alapján kell védeni

d – Bár a védelemnek ez a szintje csak javasolt, lehetőséget biztosít az egyes országoknak speciális körülmények alapján való értékelést követően, hogy kijelöljön egy eltérő fizikai védelmi kategóriát

e – Más üzemanyag, amely eredeti hasadóanyag tartalma alapján I-es vagy II-es kategóriába lett sorolva besugárzás előtt egy kategóriával csökkenthető a besorolása, amíg a sugárzási szintje meghaladja az 1Gy/h értéket 1 m-es körzetben árnyékolatlanul.

A fizikai védelmi rendszernek alkalmasnak kell lennie a vonatkozó tervezési alapfenyegetettségben meghatározott elkövetői képességek hatékony és időbeni semlegesítésére. A vonatkozó tervezési alapfenyegetettséget az államnak kell meghatározni az atomenergia alkalmazását érintő veszélyek teljes körű értékelése alapján. A tervezési alapfenyegetettség meghatározza az elkövetők számát, célját, fegyvereit, eszközeit és képességeit.

A tervezési alapfenyegetettséggel szemben hatékony fizikai védelmi rendszer megvalósításáért való fő felelősség az engedélyesé. A tervezési alapfenyegetettségen túli – de a fenyegetettség felmérés alapján hihető – fenyegetés esetén az engedélyes fizikai védelmét állami eszközökkel kell megtámogatni.

A fizikai védelem állam által előírt követelményeinek a védelem többszintű és módszerű koncepcióját kell tükröznie, melyeket az elkövetőnek céljai eléréséhez le kell küzdenie vagy meg kell kerülnie.

A fizikai védelmi rendszerrel szembeni követelmények az alábbiak:

- 1) A fizikai védelmi rendszernek biztosítani kell, hogy a cselekmény detektálása és az elhárító erők riasztása után, olyan időtartamú késleltetéssel valósuljon meg, amely lehetővé teszi az elhárító erők számára a feltartoztatást, továbbá az elhárító erők képességei alkalmasak legyenek az elkövetők semlegesítésére.
- 2) A fizikai védelmi rendszert a mélységi védelem elve alapján kell kialakítani. Az elkövetőnek a cselekmény végrehajtása során számos fizikai védelmi rendszerelemet kelljen leküzdenie, ezáltal növelve meg a fizikai védelmi rendszerelemek legyőzéséhez vagy megkerüléséhez szükséges időt és képességet.
- 3) A fizikai védelmi rendszernek egyenlő védelmet kell biztosítani attól függetlenül, hogy az elkövető mikor, milyen útvonalon és hogyan kívánja a cselekményt végrehajtani.
- 4) A fizikai védelmi rendszer egy elemének meghibásodása miatt a fizikai védelem hatékonysága nem csökkenhet számottevően.
- 5) Az azonos fizikai védelmi funkció ellátására szolgáló rendszereknek redundanciát és diverzitást kell biztosítaniuk.
- 6) A fizikai védelmi rendszer hatékonysága szempontjából érzékeny információkat bizalmasan kell kezelni.
- 7) A fizikai védelmi rendszernek hatékonyan együtt kell működnie a nukleáris és más radioaktív anyagok és létesítmények biztonsági, nyilvántartási és ellenőrzési, valamint sugárvédelmi megoldásaival.
- 8) A fizikai védelmi rendszernek alkalmasnak kell lennie belső elkövetők általi cselekmények detektálására és elhárítására.
- 9) A fizikai védelmi rendszernek minden időjárási helyzetben, minden napszakban, az alkalmazás, tárolás és szállítás minden pillanatában meg kell őriznie hatékonyságát.
- 10) A fizikai védelmi rendszerrel szembeni követelmények figyelembe veszik a nukleáris anyag nukleáris fegyver előállítására való alkalmasságának, a nukleáris és más radioaktív anyag veszélyességének és önvédő képességének szintjét, a létesítmény elleni sikeres szabotázs radiológiai következményeit.

1.5.2. Detektálás

[6,76,77]

Amennyiben a megelőzés nem sikeres, kell lennie egy második robotizált védelmi vonalnak, amely hatékonyan képes detektálni és megakadályozni az anyagok és a hozzájuk kapcsolódó

technológiák jogosulatlan mozgatását, kereskedelmét mind a határon belül és keresztül. A világ tapasztalatai azt mutatják, hogy az engedély nélküli szándékos vagy szándékolatlan mozgatás (tiltott kereskedelem) továbbra is előfordul, habár jelentős része a nem szándékos (pl. hulladékfémekkel együtt) kategóriába esik és elsősorban egészségügyi kockázatot jelent.

A nukleáris detektálási képesség számos kulcselemből áll össze: a nukleáris fenyegetés ismerete, a detektálási rendszerek többszintű szerkezete, a résztvevő szervezetek koordinált hálózata és együttműködése. A detektálási rendszernek hatékonyan korlátoznia kell a nukleáris és radiológiai veszélyek kockázatát és hatékonyan kell felhasználnia az erőforrásait. A rendszernek többszintű, a mélységi védelem elvén alapuló megközelítést kell követnie redundancia, diverzitás és kiszámíthatatlanság megvalósításával. Egy hatékony detektálási rendszer kiegyensúlyozott, nem helyez indokolatlan hangsúlyt könnyen védhető útvonalakra úgy, hogy más útvonalakat védtelenül hagy, figyelembe veszi az útvonalakhoz és elkövetői módokhoz tartozó kockázatokat. A rendszernek képesnek kell lennie a fenyegetésben, a technológiában, költségtényezőkben, a rendelkezésre álló információkban bekövetkező változások kezelésére. A rendszer kiszámíthatatlanságot biztosít, amennyiben véletlenszerűséggel egészül ki a telepített rendszer működése. A rendszernek rendelkezni kell mobil eszközökkel, amelyek az ország egész területére igény esetén könnyedén telepíthetőek. A rendszert a meglévő körülmények és feltételek tükrében kell működtetni.

Az illegális szállítások kimutatására hatékony módszer a határok sugárzásmérő berendezéssel történő ellenőrzése, mert leginkább itt várható gazdátlan, elveszett, illetve csempészésre szánt sugárforrások felbukkanása. Az Európai Unió külső határain sugárkapuk ellenőrzik a belépő vasúti és közúti forgalmat, a nemzetközi repülőterek is folyamatos ellenőrzés alatt állnak. Kimenő forgalomra – jellemzően – nincs telepített műszer, a vámhatóság (vagy határőrség) kézi műszerrel végez méréseket alapos gyanú esetén. A Dunán (illetve más vízi úton) az ellenőrzés – mivel fix telepítésű sugárkapukat nem lehet telepíteni a belépéshez – úgy megoldott, hogy az ellenőrzést akkor végzik el, amikor az árut a kikötőkben teherautókra átrakodják és ezután a teherautó áthalad a kikötőben telepített sugárkapun.

A NAÜ ajánlásoknak megfelelően a fémhulladék feldolgozó telephelyeken és öntödéknél is fontos telepített sugárkapuk kiépítése, mivel ezáltal a sugárforrások vashulladékba való keveredése és elszállítása megelőzhető.

Nukleáris törvényszéki analitika [78]

A nukleáris törvényszéki analitika és az analitikai eredmények értelmezése egyre fontosabbá válnak a nukleáris és más radioaktív anyagok illegális forgalma elleni küzdelemben. Amikor tiltott módon forgalmazott (pl. csempészett) vagy talált nukleáris anyagok felderítésére kerül sor, a klasszikus bűnügyi vizsgálatok mellett, az anyagok származásának behatárolásához szükség van ún. nukleáris törvényszéki (nuclear forensic) vizsgálatokra is. Ezeket a vizsgálatokat ismeretlen eredetű nukleáris anyagok kezelésére és jellemzésére képes laboratóriumok, ún. nukleáris törvényszéki laboratóriumok végzik. Az MTA Izotópkutató Intézet, mint az egyetlen hazai nukleáris törvényszéki laboratórium, a közelmúltban több olyan analitikai módszert is kifejlesztett, amelyek ilyen vizsgálatokban használhatóak különböző anyagok különböző paramétereinek meghatározására.

A nukleáris törvényszéki képességeknek általában három szintjét szokás megkülönböztetni: ezek a kategorizálás, karakterizálás és az ezekből származó adatok teljes körű értelmezése. Ezek alapján lehet elvégezni eredetvizsgálatot, az ismeretlen eredetű anyagok előéletének és az ellenőrzés alól való kikerülés helyének, időpontjának meghatározása céljából.

A kategorizálás a lefoglalt vagy talált, feltételezhetően nukleáris vagy más radioaktív anyag típusának (kategóriájának) a meghatározását jelenti. A kategorizálás célja az anyag veszélyességének becslése és annak megállapítása, hogy fennáll-e bűnügy vagy nemzetbiztonságot veszélyeztető cselekmény gyanúja. A NAÜ ajánlása szerint minden országnak képesnek kellene lennie a gyors kategorizálás elvégzésére, mert csak ennek alapján lehet a megfelelő időben dönteni a szükséges lépésekről egy esetleges nukleáris incidens esetén.

A karakterizálás a lefoglalt vagy talált nukleáris anyag és kísérőanyagok részletes jellemzésének folyamata. Ez magába foglalja az anyag teljes körű elemanalízisét, ideértve a főkomponenseket, a járulékos elemeket és a nyomelemeket is. A karakterizálás minden esetben magába foglalja a radioaktív anyag főkomponenseinek részletes izotóp összetételének a meghatározását is, továbbá külső fizikai jellemzését. Ezen kívül a karakterizálás során igyekezni kell minden olyan információ megszerzésére (pl. kor, kristályszerkezet, por esetén részecskeméret eloszlás stb.) ami segítheti az eredetvizsgálatot. A karakterizálás egy iteratív folyamat, amelyben az egyes elemzések eredményei alapján lehet dönteni a következő

lépésről és a használandó analitikai módszerekről. Ebben a tekintetben az ismeretlen eredetű nukleáris anyagok karakterizálása hasonlít a hagyományos törvényszéki vizsgálatokra.

A nukleáris törvényszéki analitika eredményeinek értelmezése a vizsgált anyag jellemzői és az előtörténete közötti kapcsolat megteremtését jelenti. Az értelmezés célja a nukleáris anyag gyártási módszerének és időpontjának meghatározása. Az értelmezést segíthetik a nukleáris anyagok, reaktorok adatbázisai, továbbá a korábbi lefoglalt vagy talált nukleáris anyagok elemzésének eredményei. A korábbi esetekhez kapcsolódó tapasztalatok megosztása érdekében rendkívül fontos a nemzetközi együttműködés a nukleáris törvényszéki analitika eredményeinek értelmezése terén.

A nukleáris eredetvizsgálat a lefoglalt vagy talált nukleáris anyag lehetséges eredetének azonosítását jelenti. Az eredetvizsgálat a releváns információk integrálása olyan adatokká, amelyeket hatékonyan lehet felhasználni a nukleáris anyag felderítésére adott válaszlépések megtervezésében és további hasonló esetek megakadályozásában. Az eredetvizsgálat célja, hogy egy adott esemény kapcsán a döntéshozók igényeire és kérdéseire megfelelő választ adjon.

A nukleáris törvényszéki analitika tehát nem más, mint a felderített nukleáris vagy egyéb radioaktív anyagok és kísérőanyagok elemzése annak érdekében, hogy bizonyítékokat szolgáltatson a nukleáris eredetvizsgálat számára.

1.5.3. Elhárítás

[6,76,77]

A megelőzés és a detektálás mellett, fontos szerephez jut az elhárítás képessége. A hatékony elhárítás a kárértékelésnek, az első beavatkozók és az elhárító erők felkészültségétől és helyszínre érkezésének gyorsaságától, valamint egy összehangolt elhárítási terv végrehajtásától függ. A végrehajtás több szereplőtől igényel koncentrált részvételt: egészségügy, sugárbaesetekkel foglalkozó hatóságok és támogató intézmények, rendészeti és mentesítő egységek.

Egy esemény kapcsán az érintett és az intézkedésekbe bevonandó szervezetek körét meg kell határozni. Az érintett és bevonandó szervezetek köre a cselekményben érintett anyagok típusától (vegyi, biológiai, radioaktív, nukleáris) és az esemény súlyosságától függ. Első

lépésként el kell dönteni, hogy az esemény során milyen anyagok játszanak szerepet. Az esemény következtében jelentkezett-e radioaktív sugárzás, illetve a környezet szennyeződött-e radioaktív anyagokkal.

Második lépésként meg kell ítélni, hogy milyen súlyosságú esemény következett be, azaz milyen szintű elhárítási tevékenységre van szükség. Háromszintű elhárítási tevékenységet különböztetünk meg. Operatív szintű elhárítás során az esemény, cselekmény kezelését az érintett szerv önmagában is képes ellátni a saját vonatkozó eljárásrendje alapján. Operatív szintű elhárításra ad példát a határon telepített sugárkapu jelzése (akár egy engedéllyel rendelkező vagy magas természetes aktivitású anyag határátlépése esetén), amikor a hatóság helyszínen lévő munkatársa ellenőrzi a szállítmány radioaktivitását és engedélyeit. Taktikai szintű elhárításról beszélünk, amikor több szerv együttes tevékenységére van szükség. Például talált vagy lefoglalt radioaktív anyagok esetén a taktikai szintű elhárításban részt vevő szerveket és feladataikat kormányrendelet szabályozza [79]. Ilyen szintű esemény esetén veszélyhelyzetről még nem beszélhetünk. Stratégiai szintű elhárítás szükséges olyan esetben, amely veszélyhelyzetet vált ki és elhárítási intézkedések azonnali bevezetését igényli. Ilyen súlyos eseményre ad példát, amennyiben radioaktív anyaggal olyan jogellenes cselekményt követnek el, ami a környezet nagymértékű szennyezését és a lakosság sugárterhelését okozza vagy okozhatja, azaz radiológiai veszélyhelyzet kialakulását idézi elő.

Egy elveszett radioaktív sugárforrás keresésénél alapvetően anomáliát keresnek, amely megnyilvánulhat a háttérsugárzás dózisteljesítményének drasztikus növekedésében, vagy kisebb aktivitású forrás esetén a háttér spektrum módosulásában. Jelentős a forrást körülvevő környezet, domborzati elemek és terep fedettség hatása a keresés során végzett mérésekre, azokat jelentősen módosíthatja, akár lehetetlenné teheti. A környezeti mérőeszközök, mérési és adatfeldolgozási eljárások fejlődése lehetővé teszi olyan kombinált eljárásrend kialakítását, amely a legnagyobb valószínűséggel biztosítja egy forrás pozíciójának bemetszését. Ez az eljárásrend [80] az utóbbi évek fejlesztései és gyakorlatok során lett kialakítva az alábbi „recept” szerint:

- felderítőkörzet kijelölése (műveleti napra kb. 100 km² terepszakaszz);
- légi sugárfelderítés végrehajtása forráskeresés-pásztázás módszerrel;
- valós sugárhelyzet értékelése, a forrás kb. 300 m² környezetének meghatározása, aktivitásbecslés, maximált dózistér becslés;

- földi felderítés végrehajtása, gyalogosan, esetleg járművel, a forrás helyének pontos bemetszése, közeli mérésekkel pontos dózistér meghatározás.

A források felderítése alapvetően azok γ -sugárzásának mérésén alapulnak, ez viszont az eljárások és eszközök korlátait is jelenti, tehát pl. lágy γ -sugárzó alfa izotópok keresése kizárólag gyalogos módszerrel, óriási idő és emberi erőforrás ráfordítással képzelhető el [80].

Egy talált sugárforrás esetén biztosítani kell a helyszínt a radiológiai kockázatok minimalizálása, a radioaktív anyag feletti ellenőrzés fenntartása és a nukleáris és hagyományos törvényszéki bizonyítékok eltűnésének és szennyeződésének megakadályozása céljából. Helyszíni vizsgálatok során kell meggyőződni az anyag csapda (robbanóanyag) mentességéről, meg kell határozni a nukleáris vagy más radioaktív anyag típusát, aktivitását és döntést kell hozni a bevonandó szervezetek köréről. Következő lépés a radioaktív bizonyítékok gyűjtése, amely során környezeti felmérést kell végezni, meg kell felelni a sugárvédelmi követelményeknek és meg kell határozni a radioaktív anyag begyűjtési módszerét. A hagyományos bizonyítékok gyűjtése kiterjed a helyszín vázlatának elkészítésére a bizonyítékok helyének megjelölésével, melynek során el kell kerülni a radioaktív szennyeződést és minimalizálni kell a helyszínelő csoport sugárterhelését. A bizonyítékok begyűjtése után végső ellenőrzést kell végezni, majd a helyszínt fel lehet szabadítani. Gondoskodni kell a nukleáris és más radioaktív anyagok ideiglenes tárolásáról, majd biztonságos helyre való szállításáról.

A stratégiai elhárítást igénylő szándékos károkozás célja lehet közveszély, halál, sérülés, tartós környezetszennyezés vagy csak a gazdasági kár okozása. A következmények számos tényezőtől függenek: a felhasznált anyag mennyisége és minősége, a szennyező eszköz, a meteorológia és a környezet (pl. épületek). Általában a robbanás – azonnali következmények szempontjából – veszélyesebb, mint maga a radioaktív anyag, de az okozott pánik és káosz az elhárítást jelentősen megnehezítik. Az egyéb, sok esetben járulékos károk és költségek nagy valószínűséggel meghaladják az egészségügyi következmények által okozott károkat. A legfontosabb feladat egy ilyen esetben a terület biztosítása, a támadás mibenlétének azonosítása és a súlyosság felmérése. De nem szabad figyelmen kívül hagyni azt a tényt sem, amelyet egyre több ilyen támadás bizonyít, hogy a másodlagos akciók, robbanószerkezetek vagy további terroristák jelenléte, az elhárítás megzavarása, a mentés megakadályozása céljából nem zárható ki.

Habár az akció mibenléte, időpontja, helyszíne sem előre látható, de az elhárítók és az általuk alkalmazható eszközök tervezhetők. Fontos az együttműködési tervek rendelkezésre állása és gyakorlása, a kommunikáció és a vezetés elsődleges fontosságú a helyszínen. A pszichológiai hatások sem zárhatók ki, mert a polgárok védtelenek az ilyen támadásokkal szemben, a tömegek kezelése, a riadalomkeltés akár része is lehet a támadásnak, erre is készülni kell.

1.6. KÖVETKEZTETÉSEK

Az I. fejezetben feldolgoztam és kritikailag elemeztem a nukleáris és radiológiai proliferáció állósággal, rossz szándékú cselekményekkel összefüggő nemzetközi egyezményeket, illetve az ezekből származó hazai kötelezettségeket. Összefoglaltam hazánk terrorista fenyegetettségét, és arra a következtetésre jutottam, hogy a kérdéskörrel Magyarországon is foglalkozni kell, egy ilyen akció nálunk sem zárható ki. Áttekintettem a nukleáris és radioaktív anyagok védeltségét, és megállapítottam, hogy a stratégiai elhárítás tervezése alapvető fontosságú a szükséges intézkedések hatékony végrehajtásához, szükség van a stratégiai tervekre, amely elkészítéséhez egy modellterv megfelelő alapul szolgál.

II. FEJEZET

LEHETSÉGES FENYEGETÉSI MÓDOK

A II. fejezetben megvizsgálom, hogy mely eszközök, anyagok és módszerek potenciális alkalmazását kell feltételezni a hazai elhárítási tevékenység megtervezésekor. Az elemzés előtt munkahipotézisként felteszem, hogy a tanulmányozott irodalom és a hazai viszonyok alapján, de részletes elemzés nélkül az alábbi öt scenárió jöhet szóba vizsgálandó eseménysorként:

- direkt besugárzás, szivárgás,
- RRE robbantása szabad téren,
- RRE robbantása épületen belül,
- RAG alkalmazása szabad téren,
- RAG alkalmazása épületen belül.

A terrorista szempontjából mindegyik esetben hatékony anyagnak mutatkozik a Cs-137 radionuklid por alakban történő felhasználása, aktivitására 20 TBq reális. Feltételezésem szerint mindegyik cselekményt valamilyen forgalmas városi környezetben követik el.

2.1. RADIOLÓGIAI DISZPERZIÓS ESZKÖZÖK TÍPUSAI, FELÉPÍTÉSE

A radiológiai diszperziós eszközök (RDE, [1, 81]) olyan berendezések, amelyek a radioaktív anyag valamilyen fokú szétterítését teszik lehetővé szándékos károkozás céljából. Alapvetően két lehetséges kialakítást kell figyelembe vennünk.

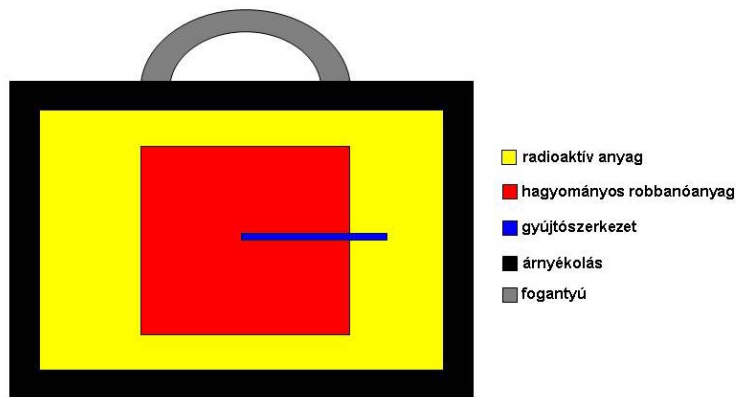
Az egyik megoldásban az anyag diszpergálását a közvetlenül mellette, vagy vele elkevert robbanóanyag felrobbanásakor felszabaduló lökéshullám végzi. Ez a megoldás a radiológiai robbantó eszköz (RRE).

Másik lehetőség a porlasztás elvét követi, amelyekben a diszpergálást nem robbanás, hanem túlnyomás alatt lévő hordozó anyag végzi és radioaktív aeroszol generálódik (RAG).

2.1.1. A radiológiai robbantó eszköz (RRE)

A radiológiai robbantó eszköz működési elve többé-kevésbé közismert, és meglehetősen egyszerű: hagyományos vagy otthon előállítható robbanóanyag köré, vagy mellé valamilyen radioaktív anyag, izotóp vagy izotópok keverékének finom eloszlású pora, esetleg oldata kerül (lásd 2.1.sz. ábra).

2.1.sz. ábra. A radiológiai robbantó eszköz egy lehetséges felépítése [1]



A külső árnyékolás (pl. ólom) többféle célt is szolgálhat: egyrészt az elkövető egészségét, életét védi a sugárzás élettani hatásaitól, másrészt megnehezíti a bomba felfedezését (álcázza, elrejtí a detektorok elől), végül pedig a köpeny alkalmas kialakítása fokozhatja a bomba repeszhatását és a fojtás révén elősegíti a radioaktív anyag megolvadását vagy elpárolgását a detonáció után, ezáltal megnövelve annak diszpergálhatóságát.

A bomba működtetése nem tér el a hagyományos robbanószerkezetekétől: működésbe hozhatja öngyilkos merénylő, de időzítve, vagy távműködtetéssel is indítható. A felhasználható robbanóanyagok megegyeznek a hagyományos improvizált robbanószerkezetekben használtakkal [1].

Az RRE radioaktív hatása kettős. A hagyományos robbanószerkezet működésbe lépését követően, a keletkező hő és nyomás hatására, a körülötte lévő sugárzó anyag egy része, finomeloszlású por vagy permet (aeroszol, füst, köd) formájában először felemelkedik, majd a meteorológiai viszonyoktól függően aeroszol felhőként távolabb szétterjedhet. A radioaktív töltet másik része – a kémiai és fizikai tulajdonságaitól függően – a robbanás közvetlen környezetében kiülepedik, elszennyezve az élő és élettelen környezetet, ezáltal fejtve ki kártékony hatását.

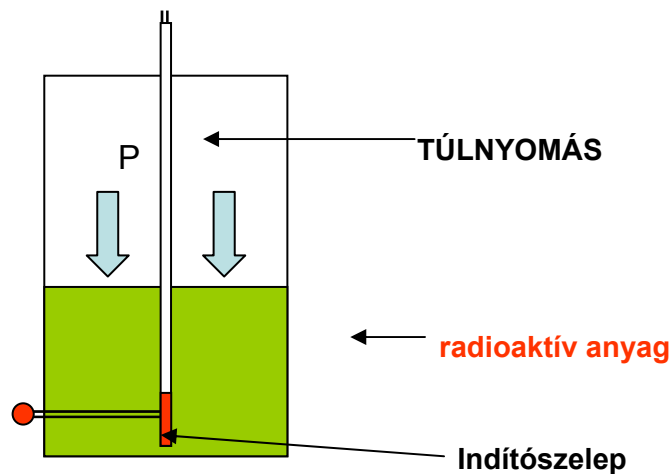
Amennyiben az elkövetők radioaktív anyaghoz jutottak, az RRE összeszerelése vagy működtetése nem igényel különösebb szakértelmet, pusztán azokat a képességeket, amelyekkel a terroristák a hagyományos robbanószerkezetek elkészítése terén bizonyítottan rendelkeznek [1].

2.1.2. Radioaktív aeroszol generátorok (RAG)

A hagyományos robbanó anyagot felválthatja más, a szétszórást biztosító anyag is, mint például sűrített levegő. Erre láthatunk egy egyszerű példát a 2.2 számú ábrán.

Ilyen esetben az eszköz töltete folyadék vagy nagyon finom eloszlású por lehet. A berendezés kialakítására alkalmas számtalan variációnak csak az improvizáló képesség szab határt.

2.2. ábra Hajtóanyagát tekintve sűrített levegőjű RAG



Ha az eszköz port diszpergál, akkor a kikerülő részecskék mérete megegyezik a betöltött por méret eloszlásával. Folyadék töltet esetében a kikerülő aeroszol részecskék eloszlása a porlasztó kialakításától függ. A kereskedelemben kaphatók olyan nagy teljesítményű aeroszol generátorok is, amelyek már alkalmasak 10 μm átlagos aerodinamikai átmérőnél nem nagyobb aeroszol előállítására. Ebben az esetben a generált radioaktív aeroszol gázként terjed és nagy távolságokra is eljuthat a levegővel.

2.2. ALKALMAZHATÓ NUKLEÁRIS ÉS RADIOAKTÍV ANYAGOK

A felhasználható radioaktív izotópok száma igen nagy, akárcsak a számításba vehető kémiai és fizikai formák. A RDE eszközök okozta veszély csökkentése érdekében a védekezés területén elsősorban azokra az anyagokra kell fókuszálni, amelyekkel a legnagyobb mértékű és legtávolabbi tartó káros hatást lehet okozni. Ebből a szempontból azok a sugárforrások a lényegesek, amelyekben annyi sugárzó anyag van, amely már rövid idő alatt képes a besugárzott egyének egészségére maradandóan káros hatást kifejteni, és ha szétterül, akkor a kialakuló szennyezetttség szintje jelentős.

A terroristák által legkönnyebben megszerezhető források azok, amelyek nincsenek hatósági felügyelet alatt vagy azért, mert sosem voltak nyilvántartva, vagy valamilyen oknál fogva kikerültek az ellenőrzés alól (elhagyás, gondatlan kezelés, ellopás, stb.). Számos incidens és baleset történt olyan nagy aktivitású radioaktív forrást tartalmazó eszközökkel (orvosi besugárzók, radiográfiás eszközök, stb.), amelyeket a használatból kikerülve nem megfelelően szereltek le vagy tároltak. Ezek közül a legsúlyosabb következményekkel a braziliai Goiânia városban történt eset járt, ahol többen meghaltak és a radioaktív szennyeződés nagy területre terjedt ki, és ezáltal jelentős gazdasági kár is keletkezett [82].

A szóba jöhető anyagok elemzéséhez meg kell értenünk, hogy milyen paraméterektől függ egy RDE hatása. Ezt a nukleáris fizikai jellemzők mellett, elsősorban a radioaktív anyag szétterülését befolyásoló paraméterek határozzák meg. Az egyébként eleve könnyen teríthető formában (finom por vagy folyadék) lévő radioaktív anyagok esetén a helyzet egyszerűbb, viszont a robbantás hatására történő diszpergálódás összetett folyamat, amit az alábbiakban tekintünk át.

2.2.1. A radioaktív anyagok diszpergálhatósága

A RRE eszközök lehetséges hatása elsősorban attól függ, hogy az alkalmazott radioaktív anyag a robbanás során milyen fizikai formába juthat, mennyire diszpergálódik.

Ebben a vonatkozásban a legfontosabb információ forrásként annak a 20 éves kísérletsorozatnak a publikált eredményire támaszkodhatunk, amelyeket a Sandia National Laboratories (SNL, USA) kutatói végeztek [83, 84]. A kísérletek során több mint 600 robbantásos tesztet hajtottak végre a felhő felemelkedésének és terjedésének vizsgálata céljából különböző anyagokat és geometriákat használva. Az így nyert aeroszol részecske frakciók mennyisége alapján meghatározhatóak voltak az egyes események forrástagjai, majd ezeket modellezéshez felhasználva sikerült körülhatárolni a lehetséges következményeket. A modellezéshez az Explosive Release Atmospheric Dispersion (ERAD) kódot használták, amely kifejezetten robbantásokat követő terjedésre fejlesztettek ki [83, 84]. Egy adott RRE robbantás során felszabaduló radioaktív részecskék eloszlását elsősorban a radioaktív anyag kiindulási fizikai és kémiai formája, illetve az RRE geometriája határozza meg.

Fémek esetében az aeroszol képződést elsősorban az határozza meg, hogy a detonációt követően a fém egy része milyen fázisállapotba jut, ami a fémbe elnyelődő energia függvénye. Ha a fém egy része megolvad, akkor rövid ideig jellemzően 10 µm átlagos aerodinamikai átmérőjű cseppek keletkeznek, melyek aztán megszilárdulnak. Ha a fém olyan, hogy egy része el is párolog a robbanás következtében, akkor tipikusan 1 µm-es részecskék hőszerű agglomerációja keletkezik. A fém maradék része nagyobb fragmensekké törik szét, amelyek jól láthatóak és könnyen összeszedhetők. Összességében megállapítható, hogy a kis fajhővel és alacsony olvadásponttal rendelkező puha fémek (mint pl. a bizmut, polónium) optimális geometriájú berendezésben 80%-ban aeroszollá alakíthatóak, míg a magas olvadáspontú rideg fémek (mint pl. az irídium, kobalt) maximálisan 0,2%-ban alakulnak aeroszollá. Utóbbi fémek esetében a tapasztalat azt mutatja, hogy az aktivitás nagy része 200-300 db 1-2 mm-es átmérőjű szemcse formájában szóródik szét.

Kerámiákon végzett kísérletek eredményeiből az látszik, hogy finom aeroszol egyáltalán nem képződhet (nem tudnak megolvadni), a maximálisan 40%-ban keletkező részecskék általában a 30-100 µm tartományban vannak.

A porok esetében a keletkező részecskék méreteloszlása szintén attól függ, hogy a fázisátalakulás mennyire lehetséges. A tapasztalat szerint a keletkező aeroszol tömege az eredeti tömeg 20-80%-át teheti ki, míg a maradék eredeti porszemcseként diszpergálódik.

Folyadékok (radioaktív sók vizes oldata) esetében az eredmény nagyban függ a folyadék/robbanóanyag mennyiségének arányától, a folyadék gőznyomásától, az oldott anyag oldhatóságától és koncentrációjától. A felsorolt paramétereiktől függően a radioaktív oldott anyag egy része finom szilárd részecskefrakcióként a levegőben marad miután a diszpergálódott cseppek elpárolognak, a többi része kiülepedik a földön. A kísérletek során a levegőben maradó frakció 4 és 80% között változott [83, 84].

A véglegesen kialakuló részecske eloszlást a fenti primer aeroszol képződési folyamatok mellett nagyban befolyásolja a primer részecskék agglomerációja, koagulációja a tűzgömbben lévő inert anyagokkal, illetve azok további égési (oxidációs) folyamatai. Ha a robbanás után kialakuló tűzgömbbe a környezetből finom részecskék (homok, por) kerülnek be, azokon a kisebb radioaktív részecskék kicsapódnak, melynek következtében átlagos méretük megnő és hamar kiülepednek. Ezért poros felületen felrobbantott eszköz esetében a radioaktív anyag

jelentős része finom por formájában egyenletesen szétterítődik és a levegőben maradó rész mennyisége akár negyedrészére is lecsökken. Ilyen jellegű szennyeződési mechanizmus volt megfigyelhető a plutóniummal végzett hagyományos robbantási kísérletek eredményeként az USA-ban [85] és a volt szovjet szemipalatyinszki nukleáris kísérleti terepen a szovjetek által 1953-57 között végzett RRE tesztek eredményeként is, ahol Pu-238-al és Sr-90-el egyenletesen szennyezett több méter átmérőjű krátereket lehet a mai napig találni [86].

2.2.2. RDE eszközök alkalmas töltetei

Az elvégzett kísérletek és összegyűlt tapasztalat alapján elvégezhető az egészségügyileg leginkább veszélyes, nagy aktivitást tartalmazó, széleskörűen elterjedt radioaktív források kockázat alapú besorolása a RDE-ben történő felhasználás következményei szempontjából.

A lehetséges RDE-vel elkövetett események kockázatát az esemény bekövetkezésének valószínűsége és a kialakuló káros hatások nagysága határozza meg. A bekövetkezési valószínűség nem számszerűsíthető, ezért a továbbiakban a kockázat elemzését a kialakuló káros hatás vizsgálatára szűkítjük le, így tehát feltételes kockázatról beszélünk.

