

HANKA LÁSZLÓ–Dr. habil. VINCZE ÁRPÁD PhD

**A RADIOLÓGIAI TERRORIZMUS
EGYIK LEHETSÉGES ESZKÖZE:
A „PISZKOS BOMBA”**

**„DIRTY BOMB”
AS A POTENTIAL TOOL
OF RADIOLOGY’S TERRORISM**

A hagyományos tömegpusztító fegyverek kategóriájához manapság már új típusú eszközök is sorolhatók, amelyek a hidegháború korszakában még ismeretlenek voltak. Ilyen az ún. piszkos bomba. Az új fajta fegyverekhez, a hagyományostól eltérő alkalmazási lehetőségek társulnak, a fenyegetettség más aspektusaival kell szembenéznünk. Fennáll a veszélye és lehetősége annak, hogy illegális csatornákon, tiltott kereskedelmi útvonalakon ezek a fegyverek, vagy akár csak hatóanyagaik illetéktelen kezekbe, terroristák birtokába kerülhetnek. Írásunkban ennek lehetőségét elemzzük, megvizsgálva a piszkos bombák előállításának, beszerzésének, egy terrorcselekmény bekövetkezésének lehetőségeit, végül egy modellszámítás felhasználásával azt vizsgáljuk, milyen következményekkel járna egy ilyen esemény. Kulcsszavak: Tömegpusztító fegyver, radiológiai fegyver, radioaktív izotóp, „radioaktív kiszivárgás”, proliferáció, terrorizmus.

The purpose of radiological dispersion device would be to spread radioactive material over a wide area using either an explosive device, described as a dirty bomb, or some other means of dispersal. Radioactive material of various types can be acquired from a wide range of sources, including industry, hospitals and research laboratories. The use of these weapons could have serious political and economic consequences. There is considerable concern about the risk that such device could be used in terrorist incidents. There are credible public reports that such devices were constructed by well-known terrorist groups, and there are also reports that efforts to mount attacks with these weapons in the United States and in Europe have been baffled by security services. A simple analysis suggests that for terrorist groups the acquisition and use of a radiological weapon is a tempting prospect. This paper is discussing the possibility of an acquisition and describe the possible consequences of an attack with a radiological weapon. Key words: Weapons of Mass Destruction, Radiological Dispersion Device, radioisotope, radioactive fallout, proliferation, terrorism

„Tömegpusztító fegyverek”