Egy RDE esemény következtében a rövidtávon kialakuló determinisztikus hatások mértékét az erősen szennyezett zónában kialakuló dózisviszonyok határozzák meg, de ez önmagában nem jellemzi eléggé a következményeket, hiszen az érintettek száma kevés. A várható hosszú távú hatások mértéke viszont nagyban függ a védekezés és elhárítás körülményeitől, így önmagában ez sem jellemzi elég jól az esemény káros hatását. Mivel a RDE bevetésének a legfőbb feltételezett célja a minél nagyobb zavarkeltés, a RDE hatékonyságát az eszköz által kiváltott zűrzavar nagysága jelenti. Ezt pedig első körben arányosnak tekinthetjük a szennyezett terület nagyságával (figyelembe véve a népsűrűséget) és a szükséges védelmi intézkedések mértékével.

A RDE hatásának jellemzése szempontjából tehát a sztochasztikus hatások minimalizálása érdekében szükséges intézkedések hatóköréi lesznek a meghatározóak, ezekkel lesz arányos a kialakult helyzet súlyossága. Ebből a szempontból az érintett zóna több kilométerre is kiterjedhet, amely egy nagyváros esetén többtízezer embert is érint. Az ilyen típusú RDE események feltételes kockázatát tehát ez fogja meghatározni.

Az egyes sugárforrások egészségügyi veszélyességét több tényező határozza meg, de ezek közül is a legfontosabb a forrásban található radioaktív anyag mennyisége, fizikai és kémiai formája. A gyakorlati alkalmazások szempontjából az egyes források veszélyességének mértékére bevezették az ún. D-értéket [62, 87]. A D-érték a radioaktív anyagnak az a mennyisége, amely ellenőrizetlen körülmények között a besugárzott halálát vagy olyan mértékű egészségügyi károsodását okozhatja, amely életminőség csökkenéssel jár. A radioaktív sugárforrások kategorizálása veszélyességük szerint a 2.1 táblázatban található.

2.1. táblázat: A sugárforrások veszélyességi kategóriái alkalmazás szerint [62, 87]

Veszélyességi Kategória	Alkalmazási terület	R=A/D
1	Radioizotópos Termo-elektromos Generátorok (RTG) Sugárterápiás források Gamma kések (fix többnyalábos források)	$A/D \geq 1000$
2	Ipari gamma radiográfiás források Sugárterápiás források	$1000 > A/D \geq 10$
3	Nagy aktivitású forrást tartalmazó ipari berendezések Furat elemzők (olajipar)	$10 > A/D \geq 1$
4	Kis aktivitású forrást tartalmazó ipari berendezések Brachi terápia Csont dozimetria Statikus feltöltődést megakadályozó források	$1 > A/D \geq 0.01$
5	Röntgen-fluoreszcenciás berendezések Elektron befogásos berendezések Mössbauer berendezések PET készülékek	$0.01 > A/D \geq$ mentességi szint

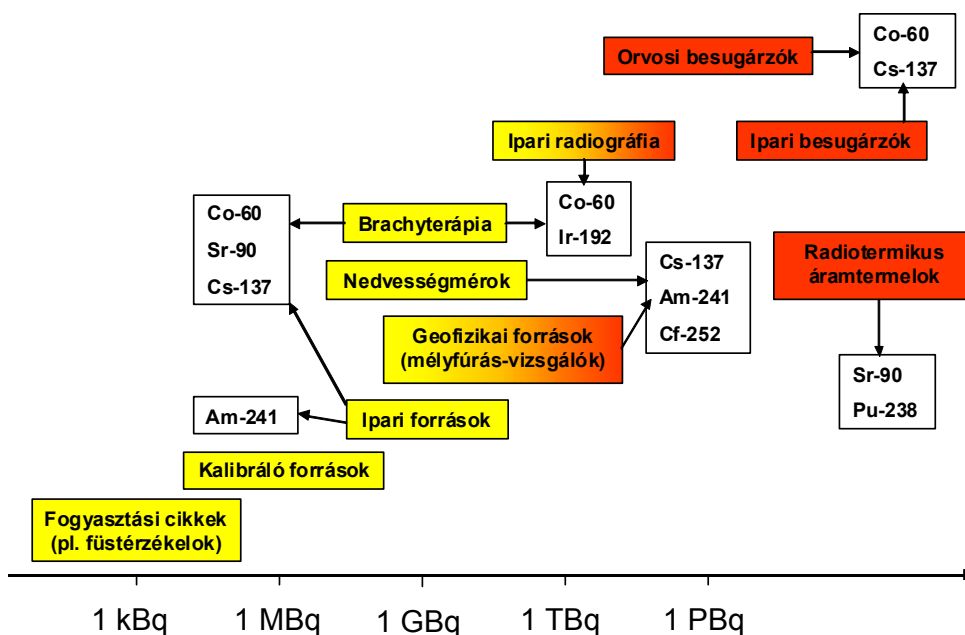
Ahol:

A – i típusú sugárforrás aktivitása

D – i típusú izotópra jellemző izotóp-specifikus normalizáló tényező

A forrásokat öt kategóriába soroljuk a forrás radioaktivitása (A) és D-értéke aránya (R) alapján. A legveszélyesebb források az 1. kategóriájúak, ahol az R értéke az 1000-t meghaladja. Ezeknél a forrásoknál elegendő néhány perc besugárzás ahhoz, hogy halált vagy súlyos egészségkárosodást okozzanak. A legkevésbé veszélyes 5. kategóriájú források esetében az A/D érték 0,01 vagy annál kisebb, de ezek a források is okozhatnak hosszabb besugárzás esetén a megengedettnél nagyobb mértékű dózisterhelést. A nemzetközi gyakorlatban leggyakrabban használatos sugárforrásokat és a jellemző kategóriákat az I. fejezetben szereplő 1.2. táblázat mutatja be. Az egyes alkalmazásokban használt tipikus izotópokat a 2.3 ábra mutatja be [62].

2.3. ábra: Egyes alkalmazásokban használt tipikus izotópok



A RDE-ben történő alkalmazás tekintetében a következő szempontokat célszerű figyelembe venni:

- nagy fajlagos aktivitás, egészségügyi szempontból veszélyes anyag legyen;
- könnyen hozzáférhető, elterjedten használt anyag legyen;
- könnyen szállítható legyen (ne legyen túl nehéz és nehéz legyen detektálni bombaként elkészítve);
- jól diszpergálható legyen.

A fentiek alapján a RDE szempontjából legalkalmasabb forrásokat és azok jellemzőit a 2.1. táblázatban mutatom be.

A táblázatban feltüntettem a pontforrásra (D_1), illetve a diszpergált anyagra meghatározott (D_2) veszélyes aktivitásértékeket, amelyeknél már determinisztikus hatások jelentkeznek [62].

A D_1 értékek meghatározásánál azt vették figyelembe, hogy egy árnyékolatlan sugárforrást kézben visznek 1 órán keresztül, vagy zsebben hordanak 10 órán át, vagy zárt téren belül 100 órán keresztül 1 méter távolságban tartózkodik valaki. A robbantás következtében szétszóródott és a közvetlen környezetben kihullott részecskék is pontforrásként tekinthetők, amelyek mennyisége a belélegezhető frakció (AF) és a nagyobb részecske méretű frakció

(RF) arányból becsülhető. A besugárzási idő maximálisan néhány óra lehet olyan sérültek esetében, akik nem tudnak a helyszínről gyorsan elmenekülni, a 100 órás besugárzási idő 1 m távolságból tehát ebből a szempontból egy nagyságrenddel konzervatívabb becslés.

2.1. táblázat: A radiológiai diszperziós eszközökhöz legalkalmasabb források növekvő tömegszám szerint

Forrás	Felezési idő [év]	D-értékek		Fajlagos aktivitás [TBq/g]	Kémiai forma	Sugárzás típus relatív gyakoriság jellemző energia [keV]		
		D ₁ Külső [TBq]	D ₂ Diszp [TBq]			alfa	béta	gamma
Co-60	5,8	3E-02	3E+01	4,1E+01	Fém, Op: 1495 °C	-	99,9% E _{βmax} : 318	100% 1171 1332
Sr-90	28	4E+00	1E+00	5,2E+00	Fém-oxid (kerámia) Op: 2530°C	-	100% 514 2250(Y-90)	-
Cs-137	30	1E-01	2E+01	3,3E+00	Fémsó (por) Op: 646°C	-	E _{βmax} : 512	100% 662
Ir-192	0,2	8E-02	2E+01	3,4E+02	Fém, Op: 2466 °C	-	95% E _{βmax} : 675	82% 316
Po-210	0,38	8E+03	6E-02	1,6E+02	Fém, Op: 254 °C	100% 5304	-	0,0012% 803
Ra-226	1600	4E-02	7E-02	3,7E-02	Fémsó Op:	94,4% 4784	-	3,6% 186
Pu-238	87,7	3E+02	6E-02	6,3E-01	Fém-oxid Op: 2400°C	71% 5499	-	Neutron: 1.85E-5 % spontán hasadás!
Am-241	432	8E+00	6E-02	1,2E-01	Fém-oxid Op: 1000 °C	84,5% 5486	-	36% 59,5
Cf-252	2,6	2E-02	1E-01	9,6E-02	Fém-oxid, Op: 900 °C (fém)	84,2% 6118	-	Neutron: 3,1 % spontán hasadás!

A D₂ értékek számításánál feltételezték, hogy az anyag diszpergálása bekövetkezik (tűz, robbanás vagy egyéb módon) és belélegzés, lenyelés vagy a bőr szennyeződése következtében fejt ki dózishatását.

A belélegzés esetén a belélegezhető frakció (AF) értékére az eredeti anyag mennyiségének 10%-át vették általánosan. A számításokhoz megbecsülték, hogy egy ember ennek hány

százalékát képes belélegezni. Erre azt a levegő frakciót vették, amelyet egy ember 0,5 órán keresztül egy 300 m³-es térben be tud szívni, amely 0,1 térfogatszázalék körül van. Ez összességében azt jelenti, hogy az eredeti forrás anyagának maximálisan 10⁻⁴-ed részét képes egy ember belélegezni.

A lenyelés tekintetében a Goiâniai esetet [82] vették alapul, ahol egy gyermek az eredeti mennyiség 10⁻⁵-öd részét lenyelte. Körülbelül ezt az arányt kapjuk akkor is, ha feltételezzük, hogy a 100%-ban vízoldható anyag 1000 m³ ivóvízbe kerül és azt valaki öt napon keresztül naponta két literenként issza. Így ez a részarány felső korlátként elfogadható közelítés.

A bőr szennyezés hatásának elemzésekor úgy tekintették, hogy az eredeti anyag 1%-a 1 m²-es felületet egyenletesen elszennyez, majd ennek 10%-a kerül a bőrre. Ez a bőr 1 cm²-én az eredeti forrás 10⁻⁷-ed részét eredményezi.

A fentiek alapján látható, hogy külső besugárzás szempontjából a legveszélyesebbek a Co-60, az Ir-192, a Cs-137, a Ra-226 és a Cf-252, míg a legkevésbé veszélyesek a tisztán, vagy majdnem tisztán alfa-sugárzók, mint a Po-210 és a Pu-238. Utóbbiak viszont – a többi alfa-sugárzóval együtt – a leginkább veszélyesek a diszpergálást követő belső sugárterhelés tekintetében. A tisztán béta-sugárzó Sr-90 közepesen veszélyesnek minősül mind külső, mind pedig a belső sugárterhelés tekintetében.

A radioaktív források RDE eszközben történő felhasználása szempontjából történő feltételes kockázatát (R) tehát az alábbi tényezők kombinációja fogja meghatározni:

1. A radioaktív anyag aktivitása (A).
2. A radioaktív forrás veszélyességi indexe (I_V), amelyet annak diszpergálhatósága (AF arány) és a diszpergált anyag veszélyességére jellemző érték fog meghatározni. Célszerű az utóbbi jellemző kifejezésére nemzetközileg is elfogadott skálát használni. Erre egyik lehetőség a fentiekben már bemutatott, a determinisztikus hatásokon alapuló D-skála. Mivel a RDE eszköz „eredményességét”, így az eszköz kockázatát a szükséges intézkedések mértéke fogja meghatározni, célszerű lehet a sztochasztikus hatásokon alapuló, a radioaktív anyagok szállítása szabályozására kidolgozott A₁/A₂ értékeket is megfontolni [87]. A nem diszpergálódó radioaktív anyag A₁ értéke azt az aktivitás mennyiséget adja meg, amely ha az árnýékolását

baleset következtében elveszíti, akkor a tőle 1 m távolságban 30 percet tartózkodó személy külső gamma/béta effektív dózisa az 50 mSv-t és a szemlencse egyenérték dózisa a 150 mSv-t nem haladja meg. Az A_2 érték a diszpergálódó anyag akkora aktivitása, amelynek 10^{-2} - 10^{-3} -ad része kikerülve a környezetbe, az azt belélegző és elszennyeződött személy esetében nem okoz 50 mSv lekötött effektív dózissal nagyobb sugárterhelést [86]. Ha az így számított A_2 érték az A_1 -nél nagyobb, akkor $A_2=A_1$ feltételezéssel kell számolni. Az A_2 érték tehát önmagában is jól jellemzi a sztochasztikus hatásokat, hiszen a speciális formájú sugárforrásokra értéke megegyezik az A_1 értékkel. Ennek megfelelően a veszélyességi index definíciójára az alábbi lehetőség állnak fenn:

$$I_V = \frac{1/A_2}{\text{MAX}(1/A_2)} \cdot \frac{AF}{\text{MAX}(AF)} \Leftrightarrow \frac{1/D}{\text{MAX}(1/D)} \cdot \frac{AF}{\text{MAX}(AF)} \quad (1)$$

Ahol az A_2 , illetve D értékek reciprokát normálva adjuk meg a vizsgálat tárgyát képező izotópokra jellemző legnagyobb értékre vonatkoztatva. Az anyag veszélyességét nagyban befolyásoló diszpergálhatóságot a 2.2.1 pontban ismertetett kísérletek eredményein alapuló belélegezhető aeroszol frakció (AF) normált értékével jellemezzük.

3. A radioaktív forrás attraktivitás indexe (I_A), amely az adott izotópból egy helyen található összes aktivitás mennyiség (A_0), normálva a vizsgált esetek közül a legnagyobb értékkel:

$$I_A = \frac{A_0}{\text{MAX}(A_0)} \quad (2)$$

4. A radioaktív anyag mobilitási indexe (I_M). Ez egy olyan faktor, amely kifejezi, hogy az adott módon tárolt, felhasznált vagy szállított radioaktív anyag eltulajdonítása mennyi technikai felkészültséget, speciális eszközöket és időt igényel. Pl. hordozható eszközök esetében (radiográfias forrásokra, neutron-generátorokra $I_M=1$, míg masszív árnyékolással épített besugárzó berendezésekre, amelyekből a forrás csak speciális technika segítségével (daru) szerelhető ki $I_M=0,1$). Erre vonatkozóan nemzetközi irodalom nem található, az osztályozás önkényes és további vizsgálatokat igényel.

Ezek alapján a feltételes kockázat a következőképpen alakul:

$$R = A \cdot I_V \cdot I_A \cdot I_M \quad (3)$$

A 2.1. táblázatban lévő anyagok esetében az izotóponként hazai vonatkozásban legnagyobb aktivitás értékek felhasználásával megvizsgáltam a relatív kockázatra bevezetett számítás eredményét mindkét veszélyességi index lehetőség esetére. Az eredményeket az alábbi táblázatokban mutatom be, az egyszerűség kedvéért a mobilitási indexet nem vettem figyelembe.

2.2. Táblázat. A hazai készletekből számítható relatív kockázatok – a D-skála felhasználásával. Sötét – magas R; világos – közepes R; fehér – alacsony R.

Forrás	D [TBq]	AF	I _V	A ₀ [TBq]	I _A	R
Co-60 fém	3,00E-02	2,00E-03	1,67E-03	1,00E+04	1,00E+00	1,67E-03
Sr-90 Kerámia	1,00E+00	1,00E-02	2,50E-04	2,00E-03	2,00E-07	5,00E-11
Cs-137 Fémsó (por)	1,00E-01	5,00E-01	1,25E-01	6,00E+02	6,00E-02	7,50E-03
Ir-192 fém	8,00E-02	2,00E-03	6,25E-04	6,00E+00	6,00E-04	3,75E-07
Po-210 fém	6,00E-02	8,00E-01	3,33E-01	8,00E-07	8,00E-11	2,67E-11
Ra-226 Fémsó	4,00E-02	5,00E-01	3,13E-01	3,00E-03	3,00E-07	9,38E-08
Pu-238 Fém-oxid	6,00E-02	3,00E-01	1,25E-01	1,00E+00	1,00E-04	1,25E-05
Am-241 Fém-oxid	6,00E-02	3,00E-01	1,25E-01	1,00E-01	1,00E-05	1,25E-06
Cf-252 fém-oxid	2,00E-02	1,00E-01	1,25E-01	3,00E-04	3,00E-08	3,75E-09

2.3. Táblázat. A hazai készletekből számítható relatív kockázatok – az A2 felhasználásával. Sötét – magas R; világos – közepes R; fehér – alacsony R.

Forrás	A2 [TBq]	AF	IV	AÖ [TBq]	IA	R
Co-60 fém	4,00E-01	2,00E-03	6,25E-06	1,00E+04	1,00E+00	6,25E-06
Sr-90 Kerámia	3,00E-01	1,00E-02	4,17E-05	2,00E-03	2,00E-07	8,33E-12
Cs-137 Fémsó (por)	6,00E-01	5,00E-01	1,04E-03	6,00E+02	6,00E-02	6,25E-05
Ir-192 fém	6,00E-01	2,00E-03	4,17E-06	6,00E+00	6,00E-04	2,50E-09
Po-210 fém	2,00E-02	8,00E-01	5,00E-02	8,00E-07	8,00E-11	4,00E-12
Ra-226 Fémsó	1,00E-03	5,00E-01	6,25E-01	3,00E-03	3,00E-07	1,88E-07
Pu-238 Fém-oxid	1,00E-03	3,00E-01	3,75E-01	1,00E+00	1,00E-04	3,75E-05
Am-241 Fém-oxid	1,00E-03	3,00E-01	3,75E-01	1,00E-01	1,00E-05	3,75E-06
Cf-252 fém-oxid	3,00E-03	1,00E-01	1,25E-01	3,00E-04	3,00E-08	3,75E-09

A 2.2. és 2.3. táblázatok alapján látható, hogy a D-skála alapján számított veszélyességi index az alfa-sugárzó izotópokra és a Cs-137-re a legnagyobb, az A₂-skála szerinti besorolás viszont a Cs-137-t az alfa sugárzóknál kevésbé, de a többi gamma-sugárzó izotóptól veszélyesebbnek mutatja.

A hazai maximális készletek figyelembe vételével számított R értékek alapján azt lehet mondani, hogy függetlenül a veszélyességi index vonatkozási alapjától, a hazai radioaktív sugárforrások közül a legnagyobb kockázatot a Co-60, a Cs-137, a Pu-238 és az Am-241 jelenti. Ha figyelembe vesszük, hogy a Pu-238 és az Am-241 leginkább hordozható neutron-generátorokban alkalmazott, melyeket gyakran terepen alkalmaznak (geológiai mérések) akkor a mobilizálhatóság figyelembe vételével a RDE alkalmazás szempontjából számítható kockázat ezen eszközök esetében a legnagyobb.

2.3. LEHETSÉGES ESEMÉNYSOROK

2.3.1. Direkt besugárzás, szivárgás – Pontforrás (PF)

Direkt besugárzás során az RDE eszköz nem lép működésbe, hanem a telepítés helyén a közelben tartózkodó személyek közvetlen besugárzását okozza. Ebben az esetben számolni kell még azzal a lehetőséggel is, hogy az eszközben lévő radioaktív anyag egy része szivárgás következtében a környezetbe kerül. Erre akkor van lehetőség, ha a töltet folyadék vagy finom por.

A forgatókönyv jellemzői:

Helyszín: Ebből a szempontból nincs különbség az épületen belüli vagy épületen kívüli eset között. A legnagyobb veszélyt a forgalmas helyeken (pályaudvar, gyűlések, sportesemények, stb.) szándékosan, árnyékolás nélkül elhelyezett, 1. és 2. kategóriájú források jelentik.

Lehetséges források: Károkozás csak intenzív gamma-sugárzást kibocsátó források esetében képzelhető el: Ir-192, Co-60, Cs-137. Ha a Cs-137 finom por alakban van jelen, akkor a kontamináció lehetőségét mindenképpen figyelembe kell venni.

Lehetséges besugárzási útvonalak:

- külső besugárzás,
- szivárgás esetén belélegzés.

2.3.2. RRE robbantása szabad téren - Robbantás utcán (RU)

Ebben az esetben RRE eszköz robban emberek által sűrűn látogatott szabadtéren. A detonáció következtében lesznek súlyosan sérültek, esetleg halottak is. A sugárzó anyag alapvetően két frakcióban fejt ki a hatását:

- a nagyobb részecske méretű frakció (RF) helyi kihullást, kiszóródást követően,
- a sugárzó anyag belélegezhető aeroszol frakciója (AF) felhő formájában szétterjedve.

Az RF frakció egy bizonyos területen belül kiüledik, és az ott lévő emberek, a talaj, az épületek, a járművek elszennyeződését eredményezi. A detonáció környezetében kialakulhat egy olyan erősen szennyezett terület, ahol már determinisztikus hatásokkal kell számolni. A részecskék egy része ezen zónán kívülre is kerülhet, ahol növeli a sztochasztikus hatások valószínűségét.

Az AF frakció a detonáció során a tűzgömbbel együtt felemelkedik és a mikro-meteorológiai körülményektől függően eltávolodik a robbanás helyétől, felhígulva nagyobb területre terjed ki, ahol házak, falfelületek, burkolatok elszennyeződését is okozhatja. Ez a folyamat nagy valószínűséggel lezajlik a reagáló erők kiérkezéséig. Az épületek okozta turbulenciák miatt a felhő bizonyos helyeken visszacirkulálhat alacsony magasságokra is, így ismét belélegezhetővé válik.

A forgatókönyv jellemzői:

Helyszín: A helyszín lehet forgalmas utca, nagy tereken rendezett rendezvény, szabadtéri sportesemény, stb.

Felhasznált robbanóanyag: 10 kg TNT

Lehetséges források: A 2.2. táblázatban felsorolt valamennyi forrás szóba jöhet.

A kialakuló körülményeket a felrobbantott eszköz konkrét kialakítása mellett az alkalmazott forrás típusa és fizikai formája határozza meg. Utóbbi lehet:

- szilárd por. Ezek közül a ^{137}Cs finom por alakban is jelen lehet a kereskedelmi forrásokban, amely az alkalmazott robbanóanyaggal homogénezen elkeverve alkalmazható. Ekkor a felrobbant por finom frakciója aeroszolként, nagy része viszont porfelhőként terjed szét és helyi kihullás is keletkezik. A finom por által elszennyezett felületek nagyon nehezen, vagy egyáltalán nem dekontaminálhatók.

- szilárd fém.
- folyadék (fémek, vagy fém sók savas oldata).

Lehetséges besugárzási útvonalak:

- külső besugárzás a lokálisan kihullott frakciótól („groundshine”) illetve a kontaminált felületektől (KB),
- bőrfelszínre, hajra, ruhára történő kiülepedés (KONT),
- a levegőben lebegő frakció belélegzése (INH),
- sugárzó anyag lenyelése (ING).

A besugárzási útvonalak relatív jelentősége az egyes sugárzó anyagok esetében eltérő. A legfontosabb eseteket a 2.4. táblázatban foglaltam össze.

2.4. táblázat: Főbb besugárzási útvonalak, frakcionálódás és D értékek [87] az alkalmazott sugárzó anyagokra.

Forrás	D₁ Külső [TBq]	D₂ Diszp [TBq]	AF/RF	Külső (KB)	Szennye- ződés (KONT)	Belélegzés (INH)	Lenyelés (ING)
Co-60 fém	3E-02	3E+01	0,2/99,8	+	-	-	-
Sr-90 Kerámia	4E+00	1E+00	1/99	-	+	+	-
Cs-137 Fém só (por)	1E-01	2E+01	50/50	+	+	+	+ ^a
Ir-192 fém	8E-02	2E+01	0,2/99,8	+	-	-	-
Po-210 fém	8E+03	6E-02	80/20	-	-	+	+
Ra-226 Fém só	4E-02	7E-02	50/50	+	+	+	+
Pu-238 Fém-oxid	3E+02	6E-02	30/70	-	-	+	+
Am-241 Fém-oxid	8E+00	6E-02	30/70	-	-	+	+
Cf-252 fém-oxid	2E-02	1E-01	10/90	+	-	+	+
Oldat ^b	-	-	80/20	-	-	+	+

^aLenyelést csak a por esetében tételezünk fel, elsősorban kis gyermekek esetében

^bHa az adott forrást oldat formájában alkalmazzák, akkor a főbb besugárzási útvonalak nem, csak az AF/RF arány változik.

A 2.4. táblázat alapján látható, hogy a Co-60 és az Ir-192 esetében elsősorban a lokálisan szétszóródott anyagtól származó külső besugárzással kell számolni, míg a Po-210, Pu-238 és az Am-241 esetében kizárólag a belélegzésből és lenyelésből származó dózisterhelés lényeges.

A Cf-252 esetében – jelentős spontán hasadása miatt – külső neutron besugárzással is kell számolni.

A Sr-90 tisztán béta-sugárzó, leányeleme révén kemény béta sugárzással rendelkezik. Elsősorban a bőr elszennyeződése vagy a szervezetbe kerülése révén fejt káros hatását.

A legösszetettebb forgatókönyvre a só formában lévő Cs-137 és a Ra-226 töltetek esetében kell számolni, ahol valamennyi besugárzási útvonal szóba jön.

Meteorológia:

A hatások szempontjából a legkedvezőtlenebb, ha szeles, de száraz az idő. Az eső ugyan növeli a robbanás közvetlen környezetében fellépő talajszennyezést (nedves kihullás), de így kevesebb jut el nagyobb távolságokra. A légmozgás turbulenciája (időjárási instabilitás) szétszórja a sugárzó anyagot és így ugyancsak csökkenti a levegő és a talaj fajlagos szennyeződését.

Meteorológiai paraméterek:

- Pasquill D kategória (lásd *Meghatározások*),
- szélsősebesség 5 m/s (kb. 20 km/h),
- csapadék: 0 mm/h.

Összességében a jellemző dózisterhelés alapján három különféle részforgatókönyvvel érdemes számolnunk:

1. Külső sugárterhelés dominál - RU1 (reprezentatív forrás: Co-60 fém, A = 400 TBq).
2. Belső sugárterhelés dominál – RU2 (reprezentatív forrás: Am-241 fém-oxid, A = 0,1 TBq, vagy radioaktív oldat).
3. Mindkét sugárterhelés dominál – RU3 (reprezentatív forrás: Cs-137 fém-klorid, A = 20 TBq).

2.3.3. RRE robbantása épületen belül – Robbantás épületben (RE)

Ebben az esetben az RDD eszközt olyan zárt térben robbantják fel, ahol általában nagy számban fordulnak meg emberek. A detonáció következtében lesznek súlyosan sérültek,

esetleg halottak is. Az épület funkciójától függő mértékben, de mindenképpen várható a detonációt követő tűz és füst kialakulása, amelyen a sugárzó anyag finom frakciója kiüledik, így radioaktívan szennyezett füst alakulhat ki. Nagy üvegfelületek esetében a kitörő üvegszemcsék növelhetik a sebesültek számát, ezért a nyílt sebek elszennyeződése is számottevő lehet.

A zárt térben végbemenő turbulens áramlások miatt a levegőben kialakuló aktivitás-koncentráció értékek jelentős különbségeket mutathatnak az épület egyes részeiben, amely csak konkrét esetekre becsülhető.

A forgatókönyv jellemzői:

Helyszín: A helyszín lehet áruház, bevásárlóközpont (pláza), színház- ill. koncert terem, stb.

Felhasznált robbanóanyag: 10 kg TNT

Lehetséges források: A 2.1. táblázatban felsorolt valamennyi forrás szóba jöhet.

A kialakuló körülményeket a felrobbantott eszköz konkrét kialakítása mellett az alkalmazott forrás fizikai formája határozza meg, amely lehet:

- szilárd por,
- szilárd fém,
- folyadék (fémek, vagy fémsók savas oldata).

Lehetséges besugárzási útvonalak:

- külső besugárzás a padlóra kihullott frakciótól illetve a kontaminált felületektől, a kialakuló radioaktív füstfelhőtől (immerzió),
- bőrfelszínre, hajra, ruhára történő kiüledés,
- a levegőben lebegő frakció, a füst belélegzése,
- sebek elszennyeződése.

A lehetséges besugárzási útvonalakra vonatkozóan a 2.4. táblázatban leírtak itt is iránymutatók. Lényeges különbség azonban az épületen kívül történő robbantáshoz képest, hogy a keletkező finom részecske frakció kezdetben mindenképpen az épületben marad, csak

később kerülhet kibocsátásra, a szellőzés vagy a kitört ablakok miatt kialakuló huzat által. Ezáltal a belélegzés okozta dózisterhelés sokáig számottevő lehet a helyszínen.

Másik lényeges jellemző ebben az esetben a nyílt sebek nagyobb gyakorisága, különösen ha nagy mennyiségben keletkezik üvegszilánk, törmelék a robbanáskor (pl. bevásárló központban). A kialakuló nagy mennyiségű lebegő és felületi szennyeződés hatására a bőr és a nyílt sebek elszennyeződésének valószínűsége is jóval nagyobb lesz ilyen esetben.

Ebben az esetben is három különféle részforogatókönyvvel érdemes számolni:

1. Külső sugárterhelés dominál - RE1 (reprezentatív forrás: Co-60 fém, $A = 400$ TBq).
2. Belső sugárterhelés dominál – RE2 (reprezentatív forrás: Am-241 fém-oxid, $A = 0,1$ TBq, vagy radioaktív oldat).
3. Mindkét sugárterhelés dominál – RE3 (reprezentatív forrás: Cs-137 fém-klorid, $A = 20$ TBq).

2.3.4. RAG alkalmazása szabad téren – Porlasztás utcán (PU)

Ebben az esetben RAG eszközt működtetnek emberek által sűrűn látogatott szabadtéren. Sérültek, sebesültek nincsenek. A káros hatást a levegőbe juttatott sugárzó anyag fejt ki, amelynek jelentős része a közvetlen környezetben kihullik, kisebb része szétterjedhet, különösen, ha erős szél vagy huzat ezt elősegíti. Utóbbi esetben viszont a levegőben kialakuló koncentrációk hamar lecsökkennek.

A forogatókönyv jellemzői:

Helyszín: A helyszín lehet forgalmas utca, nagy tereken rendezett rendezvény, szabadtéri sportesemény, stb.

Lehetséges források: A kialakuló körülményeket nagyrészt a porlasztó konkrét kialakítása fogja meghatározni. A radioaktív anyag lehet:

- szilárd por, erre legvalószínűbb a Cs-137 használata. A por által elszennyezett felületek nagyon nehezen, vagy egyáltalán nem dekontaminálhatók,
- folyadék (fémek, vagy fém-sók savas oldata).

Lehetséges besugárzási útvonalak:

- külső besugárzás a lokálisan kihullott frakciótól („groundshine”) illetve a kontaminált felületekről,

- bőrfelszín, haj, ruházat elszennyeződése,
- a levegőben lebegő frakció belélegzése.

Meteorológia:

Paraméterek:

- Pasquill D kategória,
- szélesség 5 m/s (kb. 20 km/h),
- csapadék: alapesetben 0 mm/h.

A 2.3. táblázat alapján kétféle tipikus részforgatókönyvet érdemes figyelembe venni:

1. por alakú sugárzó anyag – PU1 (reprezentatív forrás: Cs-137 fém-klorid, A = 20 TBq),
2. radioaktív oldat – PU2 (reprezentatív forrás: Co-60 fém sósavban oldva, A = 400 TBq).

2.3.5. RAG alkalmazása épületen belül – Porlasztás épületben (PE)

Ebben az esetben a RAG eszközt alkalmazva radioaktív anyag finom porát vagy oldatát porlasztják be olyan épületbe, ahol általában nagy számban fordulnak meg emberek. A zárt térben végbemenő turbulens áramlások miatt a levegőben kialakuló aktivitás-koncentráció értékek jelentős különbségeket mutathatnak az épület egyes részeiben, amelyek csak konkrét esetekre becsülhető. Ehhez áramlástanai modellezéseket kell végezni tipikus épületekre.

A forgatókönyv jellemzői:

Helyszín: A helyszín lehet áruház, bevásárlóközpont (pláza), színház- ill. koncert terem, stb.

Lehetséges források: A kialakuló körülményeket nagyrészt a porlasztó konkrét kialakítása fogja meghatározni. A radioaktív anyag lehet:

- szilárd por. Erre legvalószínűbb a Cs-137 használata. A por által elszennyezett felületek nagyon nehezen, vagy egyáltalán nem dekontaminálhatók.
- folyadék (fémek, vagy fém sók savas oldata).

Lehetséges besugárzási útvonalak:

- külső besugárzás a lokálisan kihullott frakciótól („groundshine”) illetve a kontaminált felületekről,
- bőrfelszín, haj, ruházat elszennyeződése,
- a levegőben lebegő frakció belélegzése.

Az épületek szempontjából kétféle alaptípust érdemes vizsgálni:

1. Könnyűszerkezetes bevásárlóközpont, amely egyterű, téglatest típusú épületnek vehető: T
2. Emeletes, sok helyiségből álló, ún. pláza típus: P.

A 2.3. táblázat alapján kétféle tipikus forrástagot érdemes figyelembe venni, így a részfordatókönyvek az alábbiak lesznek:

1. por alakú sugárzó anyag + T épület: PE1T (reprezentatív forrás: Cs-137 fém-klorid, A = 20 TBq),
2. por alakú sugárzó anyag + P épület: PE1P (reprezentatív forrás: Cs-137 fém-klorid, A = 20 TBq),
3. radioaktív oldat + T épület: PE2T (reprezentatív forrás: Co-60 fém sósavban oldva, A = 400 TBq).
4. Radioaktív oldat + P épület: PE2P (reprezentatív forrás: Co-60 fém sósavban oldva, A = 400 TBq).

2.4. KÖVETKEZTETÉSEK

A II. fejezetben a nemzetközi tapasztalatok és a hazai fenyegetettség alapján a megvalósíthatóság szempontjából értékeltem a lehetséges scenáriókat. Összefoglaltam a lehetséges fenyegetési módokat, megállapítottam egy rossz szándékú cselekmény végrehajtásához alkalmazható eszközöket. Elemeztem, hogy milyen minőségű és formájú radioaktív anyagok jöhetnek számításba a károkozás céljából. Kidolgoztam azt a szempontrendszert, amely alapján az értékelést elvégeztem. Összevettem az alkalmazható anyagokat a hazánkban és Európában rendelkezésre álló radioaktív forrásokkal és kiválasztottam azokat, amelyek a tervezés elvégzéséhez szükségesek. Értékeltem a lehetséges elkövetési módokat, amelyeket a helyszín, az alkalmazott eszköz és anyagok vizsgálata után 5 lehetséges scenárióban összegeztem. Ezeket a scenáriókat javaslom figyelembe venni az elhárítás megtervezéséhez. Ezzel igazoltam a fejezet elején feltett munkahipotézist.

III. FEJEZET KÖVETKEZMÉNYEK ELEMZÉSE

Ebben a fejezetben a 2.3 pont alatt azonosított öt scenárió esetén vizsgálom meg a bekövetkezés esetén várható következményeket. A körülmények és az eszköz megválasztásánál még reális, de ezen belül konzervatív feltételezésekkel élek. A célom, hogy ezzel alátámasszam a stratégiai elhárítási modell terv egyes pontjait, illetve rámutassak olyan problémákra, amelyek kezelése jelentősen csökkenti egy ilyen támadás esetén a potenciális következményeket.

Mind az öt esetben az alkalmazott sugárforrásnak 20 TBq-es Cs-137-et választottam. Ez az izotóp a terrorista céljai szempontjából az előző fejezet szerint mindegyik esetben alkalmazható. Európában és Magyarországon is elterjedt forrásról van szó [88], amely így az egyik legvalószínűbb eszköznek nyilvánítható. Ilyen típusú és hasonló méretű forrás okozta a történelem legsúlyosabb radioaktív forrással lezajlott balesetét a braziliai Goiânia-ban is, melynek következményei ismertek [82].

A radiológiai szennyezést diszpergáló eszközökkel végrehajtott cselekmények következményeinek értékelése érdekében számos, a terjedést befolyásoló folyamatot kell értékelni [89, 90, 64]. Az első fontos kérdés a szétterített radioaktív anyag mennyisége, amelynél meg kell adni a légnemű részarányt és az ebből belélegezhető mennyiséget. Ez utóbbi azon részecskék mennyisége, amelyek elegendően kicsik ahhoz, hogy az emberek belélegezzék (tipikusan $< 50\mu\text{m}$). Ezen részecskék terjedhetnek a csóvában, de a leülepedés utáni reszuszpenzióval is számolni kell. A részecske mérete a diszpergálás módjától jelentősen függ, az elkövető célja a minél finomabb részecskék előállítása a belégzési arány és a szétszóródás növelése érdekében. Egyes vizsgálatok [90, 91] ezt az arányt 10^{-1} - 10^{-3} közé teszik szilárd anyag robbantása esetére. Porlasztás esetén tökéletesebb a diszperzió, reális becslésként 90%-os belélegezhető arányt tételeztem fel.

Direkt besugárzás esetére egyszerű számítást végeztem egy erre a célra megfelelő szoftverrel (MicroShield, [92]). A kültéri robbantás és porlasztás esetében diszperziós modellt, az erre a célra fejlesztett szoftvert (HOTSPOT, [89,93]) alkalmaztam, míg a beltéri terjedést háromdimenziós termohidraulikai kóddal és külön sugárvédelmi számítással vizsgáltam. A

beltéri robbantás szimulációs elemzésétől eltekintettem a modellezés bizonytalansága miatt, de megmutattam, hogy a többi eset a jelen vizsgálatok szempontjából burkolja ezt az esetet is.

A diszperziós modell az irodalom szerint jól alkalmazható arra a célra, hogy a szükséges intézkedéseket, kritériumokat egy RDE esetében meghatározzák [89]. A beltéri terjedés esetén saját módszert dolgoztam ki az értékelés céljából. Az egyes esetekben a kitűzött cél szerint arra törekedtem, hogy a számítások elegendő eredménnyel szolgáljanak egyes intézkedések megalapozásához, illetve a nemzetközi jó gyakorlatból átvett intézkedések megfelelőségének hazai alkalmazhatóságának értékeléséhez. Az alábbiakban beszámolok az öt eset vizsgálatáról.

3.1. DIREKT BESUGÁRZÁS (PF)

Direkt besugárzás vizsgálatára egy forgalmas fővárosi pályaudvart találtam legalkalmasabbnak, az ott tartózkodó emberek száma és az egyszerű megközelíthetőség miatt. Feltételeztem, hogy a forrást pénteken délután, csúcsidőben a jegyváltó pénztárak felett tudja elhelyezni a terrorista (pl. felragasztja valamilyen módon a mennyezetre). A csúcsforgalmú napon becsléseim szerint mintegy 2000-3000 ember tölt a forrás közelében kb. 15 percet sorban állással és jegyvásárlással. Távolságuk a forrástól 2,5-10 m között változik. Ily módon erre a két távolságra számítom ki az utazók sugárterhelését. Emellett feltételezek, egy 10 m-es távolságban 6 órát (egy műszak, de nem folyamatosan tartózkodik ott) eltöltő személyt (pl. jegyárus vagy üdítőárus). Súlyosbító körülményként felteszem azt is, hogy a forrást nyitottan helyezik el, amely folyamatosan szívárog, óránként az aktivitásának 5%-a szabadul ki por formájában és lényegében a helyszínen marad lebegve és belső sugárterhelést okoz.

A modellezést egy 50*50*5 m-es térfogatban végeztem, ahol a fentiek alapján helyeztem el a receptorpontokat. Az eredmények alapján a determinisztikus hatások csekélyek, a 3.1 táblázat mutatja be a sztochasztikus hatásokat. A számításhoz felvett dóziskonverziós tényezők [94]:

Külső dózis konverziós tényező [Sv/Bq/s/m ²]:	2.56E-17
Belélegzés (50 évre lekötött effektív dózis) [Sv/Bq]:	4.67E-09
Levegőből származó külső Sv m ³ /Bq/s:	2.54E-14
Légzési sebesség m ³ ·s ⁻¹	3.33E-04

3.1 táblázat: Eredmények sztochasztikus hatásokra

Receptorpontok (x,y,z) m	Expozíciós idő	Távolság m	Eltelt idő perc	Külső direkt [mSv]	Belégzés [mSv]	Külső levegőből [mSv]	Effektív dózis [mSv]
R1 (1,5;25,1)	15 perc	2,5	0-15	74	0	0	74
			45-60	71	84	1	156
			345-360	52	644	11	707
R2 (10,25,1)	15 perc	10	0-15	4	0	0	4
			45-60	4	84	1	90
			345-360	3	644	11	657
R3 (49,199,1)	15 perc	10	0-15	18	0	0	18
			45-60	18	84	1	103
			345-360	13	644	11	667
	6 óra	0-360	378	7730	126	8230	

A táblázatból látható, hogy 15 perc alatt 70 mSv körüli effektív dózist kap az, aki a forrás kihelyezésétől számított első 15 perc során tartózkodik az első receptorpontban. Aki 6 órával a forrás kihelyezése után tartózkodik ugyanitt 15 percet, az ennek tízszeresét kapja a a szivárgás következtében levegőbe kerülő és így belső terhelést is okozó részecskék miatt. A forrástól való távolság nyilvánvalóan csökkent a dózist, de a hosszú expozíciós idő esetén az effektív dózis 8 Sv értéket is elér. Az értékekből látható, hogy az azonnali beavatkozás indokolt, amint az eset a hatóságok tudomására jut, ilyen esetben mérlegelés nélkül el kell rendelni a sürgős kiürítést. Ugyanakkor az is nyilvánvalóan következik, hogy az utólagos elhárítás hatékonysága csekély. A 2000-3000 ember által elszenvedett kisebb és valószínűsíthetően jó pár ember által kapott jelentősebb, a rákkockázatot érdemben megemelő dózisok nem elhanyagolható következmények. Az egészségügyi, pszichikai kezelésük, későbbi nyomon követésük jelentős terhet ruház az egészségügyre. Ezekhez képest az elhárítás során a dekontaminálással megelőzhető további következmények kisebbek. Megállapítható, hogy a következmények még egy nagyobb pályaudvar vagy hasonlóan forgalmas hely esetén is néhány folyamatos működésű egyszerű detektor és hozzá kapcsolódó megfelelő riasztó rendszer segítségével jelentősen csökkenthetők lennének.

3.2. ROBBANTÁS SZABAD TÉREN (RU)

A klasszikus „piszkos bomba” szabadtéri robbantásának modellezésére az erre a célra már többek által alkalmazott HOTSPOT programot választottam [89,93] a 2.3.2. pontban meghatározott input paraméterekkel. A robbantás a földfelszínen történik. Alapesetben a robbanóanyag 10 kg TNT, amely kézben a helyszínre szállítható. A tűzgömb robbantás

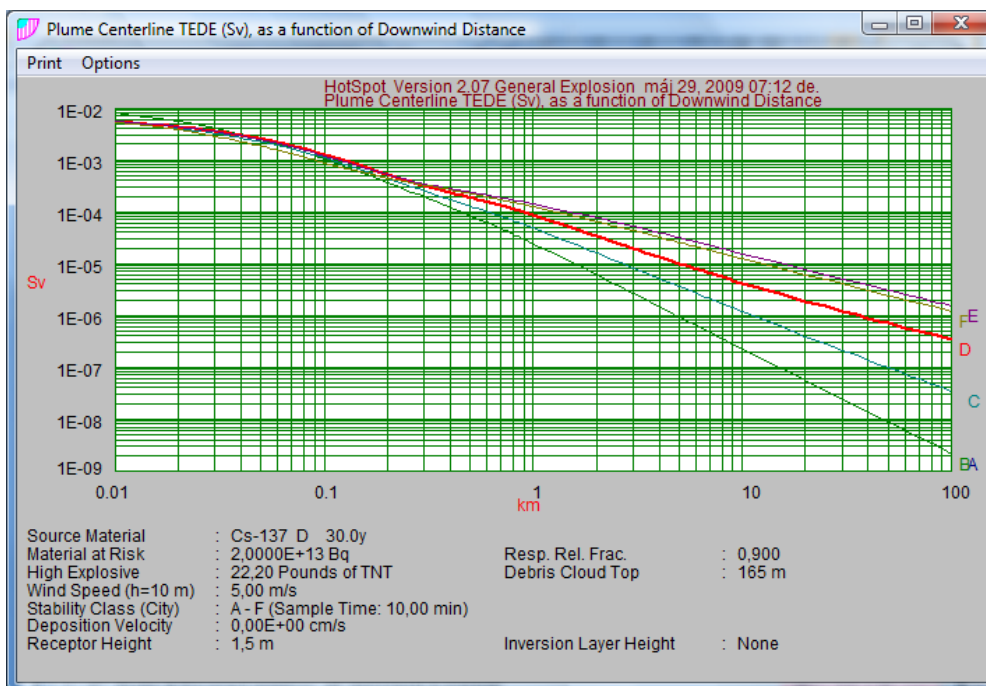
következtében fellépő felemelkedését és az utána, az időjárási viszonyoknak megfelelő terjedését a HOTSPOT modellezi. A számítás eredményei a 3.2 táblázatban láthatók.

3.2. táblázat: HOTSPOT eredmények az alapesetre

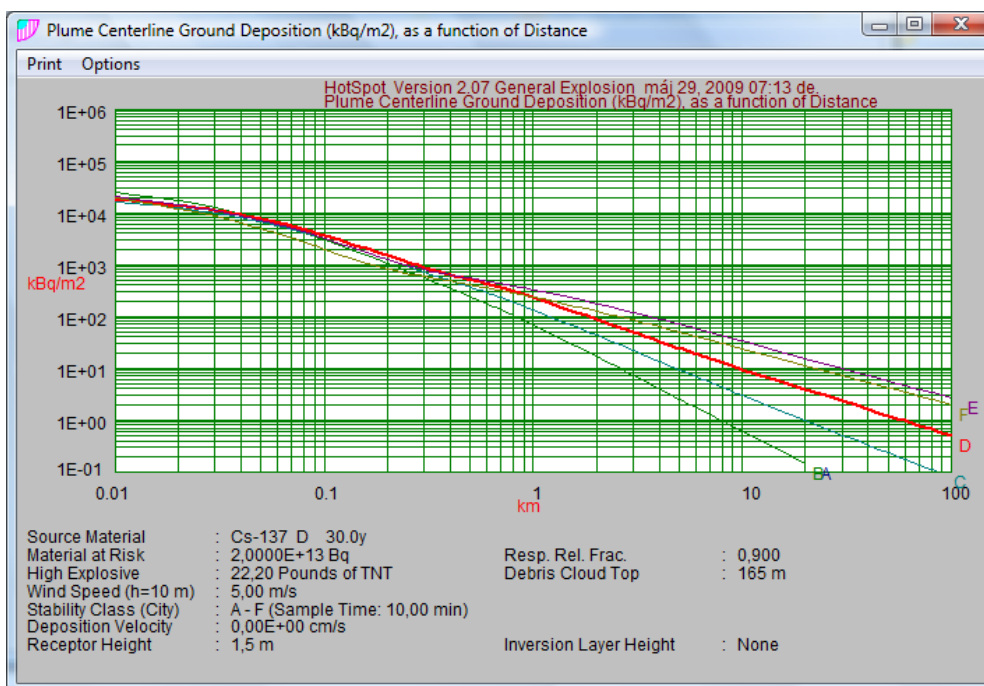
Távolság (km)	Effektív dózis/4 h (mSv)	Időintegrált levegő koncentráció (Bq*sec)/m ³	Kiülepedés (kBq/m ²)	Kiülepedett anyagtól származó dózisteljesítmény (mSv/h)	Csóva megérkezése (perc)
0,03	3,5E+00	1,2E+09	1,1E+04	2,2E-02	<1
0,10	1,3E+00	4,3E+08	3,6E+03	7,3E-03	<1
0,30	3,2E-01	1,1E+08	8,8E+02	1,8E-03	<1
0,50	1,9E-01	6,3E+07	5,1E+02	1,0E-03	<1
1,00	8,5E-02	2,9E+07	2,3E+02	4,6E-04	1
6,00	7,9E-03	2,7E+06	1,9E+01	3,7E-05	10
10,00	4,2E-03	1,4E+06	9,5E+00	1,9E-05	17
80,00	4,3E-04	1,5E+05	6,6E-01	1,3E-06	139

A számítási eredményekből látszik, hogy a sugárzás hatásaival érdemben 500 m távolságon belül kell foglalkozni, itt érik el az effektív dózisok a mSv nagyságrendet a számításban figyelembe vett négy óras – tehát sérültek és az elhárításban, mentésben résztvevők esetén reális időtartamú – tartózkodása esetén. Ez egyben azt is jelenti, hogy ebben a távolságban a veszélyhelyzet elhárításával kapcsolatos munkát biztonságosan lehet végezni. Ugyanezen számításról készült képek láthatók a 3.1 a) és b) ábrákon. Az a) ábrán az effektív dózis, a b) ábrán pedig a kiülepedett felületi koncentráció ábrázolása látható a távolság függvényében. A piros vonalak a D Pasquill kategóriát jelentik, de egyben megvizsgáltam a többi stabilitási kategória hatását, amelyek vékonyabb vonallal kerültek ábrázolásra.

3.1 a) ábra: Effektív dózis alakulása a távolság függvényében



3.1 b) ábra: A kiülepedett koncentráció a távolság függvényében



Ezekből az ábrákból is megállapítható, hogy egyrészt a radiológiai hatások a robbanás közelében sem nagyon nagyok, másrészt 1 km-es távolságon belül jelentősen, 1-2 nagyságrendet csökkennek. A stabilitási kategória nagyságrendileg befolyásolja a dózist és a kiülepedést, de hatása főként nagy távolságokon (>1 km) érezhető. A stratégiai elhárítás megszervezése szempontjából fontos távolságokon (<1 km), ahol az emberek elszennyeződése is a legmagasabb, a gyakorlati kezelés szempontjából nincs különbség.

Megvizsgáltam a robbanóanyag mennyiségének hatását is, a HOTSPOT ezt beépített összefüggéssel arányosnak kezeli az anyag szétterítésével. Az eredeti 10 kg TNT-vel végzett számításhoz képesti viszonyszámok szerepelnek a 3.3 táblázatban. A levegőkonzentrációt és a kiülepedést külön nem adtam meg, mert az arányok 1-2%-os eltéréssel megegyeznek az effektív dózis arányával.

3.3 táblázat: A robbanóanyag mennyiségének hatása az alapesethez képest

TNT mennyisége	Effektív dózis aránya 10 kg TNT-hez képest 0,03 km távolságban	Effektív dózis aránya 10 kg TNT-hez képest 1 km távolságban
1 kg	2,86	1,41
5 kg	1,40	1,12
50 kg	0,46	0,7
100 kg	0,31	0,6

A 3.3 táblázatból látható, hogy a robbanóanyag mennyiségének hatása a radiológiai következmények szempontjából a távolsággal erőteljesen csökken. Másrészt a kisebb

robbanás a kisebb szétszórás következtében a közelben tartózkodók számára jelentősebb következménnyel jár.

Összességében megállapítható, hogy a robbantás és a szélmozgás következtében a felhő ugyan percek alatt szétterjed, viszont már pár száz méteres távolságot meghaladóan nem jár jelentős dózisterheléssel az esemény, radiológiai következményekkel csak közvetlenül a robbantás közelében tartózkodó esetében kell számolni. Hosszabb tartózkodás esetén természetesen lehetne számolni nagyobb dózissal is, de az a robbantás és a rákövetkező elhárítási tevékenység miatt kizárható. Távolabb a felhőből származó dózis sem ad jelentős járulékot (3.2 táblázat). A stratégiai elhárítás szempontból a hagyományos élet- és sérült mentési tevékenységgel kezdődhet. Tehát egy Magyarországon reális aktivitásúnak tekinthető sugárforrás felrobbantása esetén gyakorlatilag nem kell korlátozni az elhárítást, hiszen 4 órára számítva a robbantás pillanatától a helyszínen tartózkodók dózisa sem haladja meg a néhány mSv nagyságrendet. A IV. fejezetben leírt stratégiai elhárítási modelltervben ezért a nemzetközi irodalomból vett szempontok érvényesítése nálunk javaslatom szerint nem kell, hogy korlátot jelentsen. Azok átvétele, szükség esetén a megszorítások kevésbé szigorú alkalmazása is elfogadható. A számértékek alapján ezen kijelentéseket a számítási eredmények bizonytalansága, pontatlansága sem befolyásolja érdemben.

3.3. ROBBANTÁS ÉPÜLETBEN (RE)

Az épületen belüli robbantás részletes vizsgálatát a modellezés bonyolultsága miatt nem végeztem el. Az eset a radioaktív anyag szétterítése szempontjából annyiban különbözik az épületen belüli porlasztástól, hogy a robbantás esetén a belélegezhető arány kisebb. A robbanás konvencionális hatása számos áldozatot követel és rombolást végez, az elhárítást megnehezíti, hogy a mentést, dekontaminálást és felszámolást romok között kell végezni, de ez alapvetően nem különbözik az épületen kívüli robbantás esetén végzendő tevékenységtől, illetve lebegő por esetén a belső porlasztás és a külső robbantás kombinációjától. A rombolás mértéke lehet olyan, hogy az anyag a környezetbe is közvetlenül kikerül, ezt az esetet az utcán történő porlasztás esete burkolja. Ezáltal tehát az említett esetek a stratégiai elhárítás megtervezése szempontjából annyiban burkolják ezt az esetet, hogy együttesen figyelembe kell venni az ezeknél az eseteknél szereplő megállapításokat. Az eset külön vizsgálata a megfogalmazott célok szempontjából tehát nem szükséges.

3.4. PORLASZTÁS UTCÁN (PU)

Erre a célra a HOTSPOT program általános felhő opcióját használtam, amely egy pontbeli kibocsátás esetén teszi lehetővé a felhő terjedése következtében kialakuló radiológiai hatások értékelését. Az utcán történő robbantás hatásaival történő összehasonlítás érdekében a kibocsátás módjának kivételével megegyező paraméterekkel, megegyező meteorológiai körülmények között végeztem a számítást. Az eredményeket a 3.4 táblázat tartalmazza. A táblázat második részében az utcai robbantás eredményeihez képesti arányok szerepelnek.

A táblázat szerint a porlasztás hatékonyabb eszköz radiológiai szempontból egy rossz szándékú elkövető kezében. A porlasztás esetén a nagyobb szemcsékben szétterülő szennyeződés a közelben két nagyságrenddel nagyobb következményeket okoz, ráadásul ilyen esetben az észlelés is sokkal nehezebb lehet. Ha ez egy forgalmas helyen történik, akkor a hatások sokkal tovább fennállhatnak, több embert érinthetnek. Egy ilyen cselekmény ellen a védekezés nagyon nehéz, detektorokat az utcára felszerelni lehetetlen. Mivel nincs robbantás, a hely azonosítása a direkt besugárzásos esethez hasonlóan sokáig tarthat. Ugyanakkor a hatások távolabb már kevésbé eltérőek, 500 m-en túl azonos besugárzási időt tekintve azonos nagyságrendbe esnek, így a IV. fejezetben a stratégiai elhárítási tervben a vörös zóna határára érvényes nemzetközi ajánlások (400 m, ha a szennyezettség $<10E+04$ Bq/m² és ha a dózisteljesítmény $<10E-01$ mSv/h) átvehetőek, de a zóna kijelölését mindenképpen mérések alapján kell elvégezni.

3.4 táblázat: a) Porlasztás utcán, összehasonlítás utcai robbantással

Távolság (km)	Effektív dózis/4 h (mSv)	Időintegrált levegő koncentráció (Bq*sec)/m ³	Kiülepedés (kBq/m ²)	Kiülepedett anyagtól származó dózisteljesítmény (mSv/h)	Csóva megérkezése (perc)
0,03	4,1E+02	8,0E+10	9,3E+05	1,9E+00	1
0,1	3,7E+01	7,8E+09	7,5E+04	1,5E-01	1
0,3	4,2E+00	9,2E+08	8,0E+03	1,6E-02	1
0,5	1,6E+00	3,5E+08	2,9E+03	5,8E-03	2
1	4,4E-01	1,0E+08	7,9E+02	1,6E-03	4
6	2,6E-02	6,3E+06	4,2E+01	8,3E-05	29
10	1,4E-02	3,3E+06	2,1E+01	4,1E-05	49
80	1,2E-03	3,2E+05	1,4E+00	2,9E-06	398

b) Porlasztás utcán/robbantás utcán számértékek

0,03	117,14	66,67	84,55	86,36	0,03
0,1	28,46	18,14	20,83	20,55	0,1
0,3	13,13	8,36	9,09	8,89	0,3
0,5	8,42	5,56	5,69	5,80	0,5
1	5,18	3,45	3,43	3,48	1
6	3,29	2,33	2,21	2,24	6
10	3,33	2,36	2,21	2,16	10
80	2,79	2,13	2,12	2,23	80

3.5. PORLASZTÁS ÉPÜLETBEN (PE)

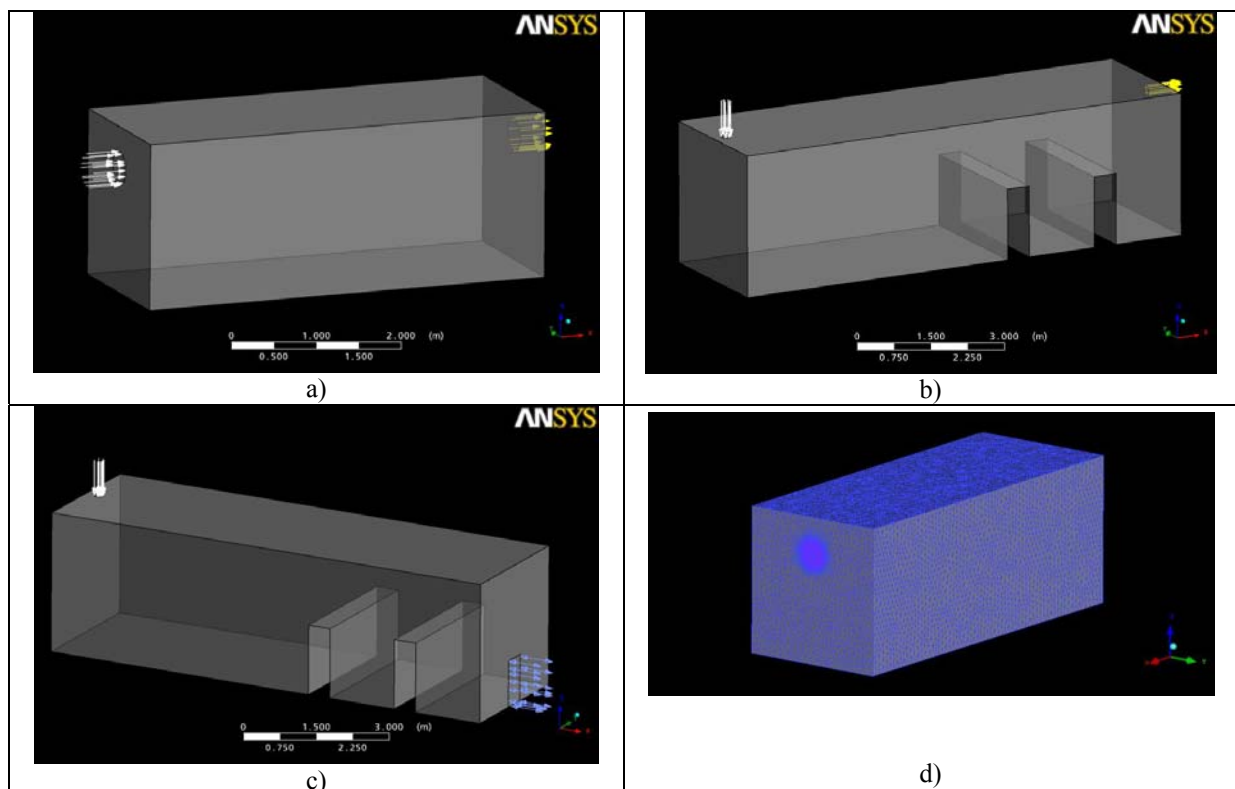
Az épületen belül porlasztás esete alapvetően különbözik a robbantásos esetektől. Itt a belső térben – hasonlóan a direkt besugárzáshoz – detektor hiányában hosszú időn keresztül nem észlelhetik a radioaktív anyag jelenlétét, így sok ember szennyeződhet és kaphat jelentős dózist pl. egy forgalmas nagyáruház szellőzőrendszerébe helyezett por alakú radioaktív anyagtól. Az elemzések céljából egy hipermarketet választottam, mivel ez reprezentatívnak tekinthető a többi hasonló bevásárló központ, a barkácsáruházak és megfelelő arányosítás mellett a kisebb áruházak esetén is. Egy ilyen központban egyidejűleg tartózkodók száma elérheti az 1000-t, ezzel vonzó és egyben megközelíthető célpont lehet egy terrorista számára. A nagyáruház típusra szóbeli közlés alapján [95] rendelkezésre álltak a szellőztetési követelmények. A nagyáruház átlagos alapterülete 10000 m² (pl. 50 x 200 m), belmagassága 10 m. A bevásárló térbe a hűtött/fűtött levegőt nyomják be az évszaknak megfelelően alapvetően kétféle technikával. Egyik esetben több ponton befűjást és több ponton elszívást biztosítanak. A másik esetben nincs elszívás, hanem a befűjt levegő a nyílászárókon tud távozni, és a befűjás sebességét ennek megfelelően illesztik. A két eset többféle kombinációja is lehetséges, az elhelyezési technika célja minden esetben a tér minél jobb átöblítése. Tervezési követelmény a légcseres sebességére van: négyzetméterenként 8 m³/h öblítést kell biztosítani [95]. Ez pl. 1000-1500 m²-ként jelenthet egy befűjási pontot. Az áramlástan vizsgálat céljára a viszonylag egyszerű térfogat megfelelő és emellett a szellőzés térbeli periodicitása további egyszerűsítést tesz lehetővé.

3.5.1. Áramlástan vizsgálat

A porlasztás modellezéshez a CFX 11.0 numerikus termohidraulikai kódot alkalmaztam [96], amelyet a Budapesti Műszaki Egyetem Nukleáris Technikai Intézete biztosított a számomra. A kód egy korábbi verzióját egy szakdolgozatomban már alkalmaztam [97] atomerőművi csővezetékben áramló közeg hőmérsékleti rétegződésének modellezésére. A kód moduláris felépítésű. Előbb a probléma definiálását, azaz a geometria, az áramlási tér és a közeg paramétereinek megadását, valamint az áramlás tér diszkretizálását kell elvégezni. A második lépés az egyenletek numerikus megoldása, a harmadik pedig az eredmények kiértékelése. A szoftver mindehhez felhasználóbarát felületet biztosít. A kód leírása a 3. mellékletben található. Az általam definiált különböző geometriák, valamint egyik esetben a térbeli diszkretizálás (hálózás) a 3.2 ábrán láthatók.

Különböző geometriák segítségével vizsgáltam a téglatestbe, a tervezési értéknek megfelelő tömegárammal bejuttatott por alakú szennyező anyagot (3.2 ábra). Az alap a) esethez képest vizsgáltam egy, illetve két b) polc elhelyezését a fő áramlási irányra merőlegesen, valamint annak hatását, hogy a befújás függőlegesen b), c) történik, illetve hogy a közeg nyílászárón c) vagy elszívó nyíláson b) keresztül távozik. A d) jelű képen mutattam be a hálózást, amely a beömlő és a kiömlő nyílásoknál az ábrán is látható módon sűrített. További vizsgálat tárgya volt a bebocsájtott részecskék méretének hatása. Ahogyan az előzőekben ismertettem, a Cs-137 por 1 mikron méretben is előállítható, viszonylag egyszerű eszközökkel. Ezért az 1, 10 és 100 mikron részecskeméret hatását vizsgáltam. A belépő részecskemennyiséget úgy határoztam meg, hogy a néhány grammnyinak feltételezett anyag pár másodperc, illetve maximum fél perc alatt bekerüljön. A belépő nyílás mentén egyenletesen elosztott részecskéket 0,03 kg/s levegő tömegáram sodorta magával, amely megfelel a tervezési értéknek.

3.2 ábra: PEIT esetben alkalmazott geometriák és hálózás



A CFX alkalmazott verziójában beépített részecske modellek állnak rendelkezésre, amelyek közül a korom tulajdonságai álltak a legközelebb a feltételezett forráséhoz, ezért ezt a modellt illesztettem a feltételezett szennyező anyag (Cs-137) porának fizikai adataival. A kód a közegben történő részecske transzportot kétfázisú áramlásként kezeli, az ennek megfelelő egyenletszám megoldásával, ami az általam elemezni kívánt esetre megfelelő volt.

A számításokat 2 GHz-es processzorral, 4 GB memóriával rendelkező MSI Notebook számítógépen futtattam. Előbbi paraméter a számítási időt, utóbbi a lehetséges térfogatelem számot határolja be. A jellemzően pár 100 másodperces tranzien számítások 1-2 nap valós futtatási időt igényeltek a konkrét geometriától, hálóparaméterektől és bebocsátott részecskemennyiségtől, valamint a számítás időlépésétől függően. Utóbbit úgy kellett illeszteni, hogy a térfogatelemek jellemző méretéből és a részecskék mozgási sebességéből képzett aránynál valamivel kisebb legyen, hogy a részecske „ne repülje át a térfogatelemeket”. Ennek megfelelően az időlépést 0,1-0,2 másodperc között választottam. A térfogatelemek száma 200-300 ezer körül alakult. A számítási idő mellett problémát jelentett a szilárd részek alacsony térfogataránya a levegőhöz képest, amely numerikus instabilitást okozott, így a részecske térfogatáramot megnöveltem az elemzés céljából. Ezt a sugárvédelmi számítás során kiküszöböltem, annak csak a megfelelő termohidraulikai eredmények előállítása volt a célja.

A számítások előtt természetesen már sejteni lehetett, hogy a kisebb részecskeméret tartományban érdemi kiülepedés nem várható, mert az ilyen méretű részecskék süllyedési sebessége jellemzően 0,4 cm/s tartományba esik. Ez összemérve a levegő áramlási sebességével igen csekély (3 nagyságrenddel kisebb), így a folyamatot alapvetően a levegő áramlása szabja meg.

A számítási eredmények a 3.3 ábrán láthatóak. Az a) és a b) jelű esetben a részecskeméret hatását vizsgáltam. Előbb 1 mikron, majd 10 mikron részecske méret eloszlása látható $t=200$ másodpercnél. A befújás baloldalon, az elszívás vele szemben helyezkedik el. Megállapítható, hogy érdemi különbség a két esetben nincs. A padlón összegyűlő részecskemennyiség jelentős mozgásban van, ülepedés jelei, ahogyan az várható volt 1 mikron esetében nem jelentkeznek, de csaknem ugyanez igaz a 10 mikronos esetre is. A 100 mikronos számítás esetén a részecskék gyakorlatilag azonnal lezuhannak, ez látható a c) jelű esetben (itt reprezentatív részecskéket ábrázoltam jelentősen felnagyítva). Ekkora részecskeméretnél tehát érdemi ülepedéssel már lehet számolni.

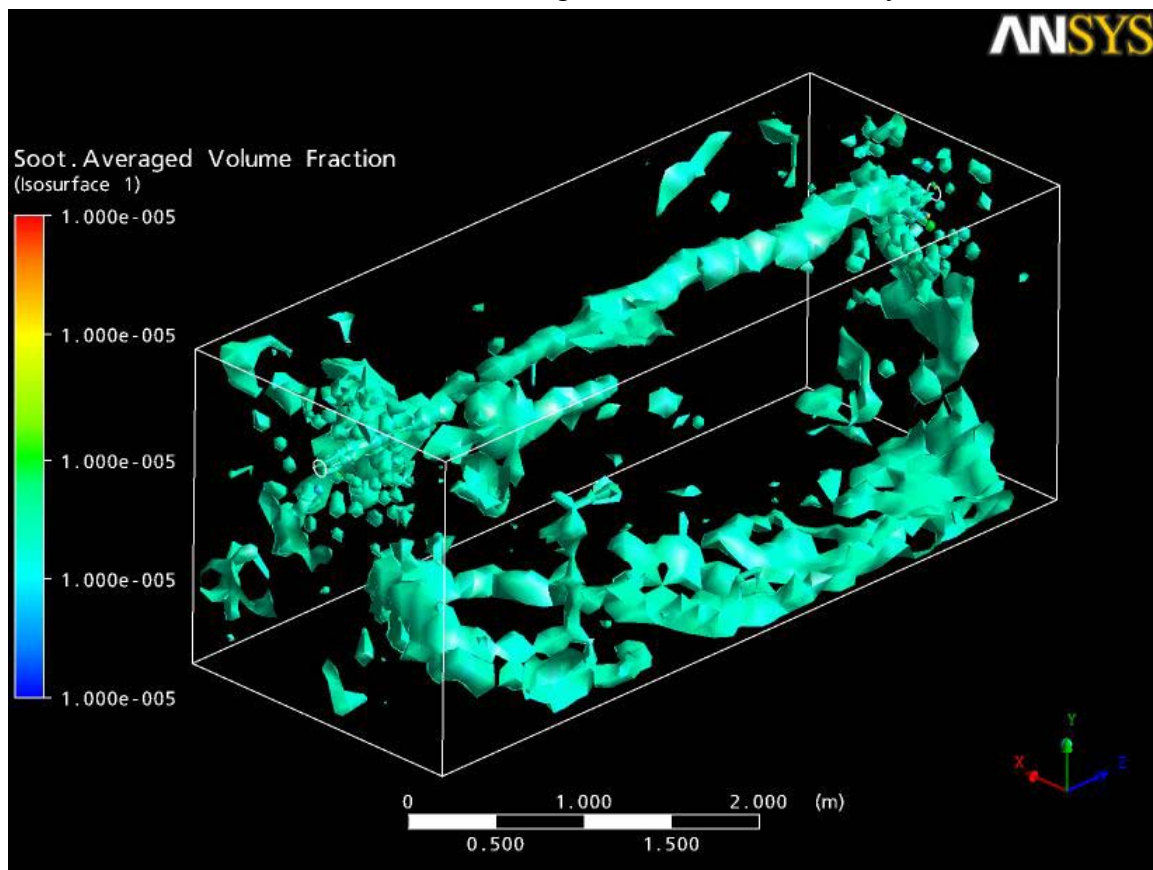
A d) és az e) jelű ábrák mutatják a befújás irányának hatását. Itt a sebességmező ábrázolása mutatja számunkra a leginformatívabb képet (a d) jelű ábrán jobbról történik a befújás). Annak ellenére, hogy a két geometria a polcok számában különbözik, jól látható, hogy a

függőleges befújás a terrorista szempontjából előnyösebb, mert jóval egyenletesebben oszlik el a szennyező anyag.

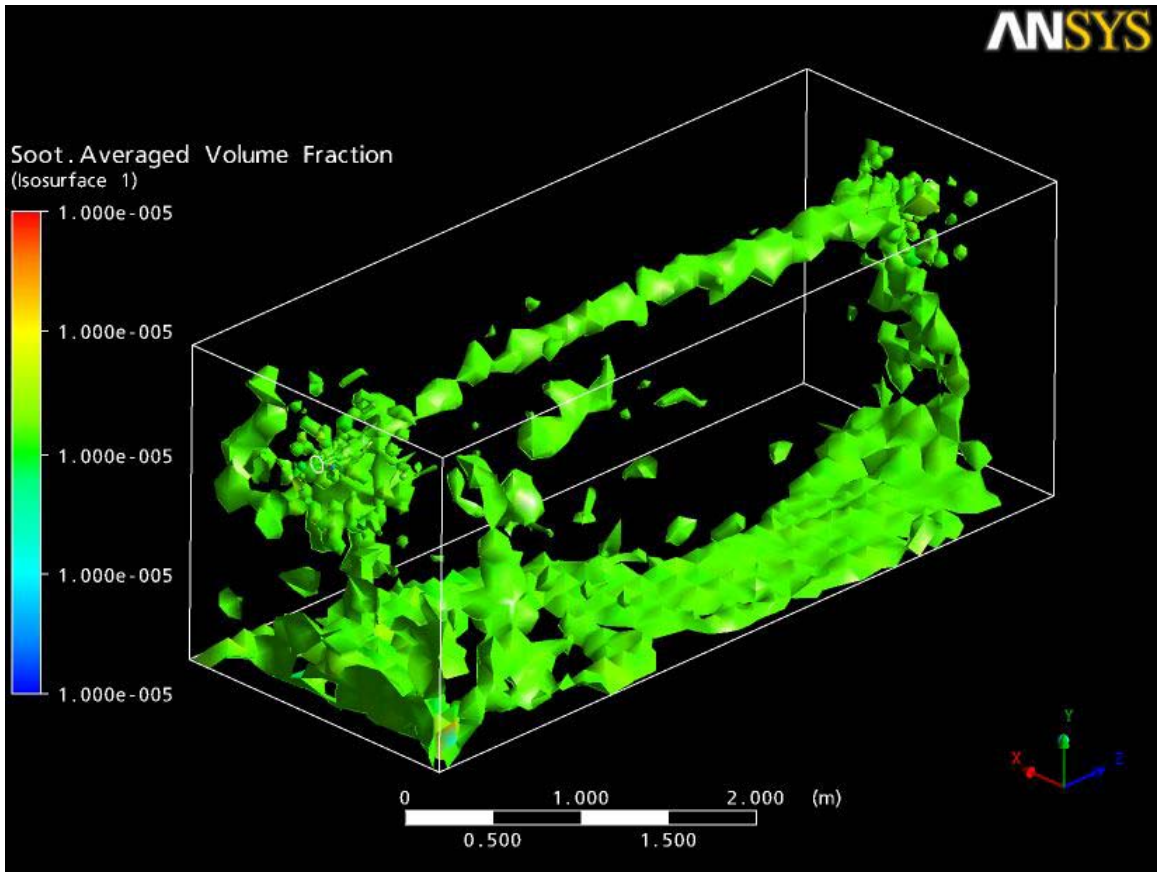
A d) és az f) ábrán hasonlítottam össze a kilépés két lehetséges módját: az elszívást és a szabad kiáramlást egy ajtószerű nyíláson.

Megállapítható, hogy ez jelentősen nem befolyásolja a végeredményt, lévén a polcok és a felülről történő befújás együttesen már nagyon egyenletes elkeveredést eredményez a befújás helye és az első polc között, ugyanakkor az is látható, hogy a polcok mögé a szennyező anyag hosszabb (>5 perc), de nem jelentős idő elteltével jut el nagyobb koncentrációban. A szcenárió szempontjából ez az idő nem lényeges, hiszen az észlelés és főként elhárítás megkezdése a szellőző rendszerbe helyezett detektor hiányában ennyi idő alatt nem történik meg.

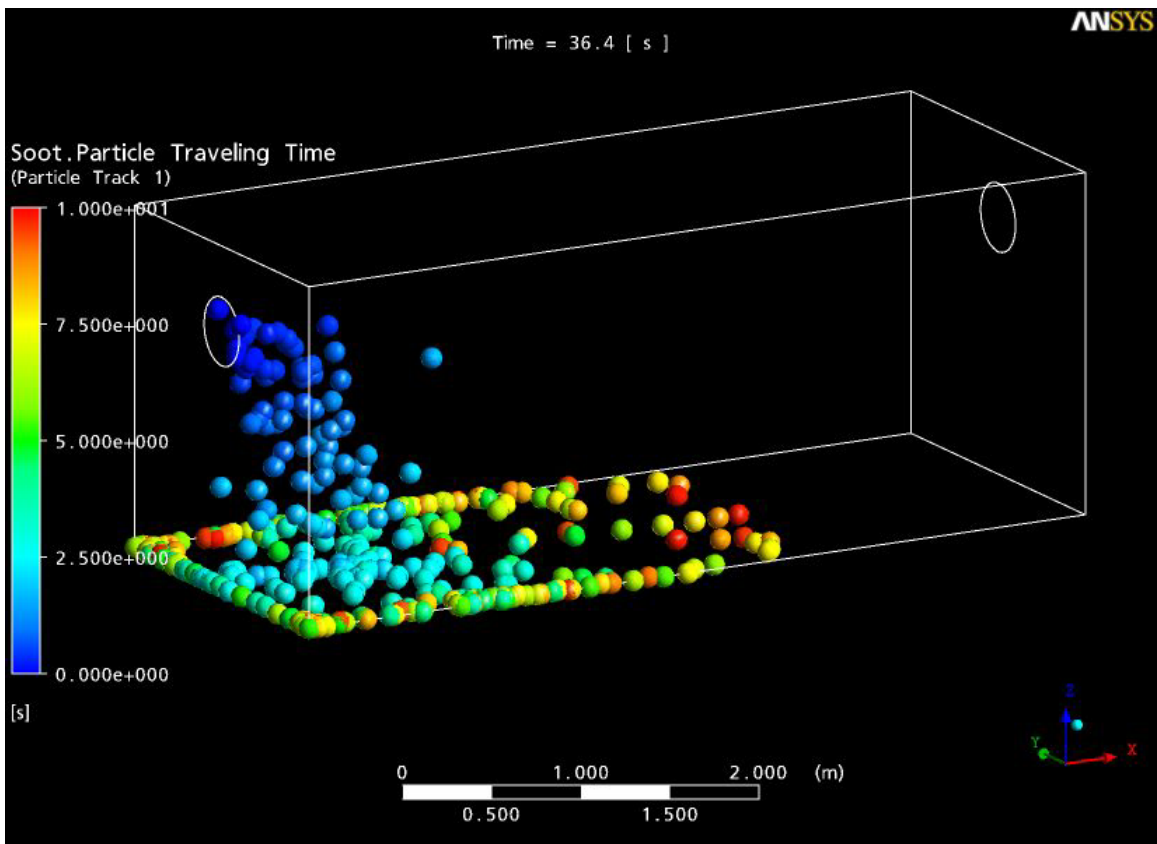
3.3 ábra: PEIT esetre végzett számítások eredményei



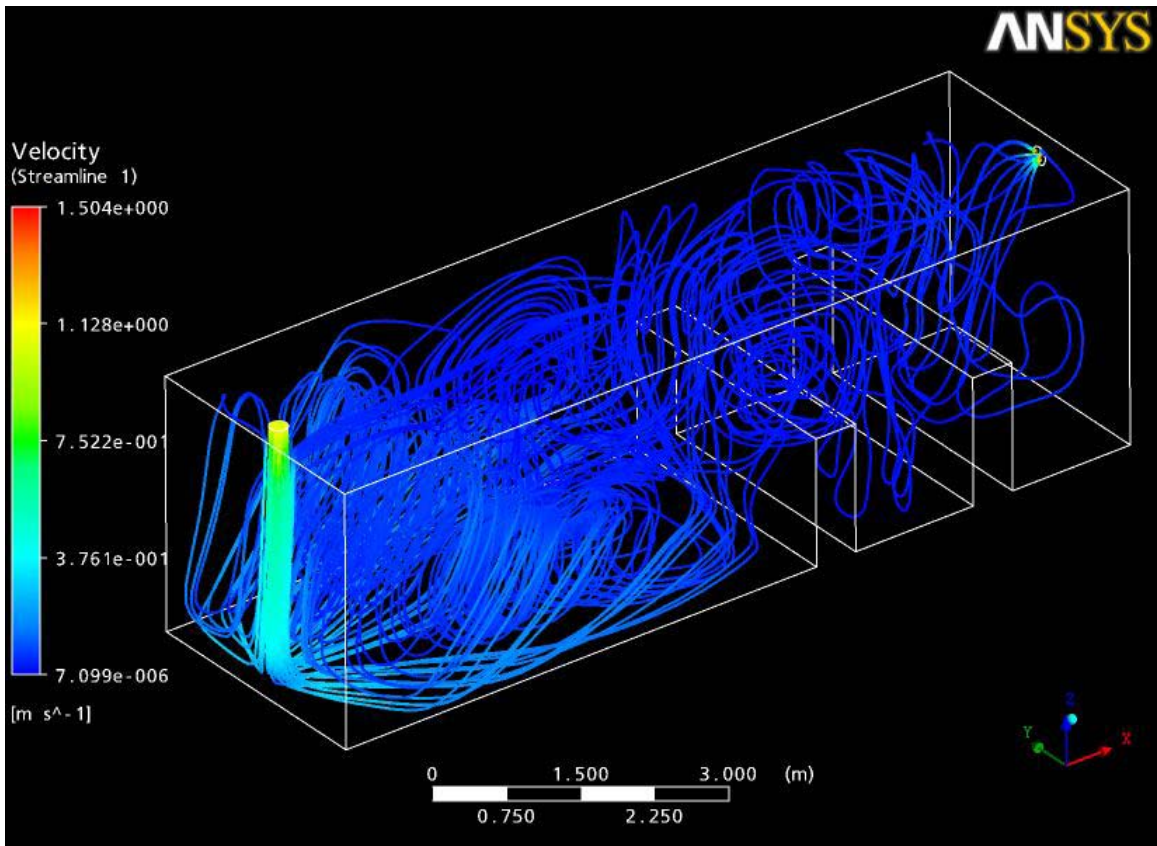
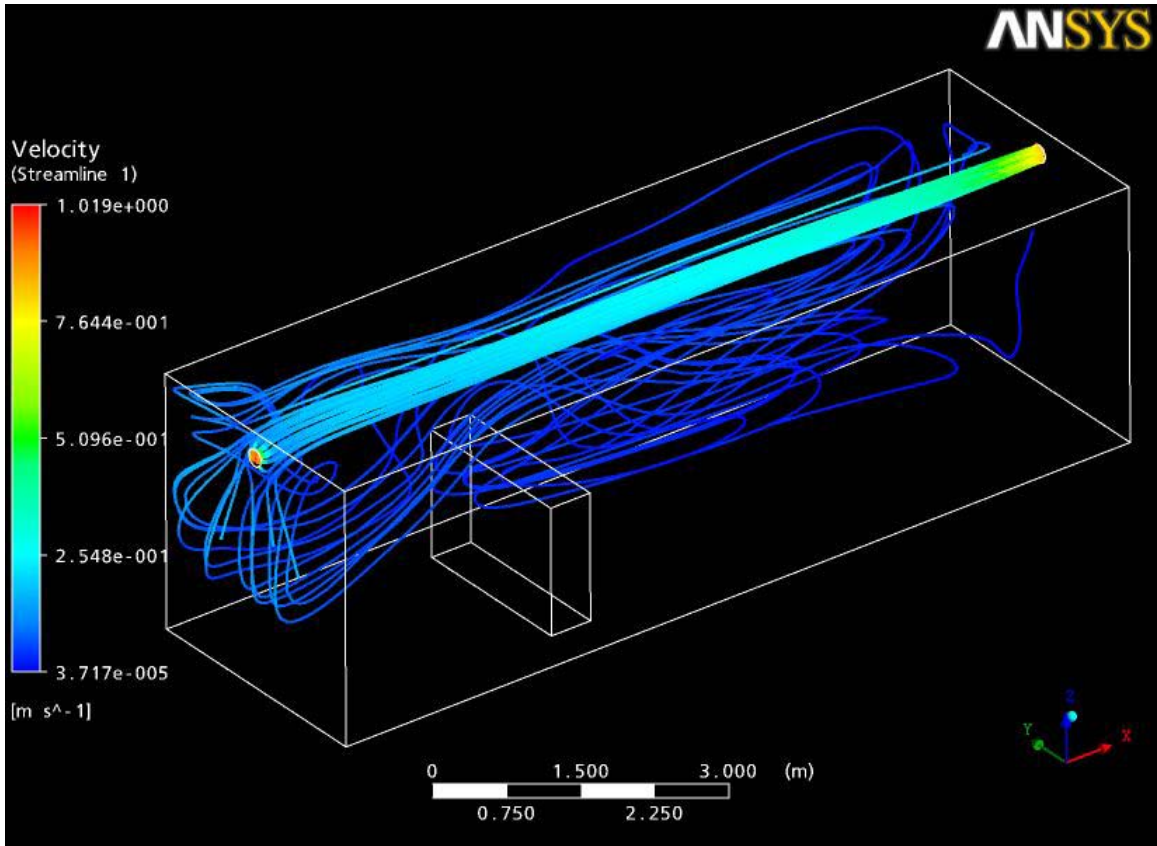
a)

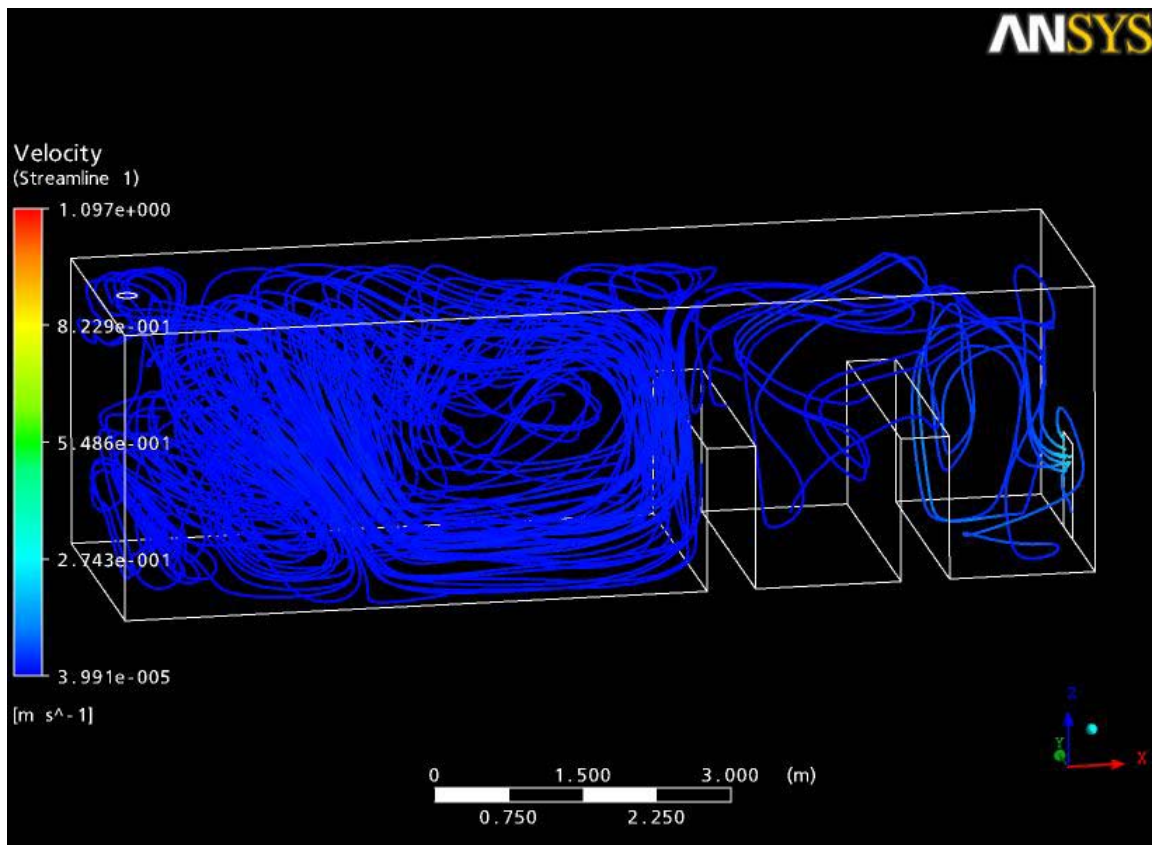


b)



c)





f)

3.5.2. A következmények vizsgálata

A valós helyzet nagyon sok változó függvénye, ezért a dózishatások becslését a 2.3.5. fejezetben bemutatott besugárzási útvonalak figyelembevételével a fentiek alapján az alábbi két szélső eset vizsgálatával végeztem el.

A teljes aktivitás a levegőben marad, nincs felületekre történő kiülepedés

Homogén aktivitás eloszlást feltételezve ebben az esetben a radioaktív anyag belélegzésével és a külső dózisterheléssel kell számolni. A dózisbecsléshez felhasznált paraméterek determinisztikus hatásokra a HOTSPOT Acute modellen, sztochasztikus hatásokra a HOTSPOT FGR-13 modellen alapulnak, amelyek az új ICRP-66 tüdő modellen és az ICRP 60/70 módszertanon alapulnak.

A légzési sebesség $3,3 \cdot 10^{-4}$ m³/s, az áruház térfogatából számolt egyenletes aktivitáskoncentráció: $2 \cdot 10^8$ Bq/m³, amely feltevésünk szerint állandó, így a dózisterhelés nagyságát a benttartózkodási idő határozza meg. Az alkalmazott dóziskonverziós tényezők és a számítási eredmények a 3.5 táblázatban találhatók.

3.5 táblázat: Dóziskonverziós tényezők és dózisosok

Szerv	Tüdő (beavatkozási küszöb: 6 Gy)	Vörös csontvelő (beavatkozási küszöb: 1 Gy)				
Dóziskonverziós tényezők						
Belélegzés (1 nap Gy-eq/Bq)	1,60E-09	1,97E-11				
Szubmerzió (Gy/Bq/s)	2,65E-14	2,58E-14				
Egyenérték dózis [Gy-eq]						
Tartózkodási idő [perc]	Inhaláció	Szubmerzió	Összesen	Inhaláció	Szubmerzió	Összesen
5	3,20E-02	1,59E-03	3,36E-02	3,94E-04	1,55E-03	1,94E-03
10	6,40E-02	3,18E-03	6,72E-02	7,88E-04	3,10E-03	3,88E-03
20	1,28E-01	6,36E-03	1,34E-01	1,58E-03	6,20E-03	7,76E-03
30	1,92E-01	9,56E-03	2,01E-01	2,36E-03	9,28E-03	1,16E-02
60	3,84E-01	1,91E-02	4,04E-01	4,72E-03	1,86E-02	2,33E-02

Látható, hogy a várható akut hatások egy órás benntartózkodás esetén nem érik el a beavatkozási szinteket, determinisztikus hatások nem várhatók.

A sztochasztikus hatások esetén a dózis-konverziós tényezők 1 µm átlagos méreteloszlást feltételezve (1 mikron AMAD (activity median aerodynamic diameter)):

Belélegzés (50 évre lekötött effektív dózis): 4,67E-9 Sv/Bq

Levegőből származó külső: 2,54E-11 Sv/Bq/s

Az eredmények a 3.6 táblázatban találhatóak.

3.6 táblázat: Sztochasztikus hatások

Tartózkodási idő [perc]	Effektív dózis [mSv]		
	Inhaláció	Szubmerzió	Összesen
5	93	2	95
10	187	3	190
20	373	6	379
30	560	9	568
60	1120	18	1136

Az eredmények alapján látható, hogy rövid idő alatt jelentős mértékű dózisterhelés alakul ki, melynek fő tényezője a hosszú távra integrált belélegzésből származó dózisterhelés. A külső besugárzásból származó effektív dózisok a benntartózkodási időtől függően 4-50 mSv között várhatók.

A teljes aktivitás egyenletesen kiülededik az épületet határoló 6 felületre

A modellezést a RESRAD-BUILD 3.4. [98] verziójával végeztem. Benntartózkodási hányadként 1-es faktort, a besugárzási időre 10 percet feltételeztem. Az egyenletesen szennyezett felületek jelentik a forrást, feltételeztem, hogy a levegőben aktivitás nem marad és nem is kerül oda vissza. A programban 6 forrást helyeztem el, minden felület

középpontján. A dózisszámítást három receptor pontban végeztem. Az egyik sarokban 1 m-re mindhárom felülettől, valamint 1 m-es magasságban az alapterület közepén, illetve az alapterület hosszabb oldalának negyedénél. Az eredmények a 3.7 táblázatban találhatóak. A felületeket S-sel, a receptorpontokat R-rel jelöltem.

3.7 táblázat: Effektív dózisek 10 perc alatt

[mSv/10 perc]	S1 (0,100,5)	S2 (50,100,5)	S3 (25,100,0)	S4 (25,0,5)	S5 (25,200,5)	S6 (25,100,10)	Total
R1 (1,1,1)	1,92E-01	8,84E-03	3,24E-01	2,54E-01	3,02E-04	1,30E-01	9,09E-01
R2 (25,100,1)	3,57E-02	3,57E-02	8,38E-01	1,95E-03	1,95E-03	3,50E-01	1,26E+00
R3 (49,199,1)	8,84E-03	1,92E-01	3,24E-01	3,02E-04	2,54E-01	1,30E-01	9,09E-01

Az eredmények alapján látható, hogy az épület közepén 10 perc alatt kb. 1 mSv effektív dózisterhelés szenvedhető el, amely nagyságrendileg megegyezik a szubmerzió esetén 10 perc alatt elszenvedhető dózisterheléssel (~8 mSv).

A számítások összegzéseként megállapítottam, hogy determinisztikus hatásokkal egy ilyen esetben nem kell számolnunk. A dózisek a két szélső esetben néhány órás benntartózkodás esetén 100 mSv nagyságrendben alakulnak. Ezt az értéket tovább növelheti a ruházatra ráakódó szennyeződés. Összességében a várható sztochasztikus hatások sem nagyon nagyok. A két szélső esetet összehasonlítva az derül ki, hogy a kiülepedés mértékétől jelentősen függ (3 nagyságrendet átfogóan) a benntartózkodók dózisterhelése. Ebből is nyilvánvaló, hogy az apró, gyakorlatilag nem ülepedő szemcseméret (1 mikron) sokkal kedvezőbb a terrorista számára.

A számítások összegzéseként a következőket állapítottam meg:

1. Mind a geometria, mind a szemcsék méreteloszlása igen jelentősen befolyásolja az áramlást, így az ülepedést is. Az elkövető által reálisan előállítható mérettartományban (1-10 mikron) érdemi ülepedéssel nem kell számolni.
2. A függőleges irányú befújás és a polcok elhelyezkedése rövid időn belül a szennyező anyag egyenletes elkeveredését eredményezi.
3. Összességében megállapíthatjuk, hogy a tipikus áruházi elrendezések és a szellőző rendszerek tervezési alapja a rossz szándékú elkövető szempontjából ideálisak. A tér jó átöblítése egyben a szennyező anyagok egyenletes elterítését segíti elő.
4. A szennyező anyagok légtérben maradása nemcsak a külső, hanem a belső dózisterhelést is megnöveli. Az adott szennyezés kémiai formájától függően a felületekre tapadás formájában történhet kiülepedés, amit az áramlástani kód nem tud

modellezni, de ettől eltekintve a legcsekélyebb légmozgásra felkavarodó por az elhárítást végzők munkáját jelentősen megnehezíti.

5. A légtérben maradó szennyezés következménye az is, hogy az alapvetően hermetikusan nem zárható áruházi terekből a sugárzó anyag folyamatosan szivároghat, amely az elhárítás sürgős végrehajthatóságának hiányában a környezet és az áruház környezetében tartózkodók terhelését is növeli, bár annak mértéke nem számottevő.
6. Az elhárítás hatékonysága a gyorsaságon jelentősen múlik, amely a szellőző rendszerbe elhelyezett detektor és a jelzésre adott megfelelő válasz (azonnali kiürítés) által jelentősen növelhető.
7. Ezzel együtt az elhárítás ebben az esetben is nehéz feladat, az áruház és a benttartózkodók mentesítésén, kezelésén kívül az áruházon kívül is intézkedésekre van szükség.
8. Az elhárítás gyakorlatilag az áruháztól megfelelő (méréssel meghatározott) távolságban kialakított sárga zónából irányítható, vörös zónaként célszerűen az egész épület tekintendő. A követendő stratégiát (pl. lassú szivárgás engedése vagy gátlása, hosszú idejű kiváras az ülepedésre) a helyszíni mérések alapján lehet meghatározni.
9. 1 mikron szemcseméret esetén az elhárítás megnehezítését túl a belégzésből származó járulék miatt a dózisok jelentősen megnőhetnek.

3.6. KÖVETKEZTETÉSEK

A III. fejezetben elvégeztem a reálisan végrehajthatónak ítélt öt scenárió elemzését. A választott módszer a kiválasztott eseményekre történő burkoló scenárió illesztése volt. Az elemzések keretében nemzetközileg is elismert kódokkal végeztem el a számításokat a radiológiai következmények megállapítására. A direkt besugárzás, a külső robbantás, valamint a külső porlasztás esetén az erre célra kifejlesztett szoftvert alkalmaztam, az épületen belüli porlasztás esetében új módszert dolgoztam ki az értékelésre. Ennek keretében áramlástan és radiológiai számítást végeztem. Az egyes esetekben megállapítottam, hogy egy **házunkban reálisan megszerezhető radioaktív forrással végrehajtott robbantás vagy porlasztás akció esetén jelentős determinisztikus hatásokkal nem kell számolni**, a stratégiai elhárítást ennek megfelelően kell méretezni. Megállapítottam, hogy ezen esetekben a dózisviszonyok lehetővé teszik, hogy városi szabadtéri környezetben az akció helyétől pár 100 méteres körzetben, épületen belüli akció esetén pedig az épületen kívül szervezhető az elhárítás.

Ugyan a körülmények az egyes esetekben jelentősen különböznek és az elemzéseknek alapvetően nem volt célja ilyen jellegű megállapítás megtétele, de a hiányérzet csökkentése érdekében összehasonlítom az eredményeket az egészségügyi következmény szempontjából (3.8 táblázat). Erre alkalmas paraméternek az effektív dózis mutatkozik. A direkt besugárzás okozza a legjelentősebb terhelést a feltételezett körülmények között. Pár órás időtartamban Sievert nagyságrendű dózisokat is el lehet szenvedni. Az utcai robbantás és porlasztás esetén az anyag kisebb részekre esik, a receptorponttól az anyag nagy része távol kerül, és így az összegzett hatás nyilvánvalóan sokkal kisebb lesz a direkt besugárzásnál (1-500 mSv pár órás időtartamban). Az épületen belüli porlasztás esetén az épület visszatartó hatása, a jó keveredés és a csekély ülepedés miatt itt is jelentősebb, Sievert nagyságrendű dózissal lehet számolni a huzamosabb ideig benn tartózkodóknál.

3.8 táblázat: Maximális dózisok az egyes esetekben³

Eset	Direkt besugárzás	Épületen kívüli robbantás	Épületen kívüli porlasztás	Épületen belüli porlasztás
Számított maximális effektív dózis	8230 mSv/6 óra	3,5 mSv/4 óra	410 mSv/4 óra	1136 mSv/1 óra

³ A számítások szórása, hibája a mellékletben bemutatott kódleírások és benchmark tesztek alapján egy nagyságrenden belüli. Ez az eltérés nem befolyásolja az alapvető megállapításaimat, elsősorban azt, hogy ezekben az esetekben nem valószínűsíthető determinisztikus hatások fellépése.

IV. FEJEZET

RADIOAKTÍV ANYAGGAL ELKÖVETETT CSELEKMÉNY MIATT KIALAKULT RADIOLÓGIAI VESZÉLYHELYZET KORAI FÁZISÁNAK STRATÉGIAI ELHÁRÍTÁSI MODELLTERVE

Az I. fejezetben a nukleáris veszélyhelyzeti felkészülés hazai helyzetét áttekintve megállapítottam, hogy a radioaktív anyaggal elkövetett szándékos károkozás következményeinek elhárítására szolgáló stratégiai terv nem létezik hazánkban. A terv pótlását elhatároztam, ahhoz alapvetően két forrás mutatkozott.⁴ Másrészt a disszertáció többi fejezeteiben a hazai fenyegetettség és a radioaktív anyagok hozzáférhetőségét áttekintve eljutottam olyan eseménysorokhoz, amelyeket a tervezés alapjául kell venni, támpontot adnak a terv kimunkálásához. Ebben a fejezetben erre a két forrásra támaszkodva készíték el egy stratégiai modelltervet, amely egyszerű adaptáció segítségével alkalmazható a hazai veszélyhelyzeti felkészülésben elsősorban a radioaktív anyagokkal elkövetett közveszély okozás és környezetkárosítás elhárítására, de ésszerű megfontolásokkal figyelembe vehető nem szándékosan okozott radiológiai veszélyhelyzetek kezeléséhez is.

4.1. A TERV CÉLJA ÉS TERJEDELME

Stratégiai szintű elhárítás olyan esetben szükséges, amikor a veszélyhelyzet bekövetkezése azonnali elhárítási intézkedések bevezetését igényli. Ilyen eset a radioaktív anyaggal elkövetett olyan jogellenes cselekmény is, ami a környezet nagymértékű szennyezését és a lakosság sugárterhelését okozza vagy okozhatja, azaz radiológiai veszélyhelyzet kialakulását idézi elő.

Az ilyen jellegű események több szempontból is egyedi megközelítést igényelnek:

1. A radioaktív anyag kibocsátása minden előzetes értesítés nélkül történik, sok esetben csak jóval a bekövetkezés után derül rá fény. Ezért az elhárítás korai fázisát nagyon rövid időn belül és kevés információ birtokában kell elkezdni. Minden arra gyanút adó esetben a legnagyobb veszélyhelyzetet feltételezve („all hazard approach”) kell

⁴ Ahogyan azt a [22,23] cikkek a létesítmények terrorfenyegetettségével kapcsolatban kifejtik, itt is meg kell említeni, hogy a szakirodalom szűkös ezen a területen, főként a végcélként elkészíteni kívánt elhárítási tervek hozzáférése korlátozott érhető okokból. Így a nemzetközi jó gyakorlat tulajdonképpen a [99] kézikönyvet és a NAÜ vonatkozó dokumentumait [100] takarja.

eljárni, ami azt jelenti, hogy amíg pontos helyzetértékelés nem történik, számítani kell radioaktív, vegyi és biológiai szennyezők jelenlétére is.

2. A radioaktív anyag összetétele (forrástag) előzetesen nem becsülhető.
3. Az események várhatóan nagy városokban, sűrűn lakott helyen történnek, amely az érintettek számát szignifikánsan megnövelheti, ezért fel kell készülni nagyobb számú ember, tömeg kezelésére.
4. Az esemény helyszíne egyben bűntény helyszíne is, ami az elhárításban résztvevőktől egyedi törvényszéki eljárások végrehajtását igényli.

A fentiek alapján világosan látszik, hogy a nukleárisbaleset-elhárítás gyakorlatában eddig kidolgozott tervek ilyen helyzetekben közvetlenül nem alkalmazhatók, és pl. egy város vagy egy nagy tömeget befogadó épület (pl. sportcsarnok) esetében nem is léteznek vagy nem állnak olyan szinten, mint egy nukleáris létesítmény esetében. Ezért indokolt egy olyan modellterv kidolgozása, amely ilyen esetekben széleskörűen alkalmazható eljárásrendet mutat be.

Az elhárítás folyamata korai, közbenső és késői fázisra osztható, amelyek közül jelen modellterv a korai fázissal foglalkozik. A korai fázis alatt a baleset-elhárítás értelmezésében az eseményt megelőző közvetlen időszakot (ez szándékos cselekménynél az elhárítás szempontjából általában nem releváns), valamint az eseményt követő időszakot értjük. Ebben az időszakban kell megkezdeni az elhárítást, létrehozni a védőzónákat, elvégezni a kimenekítést, megkezdeni a sérültek ellátását, megakadályozni a szennyezés terjedését, elvégezni a dekontaminálást, megkezdeni a környezet ellenőrzését, szükség esetén a források keresését. A későbbi fázisok kezelése alapvetően már nem tér el az OBEIT-ben részletezett nukleárisbaleset-elhárítási tevékenységtől, ezért ezzel részletesen a tervek nem foglalkozik.

4.2. SUGÁRVÉDELMI SZEMPONTOK

Sugárvédelmi szempontból az eseményt követő legfontosabb cél (1) az akut, determinisztikus hatások megelőzése, (2) az elsősegélynyújtás és a sugársérültek ellátásának szervezése és a (3) sztochasztikus hatások minimalizálása. Emellett az elhárítás számára lényeges feladat még (4) a környezet radioaktív szennyezettsége megszüntetése és (5) a mindennapi élet lehető legkisebb mértékű megzavarása.

A sugárvédelmi óvintézkedések típusát (elzárkóztatás, jód-profilaxis, kimenekítés, áttelepítés) a sugárzó anyag szétterjedése során kialakuló dózisviszonyok függvényében kell meghatározni.

A veszélyhelyzeti sugárterhelésre vonatkozó beavatkozási szinteket a nemzetközi ajánlásoknak megfelelően a 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet adja meg a determinisztikus hatások elkerülése érdekében elnyelt dózisban, a sztochasztikus hatások minimalizálása érdekében elkerülhető effektív dózisban kifejezve [65]. Az ICRP 96-os kiadványában [101] elemezte ugyan a „radiológiai támadás” során alkalmazandó sugárvédelmi tevékenységet, de megállapítható, hogy a radiológiai veszélyhelyzetekre megállapított dóziskorlátok ilyenkor is megfelelőek.

Ezek szerint a lakosság tagjai életének és egészségének védelme érdekében akkor indokolt a sugárzási viszonyoknak megfelelő intézkedések fogantatása, ha előre láthatóan a legfeljebb 2 nap alatti sugárterhelés előre jelzett, az egészségtelenben vagy a csontvelőben elnyelt dózisa meghaladja az 1 Gy szintet, vagy a szemlencsében elnyelt dózis a 2 Gy, vagy a bőrben vagy ivarmirigyekben a 3 Gy, vagy a pajzsmirigyben az 5 Gy, vagy a tüdőben a 6 Gy szintet. Ezeknél az értékeknél alacsonyabb dózisszintek mellett a beavatkozás csak akkor indokolt, ha az attól várható dóziscsökkenés (elkerülhető dózis) és a vele arányos, a sugárzás okozta egészségkárosodás mérséklése elegendően nagy ahhoz, hogy ellensúlyozza a beavatkozással járó károkat és költségeket.

Ennek megfelelően a sztochasztikus hatások minimalizálása érdekében védelmi intézkedést kell fogantatni egy szennyezett területen, ha az elkerülhető sugárterhelés meghaladja az intézkedésnek megfelelő beavatkozási szintet. A beavatkozási szintekben meghatározott, elkerülhető dózisokat a lakosságból választott csoportokra vonatkozó átlagértékeknek kell tekinteni. Eszerint elzárkóztatás kell fogantatni, ha az elkerülhető dózis 10 mSv 2 napnál nem hosszabb idő alatt (10 mSv/2 nap), kimenekítést, ha 50 mSv/1 hét, ideiglenes áttelepítést 30 mSv/hónap és végleges áttelepítést, ha az elkerülhető effektív dózis az 1 Sv/élettartam (50 év) szintet eléri. Ezen kívül jód profilaxis bevezetése indokolt, ha a pajzsmirigyben lekötött elnyelt dózis eléri a 100 mGy-t.

A mentésben résztvevőkre vonatkozó dóziskorlátok alaphelyzetben megegyeznek a foglalkozási sugárterhelésnek kitett munkavállalókra vonatkozókkal, amely szerint törekedni

kell arra, hogy az effektív dózis ne haladja meg az 50 mSv-t, illetve ettől függetlenül a szemlencsére vonatkozó egyenérték dózis a 150 mSv-t, valamint a bőrre – bármely 1 cm² területre átlagolva – továbbá a végtagokra vonatkozó egyenérték dózis az 500 mSv-t. A korai fázisban azonban számítani lehet olyan mentőakciók szükségességére, amelyekkel a fenti korlátok nem tarthatók. Erre a helyzetre vonatkozóan az ICRP 96 ajánlása szerint elvi felső korlát nincs, ha az elhárítást önként végző személy(ek) által végzett cselekmény haszna egyértelműen felülmúlja az elhárításban résztvevő(k) által viselt kockázatot. Mindamellet mindent el kell követni a determinisztikus hatások elkerülésére, így törekedni kell arra, hogy a sugárterhelés a 100 mSv effektív dózist, az életmentésben részt vevő személy sugárterhelése a 250 mSv effektív dózist ne haladja meg.

A szándékos károkozási forgatókönyvek közül a legsúlyosabb következményekkel a sűrűn lakott területeken végrehajtott RRE robbantások járnak. A kialakuló lehetséges dózisviszonyok becslésére már számos elemzést végeztek, melyek közül valós kísérletekkel alátámasztott munka is található, melynek eredményeként sikerült meghatározni az egyes referencia szintekhez tartozó zónák határának maximális kiterjedését [103], melynek egyes elemeit a következő táblázatban foglalom össze.

4.1. Táblázat. RRE robbantás során kialakuló dózisviszonyok maximális határai [103]

Beavatkozási szint	Besugárzási útvonal	RDD eszköz kialakítása		
		370 TBq egyszerű kivitel	7400 TBq egyszerű kivitel	7400 TBq kifinomult kivitel
1 Gy elnyelt dózis az egésztestben	Külső (24 h)	0	~300 m	~300 m
1 Gy lekötött elnyelt dózis a csontvelőben	Inhaláció (30 nap)	0	0	~200 m
500 mSv egyéni dózis	Külső (96 óra) + belső(50 év)	150 m	1 km	15 km
50 mSv egyéni dózis	Külső (96 óra) + belső(50 év)	600 m	3,3 km	100 km
10 mSv egyéni dózis	Külső (96 óra) + belső(50 év)	2 km	10 km	> 100 km

A 4.1 táblázat értékeinek átvehetőségét a hazai tervezésbe a III. fejezetben a saját elemzésemmel is alátámasztottam. Az elemzésekben a Magyarországon fellelhető méretű forrás robbantásával számoltam. Jelen táblázat ennél két nagyságrenddel nagyobb forrással számol, ami természetesen azt jelenti, hogy a beavatkozási szintekhez tartozó zónahatárok nagyobbak, hazánkban számításaim alapján lehetőség lenne a csökkentésükre. Ugyanakkor saját számításaim során megállapítottam, hogy ha robbantás helyett porlasztást alkalmaz a

terrorista, akkor annak következményei 1-2 nagyságrenddel (pl. effektív dózisban mérve) nagyobbak lehetnek. Ennek figyelembevételével nem javaslom a zónaméreték eltérítését a nemzetközi ajánlásoktól, javaslom azok alkalmazását.

A táblázatban feltüntetett értékeket megalapozó elemzések nem tudták figyelembe venni, vagy csak becsülték a városi mikro-meteorológiai hatásokat, melyek legfontosabb következményei az alábbiak:

- a) a lebegő szennyezettség lassabban is távozhat az érintett területről az épületek miatt kialakuló turbulencia és visszaáramlás miatt,
- b) a kihullás értéke akár kétszerese is lehet, ha az épületekre történő kiülepedést is figyelembe vesszük,
- c) az épületek miatt kéményhatás is kialakulhat, melynek következtében (1) az utca szintnél jóval magasabban fekvő függőleges felületek is elszennyeződhetnek, (2) ezért az utcán kiülepedett anyag mennyisége csökken és (3) radioaktív anyag kerülhet a közeli magas épületek szellőzőinek beszívó nyílásába.

Ezért fontos, hogy a zónák kijelölését a helyszínen méréssel is igazolni szükséges.

A táblázatból és a III. fejezetben bemutatott saját számításaimból az adott forrásra kiderült, hogy a leggyakoribb nagy aktivitású forrásokkal (< 1000 TBq) végzett scenáriók esetében determinisztikus hatásra nem kell számítani sem külső besugárzás, sem inhaláció következtében. Ez azért van, mert pl. egy nagy aktivitású Co-60 forrás a robbantás hatására 2-300 darabra esik szét, melyek szétlövődnek, így az egyes darabok környékén kialakuló dózisteljesítmény már nem lesz akkora, hogy a determinisztikus küszöböt elérhessük. (Ebben az esetben lényeges feladat azonban annak ellenőrzése, hogy nem jutott-e véletlenül radioaktív szilánk az emberek testébe.) Ha Cs-137 forrás robban fel, akkor pedig annak finom pora oszlik szét annyira, hogy a helyi sugárzási viszonyok nem okoznak determinisztikus hatást.

Abban az esetben, ha az elképzelhető legnagyobb forrásokat vesszük, akkor már kialakulhat egy olyan zóna (maximum kb. 300 m-es körzetben), amelyen belül 1 nap alatt már akut külső sugárterhelésre kell számítani. Ehhez azonban pl. egy ipari besugárzóban lévő összes forrást (kobalt pálcák) meg kell szerezni és beépíteni az RDD eszközbe, melynek realitása kicsi.

Ennek ellenére egy ilyen „vörös zóna” kialakítása mindenképpen indokolt, míg a pontos helyzetértékelés el nem készül.

Épületen belüli esetben, ahogyan azt számításaim során megállapítottam, hogy a zónákat az épületen kívül célszerű kialakítani (hacsak ezzel szemben valamilyen egyedi körülmény nem merül fel), hiszen a zárt légtérben lebegő, felkavarodó sugárzó részecskék fölösleges terhelést jelentenek az elhárítás során.

4.3. RADIOLÓGIAI VESZÉLYHELYZET FENNÁLLÁSÁNAK IGAZOLÁSA

Ahogy a 4.1. pontban kiemeltük, a szándékos cselekmény vagy arra gyanút szolgáltató körülmények fennállása esetén a riasztás után a helyszínrre kiérkező első beavatkozóknak a radiológiai értékelés elvégzéséig fel kell tételezni azt is, hogy radiológiai anyaggal elkövetett cselekmény következett be. Az esemény nem minden esetben okoz környezeti szennyezést, de a szennyezés hiányáról minden esetben mérésekkel, előzetes környezeti monitorozással kell meggyőződni. A feladat az első beavatkozóké. A felméréshez kiválóan használható hazánkban fejlesztett IH-95 sugárszint- és szennyezettség-mérő eszköz [104].

A radiológiai értékelés célja:

- eldönteni, hogy az esemény során az elkövetők alkalmaztak-e radioaktív anyagot,
- eldönteni, hogy a radioaktív anyag szétszóródott-e a környezetben vagy lokalizált helyen található,
- azonosítani a legmagasabb dózis-teljesítményű, leginkább szennyezett területet,
- azonosítani az esemény valószínűsíthető forgatókönyvét,
- meghatározni az elhárítási intézkedésekkel érintett lakosság nagyságát.

A környezeti monitorozó csoportnak minden típusú (alfa, béta, gamma és neutron) radioaktív sugárzást vizsgálnia kell. Az előzetes környezeti monitorozás során a mérések pontossága nem kritikus, a cél a radioaktivitás jelenlétének és típusának, illetve hiányának megállapítása.

Radioaktív anyag érintettségének vizsgálata során hírszerzési információ vagy rendőrségi bejelentés is szerepet kap, de a radioaktivitás jelenlétéről mérésekkel kell meggyőződni.

A környezeti monitorozó csoport mérései, értékelése és javaslata alapján a helyszíni elhárítást irányító kárhely-parancsnoknak döntést kell hoznia arról, hogy radiológiai veszélyhelyzet következett-e be, és hogy milyen szintű elhárításra van szükség, valamint kezdeményeznie kell a radiológiai veszélyhelyzet kihirdetését. Amennyiben környezeti szennyezés nem következett be és a rendelkezésre álló információk alapján bekövetkezése nem várható, de radioaktív anyag érintettsége megállapítható, akkor elégséges a taktikai szintű elhárítási tevékenység.

A stratégiai elhárítást irányító személynek döntést kell hoznia a radiológiai veszélyhelyzet kihirdetéséről és a döntéséről tájékoztatni kell minden érintett szervezetet.

A kárhely-parancsnoknak előzetes értékelést kell végeznie arról, hogy milyen forgatókönyv szerinti esemény következett be. A forgatókönyv előzetes meghatározása segítséget nyújt a későbbiekben részletezett feladatok elvégzéséhez.

A stratégiai elhárítási feladatok ellátásának támogatásához taktikai irányító pontot kell felállítani. A taktikai irányító pont felszerelésének és eszközeinek alkalmasnak kell lennie az elhárítási feladatok koordinálására, irányítására.

4.4. VÉDŐZÓNÁK MEGHATÁROZÁSA

Az esemény helyszíne körül a védőzónák kijelölésének célja:

- az érintett lakosság azonosítása,
- a lakosság védelme és ellenőrzése,
- az elhárító személyek védelme és ellenőrzése,
- az elhárításban érintett szervezetek tevékenységének támogatása,
- a helyszín őrzése, a bizonyítékok és mások tulajdonának védelme.

Létre kell hozni egy olyan vörös zónát, amely azt a potenciálisan veszélyes területet határolja az esemény helyszíne körül, ahol kiemelt óvatosság és biztonsági intézkedések szükségesek az elhárítási tevékenység végzése során. Létre kell hozni a vörös zónát körülvevő sárga zónát, amely biztonságos és védett környezetet biztosít az elhárítóknak és az esemény kapcsán érintett lakosság kezelésére.

A zónák határának kijelölésekor figyelembe kell venni, hogy az óvintézkedések hatékony végrehajtásához nagyobb kiterjedésű zónák, míg a hatékony őrzéshez kisebb kiterjedésű zónák lennének indokoltak.

A zónahatárok kijelölésére – amennyiben lehetséges – természetes vagy mesterséges határvonalakat, pl. utakat, folyókat, épületeket, falakat célszerű alkalmazni.

A zónahatár kiterjedését rendszeresen felül kell vizsgálni a rendelkezésre álló mérési eredmények és a radiológiai értékelő csoport értékelései és előrejelzései alapján. A környezeti monitorozó csoport mérései és a szennyezés terjedésére vonatkozó előrejelzések alapján a radiológiai értékelő csoportnak javaslatot kell tennie a zónahatár csökkentésére vagy növelésére. A kárhely-parancsnoknak a döntése során az fizikai védelmi (őrzési) és ipari biztonsági szempontokat is figyelembe kell vennie.

4.4.1. Vörös zóna

[24,99]

A vörös zóna létrehozásának célja annak a területnek a körülhatárolása és mielőbbi kiürítése, ahol determinisztikus hatások léphetnek fel.

A lakosság kimenekítésének és a nem szükséges személyzet kivonásának irányítása és ellenőrzése érdekében a zónahatárra fizikai akadályokat kell telepíteni jól meghatározott be- és kiléptető pontokkal. A lakosság kimenekítése után az ilyen pontok számát minimalizálni kell.

Az elhárítóknak a vörös zónába történő belépését és kilépését ellenőrizni kell. Az átlépési ponton rögzíteni kell az átlépő személyek adatait, ellenőrizni kell az azonosítójuk, személyi védőeszközök meglétét és viselését, tájékoztatni kell őket a fennálló veszélyekről.

A vörös zóna határán a dózisteljesítmény nem lehet több mint $100 \mu\text{Sv/h}$ és a felületi szennyezettség nem lehet magasabb, mint 1000 Bq/cm^2 béta és gamma vagy 100 Bq/cm^2 alfa szennyezettség esetén. Forró pontok (lokális nagy dózis-teljesítményű pontok) jelenléte megengedett, de helyüket meg kell jelölni és a forró részecskéket a lehető leghamarabb árnyékolt tárolóba kell helyezni.

Épületen belüli esemény során, ha nincs kiterjedt szennyeződés, akkor a vörös zóna határa az érintett és az ahhoz kapcsolódó épületrészek, valamint az alatta és felette lévő szintek. Amennyiben tűz, robbanás vagy az anyag elporlasztása történt, akkor a radioaktív anyagok az egész épületben elterjedhetnek, ezért a vörös zónát az épületen kívül kell kijelölni. Ha az épület nem sérült meg, akkor az épülethez közelebb, amennyiben az épület megsérült, akkor úgy, mintha az esemény épületen kívül történt volna.

Épületen kívüli esemény során, ha robbanás történt vagy annak veszélye áll fenn, akkor a vörös zóna határa legalább 400 méterre, ha tűz vagy füst észlelhető, akkor legalább 300 méterre, lokálisan szétömlött radioaktív anyag esetén legalább 100 méterre, míg nyitott vagy sérült forrás esetén legalább 30 méterre legyen a vörös zóna határa.

A mérések alapján ki kell jelölni a leginkább sugárvédett útvonalakat a vörös zónán belül az elhárítók számára. Ezen útvonalak biztonságos használhatóságát rendszeresen ellenőrizni kell. Az útvonalak kijelölésekor az utak, épületek robbanás miatti instabilitása által okozott veszélyeket is figyelembe kell venni.

4.4.2. Sárga zóna

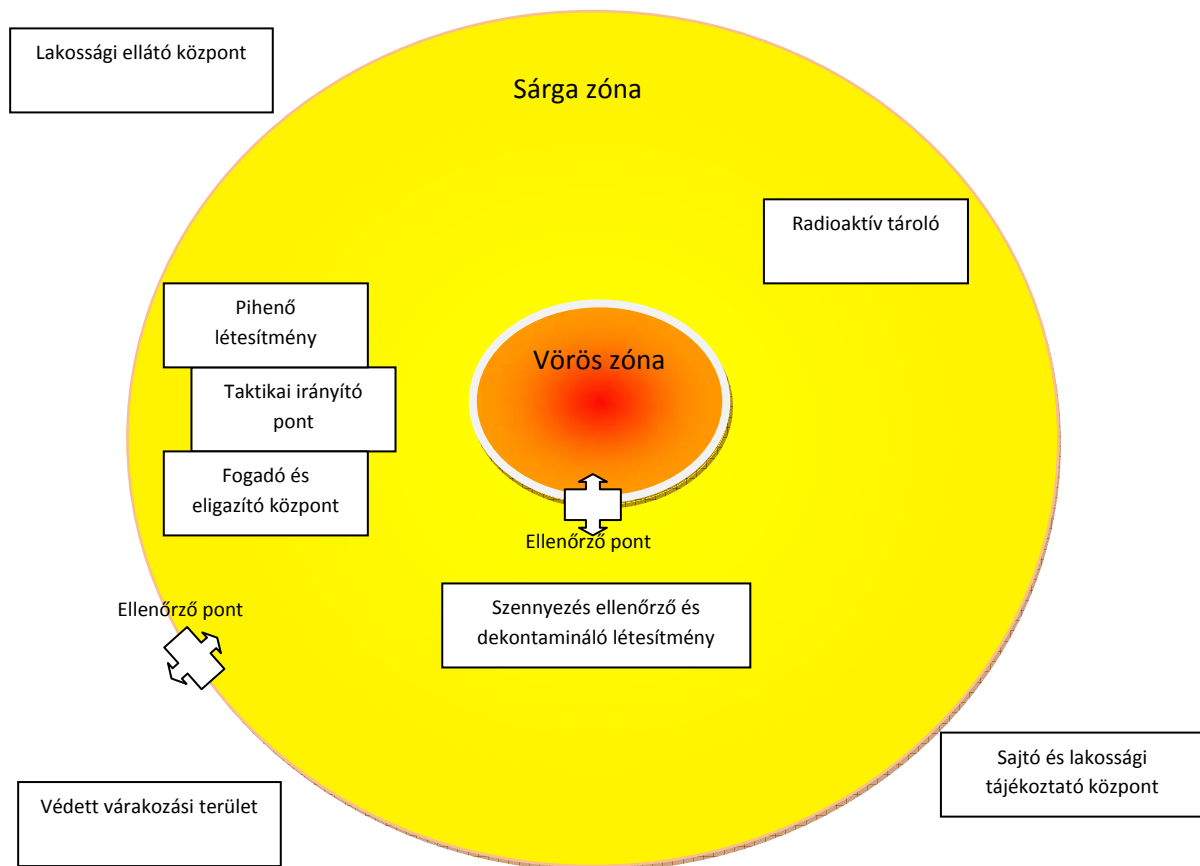
[24,99]

A sárga zóna szolgál az elhárítással kapcsolatos (pl. irányítási, értékelési, orvosi, dekontaminálási, tárolási) feladatok elvégzéséhez szükséges létesítmények telepítésére. Méretét az elvégzendő feladatok, a szükséges eszközök és létesítmények volumene tükrében kell meghatározni. A sárga zónában csak arra jogosult személyek tartózkodhatnak.

Nagyszámú személyt érintő radiológiai veszélyhelyzet esetén az alábbi létesítményeket kell telepíteni a sárga zónába:

- taktikai irányító pont,
- pihenő létesítmény,
- szennyezés ellenőrző és mentesítő létesítmény,
- fogadó és eligazító központ,
- ideiglenes tároló a radioaktív hulladék és a halottak elhelyezésére.

4.1. ábra Az elhárítás során kialakítandó létesítmények



A sárga zóna külső határára ellenőrző ponto(ka)t kell telepíteni. A belépő és kilépő forgalmat ellenőrizni kell. Az átlépő pontok számát minimalizálni kell.

A taktikai irányító pontot zárt, biztonságos és védett helyen kell kijelölni, ahol az elhárítók számára a megfelelő munkakörülmények biztosítottak.

A szennyezést ellenőrző és dekontamináló létesítménynek alkalmasnak kell lennie az ellenőrzésre váró személyek elhelyezésére, a szükséges mérések elvégzésére, a személyek dekontaminálására, a szennyezett ruhák levételére és tárolására, tiszta ruhák kiosztására és felvételére.

A fogadó és eligazító központba csak szennyezés szempontjából ellenőrzött, illetve szükség esetén dekontaminált személyek léphetnek be. A központ alkalmas a vörös zónából kimenekített személyek fogadására és elzárkóztatására. A fogadó központnak alkalmasnak kell lennie a sérültek és a nem sérültek, valamint a sérülteknek a sérülés típusa szerinti szétválogatására, az orvosi kezelésre, az érintett személyek adatainak felvételére és

kihallgatására, az érintettek tájékoztatására és további teendőikre való kioktatásra. A fogadó és eligazító központ szennyezéstől való mentességét meg kell őrizni és rendszeresen ellenőrizni kell.

A lakosság által nem látható helyen biztonságos pihenő létesítményt kell biztosítani a váltószemélyzet számára.

A radioaktív tárolót a fogadó és eligazító központtól távol, a szennyezés terjedésének korlátozása érdekében lehetőleg egy épületen belül kell elhelyezni. A dózisteljesítmény szintet a tárolóban folyamatosan ellenőrizni kell, hogy az ne jelentsen veszélyt az ott dolgozókra.

4.4.3. Sárga zónán kívül

Nagyszámú személyt érintő radiológiai veszélyhelyzet esetén az alábbi létesítményeket kell telepíteni a sárga zónán kívül:

- védett várakozási terület,
- sajtó és lakossági tájékoztató központ,
- lakossági ellátó központ.

Megfelelő kommunikációs csatornákkal felszerelt védett várakozási területet, létesítményt kell kijelölni a taktikai irányító pont közelében, ahol a későbbiekben még szükséges személyek és eszközök állhatnak készenlétben.

Megfelelő kommunikációs csatornákkal felszerelt sajtó és lakossági tájékoztató központot kell kijelölni a taktikai irányító pont közelében, ahol a sajtó tájékoztatása megtörténhet.

Lakossági ellátó központot kell létrehozni, ahol a kitelepített, nem szennyezett vagy már mentesített, további orvosi és sugárvédelmi intézkedést nem igénylő lakossági személyek helyezhetők el.

4.5. A BEAVATKOZÓK VÉDELME

A vörös zónában dolgozó elhárító személyek egészségért és biztonságáért az őket delegáló szervezetek felelnek.

A környezeti monitorozó csoport tagjainak, illetve a szennyezett területeken feladatokat ellátó személyeknek egyéni védőeszközöket kell viselni.

Egyéni védőeszközök, azaz a teljes arcot fedő légszűrő, kesztyűk, vízálló (a teljes bőrfelületet és a haját takaró) védőruházat, vízálló cipő és biztonsági sisak viselése a szennyezett zónákban kötelező. Radioaktív anyaggal szennyezett személyek szállításánál védőruhát, kesztyűt és maszkot kell viselni. A pajzsmirigy védelmére jódtablettát kell bevenni, amennyiben az esemény radioaktív jód kibocsátásával jár.

A radioaktív sugárzásnak kitett elhárító személyek részére olyan dózismérőket kell biztosítani, amelyek alkalmasak a visszahívási dózisos elérése esetén a riasztásra. A visszahívási dózis szintjét alaphelyzetben az 50 mSv effektív dózis kb. háromnegyedére kell meghatározni (pl. 40 mSv). Az 50 mSv feletti dózisterhelés csak önkéntes alapon engedélyezhető. Ekkor is be kell állítani riasztási szintet az előre megegyezett dózisterhelés háromnegyedére.

A környezet radioaktív anyaggal való szennyeződése esetén kézzel nem szabad a száj környékét érinteni, tilos a dohányzás, ivás és étkezés a vörös zónában. A rendszeres kézmosás kötelező.

A radioaktív, illetve potenciálisan radioaktív tárgyak (beleértve robbanóeszköz szilánkok) megfogása tilos, ez alól csak az élet mentése kivétel. A területre vonatkozó sugárvédelmi és ipari biztonsági eljárásokat be kell tartani.

A beavatkozóknak azonosításra alkalmas, jól látható jelzést kell viselniük (pl. láthatósági mellény, karszalag, kitűző).

A radioaktív anyag 10 méteres körzetében töltött időt minimalizálni kell, de a távolságot lehetőség szerint növelni kell és a célszerűség figyelembevételével árnyékolást kell alkalmazni. A dózis-teljesítmény értékek alapján a radiológiai értékelő csoportnak meg kell határoznia a különböző zónákban az elhárító személyzet számára engedélyezett eltölthető időtartamot. Az alkalmazandó dózisteljesítmény, dózis, felületi aktivitás és aktivitás-koncentráció korlátokat [65]-tel összhangban [105] alapján lehet megállapítani.

Az elhárításban részt vevő, szennyezett területen dolgozó személyek radioaktív szennyezettségét a szennyezett terület elhagyása előtt ellenőrizni kell, amennyiben szükséges, dekontaminálni kell őket.

Csak életmentő beavatkozás engedélyezett a feltételezett radioaktív anyag 1 méteres, tűz vagy robbanás 100 méteres körzetében. Csak életmentő beavatkozás engedélyezett, ha a gamma dózisteljesítmény nagyobb, mint 100 mSv/h, a maximális engedélyezett tartózkodási idő ilyen területen 30 perc. 1000 mSv/h-nál nagyobb dózisteljesítményű területre csak életmentés céljából és csak önkéntesen, a kockázatok ismeretében szabad belépni.

A vörös zónából való ki- és a zónába való belépés időpontját, valamint a tervezett/elvégzett munkafolyamatot rögzíteni kell a későbbi dózis-rekonstrukció érdekében.

A vörös zóna elhagyásakor sugárvédelmi ellenőrzést kell tartani. A lehető leghamarabb le kell zuhanyozni és ruhát kell cserélni.

A dekontaminálást végző személyzetet óránként ellenőrizni és szükség esetén dekontaminálni kell. A mentesítő létesítményt óránként ellenőrizni kell.

4.6. A LAKOSSÁG VÉDELME

4.6.1. Lakossági óvintézkedések röviddel az esemény után

Az első beavatkozók kiérkezésekor a vörös zónában tartózkodó személyek

Radioaktív anyaggal elkövetett cselekmény során a sérültekről minden esetben fel kell tételni, hogy radioaktív anyaggal szennyezettek. Szennyeződés gyanúja esetén mérést kell végrehajtani. Ha szükséges és lehetséges, azonnal el kell végezni a dekontaminálást.

A lehető leghamarabb ki kell menekíteni a vörös zónában tartózkodó lakosságot, el kell hagyniuk az eseménnyel érintett területet. A kimenekítés során a helyszín elhagyása előtt, amennyiben várakozniuk kell, akkor zárkózzanak el (épületen belülré kell menni, ablakoktól távolra). Ne nyúljanak semmilyen szennyezett vagy potenciálisan szennyezett tárgyhoz. Ne dohányozzanak, étkezzenek vagy igyanak a vörös zónában, ne nyúljanak a kezükkel az

arcukhoz. A vörös zóna elhagyása után jelentkezzenek regisztrálásra. Fel kell világosítani őket, hogy mit tegyenek, ha bármilyen problémát tapasztalnának.

Az első beavatkozók kiérkezéséig a vörös zónát elhagyó személyek

Ha szükséges, a médián keresztül utasítani kell az embereket, hogy ne nyúljanak semmilyen olyan tárgyhoz, amit a helyszínről elvittek, jelentkezzenek a helyi rendőrségen, járjanak el az ön-dekontaminálási utasítások (lásd 4.6.3 fejezet) szerint. Tájékoztatni kell őket, hogy bármilyen egészségügyi probléma esetén hova forduljanak.

A sárga zónán kívüli személyek

A sárga zónán kívül tartózkodó személyeknek a médián keresztül kell utasításokat adni. (pl. maradjanak otthon, zárkózzanak el, ne akarjanak önkéntesként segíteni és csak utasításra szedjenek be jódtablettát.)

Környezeti radioaktív szennyezés-terjedés esetén az 1 kilométeren belül lakók maradjanak az épületen belül a kibocsátás alatt, ne egyenek a kertjükben nőtt gyümölcsből, zöldségből, ne igyanak esővizet, ne játsszanak a földön, mossanak kezet evés előtt, ne végezzenek porozással járó tevékenységet, hallgassák a rádiót vagy nézzék a televíziót további utasításokért.

Halottak kezelése a vörös zónában

Amennyiben radioaktív anyaggal szennyezettek, a halottakat védőruhába öltöztetve kell az erre a célra szolgáló ideiglenes tárolóba helyezni a sárga zónán belül.

4.6.2. Sérült személyek szétválogatása és ellátása

A sérült személyek szétválogatása többfázisú folyamat [99]. Az eljárást a lehető leggyorsabban kell elvégezni. Nagyszámú sérült esetén a következő fázisban zajló szétválogatást az előző fázis befejezése előtt meg kell kezdeni.

Kezdeti szétválogatás a sérülés mértéke alapján

A szétválogatás első fázisát már a környezet radiológiai ellenőrzése előtt meg kell kezdeni.

A kezdeti szétválogatás célja, hogy az orvosi kezelést és erőforrásokat az ápolás szükségessége szerint rangsorolják.

A kezdeti szétválogatás során az embereket gyorsan csoportokba kell osztani a fizikai sérülésük fokának, valamint a tényleges és lehetséges egészségügyi hatásoknak és a szükséges kezelésük függvényében:

- Első kategóriába tartoznak azok a személyek, akiknek azonnali életmentő beavatkozásra van szükségük.
- Második kategóriába azok a személyek tartoznak, akiknek szükségük van kórházi ellátásra, de a kórházba szállításuk 10-12 órával elhalasztható.
- Harmadik kategóriába azon sérültek tartoznak, akiknek a sérülése nem igényel gyors orvosi beavatkozást, akiket haza lehet küldeni, majd másnap berendelni orvosi felülvizsgálatra.
- A negyedik kategóriába tartozik általában a személyek többsége, akiknek nincs sérülése, de aggódnak és emiatt elsősorban információra és megnyugtatóra van szükségük.

A szétválogatást a személyek nevével, születési dátumával, címével, telefonszámával és a megállapított kategóriával dokumentálni kell. A szétválogatást az eljárást segítő formalapokon kell dokumentálni.

Amennyiben robbanás okozta a sérüléseket, akkor ezen sérültek esetén fel kell tételezni mind a külső, mind a belső radioaktív szennyeződést.

A súlyos hagyományos sérülések ellátása mindig megelőzi a radioaktív szennyeződés miatti kezelést, kivéve, ha az aktuális sugárzási helyzet olyan súlyos, hogy azonnali beavatkozás szükséges a sérült alacsonyabb dózisteljesítményű helyre való szállításához.

Szétválogatás a sugáregészségügyi hatások alapján

A kettes és hármas kategóriába tartozó személyek esetén el kell végezni a sugáregészségügyi hatások szerinti kategorizálást is:

- determinisztikus hatást elszenvedett személyek,
- sztochasztikus hatást elszenvedett személyek,
- azon személyek, akik esetén az egészségügyi hatás nagyon valószínűtlen.

Kategorizálás az esemény pillanatában elfoglalt helyzet alapján

A gyors kategorizálás az esemény pillanatában elfoglalt helyzetük alapján történik. A vörös zónában tartózkodó személyeket kategorizálni kell. A kategorizálás során az alábbi tényezőket kell figyelembe venni:

- került-e közvetlen kapcsolatba a radioaktív anyaggal (megfogta, belélegezte),
- védett helyen volt vagy a szabadban,
- a vörös zónában töltött idő tartama.

Az elszennvedett dózisosok alapján a személyeket öt csoportba kell sorolni az alábbiak figyelembe vételével (legmagasabb dózis = 1. csoport, legalacsonyabb dózis = 5. csoport):

- a radioaktív anyaggal közvetlen kapcsolatba kerülő személyek az 1. csoportba tartoznak,
- épületen kívüli esemény (robbanás vagy porlasztás) esetén 400 méteren belül, de épületeken kívül tartózkodók a 3. csoportba tartoznak,
- épületen kívüli esemény esetén a 400 méteren kívül tartózkodók az 5. csoportba tartoznak,
- épületen kívüli esemény esetén a 400 méteren belül és épületen belül tartózkodók az 5. csoportba tartoznak,
- épületen belüli esemény esetén az épületen belül az esemény helyszínéhez közel tartózkodók az 2. csoportba tartoznak,
- épületen belüli esemény esetén az épületen belül az esemény helyszínétől távol tartózkodók az 3. csoportba tartoznak,
- épületen belüli esemény esetén az épületen kívül tartózkodók az 5. csoportba tartoznak,
- ha a személy az esemény helyszíne felé mozgott az esemény pillanatában, akkor eggyel alacsonyabb sorszámú csoportba kell sorolni,
- ha a személy az esemény bekövetkezése után, több mint 5 percig az esemény helyszínéhez közel maradt, akkor eggyel alacsonyabb sorszámú csoportba kell sorolni,
- épületen belüli esemény esetén az épületen belül a helyszínétől távol tartózkodók, ha nem töltenek 15 percnél többet az épületben, akkor eggyel magasabb sorszámú csoportba kell sorolni.

Kategorizálás a tünetek alapján

A sugárzási tünetek alapján végzett kategorizálás célja, hogy a klinikai jelek és tünetek alapján azonosítsák azon személyeket, akik olyan nagy dózist szenvedtek el, ami determinisztikus egészségügyi hatásokat váltott ki. Ezek a tünetek általában a jelentős besugárzást követő néhány órán belül kialakulnak, bár néhány személy jelentős besugárzás esetén sem mutat ilyen előjeleket.

A kategorizálás nem egyszeri teendő, hanem dinamikus, rugalmas folyamat. Ilyen kategorizálást kell végezni a kettes és hármas kategóriába tartozó sérültek, a vörös zónában az esemény bekövetkezése után tartózkodó és a személyi monitorozás alapján jelentős dózist kapó személyek esetén.

Az alábbi tüneteket kell figyelni:

- hányás,
- hányinger,
- hasmenés,
- bőrpír.

Figyelembe kell venni, hogy a fenti tüneteket nem csak az elszenvedett dózis, hanem a stressz és az aggodalom, sőt a tapasztalatok szerint gyakran a hipochondria is kiválthatja. A tüneteket mutató emberektől a lehető leghamarabb vér és vizeletmintát kell venni és egésztest-számlálást kell rajtuk végezni. A kórházi kezelést végzőket a tünetekről tájékoztatni kell.

4.6.3. Személyi monitorozás, személyek dekontaminálása

A személyi monitorozás eredményét dokumentálni kell.

Dekontaminálás az ellenőrző és dekontamináló létesítményben

A radioaktív anyaggal való szennyeződés nem okoz azonnali életveszélyt, hacsak a szennyeződés mértéke nem elég valamilyen determinisztikus hatás kiváltására. A dekontaminálását a lehető leghamarabb kell elvégezni, lehetőleg két órán belül.

Az első három kategóriába tartozó sérültek esetén el kell végezni a személyi monitorozást, amint az egészségügyi állapotuk megengedi.

A kettes kategóriába tartozó sérülteket az ellenőrző és dekontamináló létesítményben kell dekontaminálni a kórházba szállítás előtt.

A harmadik kategóriába tartozó sérülteket az ellenőrző és dekontamináló létesítményben kell dekontaminálni, vagy ki kell őket oktatni a teendőikről a hazaküldésük előtt. Esetükben az orvosi kezelés akár 24 óra múlva is megtörténhet.

A személyek dekontaminálása során az alábbi eljárást kell követni:

- A ruhát le kell venni úgy, hogy annak külső felülete ne érintkezzen a bőrrel. Nem szabad a fejen át lehúzni, inkább le kell vágni.
- A bőrre tapadt ruhát vízzel le kell oldani.
- A ruhát külsejével befelé összehajtvá műanyag táskába kell helyezni.
- A szemüvegeket le kell mosni és meg kell szárítani, majd vissza kell adni. Hallókészülékeket sós oldatos textillel át kell alaposan törölni.
- Finoman le kell mosni a szennyezett bőrfelületet szappanos vízzel, a nyílt sebek és a szem felületén sóoldatot kell alkalmazni.
- A szennyezett bőrfelületet finoman, de alaposan le kell mosni egy szivaccsal vagy puha textillel (a bőrfelületet nem szabad izgatni).
- A lemosás után le kell öblíteni a felületet.
- Először az arcot és az intravénás hozzáférést igénylő területet kell dekontaminálni, azt követik a nyitott sebek, amiket a dekontaminálás után le kell takarni.
- Ezt követően felülről lefelé kell haladni. A ruhával nem fedett területekre különös figyelmet kell fordítani.
- A kontaktlencséket a szem mosása előtt el kell távolítani.
- Meg kell szárítani a személyt.

Otthoni ön-dekontaminálás

Amennyiben túl sok az érintett, azonnali vagy sürgős orvosi beavatkozást nem igénylő személy, akkor az alábbi ön-dekontaminálási eljárásra kell az érintetteket utasítani:

- A radioaktív szennyezés, mint a legtöbb hagyományos szennyeződés, szappanos vízzel lemosható. Hasonlóan körültekintően kell eljárni, mintha hagyományosan

szennyezett ruhában mennének haza és nem akarnák a lakásukat, társaikat és saját magukat jobban összekenni.

- Az ajtó előtt vagy a garázsban vetkőzzenek le.
- A levetett ruhát műanyag táskába zárják.
- Finoman fűjják ki az orrukat, mossák meg szemüket és fülüket.
- Zuhanyozzanak le langyos vízzel, a víz az arcról folyjon le. Finom ruhát vagy szivacsot használhatnak, amiket ezután helyezzenek műanyag táskába.
- Ne dörzsöljék, irritálják a bőrüket.
- Vegyenek fel tiszta ruhát.
- Mossák ki alaposan a zuhanykabint és a zuhanytálcát.
- Ha kocsival hajtottak át szennyezett területen, akkor a kocsit mossák le.
- Hallgassák a televíziót és a rádiót további információért.
- A sugárelLENŐRZÉSÜKET egy későbbi időpontban kell elvégezni.

4.6.4. Személyek kórházba szállítása

A sérülés mértéke alapján az egyes kategóriába tartozó személyeket azonnal, dekontaminálás nélkül kórházba kell szállítani. A dekontaminálás hiányáról a mentőszemélyzetet tájékoztatni kell.

Törekedni kell arra, hogy a radioaktív szennyezés ne terjedjen szét. A sérült, de nem vagy csak alacsony szennyezett sérültek a radioaktív anyaggal való szennyezetség okán nem igényelnek speciális kezelést azon túl, amit rutinszerűen alkalmaznak a mentőautóban. A szennyezett sérültek alá és fölé műanyag lepedőt kell tenni az autóban. Hacsak nincs szükség azonnali orvosi beavatkozásra, a műanyag lepedőket csak a kórházban, a kezelés előtt szabad eltávolítani. Az eltávolított lepedőket műanyag zsákba kell zárni. A sérült állapotát folyamatosan vizsgálni kell. A sérültek kezelőinek gyakran kell kesztyűt váltaniuk.

A mentőautóban nem használt eszközöket le kell takarni vagy el kell távolítani. A munkafelületeket műanyag lepedővel kell védeni.

A szennyezett személyeket szállító autókat és az azokat kezelő mentős állományt a szállítás után radiológiai ellenőrizni kell.

4.6.5. Radioaktív anyagokkal szennyeződött személyek kórházi sugármentesítése

A radioaktív anyagokkal szennyeződött személyek kórházi sugármentesítését, a szükséges teendőket és eszközöket az OSSKI által készített módszertani útmutató mutatja be [106].

4.7. KÖRNYEZETI MONITOROZÁS (DETEKTÁLÁS, AZONOSÍTÁS, A FORRÁS HELYÉNEK MEGHATÁROZÁSA)

Az előzetes monitorozás elvégzéséhez a környezeti monitorozó csoportnak rendelkeznie kell alkalmas kézi műszerrel, riasztásra képes (a dózist és a dózisteljesítményt mérő) személyi doziméterrel és megbízható kommunikációs eszközzel.

A környezeti monitorozás célja a gyors detektálás, a radioaktív anyag típusának azonosítása és a forrás helyének meghatározása. Amennyiben az érintett terület nem túl kiterjedt, akkor kézi műszerekkel, ha kiterjedt, akkor mobil laboratóriumokkal kell a környezeti monitorozást végrehajtani.

A környezeti monitorozáshoz, a radioaktivitás típusának és a jelen lévő radionuklidok azonosításához az alábbi eszközök alkalmazandók:

- alfa szennyezettség mérők,
- béta dózisteljesítmény mérők,
- béta szennyezettség mérők,
- röntgen vagy alacsony energiájú gamma sugárzás mérők,
- gamma dózisteljesítmény mérők,
- hordozható gamma spektrométerek,
- neutron dózisteljesítmény mérők.

A környezeti monitorozó csoportnak jártasnak kell lennie az eszközeik és műszereik használatában működésében. A monitorozáshoz figyelembe veendő dokumentumok: [104,107]

A környezeti mérések során az alábbiakat kell figyelembe venni:

- röntgensugárzó radionuklid és béta szennyezés méréséhez dörzsmintavétel szükséges, a dörzsmintavétel helyét a dörzsminta tárolóján pontosan fel kell tüntetni;

- alfa részecskék mérésére béta- és gammasugárzás mérésére szánt eszközök nem alkalmasak; bár az alfasugárzók többsége által kibocsátott röntgen és gammasugárzás mérhető érzékeny béta és gamma detektorokkal, az alfasugárzó anyag jelenlétét alfa sugármérő detektorral kell igazolni. Alfasugárzást csak sima, víz, olaj és hagyományos szennyezéstől mentes felületen lehet elvégezni, a szondát maximum 5 mm távolságban kell tartani a felülettől;
- figyelemmel kell lenni arra, hogy egyes gamma dózisteljesítmény mérők magas dózisteljesítményen telítődnek és hibát vagy 0 értéket jelezhetnek, ugyanakkor ez a hazánkban rendszeresített eszközök és a tárgyi esetekben várható dózisteljesítmények mellett nem valószínűsíthető;
- béta és röntgensugárzás általában nem mérhető ki magas gamma háttér mellett, csak a speciálisan erre a célra fejlesztett eszközökkel;
- a környezeti monitorozás elvégzése során az ellenőrizetten szennyezetlen terület felől kell a feltételezetten szennyezett, illetve szennyezett területet megközelíteni;
- normál járási sebességgel kell haladni a gamma dózisteljesítmény-mérőt folyamatosan figyelve. Ha a dózisteljesítmény gyorsan változik, akkor lassabban kell haladni.

Fel kell tételezni (további) szándékos károkozó eszköz (csapda) jelenlétét, amely lehet:

- feltételezett vagy felismert robbanóeszköz,
- tűz,
- szivárogó eszköz jelenléte.

További szándékos károkozó eszköz jelenlétére lehet gyanakodni:

- feltételezhető szennyezés jelei (pl. kiborult folyadék, por) esetén,
- 100 $\mu\text{Sv/h}$ -nál magasabb dózisteljesítmény-érték esetén a föld felett 1 méterrel,
- a háttérnél magasabb alfa, béta vagy gamma szennyezettség esetén,
- neutronsugárzás jelenléte esetén,
- radioaktív besugárzás orvosi tünetei (hányás, hasmenés, bőrgégés) esetén,
- sugárzás nemzetközi tárcsajelével vagy egyéb veszélyes anyag jelenlétére utaló jellel ellátott eszközök megtalálásakor,
- nehéz konténer megtalálásakor.

A környezeti monitorozó csoport által mért értékeket a taktikai irányító ponton rögzíteni kell. A mérési eredményeket a radiológiai értékelő csoportnak folyamatosan kb. 50 lépésenként jelenteni kell. A mért értékek alapján a védőzónák határait a radiológiai értékelő csoportnak meg kell határozni. A vörös és a sárga zónát rendszeresen (óránként) monitorozni kell, a radiológiai helyzet változását fel kell ismerni.

Ha a gamma dózisteljesítmény a tízszeresére nő a korábban jelentett értékhez képest, akkor azonnal jelenteni kell, és ellenőrizni kell az adott hely alfa, béta szennyezettségét és dörzsmintát kell venni.

A megadott dózisteljesítmény szinteknél magasabb mérési értékekkel jellemzett környezeteket pontosan meg kell határozni és meg kell jelölni. Ahol emberek tartózkodnak, ott a levegő radioaktív anyag koncentrációját folyamatosan mérni kell.

4.8. FORRÁS KERESÉSE

Radioaktív sugárforrás keresésénél alapvetően anomáliát keresünk, amely megnyilvánulhat a háttérsugárzás dózisteljesítményének drasztikus növekedésében, vagy kisebb aktivitású forrás esetén a háttér spektrum módosulásában.

Jelentős a forrást körülvevő környezet, domborzati elemek és beépítettség hatása a keresés során végzett mérésekre, azokat jelentősen módosíthatja, akár lehetetlenné teheti.

A környezeti mérőeszközök, mérési és adatfeldolgozási eljárások fejlődése lehetővé teszi olyan kombinált eljárásrend kialakítását, amely a legnagyobb valószínűséggel biztosítja egy forrás pozíciójának bemetszését. Ez az eljárásrend az utóbbi évek fejlesztései és gyakorlati tapasztalatai során került kidolgozásra az alábbi „recept” szerint:

- felderítőkörzet kijelölése (műveleti napra kb. 100 km² terepszakasz),
- légi sugárfelderítés végrehajtása forráskeresés-pásztázás módszerrel,
- valós sugárhelyzet értékelése, a forrás kb. 300 m² környezetének meghatározása, aktivitásbecslés, maximált dózistér becslés,
- földi felderítés végrehajtása, gyalogosan, esetleg járművel, a forrás helyének pontos bemetszése, közeli mérésekkel pontos dózistér meghatározás.

A források felderítése alapvetően azok γ -sugárzásának mérésén alapul, ez viszont az eljárások és eszközök korlátait is jelenti, tehát pl. lágy γ -sugárzó alfa izotópok keresése kizárólag gyalogos módszerrel, óriási idő és emberi erőforrás ráfordítással képzelhető el.

A felderítőkörzet kijelölése során figyelembe kell venni a légi sugárfelderítés teljesítőképességét, ami a repülési idő és a rendelkezésre álló eszközök számának függvénye. Általában véve a műszaki mentő feladatot végrehajtó harci helikopter max. 3 órás felderítést végezhet naponta, a teljesítőképessége mintegy $18-20 \text{ km}^2/\text{h}$, és 2 db repülőeszköz használható erre a célra, így a napi körzet 100 km^2 kiterjedésre korlátozódik [80].

A források felderítésének matematikai-fizikai alapjait [80,108] és a STANAG 2112 NATO [107] szabvány írja le. A hazai képességeket ezen a területen mi sem bizonyítja jobban, hogy a módszerek között egy magyar szabadalom is született [109].

A légi sugárfelderítés módszere alapvetően a műszaki kutató-mentő repülés módszerét követi, ez maximálisan biztosítja a szükséges mérési pontok sűrűségét és konvertálhatóságát [80], [110].

A területi szennyezés pásztázási távolságok úgy kerülnek meghatározásra, hogy összhangban legyenek egy nukleáris eseményt követő nyomvonalon kialakuló szennyezés eloszlását leíró mérési pontsűrűséggel [110].

A légi sugárfelderítés által szolgáltatott adatok mennyisége lehetővé teszi a földi sugárzási terek anomáliáinak pontos bemérését, területi forrás esetében a sugárszinteknek a földi felderítéssel azonos pontossággal történő meghatározását. A sugárzási tér bemérése szempontjából a szükséges pontsűrűséget az előző fejezetben meghatározott pásztázási távolság biztosítja. A felderítési nyomvonalon a pontsűrűség minden esetben a szükségesnek a három-négyszerese, ez redundanciát biztosít az adatfeldolgozáshoz. A mérési adatok feldolgozása mindenképpen egy olyan adatkonverziós eljárást feltételez, ahol a sugárzási teret tetszőleges receptorpontra mérés technikailag elfogadható közelítéssel (interpolációval) le lehet írni. Az adatfeldolgozásnál kétfajta konverziót használnak, a mérési adatok alkotta irreguláris ponthalmaz rászteres (esetleg pixeles) ponthálózattá, vagy Delaunay-háromszög hálózattá történő konvertálását. [80]

A földi felderítésre alkalmazható hazai képességeket a 2. melléklet tartalmazza részletesen.

4.9. KÖVETKEZTETÉSEK

A IV. fejezetben az elemzéseim eredményei és a nemzetközi ajánlások összehasonlítása alapján, valamint a hazai viszonyok figyelembevételével megalkottam a radioaktív anyaggal elkövetett szándékos károkozás következményeinek elhárítására alkalmazható stratégiai modelltervet. Megfogalmaztam a terv célját és figyelembe véve a hazai szabályozást megállapítottam az elhárítás során alkalmazandó sugárvédelmi korlátokat. A saját számításaim, valamint a nemzetközi ajánlások számbavételével meghatároztam a korlátok alapján az elhárítás során figyelembe vehető jellemző távolságokat. Ezek után meghatároztam a stratégiai elhárítás lépéseit (a veszélyhelyzet igazolása, a védőzónák kialakítása, a beavatkozók védelme, a lakosság védelme, a környezet monitorozása és a forrás keresése), amelyeken végighaladva leírtam a végrehajtandó tevékenységet és az ezek során felmerülő gyakorlati kérdéseket. Az általam megalkotott terv modellként szolgálhat az országos felkészülésben és az elhárítás végrehajtásában érintett szervezetek felkészülésében a vonatkozó tervek megalkotásakor.

ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK

Az I. fejezetben teljes körűen áttekintettem és értékeltem a nukleáris és radiológiai proliferáció-állósággal, és a rossz-szándékú nukleáris és radiológiai cselekményekkel összefüggő nemzetközi egyezményekből származó hazai kötelezettségek teljesítését, és ez alapján, valamint hazánk terrorfenyegetettségét ebből a szempontból vizsgálva, majd a nukleáris és radioaktív anyagok védetségét áttekintve és egybevetve a fenyegetettség reális mértékével, arra a következtetésre jutottam, hogy hazánkban is elengedhetetlenül szükség van a radioaktív anyaggal elkövetett rossz szándékú cselekményekkel szembeni stratégiai elhárítás konkrét megtervezésére. Ehhez pedig egy modellterv megfelelő alapul szolgál.

A II. fejezetben a nemzetközi tapasztalatok és a hazai fenyegetettség alapján a megvalósíthatóság szempontjából értékeltem a lehetséges scenáriókat. Összefoglaltam a lehetséges fenyegetési módokat, megállapítottam egy rossz szándékú cselekmény végrehajtásához alkalmazható eszközöket. Elemeztem, hogy milyen minőségű és formájú radioaktív anyagok jöhetnek számításba a terrorista szempontjából a károkozás céljából. Kidolgoztam azt a szempontrendszert, amely alapján az értékelést elvégeztem. Összevettem az alkalmazható anyagokat a hazánkban és Európában rendelkezésre álló radioaktív forrásokkal és kiválasztottam azokat, amelyek a tervezés elvégzéséhez szükségesek. Értékeltem a lehetséges elkövetési módokat, amelyeket a helyszín, az alkalmazott eszköz és anyagok vizsgálata után 5 lehetséges scenárióban összegeztem. Ezeket a scenáriókat javaslom figyelembe venni az elhárítás megtervezéséhez.

A III. fejezetben elvégeztem a reálisan végrehajthatónak ítélt öt scenárió elemzését. A választott módszer a kiválasztott eseményekre történő burkoló scenárió illesztése volt. Az elemzések keretében nemzetközileg is elismert kódokkal végeztem el a számításokat a radiológiai következmények megállapítására. A direkt besugárzás, a külső robbantás, valamint a külső porlasztás esetén az erre célra kifejlesztett szoftvert alkalmaztam, az épületen belüli porlasztás esetében új módszert dolgoztam ki az értékelésre. Ennek keretében áramlástani és radiológiai számítást végeztem. Az egyes esetekben megállapítottam, hogy egy hazánkban reálisan megszerezhető radioaktív forrással végrehajtott robbantás vagy porlasztás akció esetén jelentős determinisztikus hatásokkal nem kell számolni, a stratégiai elhárítást ennek megfelelően kell méretezni. Megállapítottam, hogy ezen esetekben a dózisviszonyok lehetővé teszik, hogy városi szabadtéri környezetben az akció helyétől pár 100 méteres

körzetben, épületen belüli akció esetén pedig az épületen kívül szervezhető legyen az elhárítás.

A IV. fejezetben az elemzéseim eredményei és a nemzetközi ajánlások összehasonlítása alapján, valamint a hazai viszonyok figyelembevételével megalkottam a radioaktív anyaggal elkövetett szándékos károkozás következményeinek elhárítására alkalmazható stratégiai modelltervet. Megfogalmaztam a terv célját és figyelembe véve a hazai szabályozást megállapítottam az elhárítás során alkalmazandó sugárvédelmi korlátokat. A saját számításaim, valamint a nemzetközi ajánlások számbavételével meghatároztam a korlátok alapján az elhárítás során figyelembe vehető jellemző távolságokat. Ezek után meghatároztam a stratégiai elhárítás lépéseit (a veszélyhelyzet igazolása, a védőzónák kialakítása, a beavatkozók védelme, a lakosság védelme, a környezet monitorozása és a forrás keresése), amelyeken végighaladva leírtam a végrehajtandó tevékenységet és az ezek során felmerülő gyakorlati kérdéseket. Az általam megalkotott terv modellként szolgálhat az országos felkészülésben és az elhárítás végrehajtásában érintett szervezetek felkészülésében a vonatkozó tervek megalkotásakor.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

A) A nemzetközi tapasztalatok és a hazai fenyegetettség felmérése alapján a rossz-szándékú radiológiai cselekmények lehetséges hazai elkövetési scénárióira hipotézist állítottam fel. A hipotézis igazolásához **elsőként dolgoztam ki az ilyen cselekmények végrehajtásához alkalmazható eszközök és radioaktív anyagok értékelésére használható szempontrendszert**, melynek alkalmazásával leszűkítettem az alkalmazható eszközök és anyagok terjedelemt.

B) **Megállapítottam azt az öt valószínűsíthető scénáriót, amelyre a stratégiai tervezést méretezni kell.** A kiválasztott eseményekre burkoló scénáriót illesztettem és ezeket számítógépes kóddal számszerűen is elemeztem. Egy scénárióra **új módszert dolgoztam ki és alkalmaztam az értékelésre: az épületen belüli porlasztás esetében együttes áramlástan és radiológiai számítás végeztem.**

C) **Elemzéseim alapján megállapítottam, hogy az egyes scenáriók esetében a figyelembevételre javasolt esetekben determinisztikus hatásokkal nem kell számolni.** A stratégiai elhárítást ennek figyelembevételével lehet tervezni. **Megállapítottam, hogy a dózisviszonyok alapján városi szabadtéri környezetben az akció helyétől pár 100 méteres körzetben, épületen belüli akció esetén pedig az épületen kívül megszervezhető az elhárítás.**

D) A hazai helyzetre tett, a fenti három tézispontban összegezett megállapításaim és a nemzetközi ajánlások összehasonlítása alapján, **Magyarországon először készítettem radioaktív anyaggal elkövetett szándékos károkozás következtében kialakuló veszélyhelyzet korai fázisának elhárítására alkalmazható stratégiai modelltervet.** Az általam megalkotott terv jelentősége, hogy modellként szolgálhat az országos felkészülésben és az elhárítás végrehajtásában érintett szervezetek felkészülésében a vonatkozó tervek megalkotásakor.

AJÁNLÁSOK

Az értekezésem végeredménye a radioaktív anyaggal elkövetett szándékos károkozás elhárítására alkalmazható stratégiai modellterv. A terv alapján kiegészíthető az Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv az ilyen cselekményekre történő felkészülés specifikumaival, illetve elkészíthetők, kiegészíthetők az elhárításban érintett szervezetek tervei. Az értekezésem alapján fejleszthetők ugyanezen szervezetek elhárítási képességei, megalkothatók azon felkészülési, a készség színvonalát javítani hivatott, a szükséges képzéseket, gyakorlatozásokat előirányzó programok, amelyek összességében hazánk védelmi felkészülését szolgálják. Végeredményként növelik ezzel a magyar állampolgárok biztonsági érzetét, a védelmi felkészülésbe vetett bizalmukat. A munkám eredményeként előállt stratégiai elhárítási modelltervet ajánlom a nukleáris és radiológiai veszélyhelyzetek kezelésében érintett szervezetek, elsősorban a katasztrófavédelmi szervek figyelmébe. Egyben felhívom a figyelmet, hogy a veszélyhelyzet-kezelés itt lefektetett egyes elemei a vegyi és biológiai anyaggal elkövetett szándékos károkozás elhárítása során is alkalmazhatók. Ajánlom továbbá az Országos Atomenergia Hivatal baleset-elhárítási szervezete általi gyakorlati hasznosításra az egyes scenáriók esetén alkalmazott számítógépes elemző programokat és módszereket. Ezek használatba vételével jelentős mértékben javítható az elemzési potenciál, amely szintén jelentősen hozzájárul Magyarország veszélyhelyzeti készségének fejlesztéséhez.

TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM

Cikkek

1. Petőfi Gábor: Forrástagbecslés lehetősége kutatóreaktorok esetén – nukleáris biztonsági megfontolások, Nukleon 2009. március II. évf. (2009) 36 HU ISSN 1789-9613
2. Petőfi Gábor: A nukleárisbaleset-elhárítási követelmények fejlődése, Hadmérnök, II. évfolyam I. szám, 2007. március, ISSN 1788-1919
3. Petőfi Gábor, Dr. Rónaky József: Csővezetéki rezgések megengedhetőségének hatósági értékelése, Magyar Energetika, 2007/5, pp. 83-85, ISSN 1216-8599
4. Petőfi Gábor: Új nukleárisbaleset-elhárítási követelmények, Magyar Energetika, 2006/5, pp. 58-60, ISSN 1216-8599
5. Nyisztor Dániel, Petőfi Gábor: Diagnózis és prognózis az ASZTRID szoftverrel, Magyar Energetika, 2007/5, pp. 92-95, ISSN 1216-8599
6. Petőfi Gábor, Dr. Aszódi Attila, Boros Ildikó: Hőmérsékleti rétegződés szimulációs vizsgálata a CFX-5 kóddal a Paksi Atomerőmű 1-es blokki térfogat-kompenzátor bekötővezetékén végzett mérések felhasználásával, Magyar Energetika 2005/2 44. oldal, ISSN 1216-8599

Konferencián elhangzott idegen nyelvű előadásokból született cikkek

7. Petőfi Gábor, Horváth Kristóf: Determination of Break Size Based on Pressurizer Water Level in VVER-440 Type Reactors, ICONE-9 (Ninth International Conference on Nuclear Engineering), 2001. április 8-12, Nizza, Franciaország, Transactions CD and Proc. Vol. 2. p747
8. Gábor Petőfi, Katalin Tóth: Fast determination of radiological countermeasures after a reactor accident at the Hungarian NPP, National Radiological Emergency Preparedness Conference, April 15-19, 2002, Milwaukee, Wisconsin
9. Petőfi Gábor, Dr. Aszódi Attila: Examination of control rod ejection in WWER-440 type reactors at different circumstances using the code DYN3D, International Youth Nuclear Congress (IYNC) 2000, 2000. Április 9-14, Pozsony, Szlovákia, CD of abstracts and papers, Proc. p184-189
10. Gábor Légrádi, Gábor Petőfi, Dr. Attila Aszódi: Thermal analysis of fuel rods of nuclear reactors, Gépészet 2000, Second Conference on Mechanical Engineering, Budapest University of Technology and Economics, May 25-26 2000, Proc. Vol. 2, pp. 405 - ., ISBN 963 699 117 0

Konferencia előadások

11. Petőfi Gábor: A nukleárisbaleset-elhárítási követelmények fejlődése, Tavaszi Szél Konferencia, 2007. május 17-20., konferencia kiadvány p. 475-481
12. Petőfi Gábor, Vincze Árpád, Horváth Kristóf, Csurgai József, Solymosi József: Sugárzó anyag szándékos diszpergálásának modellezése, Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam, Hajdúszoboszló, 2009. április 28-30.
13. Petőfi Gábor, Vincze Árpád, Horváth Kristóf, Csurgai József, Solymosi József: Sugárforrások kockázatelemzése a szándékos károkozási cselekmények szempontjából, Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam, Hajdúszoboszló, 2009. április 28-30.
14. Petőfi Gábor: Forrástagbecslés lehetősége kutatóreaktorok esetén – nukleáris biztonsági megfontolások, VII. Nukleáris Technikai Szimpózium, Budapest, 2008. december 4-5., összefoglaló gyűjtemény 27. oldal

15. Petőfi Gábor, Horváth Kristóf: Törésméret meghatározása a térfogat kompenzátor leürülési ideje alapján VVER-440 típusú reaktorokban, XXVI. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam és IV. Magyar Nukleáris Találkozó, 2001. május 2-4., Balatonkenese, magyar és angol nyelvű összefoglaló gyűjtemény, 44. oldal
16. Horváth Kristóf, Petőfi Gábor, Tóth Katalin: Radioaktív kibocsátás becslése nukleáris veszélyhelyzet esetén az OAH NBSZ számára, XXVI. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam és IV. Magyar Nukleáris Találkozó, 2001. május 2-4., Balatonkenese, magyar és angol nyelvű összefoglaló gyűjtemény, 49-50. oldal
17. Petőfi Gábor: Új nukleárisbaleset-elhárítási követelmények, IV. Nukleáris Technikai Szimpózium, 2005. december 1-2., Budapest, magyar és angol nyelvű összefoglaló gyűjtemény, 42. o
18. Petőfi Gábor, Dr. Rónaky József: Csővezetéki rezgések megengedhetőségének hatósági értékelése, V. Nukleáris Technikai Szimpózium, Paks, 2006. november 30. – december 1.
19. Nyisztor Dániel, Petőfi Gábor: Diagnózis és prognózis az ASZTRID szoftverrel, V. Nukleáris Technikai Szimpózium, Paks, 2006. november 30. – december 1.
20. Nyisztor Dániel, Tóth Katalin, Macsuga Géza, Petőfi Gábor: Baleset-elhárítási fejlesztési koncepció és a megvalósítás eredményei az Országos Atomenergia Hivatal CERTA központjában, VI. Nukleáris Technikai Szimpózium, Budapest, 2007. november 29-30.,
21. Petőfi Gábor és Légrádi Gábor: Reaktor fűtőelem-pálca, gázrés és a burkolat hőviszonyainak kétdimenziós számítógépes szimulációja statikus és tranziens vizsgálatok céljából, Tudományos Diákköri Konferencia, Budapesti Műszaki Egyetem, Természettudományi Kar 1998 november 6., Témavezető: Dr. Aszódi Attila, TDK dolgozat, összefoglalókat tartalmazó kari TDK kiadvány, 16. oldal, 3. helyezés
22. Rónaky József, Macsuga Géza, Volent Gábor, Csurgai József, Cziva Oszkár, Horváth Kristóf, Petőfi Gábor, Vincze Árpád, Zelenák János, Solymosi József: A nukleáris létesítmények katonai terrorfenyegetettségének értékelése I., Hadmérnök, II. Évfolyam 1. szám 2007. március, ISSN 1788-1919
23. Rónaky József, Macsuga Géza, Volent Gábor, Csurgai József, Cziva Oszkár, Horváth Kristóf, Petőfi Gábor, Vincze Árpád, Zelenák János, Solymosi József: A nukleáris létesítmények katonai terrorfenyegetettségének értékelése II., Hadmérnök, II. Évfolyam 2. szám 2007. június, ISSN 1788-1919
24. Petőfi Gábor, Horváth Kristóf: Nukleárisbaleset-elhárítási gyakorlatok szervezése az OAH NBSZ számára, XXV. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam és III. Magyar Nukleáris Találkozó, 2000. Május 30-Június 2., Balatonkenese, magyar és angol nyelvű összefoglaló gyűjtemény, 72. oldal
25. Horváth Kristóf, Petőfi Gábor, Tóth Katalin, Farkas Attila: A nukleárisbaleset-elhárításban használt eszközök és módszerek, 15 éve történt a Csernobili Atomerőmű balesete, Tudományos ülés, 2001. március 20-22., Budapest, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, összefoglaló gyűjtemény 40. oldal
26. Petőfi Gábor és Légrádi Gábor: Atomreaktorok üzemanyagpalcáinak termikus elemzésére alkalmas szimulációs program fejlesztése, XXIV. Országos Tudományos Diákköri Konferencia, Műszaki Tudomány Szekció, 5. tagozat: Energetika, hőtani és áramlástan folyamatok és gépek, 1999. április 7-9., Budapest, Kandó Kálmán Műszaki Főiskola, 1. helyezés, Témavezető: Dr. Aszódi Attila, tartalmi kivonatok kiadványa, 113. oldal

Diplomák, dolgozatok, jelentések

27. Petőfi Gábor (BME Természettudományi Kar Mérnök-fizikus képzés): A VVER-440-es reaktor dinamikai viselkedésének vizsgálata a DYN3D reaktorkinetikai-termohidraulikai kóddal; diplomamunka, Témavezető: Dr. Aszódi Attila, BME NTI, Társkonzulens: Dr. Fehér Sándor, BME NTI, 1999
28. Petőfi Gábor, Dr. Aszódi Attila, Dr. Fehér Sándor, Légrádi Gábor: A DYN3D kapcsolt reaktorkinetikai - termohidraulikai kód adaptálása és alkalmazása VVER-440-es típusú atomerőművek reaktorában lejátszódó tranziens folyamatok modellezésére, Kutatási jelentés, 1999. november 30., BME-NTI-239/1999
29. Petőfi Gábor, Dr. Aszódi Attila: Examination of control rod ejection in WWER-440 type reactors at different circumstances using the code DYN3D, Research Report Summary, BME-NTI-239/1999, Budapest, 2000. január
30. Bárdosi János, Csurgai József, Horváth Kristóf, Kaszás Sándor, Lipovszky Gyula, Petőfi Gábor, Solymosi József, Vincze Árpád, Volent Gábor, Zelenák János: A Paksi Atomerőmű Fizikai Védelmének komplex értékelése, Tanulmány, 2006. december 1.
31. Petőfi Gábor (BME Természettudományi Kar Reaktortechnikai Szakmérnök képzés): Térfogatkompenzátor bekötővezeték termohidraulikai modellezése, szakdolgozat, Témavezető: Dr. Aszódi Attila, BME NTI, 2005
32. Bertalanits Szilárd, Bozó János, Dombóvári Péter, Kerekes Andor, Petőfi Gábor, Petőfi-Tóth Katalin, Sági László, Solymosi József, Tóth Krisztina, Vincze Árpád, Zagyvai Péter: Az Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Rendszer (ONER) döntéstámogató és értékelő rendszereinek műszaki megújítása, tanulmány, 2008. március

Az atomenergia társadalmi megítélésével foglalkozó idegen és magyar nyelvű cikkek, konferencia előadások:

33. Légrádi Gábor, Boros Ildikó, Petőfi Gábor, Hanti Ágota, Pázmándi Tamás, Dr. Aszódi Attila: A magyar fiatalok és a nukleáris energia, Magyar Energetika, 2000/5, pp. 19-22., ISSN 1216-8599
34. Légrádi Gábor, Petőfi Gábor: The Hungarian Youth's knowledge and attitude in the nuclear field, International Youth Nuclear Congress (IYNC) 2000, 2000. Április 9-14, Pozsony, Szlovákia, CD of abstracts and papers, Proc. p38
35. Légrádi Gábor, Petőfi Gábor: A magyarországi fiatalok hozzáállása és tudásszintje a nukleáris technológiákkal kapcsolatban, XXV. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam és III. Magyar Nukleáris Találkozó, 2000. május 30-Június 2., Balatonkenese, magyar és angol nyelvű összefoglaló gyűjtemény 71. oldal
36. T. Pázmándi, A. Aszódi, I. Boros, Á. Hanti, G. Légrádi, G. Petőfi: What do the hungarian young people think about the nuclear?, ICON-9 – Ninth International Conference On Nuclear Engineering, Nice, France, 2001. április 8-12., Nizza, Franciaország, CD and Proc. Vol. 2. p776
37. Petőfi Gábor, Dr. Aszódi Attila, Hanti Ágota, Légrádi Gábor, Pázmándi Tamás: The challenge for the Hungarian Youth for Nuclear, International Youth Nuclear Congress (IYNC) 2002, Daejeon, Dél-Korea, 2002. április 16-20., Proc. p171, szekció I. díj
38. T. Pázmándi, A. Aszódi, I. Boros, Á. Hanti, G. Légrádi, G. Petőfi, B. Yamaji: The Hungarian youth's opinion about the nuclear energy; Proceeding of the II. International Symposium on Radiation Education, Debrecen, 2002, ISBN 963 8051 949

IRODALOMJEGYZÉK

1. Molnár Kolos, Solymosi József: Alfa-sugárzó anyagok alkalmazása a radiológiai terrorizmusban, Hadmérnök, III. Évfolyam 1. szám - 2008. március
2. Gilbert King: Dirty Bomb- weapon of mass disruption, Chamberlain Bros., Penguin Group (USA), New York, 2004
3. Emergency Response to Chemical/Biological Terrorist Incidents, Clark L. Staten, Executive Director Emergency Response & Research Institute, 08/07/97, <http://www.emergency.com/cbwlesn1.htm>, 2009. 08. 31
4. RDD, Argonne National Laboratory, Human Health Fact Sheet, 2005 August
5. Congressional Research Service report for congress: Terrorist „Dirty Bombs”: A Brief Primer, Jonathan Medalia, April 1, 2004
6. EU CBRN Action Plan, Communication from the Commission to the European Parliament and the Council on Strengthening Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Security in the European Union, Az Európai Unió Tanácsa, Brüsszel, 2009. június 29.
7. Testimony of Dr. Henry Kelly, President Federation of American Scientists before the Senate Committee on Foreign Relations March 6, 2002, <http://www.fas.org/ssp/docs/030602-kellytestimony.htm>, 2009. 08. 31
8. Resperger István: az iszlám vallás kialakulása, jelenlegi veszélyei, a vallási terrorizmus, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, egyetemi előadás, 2007
9. Nemzetbiztonsági Hivatal 2007-es évkönyve <http://www.nbh.gov.hu/evk2007>, 2009.08.31
10. Resperger István, A terrorizmus és a vallási terrorizmus, az ellene való küzdelem lehetőségei, ZMNE Hallgatói Közlemények 2002/6. évf. 1. szám p. 25-38.
11. Resperger István, A vallási terrorizmus, az ellene való küzdelem stratégiái, A terrorizmus különszám a KBH és a Földrajzi Társaság, Budapest, 2002. pp .15-19.
12. Kőszegvári Tibor, Resperger István: A nemzetközi terrorizmus elleni harc katonai tapasztalatai, Egyetemi jegyzet, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Kossuth Lajos Hadtudományi Kar, Szárazföldi Műveleti Tanszék, 2005
13. Boda József: A nemzetközi terrorizmus és az ellene való összefogás szükségessége, lehetőségei, Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények, ZMNE, 2003. 7. évfolyam 4. szám. 69-76. oldal.
14. Wikipedia, en.wikipedia.org, Alexander Litvinenko című bejegyzés, 2009. 08. 31
15. <http://archives.cnn.com/2002/US/06/10/dirty.bomb.suspect/>, 2009. 08. 31
16. <http://archives.cnn.com/2002/HEALTH/06/10/dirty.bomb.health/index.html>, 2009. 08. 31
17. <http://archives.cnn.com/2002/US/06/11/dirty.bomb.materials/>, 2009. 08. 31
18. Bolgár Judit, Szternák Nóra, Szternák György: A terrorizmussal kapcsolatos kutatások legújabb eredményei. (Felderítő Szemle IV. évfolyam, 4. szám. 2005. december 5-61. oldalak.)
19. Rónaky József, Macsuga Géza, Volent Gábor, Csurgai József, Cziva Oszkár, Horváth Kristóf, Petőfi Gábor, Vincze Árpád, Zelenák János, Solymosi József: A nukleáris létesítmények katonai terrorfenyegetettségének értékelése I., Hadmérnök, II. Évfolyam 1. szám 2007. március, ISSN 1788-1919

20. Rónaky József, Macsuga Géza, Volent Gábor, Csurgai József, Cziva Oszkár, Horváth Kristóf, Petőfi Gábor, Vincze Árpád, Zelenák János, Solymosi József: A nukleáris létesítmények katonai terrorfenyegetettségének értékelése II., Hadmérnök, II. Évfolyam 2. szám 2007. június, ISSN 1788-1919
21. International Terrorists Threat to Nuclear Facilities, Chaim Braun, Fritz Steinhausler, Lyudmila Zaitseva, Center for International Security and Cooperation (CISAC), Stanford University, Presentation at the American Nuclear Society 2002 Winter Meeting, Washington DC
22. http://www.iaea.org/NewsCenter/Features/RadSources/PDF/itdb_31122004.pdf, 2009. 08. 31
23. Nemzetközi Atomenergia Ügynökség: Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, Safety Requirements, Safety Standards Series No. GS-R-2. IAEA, Vienna, (2002).
24. Nemzetközi Atomenergia Ügynökség: Method for Developing Arrangements for Response to a Nuclear or Radiological Emergency, EPR-METHOD-2003, Vienna (2003)
25. Nemzetközi Atomenergia Ügynökség: Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, Safety Standard Series, No. TS-R-1, Vienna (2005).
26. Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv OBEIT v1.0, 2002.
27. Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv OBEIT v2.0, 2008. március
28. Alain Sohier, Frank Hardeman: Radiological Dispersion Devices: Are we prepared? Journal of Environmental Radioactivity, 85 (2), p.171-181, Jan 2006
29. Lux Iván: Az Országos BEIT felülvizsgálatért és karbantartásáért felelős Felsőszintű Munkacsoport beszámolója a Kormányzati Koordinációs Bizottság 2009. április 8-i ülésén, KKB Titkárság, 2009. április 8.
30. Dr. Sági László: A hazai nukleáris létesítmények környezeti következményeinek analízise, doktori értekezés, ZMNE KMDI 2007.
31. Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons, IAEA, INFCIRC/140, IAEA, Vienna (1970)
32. 1970. évi 12. törvényerejű rendelet az Egyesült Nemzetek Szervezete Közgyűlésének XXII. ülészakán, 1968. június 12-én elhatározott, a nukleáris fegyverek elterjedésének megakadályozásáról szóló szerződés kihirdetéséről
33. Communication Received from Members Regarding the Export of Nuclear Material and of Certain Categories of Equipment and other Material, Guidelines for Nuclear Transfers, INFCIRC/209, IAEA, Vienna (1974).
34. Nemzetközi Atomenergia Ügynökség - A Nukleáris Szállítók Csoportja Irányelvei, (Nuclear Suppliers Group Guidelines), INFCIRC/254, Bécs, 1978
35. 50/2004. (III.23.) Korm. rendelet a kettős felhasználású termékek és technológiák külkereskedelmi forgalmának engedélyezéséről
36. 263/2004. (IX.23.) Korm. rendelet a nukleáris és nukleáris kettős felhasználású termékek nemzetközi forgalmának szabályozásáról
37. The Structure and Content of Agreements Between the IAEA and States required in Connection with the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons INFCIRC/153 (Corrected), IAEA, Vienna (1972).
38. 1972. évi 9. törvényerejű rendelet a Magyar Népköztársaság és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség között a nukleáris fegyverek elterjedésének megakadályozásáról szóló szerződés szerinti biztosítékok alkalmazásáról Bécsben 1972. március 6-án aláírt egyezmény kihirdetéséről

39. Model Protocol Additional to the Agreement(s) between State(s) and the International Atomic Energy Agency for the Application of Safeguards, INFCIRC/540 (Corrected), IAEA, Vienna (1997).
40. 1999. évi XC törvény a Magyarország és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség között a nukleáris fegyverek elterjedésének megakadályozásáról szóló szerződésnek megfelelő biztosítékok alkalmazására 1972. március 6-án kötött egyezményhez kapcsolódó, Bécsben, 1998. november 26-án aláírt Kiegészítő Jegyzőkönyv megerősítéséről és kihirdetéséről
41. INFCIRC/193 Agreement Between the Kingdom of Belgium, the Kingdom of Denmark, the Federal Republic of Germany, Ireland, the Italian Republic, the Grand Duchy of Luxembourg, the Kingdom of the Netherlands, the European Atomic Energy Community and the International Atomic Energy Agency in Implementation of Article III, (1) and (4) of the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons, http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0600082.TV, 2009.08.31
42. 2006. évi LXXXII. törvény a nukleáris fegyverek elterjedésének megakadályozásáról szóló szerződés III. cikk (1) és (4) bekezdésének végrehajtásáról szóló biztosítéki megállapodás és jegyzőkönyv, valamint a megállapodáshoz csatolt kiegészítő jegyzőkönyv kihirdetéséről
43. 7/2007. (III.6.) IRM rendelet a nukleáris anyagok nyilvántartásának és ellenőrzésének szabályairól
44. Convention on the Physical Protection of Nuclear Material, INFCIRC/274/Rev. 1, IAEA, Vienna (1980).
45. 1987. évi 8. törvényerejű rendelet a nukleáris anyagok fizikai védelméről szóló egyezmény kihirdetéséről
46. Nuclear Security –Measures to Protect against Nuclear Terrorism, Amendment to the Convention on the Physical Protection of Nuclear Material, Report by the Director General, GOV/INF/2005/10–GC(49)/INF/6, IAEA, Vienna (2005).
47. 2008. évi LXII. törvény a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) keretében 1979-ben elfogadott, és az 1987. évi 8. törvényerejű rendelettel kihirdetett nukleáris anyagok fizikai védelméről szóló Egyezménynek a NAÜ által szervezett diplomáciai konferencia keretében, 2005. július 8-án aláírt módosítása kihirdetéséről
48. Convention on Early Notification of a Nuclear Accident, INFCIRC/355, IAEA, Vienna (1986).
49. 28/1987. (VIII.9.) MT rendelet a Bécsben, 1986. szeptember 26-án aláírt, a nukleáris balesetekről adandó gyors értesítésről szóló egyezmény kihirdetéséről
50. Convention on Assistance in the Case of a Nuclear Accident or Radiological Emergency, INFCIRC/336, IAEA, Vienna (1986).
51. 29/1987. (VIII.9.) MT rendelet a Bécsben, 1986. szeptember 26-án aláírt, a nukleáris baleset, vagy sugaras veszélyhelyzet esetén való segítségnyújtásról szóló egyezmény kihirdetéséről
52. EPR-RANET 2006, IAEA Response Assistance Network, Incident and Emergency Centre, IAEA, May 1, 2006
53. Europol Convention, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg (2004).
54. International Convention for the Suppression of Acts of Nuclear Terrorism, United Nations, New York, 2005. április 13.
55. 2007. évi XX. törvény a nukleáris terrorcselekmények visszaszorításáról szóló Nemzetközi Egyezmény kihirdetéséről

56. International Convention against the Taking of Hostages, United Nations, New York, 1979. december 17.
57. International Convention for the Suppression of Terrorist Bombings, United Nations, New York, 1979. december 15.
58. International Convention for the Suppression of the Financing of Terrorism United Nations, New York, 1999. december 9.
59. Convention on the Physical Protection of Nuclear Material, INFCIRC/274/Rev.1, IAEA, Vienna, 1980. május
60. Action Plan for the Safety of Radiation Sources and the Security of Radioactive Materials, Board of Governors General Conference, Attachment 2 to resolution GOV/1999/46-GC(43)/10), Bécs, 1999 augusztus 17.
61. Nemzetközi Atomenergia Ügynökség: Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources, IAEA, Vienna (2004).
62. Nemzetközi Atomenergia Ügynökség: Categorization of Radioactive Sources, Safety Standard Series, No. RS-G-1.9, Vienna (2005).
63. A nagy aktivitású zárt radioaktív sugárforrások és a gazdátlan sugárforrások ellenőrzése, Euratom Council Directive, 2003. december 22-i 2003/122/Euratom irányelve, <http://eur-lex.europa.eu/>, 2009.10.01
64. Guidance on the Import and Export of Radioactive Sources, IAEA/CODEOC/IMP-EXP/2005 IAEA, Vienna, 2005
65. 16/2000. (VI.8.) EüM rendelet az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról.
66. 33/2004. (VI.28.) BM rendelet a radioaktív anyagok központi és helyi nyilvántartásának rendjéről.
67. A tömegpusztító fegyverek elterjedésének megakadályozása, ENSZ BT 1540 (2004) sz. határozat, 2004. április 28.
68. A tömegpusztító fegyverek elterjedésének megakadályozása, ENSZ BT 1673 (2004) sz. határozat, 2006. április 27.
69. Az Európa Tanács 2006/419/KKBP első tanácsi együttes fellépés (2006. június 12.) a tömegpusztító fegyverek elterjedése elleni EU-stratégia végrehajtása keretében az 1540. sz. ENSZ BT-határozat végrehajtása érdekében, 2006. június 17., Az Európai Unió Hivatalos Lapja L 165/30
70. A Tanács 2008/368/KKBP együttes fellépése (2008. május 14.) a tömegpusztító fegyverek elterjedése elleni EU-stratégia végrehajtása keretében az ENSZ BT 1540 (2004) sz. határozata végrehajtásának támogatása céljából, Az Európai Unió Hivatalos Lapja, 2008. május 15., L 127/78
71. A nemzetközi békét és biztonságot fenyegető terrorcselekmények, ENSZ BT 1373 (2004) sz. határozat, 2006. szeptember 28.
72. EUROPOL EU terrorism situation and trend report 2007 http://www.europol.europa.eu/publications/EU_Terrorism_Situation_and_Trend_Report_TE-SAT/TE-SAT2007.pdf
73. Béres János mk. ezds.: „Napjaink muszlim terrorizmusának gyökerei és visszaszorításának lehetőségei”, PhD értekezés, ZMNE, 2008.
74. Nemzetközi Atomenergia Ügynökség: Nuclear Security Series Implementing Guide - Design Basis Threat Version 6.0. Chapter 5. Performing a threat assessment, 2008, Vienna
75. Tüttő Szabolcs, Az öngyilkos terrorizmus a gyengék fegyvere, Hadtudomány, 2008 1-2. szám, p. 144-151
76. EC 2ND Radiological Risk Reduction Seminar 21-22 June, 2007 Orientation Paper

77. IAEA International Conference on Illicit Trafficking: Collective experience and the way forward, Book of extended synopsis, Edinburgh, 2007. november 19-22.
78. Stefánka Zsolt, Zsigrai József: Áttekintés a nukleáris törvényszéki analitikai módszerekről, MTA IKI, 2008
79. 17/1996. (I.31.) Korm. rendelet a talált, illetve a lefoglalt radioaktív vagy nukleáris anyagokkal kapcsolatos intézkedésekről
80. Zelenák János, Csurgai József, Halász László, Solymosi József, Vincze Árpád: A légi sugárfelderítés képességei alkalmazhatóságának vizsgálata elveszett vagy ellopott sugárforrások felkutatása, illetve szennyezett terepszakaszok felderítése során, http://hadmernok.hu/2009_1_zelenak.php, 2009. 08. 31.
81. UN Department of peacekeeping operations: NBC Warfare Agents, 29 October 2002
82. Nemzetközi Atomenergia Ügynökség: „The Radiological Accident in Goiânia”, IAEA, Vienna (1988).
83. Boughton BA, DeLaurentis JM. An integral model of plume rise from high explosive detonations. In: Proceedings of the 24th National Heat Transfer Conference. New York: American Society of Mechanical Engineers; 1987: 27–32.
84. Boughton BA, DeLaurentis JM. Description and validation of ERAD: an atmospheric dispersion model for high explosive detonations. Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories; SAND92-2069; 1992.
85. Shreve Jr JD, Thomas DMC, Wilson RH, Friend JP, Perry JK, Menker HE, Church HW. Operation Roller Coaster, a joint field operation of the Department of Defense, the Atomic Energy Commission, and the United Kingdom Atomic Energy Authority (AWRE). Albuquerque, NM: Sandia Corporation; Scientific Director's Summary Report DASA-1644; 1965.
86. N. D. Priest, M. Burkitbayev (project directors): NATO SEMIRAD2 project, Investigation of the radiological situation in a northern region of the former semipalatinsk nuclear test site adjacent to the village of Maisk
87. Nemzetközi Atomenergia Ügynökség: „Dangerous Quantities of Radioactive Material (D-Values)”, IAEA, VIENNA, 2006.
88. Radioaktív anyagok központi nyilvántartása, OAH, 2009
89. Nemzetközi Atomenergia Ügynökség: Nuclear Security Series No. 9, „Implementing Guide ”Security in the transport of radioactive material”, IAEA, vienna, 2008
90. FINLEY, N.C., et al., Transportation of Radionuclides in Urban Environs: Draft Environmental Assessment, SAND79-0369, NUREG/CR-0743, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM (1980).
91. LANGE, F., et al., “Experimental determination of UO₂-release from a spent fuel transport cask after shaped charge attack”, Proc. 35th Ann. Mtg Naples, FL, 1994, Institute of Nuclear Material Management, Northbrook, IL (2001) 408–413.
92. MicroShield User's Manual, Grove Engereering, Maryland, USA, 2003
93. <https://www-gs.llnl.gov/hotspot/>, 2009.10.01
94. Radionuclide and radiation protection data handbook (Radiation Protection Dosimetry, Vol. 76, 1998)
95. Döbrönte Tamás építészmérnök (szóbeli közlés), a tervezés alapja az MSZ CR1752 szabvány
96. ANSYS CFX Features, www.ansys.com, 2009.10.01
97. Petőfi Gábor: A térfogatkompenzátor bekötővezeték termohidraulikai modellezése, szakdolgozat, BME TTK Reaktorteknikai Szakmérnök Képzés, konzulens: Dr. Aszódi Attila, Budapest, 2005. június

98. User's Manual for RESRAD-BUILD Version 3, ANL/EAD/03-1, Environmental Assessment Division, Argonne National Laboratory, 2003 June
99. TMT handbook Triage, Monitoring and Treatment of people exposed to ionising radiation following a malevolent act, 2009
100. Nemzetközi Atoenergia Ügynökség: Manual for First Responders to a Radiological Emergency, EPR-First Responders, 2006 november, Vienna.
101. Nemzetközi Atoenergia Ügynökség: Generic Procedures for Medical Response During a Nuclear or Radiological Emergency, EPR-MEDICAL, 2005 július, Vienna
102. ICRP Publication 96: Protecting people against radiation exposure in the event of a radiological attack. Annals of the ICRP, Volume 35, No.1, 2005.
103. Frederick T. Harper, Stephen V. Musolino, William B. Wentz: Realistic radiological dispersal device hazard boundaries and ramifications for early consequence management decisions, Health Phys. 93(1):1–16; 2007
104. Baumler Ede, Csete István, Erdős Kálmán, Sarkadi András: IH-95 sugárszint- és szennyezettség-mérő műszer korszerűsítése, Sugárvédelem, II. évf. 1. szám, 2009, 19-24
105. Nemzetközi Atomenergia Ügynökség: „Generic procedures for assessment and response during a radiological emergency”, 2000 August, IAEA-TECDOC-1162
106. Módszertani útmutató - Radioaktív anyagokkal szennyeződött személyek sugármentesítése (dekontaminálása és dekopporációja), Dr. Turai István, OSSKI, Budapest, 2006
107. STANAG 2112 Nukleáris, biológiai és vegyi felderítés, NATO Standardization Agreements, 1998. március 6.
108. Методика по выявлению и оценке радиационной обстановки при аварии АЭС, Москва, 1989
109. Solymosi József, Baumler Ede, Nagy Lajos György, Gujgiczer Árpád, Gresits Iván, Zagyvai Péter, Dorogi László, Vodicska Miklós, Vajda Nóra, Takács Márta Eljárás és berendezés ismeretlen összetételű és/vagy többkomponensű főként hasadási termékekkel kontaminált terepszakaszok sugárszintjének légi felderítésére, HU 201161 B Szolgálati találmány, 1987
110. Csurgai József mk. őrnagy: Nukleárisbaleset-elhárítás és vegyi katasztrófák összefüggésrendszerének tudományos vizsgálata, Ph.D értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2003

1. MELLÉKLET: NUKLEÁRIS ÉS MÁS RADIOAKTÍV ANYAGOK ILLEGÁLIS FORGALMAZÁSÁNAK JELENTETT ESETEI

A DSTO (Database on Nuclear Smuggling, Theft and Orphan Radiation Sources – nukleáris csempészet, lopás és hatósági felügyelet alól kikerült források [19]) USA-ban vezetett adatbázis szerint 2002-ig több mint 900 esetben történt kísérlet nukleáris vagy más radioaktív anyag illegális megszerzésére. Ebből 670-et anyag lopásként vagy engedély nélküli birtoklásként, 123-at hatósági ellenőrzés alól valamilyen okból kikerült (elveszett, elloptott, magára hagyott vagy talált) forrásként tartanak nyilván és több mint 100 esetet úgy, mint tiltott forgalmazáshoz kapcsolódó csalás, ajánlkozás vagy rossz szándékú cselekedet, illetve kettős felhasználású anyagok, nukleáris technológiák vagy fegyverek tiltott forgalmazása, szállítása.

M1. táblázat: Példák a DSTO adatbázisból

Helyszín és dátum	Anyag	Leírás
Grúzia, Tbiliszi melletti Lilo falu 2004. november 9.	Co-60	2 db 14,8 Gbq-es kobalt-60-at tartalmazó konténert fedeztek fel a Tbiliszi melletti Lilo faluban. A források repedésvizsgáló berendezésből származtak, amelyeket a Szovjetunióban, illetve Bulgáriában gyártottak.
Venezuela Carabobo város kikötője 2006. május 3.	Co-60	Egy 37 GBq-es eredetileg zárt Co-60 forrást találtak Carabobo város Cabello kikötőjében, amelynek azonban burkolatát eltávolították és 4 hónapon keresztül árnýékolatlanul sugárzott. A forrás egy képpalkotó berendezésből származott.
Grúzia, Zestaponi 2002. február 12.	Sr-90	Nyugat-Grúziában egy elhagyott szovjet katonai vegyi bázison találtak egy magára hagyott 481 MBq-es Sr-90 forrást.
USA, Los Angeles, 2006. május 16.	Sr-90	Egy kaliforniai kórház jelentette egy 1036 MBq-es Sr-90 forrás eltűnését. A forrás egy forró kamrából tűnt el.
USA, Oak Ridge 2006. december 25.	Sr-90 Cs-137	Az Oak Ridge Nemzeti Laboratórium tulajdonában álló fémhulladék telepen takarító munkások találtak három jelöletlen ólom bélésű konténert, amelyben Cs-137 és Sr-90 izotópok voltak (összaktivitásuk elérte a 370 TBq-t).
USA, Birmingham 2005. december 16.	Cs-137 Am-241	Egy raktárban parkoló teherautóról loptak el izotópos szennyező sűrűség mérő eszközt, amely egy 1480 MBq-es Am-241/Be és egy 296 MBq-es Cs-137 forrást tartalmazott. A berendezést félév múlva megtalálták Irondale-ben, Alabama államban.
Grúzia, Iri falu 2006. július 31.	Cs-137	Egy elhagyott arzén kezelő mű egyik épületében találtak egy 185 GBq-es Cs-137 forrást hatóságok által végzett elhagyott források tervezett felkutatása során.
USA, Vernal (Utah) 2006. augusztus 21.	Cs-137	Egy 7400 MBq-es Cs-137 forrást tartalmazó sűrűségmérő hiányát azonosították. Nem tudták megállapítani, hogy azt ellopták vagy leesett szállítás közben a járműről. Végül jutalom ellenében egy polgári személy megtalálta, szivárgást nem észleltek.
USA, Fort Lauderdale 2004. november 9.	Ir-192	Floridai vámtestek találtak egy bahamai repülőjáraton egy 370 GBq-es Ir-192 forrást egy szegényített urán falú tartályban. A pilóta nem volt kiképezve ilyen szállítmány kezelésére és a szállítmány papírjai sem voltak rendben. Kiderült, hogy a pilótát egy Bahama-szigeteken működő olajvállalat bérelte fel arra hogy az USA-ba csempéssze, majd FedEx-en keresztül feladja a csomagot.
USA, Oklahoma 2005 Október 31.	Ir-192	Egy 2,4 TBq-es Ir-192 forrást tartalmazó besugárzó ellopását jelentették be, amelyet két nap múlva megtaláltak polgári bejelentés alapján.
USA, Odessa 2005	Ir-192	Munkások fedeztek fel 3256 MBq-es Ir-192-t és 444 MBq-es Sc-46 forrást tartalmazó dobozt; később megállapították, hogy a doboz egy teherautóról esett le.

Helyszín és dátum	Anyag	Leírás
USA, Wake Island 2006. szeptember 1.	Ir-192	Egy 370 GBq-es Ir-192 forrást tartalmazó radiográfiai kamera tűnt el Wake Island-en. A forrást egy viharálló tároló konténerbe helyezték és csak egy hónappal a vihar után találták meg.
USA, Orange 2006. október 13.	Ir-192	51,8–77,7 MBq-es Ir-192 brachyterápiás forrásokat találtak a kaliforniai Chapman Memorial Hospital kórház hulladékában.
Irán, Ilam tartomány 2007. január 22.	Ir-192	Árnyékolt, 2 TBq-s Ir-192 forrást tartalmazó Gamma Volt projektort loptak el Ilam tartományban. A hengeres eszköz le volt zárva, rajta a veszélyes anyag jelölés.
USA, Dallas 2006. február 21.	Po-210	Egy szegényített Po-210 forrást (740 MBq) szállítottak véletlenül Tajvanra.
USA, Wilmington 2006. augusztus 30.	Po-210	Willingtonban észlelték 370 MBq-s Po-210 forrásokat tartalmazó két ionizáló berendezés eltűnését, amelyek valószínűleg az engedélyes költözködése közben tűntek el.
USA, St. Paul 2006. december 15.	Po-210	Árnyékolt 18,5 MBq-es Po-210-es forrás eltűnését jelentették, amely a biztonságért felelős alkalmazott hibájából kifolyólag a szemébe kerülhetett vagy ellopták.
USA, Milton 2006. május 12.	Ra-226	Egy 107 MBq-es Ra-226 forrást tartalmazó dobozt találtak egy elhunyt bőrgyógyász lakásán a család bejelentése alapján.
Oroszország, Zmeinogorsk, Szibéria 2004. november	Pu-238	Leonyid Grigorjev zmeinogorszki lakos a rendőrséghez fordult egy ólom konténerrel, amelyben Pu-238 volt. A plutónium aktivitása 74-740 MBq közötti volt. A forrás érc elemzésre használt eszközből származott.

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség által vezetett Illicit Trafficking Database (ITDB - engedély nélküli radioaktív anyagszállítások adatbázisa, [22]) 2000.01.01. és 2007.06.30. között nyilvántartott, 10-100 GBq közötti forrásokat érintő esetek statisztikája:

M2 táblázat: Példák az ITDB adatbázisból
A 2000.01.01. és 2007.06.30. között nyilvántartott, 10-100 GBq közötti esetek

Helyszín és dátum	Leírás
<i>USA-1998</i>	1998 márciusában 19 db, besugárzásra használt cézium forrást loptak el Észak Karolina egyik kórházának egy lezárt széfjéből. A hatóságok először egy közelgő kosárlabda meccsen bekövetkező terrorakcióra gyanakodtak, de szerencsére nem ez történt. A forrásokat végül még az országos hatóságok sem találták meg. A szakértők szerint, mivel árnyékolt forrásokról volt szó, szakszerűtlen kezelésük súlyos sérülésekhez, halálhoz vezethet.
<i>Volgograd, Oroszország – 1998</i>	1998. május 7. és 13. között, valamelyik napon a Volgograd Oblast LUK olajfinomítóból 6 db 150 kg tömegű ólom tartót loptak el, amelyekben Cs-137 izotópot tartalmazó sugárforrások voltak. A szakemberek elmondták, hogy a cézium források kiemelése esetén 4 Gy/óra dózisteljesítmény várható, ami súlyos sérülésekhez, halálhoz vezethet.
<i>Baku, Azerbajdzsán - 1998</i>	1998. június 18-án Azerbajdzsánban a „Baku Scientific and Training Center” igazgatója arról számolt be, hogy a „Sumgait Aluminium” üzem néhány dolgozója, radioaktív céziumot akart eladni, de ők megakadályozták. Négy embert letartóztattak, akik 1,4 M USD összegért akarták értékesíteni az árut. Később további három, radioaktív céziumot tartalmazó konténert találtak. Egy letartóztatott egyén jelentős sugárterhelést kapott az eset kapcsán.
<i>Libanon, Líbia - 1999</i>	Két embert 1999. március 18-án Libanonban letartóztattak, mert 6 kg uránt akartak Szírián keresztül Iránnak eladni.
<i>Románia – 1999</i>	1999. augusztus 30-án Romániában két embert tartóztattak le, mert Románián keresztül fegyvereket, robbanóanyagot és radioaktív anyagokat akartak eladni embargós országoknak, feltételezett terrorista csoportoknak.
<i>Üzbegisztán - 2000</i>	Az üzbég vámosok 2000. március 30-án a kazah határon visszatartottak egy Pakisztánba irányuló szállítmányt, amin illegálisan 10 konténer Sr-90 radioizotóp volt. Brit újságok szerint a szállítmányt valószínű az al-Kaida szervezetnek szánták.
<i>Egyesült Királyság - 2002</i>	A „Real IRA”, piszkos bomba készítése céljából plutóniumot akart szerezni a Sellafieldben található atomerőműből. 2002. július 2-án a brit hatóságok leleplezték a tervet.

Néhány esetben már konkrétabb, a terrorista akciók csoportjába tartozó események is bekövetkeztek. Ezek az esetek azonban szerencsére meglehetősen amatőr módon lettek kivitelezve, nagyobb részt egyéni elkövetők álltak a háttérben, vagy csak demonstrálásra szánták.

<i>Lengyelország - 2003</i>	A lengyel rendőrség 2003. szeptember 3-án letartóztatott 6 embert, akik 140000 EU összegért 600 g radiocéziumot vásároltak. A hatóságok szerint az anyagot piszkos bomba készítésére is fel lehetett volna használni.
<i>Bécs, Ausztria – 1974</i>	1974. április 17-én Bécsben a rendőrség telefonhívást kapott az „Igazság Gerillái” nevű csoporttól, akik közölték, hogy radioaktív anyagot helyeztek el a Bécs-Róma expresszen. A rendőrség az első osztály egyik ülése alatt megtalálta a I-131 radionuklidot tartalmazó csomagot. Aktivitása figyelemre méltó volt, de nem okozott volna halálos sérülést. A jódkészítményt orvosi diagnosztikai felhasználás céljából a Linzi kórházba szállította „Vienna drug company”, de a szállítmányt nem megfelelően őrizték. Az esettel kapcsolatosan letartóztattak egy szellemileg sérült embert, aki elmondta, hogy ezzel az akcióval akarta felhívni a figyelmet a szellemileg fogyatékos betegekkel való rossz bánásmódra.
<i>Wilmington, USA – 1979</i>	Wilmingtonban, a GE nukleáris létesítmény igazgatója, 1979 januárjában kapott egy zsaroló levelet egy kis urán-dioxid mintával. A levél szerint a levél írójának birtokában van két darab 5 gallon térfogatú tartály, amiben a létesítményből származó kismértékben dúsított uránoxid van. A tartályokat a sorozatszám alapján azonosították, és a levél tartalmát hitelesnek vették. A zsaroló 100 000 USD-t követelt, vagy máskülönben az urán-dioxidot szétszórja egy meg nem nevezett amerikai városban. A GE egy alkalmazottját letartóztatták és a 68 kg urán-dioxidot megtalálták. 15 év börtönbüntetést kapott.
<i>New York, USA – 1985</i>	1985-ben egy ember azt követelte, hogy Bernard Goetz ellen ejtsék a gyilkossági vádat, és hogy hangjának nyomatékot adjon megpróbálta plutónium kloriddal elszennyezni New York ellátását biztosító víztározókat. A vízben a hatóságok rendkívül alacsony, (kb. 37·10 ⁻⁶ Bq/l) plutónium koncentrációt tudtak kimutatni.
<i>Moszkva, Oroszország - 1995</i>	1995. november 23-án a Shamil Basayev vezette csecsen felkelők, a képességeik demonstrálására, egy 32 kg tömegű, 0,74-1,85 GBq aktivitású Cs-137 izotópot tartalmazó csomagot helyeztek el a moszkvai Ismailovsky parkban. A sugárforrást egy korábbi akciójuk alkalmával egy kórházból vitték el.
<i>Japán -1999</i>	1999. augusztus 19-én Tsugio Uchimishi monacit-homokkal (magas tórium tartalmú ásvány) szennyezett levelet küldött 10 tokiói kormányhivatalba. Az illető ezzel akart tiltakozni az Észak Koreába irányuló, tiltott uránexport ellen.

2. MELLÉKLET: HAZAI ÉSZLELESI, FELDERÍTÉSI KÉPESSÉGEK

Az észlelés, felderítés, mint elsődleges információforrás szerves része a felmérésnek. Komplex folyamat révén tartalmazza az elsődleges adatok feldolgozását, értékelését is, amelynek kimenete a valós helyzet, valamint annak előrejelzett változásával, a várható helyzet elemzése. A felderítés, valamint a további feldolgozás, értékelés eljárásainak nagyfokú digitalizálása és térinformatikai platformba való integrálása kialakította a nyers mérési adat keletkezésének és a valós helyzet „rekonstruálásának” összefüggő folyamatát, gyakorlatilag a manuális munka kizárásával. Hazánkban a sugárhelyzet-felmérés elméletének és gyakorlatának jelentős hagyománya van és nemzetközi szinten is figyelemreméltó a megvalósítása. Ha a sugárhelyzet-felmérés meghatározásából indulunk ki, akkor egy olyan rendszerben kell gondolkodni, amely magában foglalja a telepített és mobil monitoring rendszert, a felderítő (légi, földi) erőket, a mobil radiológiai laboratóriumokat, mobil értékelő szerveket és nem utolsósorban az ágazati információs központokat, vagy nekik megfelelő értékelő-információs szervezeteket.

Alkalmazható eszközök

A sugárhelyzet-felmérés során az alábbi rendszerekkel, szervezetekkel számolhatunk:

1. Telepített és mobil sugárkapuk:

A detektálás szempontjából fontos olyan ellenőrző-áteresztő pontokon telepített rendszerek (sugárkapuk) alkalmazása, amelyek lehetőséget adnak az illegálisan szállított radioaktív sugárforrások felfedezésére és további transzportjuk megakadályozására. A kereskedelmi forgalomban beszerezhetőek a sugárkapuk teljes spektruma, úgy mint:

- **Fix telepítésű jármű sugárkapu**, rendeltetése: a mellette sebességkorlátozással elhaladó járművek és rakományuk vagy személyek gyors és folyamatos ellenőrzésére sugárvédelmi szempontból.
- **Személyi sugárkapu forgó-, vagy önműködően nyíló kapuval**: személyek és ruházatuk sugárszennyezettségének felderítésére szolgál.
- **Csomag/Személyi Sugárkapu**, rendeltetése: gamma és/vagy neutron detektorral személybejáratok, futószalagok stb. megfigyelése.
- **Hibrid személyi sugárkapu**, rendeltetése: személyek és ruházatuk sugárszennyezettségének felderítése.

- **Mobil Sugárkapu:** a mellette sebességkorlátozással elhaladó járművek és rakományuk vagy személyek sugárvédelmi szempontból történő gyors és folyamatos ellenőrzésére.
- **Hordozható sugárkapu:** a mellette sebességkorlátozással elhaladó járművek és rakományuk vagy személyek sugárvédelmi szempontból történő gyors és folyamatos ellenőrzése.

A sugárkapuk hagyományos elterjedési területe:

- Repülőterek ellenőrző-áteresztő pontjai
- Kikötők ki- és berakodási pontjai
- Hulladéklerakók beszállítási pontjai
- Stratégiaileg fontos objektumok, államigazgatási és középületek, ipari létesítmények bejáratai, behajtói.
- Államhatárok közúti és vasúti ellenőrző-áteresztő pontjai
- Nagy forgalmú tömegközlekedési objektumok, pályaudvarok ellenőrző-áteresztő pontjai

Megjegyzendő, a sugárkapuk alkalmazásának fontos feltétele, hogy a detektálandó forrásnak legyen γ sugárzó komponense. Ez egyben korlátja is a források távérzékelésének, hiszen az ilyen detektorok általában véve szcintillációs fejjel vannak ellátva és gamma spektrométerként, vagy 4-6 csatornás kapuzással kialakított érzékeny γ számlálóként működnek. Jól és szakszerűen kollimált α és β aktív izotópok detektálása még igen nagy aktivitások esetén sem lehetséges távérzékelő detektorokkal. Az ilyen esetben a szállítmány-rakomány tételes és részletes átvizsgálása vezethet eredményre gyanú esetén vagy szűrőpróbaszerű ellenőrzés keretében.

2. Az Országos Sugárfigyelő Jelző és Ellenőrző Rendszer Távmérő Hálózata (OSJER TMH):
 - MH által üzemeltetett AMAR hálózat: 36 db telepített állomás, 5 db mobil állomás
 - OKF által üzemeltetett radiológiai távmérőhálózat: 11 db mérőállomás,
 - OMSZ által üzemeltetett radiológiai távmérőhálózat: 29 db mérőállomás,
 - PA Zrt. monitoring rendszer: 9 db A és 11 db G típusú állomás.

3. MH katasztrófavédelmi rendszerbe felajánlott vegyi-, sugárfelderítő rajai: 5 db VSBRDM-2M, IH-99D harcjármű fedélzeti sugázmérő műszerrel, páncélozott felépítménnyel (4x gyengítési együtttható) és kollektív védelemmel. Összes felderítő képessége $\approx 1250-1500$ km, $2500-3000$ m² naponta.

M2 ábra: A VSBRDM-2M gépjármű és IH-99D detektor (helye nyíllal jelölve)



4. Légi sugárfelderítő helikopter: 2 db, fenékpáncélzattal és kollektív védőeszközzel. Képességei: szennyezett terepszakasz felderítése: 300 km²/h/helikopter, pontforrás keresés: $18 - 20$ km²/h/helikopter (pásztázó technika), részletesebben lásd a IV. fejezetben.
5. Mobil radiológiai laboratóriumok: különböző tárcák szervezetek és vállalatok mobil laboratóriumai komplex detektáló-azonosító, mintavevő és feldolgozó képességgel, egyéni védőeszközökkel és informatikai-kommunikációs képességekkel.

M3 ábra: Mobil radiológiai laboratóriumok kezelőszemélyzetükkel



Egyéb mozgó laboratóriumok:

- a GAMMA Műszaki ZRt Sugárvédelmi Mérőkocsija, képességei: dózisteljesítmény, in-situ gamma, felületi szennyezettség mérés, mintavétel/ mintagyűjtés.
- MH Honvéd Egészségügyi Központ Sugáregészségügyi Laboratórium: dózisteljesítmény, felületi szennyezettség mérés, mintavétel/ mintagyűjtés, élelmiszer-minőségvizsgálat, megkülönböztetett jelzés (kék-lámpa).

6. VFCS/VFSZ (Veszélyhelyzet Felderítő Csoport/Szolgálat): országosan 18 VFCS és 1 VFSZ működik. Képességei: komplex veszélyhelyzet kezelés és háttérsugárzás mérés, valamint mintavétel.

M4 ábra: A VFCS gépjármű és szakfelépítménye



7. Mobil Helyzetértékelő Csoport (HÉCS): ABV esemény kezelése esetén a HAVARIA laborral együtt képezi a veszélyhelyzet-kezelés első lépcsőjét, adatgyűjtő-feldolgozó-értékelő és kommunikációs képességgel támogatja a veszélyhelyzet kezelést és kárelhárítást végző alegységeket. Szükség esetén önállóan is alkalmazható ideiglenesen létrehozott szervezetek támogatására. Alapvetően számítógépes adatbázisokat, és értékelő programokat használ térinformatikai környezetben, kommunikációs rendszere LAN, WLAN, KONGSBERG adatrádió, mobiltelefon.

M5 ábra: A Mobil HÉCS gépjármű, szakfelépítménye és elemzése



M1 táblázat: A Mobil radiológiai laboratóriumok részletes paraméterei (2009. 04. 30):

	KFKI AEKI	OÉVI	OSSKI	PAKS Zrt	OKF FPVI	MH	Mecsekérc
készenléti idő (munkaidőben/munkaidőn kívül)	1/6 óra	azonnal/6 óra	1 óra / 6 óra	1/1 óra	azonnal/2 óra	1/3 óra	1/6 óra
mobil laboratórium megnevezése	Sugárvédelmi Mérőkocsi		OSSKI mobil labor	Sugárvédelmi Mérőkocsi	Sugárvédelmi Mérőkocsi	MH Havária Laboratórium	Sugárvédelmi Mérőkocsi
gépkocsi típusa	WV Transporter Syncro T2	Land Rover Defender	Ford Transit	Renault Traffic 4x4	VW Transporter	VW LT-40	Toyota Hiace
áramellátás	1 db 600 W inverter+75 Ah	1 db 600 W inverter + 75 Ah, 1db 300 W inverter 18 Ah	1 db 300 W inverter, 1 db aggregátor	1 db 900 W aggr., 1 db 1600 W aggr., 1 db 100 Ah akku.	2db 80 Ah Akkumulátor, 1kW inverter	1 db 1000 W aggregátor (220 V)+1db inverter	1 db 160 W inverter, 2 db 65 Ah akkumulátor
feladata	Dózistelj.,Ins-Situ,felületi szenny. mérés és mintagyűjtés és mérés	Dózistelj.,Ins-Situ,felületi szenny. mérés, mintavétel és mérés gamma-spektró.	Dózistelj., in-situ, felületi szenny., mérés, mintagyűjtés	Dózistelj. ins-situ, felületi szenny. mérés és mintagyűjtés	Dózistelj.,Ins-Situ,felületi szenny. mérés és mintagyűjtés	Dózistelj.,Ins-Situ gamma,felületi szenny. mérés, mintavétel/mintagyűjtés	Dózistelj.,In-Situ gamma-sp., felületi szenny. mérés és mintagyűjtés
személyzet létszáma	3 fő	2 fő	2 fő + gk vezető	3 fő	2-3 fő	3 fő	2 fő
In-situ gamma spec műszerek	Canberra HpGe, Inspector, Nai detektor (nanospec)	Canberra HpGe, Inspector, Nai detektor + Prospektor	Canberra HpGe, Inspector	Canberra HpGe, Inspector	ORTEC HPGe Nomád	Canberra HpGe GC2020, Inspector 2000 MCA	Ortec HpGe, Inspector 1000
dózis telj. mérő műszerek	BNS 98, Nanospec, Umo, RSS 111	BITT RS 02/232/H	AUTOMESS AD 6/H dózistelj. szcintillációs mérőfejjel	Automess, FH 40 F1, FHZ 621 G	BITT RS 02/232/H, Umo LB123 Gamma	SSM-1, IH-95	FH 40 GL
Gps	Garmin V	Garmin III	GARMIN GPSmap 176C	Evermore	ScoutMaster WGS-72	Garmin GPS320	Garmin
mintavevők	talaj, levegő	talaj	-	talaj, levegő, víz, iszap	talaj, levegő, dörzs, felszíni és felszín alatti víz, élelmiszer (VSMF)s	talaj, levegő, dörzs, felszíni és felszín alatti víz, élelmiszer (VSMF)	talaj, növény, levegő
mérő és kiértékelő szoftverek	Geni 2k, Wintcma, spc. Excel és Origin táb.	Genie 2k	Genie2k, Excel	Genie 2000 v 3.0	GammaVision Wintmca In-Situ.xls TOI cd.	Geni 2k, MS. Excel	Maestro, Genie 2k, Silena, Excel táb.
felületi szennyezettség mérő műszerek	UMO	Nagypontosságú és érzékenységu α - β - γ számláló	Contamat FHT 111M	LB 122	UMo LB123 béta-gamma	IH-95	NC-482 B
speciális mérőműszerek	Lakossági pajzsmirigy mérés	Navigator 600 mérleg	-	-		Lézeres távhőmérő. Hordozható Bizerba táramérleg	
kommunikációs rendszer	GSM, 900 MHZ	T-MOBIL	mobil telefon	GSM	Rádió	GSM 900, 1800 MHz, kárhelyen Motorola kézi rádió, sisak headset	
Megjegyzés					Megkülönböztető jelzés, Árnyékolt mérőhely	Megkülönböztető jelzés;	

3. MELLÉKLET: AZ ALKALMAZOTT SZÁMÍTÓGÉPI KÓDOK LEÍRÁSA

CFX-11.0 numerikus termohidraulikai kód [96]

Az áruházból történő aeroszol porlasztás modellezésére a CFX 11.0 numerikus termohidraulikai kódot alkalmaztam. Ipari cégek és kutatóközpontok világszerte több, mint 20 éve alkalmazzák az ANSYS CFX technológiáját megbízható és hatékony numerikus áramlásdinamikai (Computational Fluid Dynamics – CFD) alkalmazásként. Az ANSYS által fejlesztett alkalmazás a fejlett megoldó (solver) modult, modern felhasználói felülettel és adaptív felépítéssel párosítja, hogy a CFD mind a tervezők, mind általában a mérnökök és mind a mélyebb modellezést igénylő áramlástani specialisták számára megfelelő opciókkal rendelkezzen.

A programot az ipar rengeteg területén alkalmazzák a berendezések, folyamatok részletes vizsgálatára a hatékonyság, az élettartam-növelés vagy a folyamat optimalizálása érdekében.

A probléma geometriai leírása: az ANSYS® DesignModeler™ szoftvert egyedileg fejlesztették szimulációs feladatok definiálására. Használata egyszerű, a környezet teljesen parametrizálható.

Térbeli diszkretizálás: a meghatározott geometria behálózására a megfelelő CFD eredményekhez az alkalmazás számos fejlett hálózási technikát kínál.

Előttét program: az ANSYS CFX fizikai pre-processor modern és intuitív felülettel rendelkezik, és hatékony leíró nyelv biztosítja a felhasználónak a probléma definíció teljes testre szabását pl. komplex határfeltételek, egyedi anyagmodellek vagy éppen további transzport egyenletek megadásával.

Megoldó kód: az ANSYS CFX szíve kapcsolt algebrai multihálót alkalmaz, ami kulcsfontosságú a megbízható és pontos megoldások gyors előállításához. A felhasználó a megoldás során nyomon követheti a konvergencia folyamatát és dinamikusan monitorozhatja a numerikus és fizikai egyenletmegoldást. Másodrendű numerikus módszerrel dolgozik.

Fizikai modellek: a szimuláció meghízhatósága közvetlenül a rendelkezésre álló fizikai modellekhez kapcsolódik. Az ANSYS CFX széles körű és mélységű fizikai modellekkel rendelkezik a széles körű igények kielégítése érdekében.

A beépített modellek: több fajta turbulencia modell, több fázisú modellezés, amely a kétfázisú áramlás mellett képes buborékok, cseppek, **részecskék** és szabadfelületű áramlás

modellezésére is. A Langrange modell lehetővé teszi az **egy vagy több diszkrét részecske fázis** jelenlétét az áramlási térben, és a részlet modellek segítségével a külső erők figyelembe vétele is lehetséges, és további statisztikai lehetőség van a részecske-ütközések vizsgálatára.

Értékelő szoftver: a CFD-Post teljesíti ki az ANSYS CFX elemzési potenciálját. A program lehetőséget nyújt mind a grafikus, mind a numerikus kiértékeléshez az automatizálás, jelentés generálás elősegítésével.

Összefoglalóan az ANSYS CFX egy olyan összetett termékstruktúra, melynek minden alkotóeleme bizonyított, vezető ipari technológiát képvisel, és ezzel pontos, megbízható, gyors és rugalmas elemzési potenciált biztosít a felhasználó számára. A fentiek alapján választottam ki a kódot a belső térben történő két részecske fázisú áramlás modellezésére.

Hotspot [93]

A programot az amerikai Lawrence Livermore National Laboratory NARAC (National Atmospheric Release Advisory Center) központja fejlesztette ki radioaktív anyagokkal bekövetkező események értékelésére az Egyesült Államok kormányának, ezen belül az Energiaügyi Minisztérium megbízásából. Ezen belül a 2.07 verzió kiadási éve 2009, a fejlesztések célja a legújabb tudományos eredmények integrálása, illetve a funkciók bővítése. A kód célja, hogy a veszélyhelyzeti beavatkozó személyzet és a baleset-elhárítást tervezők részére gyors, hordozható szoftver álljon rendelkezésre egy radioaktív kibocsátással járó esemény értékeléséhez. A kódra a nemzetközi irodalomban is számos hivatkozás történik, az általam feldolgozottak közül pl. [7, 89]. A két hivatkozás egyike egy, az amerikai szenátus előtti beszámolóra, a másik pedig egy NAÜ dokumentumra mutat. Ezek alapján és figyelembe véve, hogy a kód célja egybeesik a disszertációban a kóddal vizsgált esetek terjedelmével, megállapítható, hogy munka során a kód alkalmazása indokolt.

A kód első rendű közelítést alkalmaz a kibocsátott radioaktív anyagok sugárzási hatásának közelítésére. A kódot rövid idejű (néhány órát meg nem haladó) kibocsátásokra tervezték. A programban négy modul található: csóva, robbanás, tűz és reszuszpenzió. A kód mind a négy esetben a szélirányú hatást vizsgálja pöff-szerű, folyamatos, robbanás-szerű, üzemanyag tűzből származó vagy területi szennyeződés kapcsán kialakuló kibocsátás esetén. Egy további modul képes számolni a plutónium, urán vagy trícium kibocsátással, hogy az atomfegyverek okozta hatást is modellezni tudja. Az egyes modulok bemutatását a program [93] leírása

részletesen tartalmazza. A HotSpot a sugárdózisok számítására az ICRP különböző ajánlásait veszi alapul. Az 50 éves lekötött effektív dózis mellett a determinisztikus hatsok értékelése érdekében az akut értékeket is számítja. Ez alkalmazható nagy dózist kapott egyes szervek (tüdő, vékonybél, csontvelő és a pajzsmirigy) értékelésére. Az SI mértékegységrendszert is támogatja, használhatjuk az 50 nuklidot tartalmazó izotóp könyvtárat, illetve saját izotópokat adhatunk hozzá. A HotSpot a nukleárisbaleset-elhárításban jól ismert Gauss féle hibrid csóva modellt alkalmazza, a kibocsátást virtuális forrástaggal helyettesíti. Minden algoritmus pontosan nyomon követhető a szoftver kézikönyvében [93].

A HotSpot kézikönyvében bemutatott verifikációja során a számított értékek szórása maximum ötszörösnek adódott, amely tartalmazza az időjárási helyzet bizonytalanságát, a terepviszonyok miatti bizonytalanságot, valamint a számított koncentráció és dózis értékek pontatlanságát. Összességében tehát az esetek 68%-ban (az esetek 1-szeres szórásnak megfelelő %-a Gauss eloszlás esetén) a számított dózis értékek 5-szörös szorzótényező belül maradnak. Ez a pontosság baleset-elhárítási célból több, mint megfelelő, általában a forrástag becslésénél az eltérés várhatóan ennél nagyobb mértékű. Ezen túl fontos tudni, hogy a Gauss modell általában konzervatív értéket szolgáltat, a dózisokat felülbecsli.

Összefoglalóan a Hotspot kód a nemzetközi tapasztalatok alapján kiválóan alkalmas mind külső térben bekövetkező robbanás, mind külső térben bekövetkező porlasztás nyomán kikerülő radioaktív anyag terjedésének és az ebből származó radiológiai következmények értékelésére.

MicroShield [92]

A MicroShield programot elterjedten alkalmazzák a világon és hazánkban is foton, ezen belül főként gammasugárzás árnyékolásának számításához és a kapcsolódó dózisok meghatározásához. A szoftverrel végzett számítások célja elsősorban a megfelelő sugárgyengítés megtervezése és ezzel a sugárterhelés csökkentése, de ezen túl oktatási célokra is remekül megfelel. Tervező mérnökök és sugárvédelmi szakemberek alkalmazzák a szoftvert az egészségügyben, a hulladék-kezelésben, a radioaktív anyagokat alkalmazó és a nukleáris létesítményekben is. Használata egyszerű, az alapvető sugárzásvédelmi ismeretek birtokában nem jelent problémát. A program teljesen interaktív és széleskörű bemeneti adat ellenőrzést végez. Az integrált modulok biztosítják az eredmények megjelenítését, a vizsgált

anyagok és forrásfajok előállítását, a dóziskonverzió és a leányelemek felépülésének, illetve a bomlások következtében fellépő dózisteljesítmény felléptének figyelembevételét. 16 különböző geometria (pont, vonal, tárcsa, vízszintes és függőleges négyszöggel határolt terület, gömb, különböző hengeres, végtelen sík vagy síklap forrás) és 10 árnyékolás, valamint önárnyékolás lehetőségének figyelembevételére képes. A geometria átskálázható, forgatható. Beépített radionuklid, gyengítési, felépülési és dóziskonverziós könyvtárral rendelkezik, de képes külső könyvtárak beolvasására is. Összesen 25 energia csoportban számol 15 keV-10 MeV között, amelyeket összmennyiséggel és koncentrációval képes leírni. Segíti a jelentéskészítést, jól működik együtt a legelterjedtebb operációs rendszerrel és az azokhoz kapcsolódó alkalmazásokkal. A program széleskörű ellenőrzésen és validáción esett át.

Összefoglalva a MicroShield jelentős nemzetközi és hazai alkalmazási tapasztalattal rendelkezik, validációja kiterjedt és kiválóan alkalmazható sugárforrásból származó dózisek értékelésére.

RESRAD BUILD [98]

A programot az Argonne National Laboratory (ANL) fejlesztette ki az amerikai energetikai minisztérium (U.S. Department of Energy - DOE) részére a talajba kerülő radioaktív szennyeződés hatásainak értékelésére. A területeken lévő épületek szennyeződésének vizsgálata e munka nyomán került előtérbe. A felületi szennyeződés és a szennyezett eszközök alkalmazásakor elszenvedett dózis számítási módszerét is az ANL fejlesztette a DOE kérésére. Ezt a modellt fejlesztette tovább az ANL a radioaktív anyagok beltéri transzportjának modellezésére, a különböző épület anyagok, méretek figyelembevételével. Így tehát a RESRAD-BUILD a radioaktív anyaggal szennyezett épületekben tartózkodó emberek dózisának meghatározására alkalmas programmá vált.

A kód legfontosabb képességei: számítani képes a teljes egyéni dózist, akár mozgó receptorpontra is, vagy a teljes kollektív dózist pl. egy mentesítő csapat részére, de a lerombolt épületből származó terhelés számítására is képes. A radionuklidokat a 120 izotópot tartalmazó saját könyvtárából lehet kiválasztani. Képes a szennyeződés terjedésének és a leányelemek transzportjának számítására is a légcserre, a lerakódás, a reszuszpenzió, a bomlás és a felhalmozódás figyelembevételével. Négyfajta forrás geometria (pont, vonal, felületi és

térfogati) beállítására van lehetőség egyszerre három helyiségben, 10 különböző forrás feltételezésével, 10 receptorpontra számítva. Lehetőség van árnyékolás figyelembevételére is a külső terhelés meghatározásakor. A program 7 különböző terhelési útvonallal számol: (1) direkt külső, (2) külső lerakódásból, (3) külső bemerülésből, (4) belégzés, (5) aeroszol radon leányelemek vagy trícium vízgőz belégzése, (6) a forrás lenyelése, (7) lenyelés lerakódott radioaktív anyagból. A program képes mind a determinisztikus, mind a sztochasztikus hatások értékelésére.

A program széleskörű verifikáción és benchmark teszten esett át, amely célból felhasználták pl. az Monte Carlo N-particle (MCNP) kóddal (Briesmeister 1993), a DandD kóddal történő összehasonlítást. A [98] részletesen ismerteti a folyamatot, majd az eredmények tárgyalásakor kiderül, hogy a benchmark feladatoknál több szinte tökéletes egyezés mellett maximum néhány (2-3%) eltérést tapasztaltak az alapul választott számítási eredményekhez képest.

Összefoglalóan a szoftverrel vizsgálni kívánt esetek egybe estek a szoftver alkalmazási terjedelmével, ezen túl a megfelelő nemzetközi és hazai alkalmazási tapasztalat, valamint a validációs eredmények tekintettel választottam ki a kódot a beltéri elemzés elvégzésére.

MEGHATÁROZÁSOK

<i>Cselekmény</i>	nukleáris vagy más radioaktív anyagok ellopását, továbbá egyes nukleáris és más radioaktív anyagok, valamint létesítmények elleni szabotázszt célzó jogellenes tevékenység
<i>Elfogadhatatlan radiológiai következmény</i>	a cselekmény következménye elfogadhatatlan, ha a cselekmény nukleáris vagy radiológiai veszélyhelyzetet vált vagy válthat ki. Továbbá, ha a cselekmény egyes személyek, vagy személyek csoportjánál rövid idő alatt a vonatkozó dóziskorlát túllépését okozza, vagy alkalmas ilyen mértékű többlet sugárterhelés kiváltására.
<i>Fenyegetés</i>	rossz-szándékú cselekmény végrehajtásához motivációval, szándékkal és képességgel rendelkező személy(ek).
<i>Fenyegetettség</i>	naprakész nyilatkozat az atomenergia békés célú felhasználását biztosító iparágat fenyegető veszélyekről, cselekményekről
<i>IED - Improvised Explosive Device</i>	Improvizált robbanóeszköz
<i>Lopás</i>	nukleáris vagy más radioaktív anyag jogosulatlan megszerzése.
<i>Nukleáris anyag</i>	a radioaktív anyagok közül mindazok, amelyek önfenntartó nukleáris láncreakcióra képesek, vagy képessé tehetők, továbbá ezek vegyületei, vagy az elemet, illetőleg vegyületét tartalmazó anyag, különösen az urán, a tórium, a plutónium és bármilyen anyag, amely az előbbiekből egyet vagy többet tartalmaz, a bányászat, illetőleg az ércfeldolgozás körébe tartozó ércek és érchulladékok kivételével.
<i>Nukleáris proliferáció</i>	nukleáris fegyverek és a fegyverek előállításához szükséges anyagok, technikák és technológiák (további) elterjedésének megakadályozása.
<i>Nukleáris vagy más radioaktív anyaggal elkövetett szándékos károkozás</i>	olyan szándékos és jogellenes tevékenység, amely sugárterheléssel vagy radioaktív anyagok kibocsátásával veszélyezteti a lakosság és a környezet egészségét és biztonságát.
<i>Nukleáris védettség</i>	azon tevékenységek, eszközök és eljárások összessége, amely a nukleáris és más radioaktív anyagokkal és létesítményekkel kapcsolatos lopás, szabotázs, jogosulatlan hozzáférés, engedély nélküli tevékenységek és más jogellenes cselekmények megelőzésére, észlelésére és elhárítására irányulnak
<i>Nukleáris veszélyhelyzet</i>	rendkívüli esemény következtében előálló állapot, amelyben a lakosságot érintő következmények elhárítása vagy enyhítése érdekében intézkedésekre van, vagy lehet szükség. A nukleáris veszélyhelyzet a lehetséges nukleáris létesítményi nukleáris veszélyhelyzetek és a radiológiai veszélyhelyzetek együttes gyűjtő elnevezése.
<i>Pasquill kategória</i>	a légkörben lévő turbulenciát, ezáltal a légkör stabilitását jellemző kategorizálás, amelyet elterjedten alkalmaznak a diszperziós modellek. A hat lehetséges kategóriát stabilitás szempontjából számszerű meteorológia jellemzők (szélsebesség, napsugárzás, felhő borítottság) alapján határozták meg: A: nagyon instabil, B: instabil, C: kicsit instabil D: semleges, E: kicsit stabil, F: stabil
<i>Radioaktív anyag</i>	a természetben előforduló vagy mesterségesen előállított bármely anyag, amelynek egy vagy több összetevője ionizáló sugárzást bocsát ki, valamint az ilyen anyagot tartalmazó készítmény.
<i>Radiológiai diszperziós eszköz (RDE)</i>	az angol radiological dispersion device (RDD) javasolt magyar megfelelője. Két fajtája van: radiológiai robbantó eszköz (RRE) és radiológiai aeroszol generátor (RAG)
<i>Radiológiai veszélyhelyzet</i>	radioaktív anyagot alkalmazó létesítményben vagy radioaktív anyaggal végzett tevékenység következtében kialakuló nukleáris veszélyhelyzet
<i>Szabotázs</i>	nukleáris vagy más radioaktív anyag, valamint létesítmény ellen irányuló cselekmény, amely közvetlenül vagy közvetve sugárterheléssel vagy radioaktív anyagok kibocsátásával veszélyezteti a dolgozók és a lakosság egészségét, a környezet biztonságát.
<i>Tervezési alapfenyegetettségek</i>	az állam – a fenyegetettség teljes körű felmérésén alapuló – legnagyobb szintű naprakész állapotot felmérő nyilatkozata az atomenergia békés célú felhasználását biztosító iparágat fenyegető veszélyekről.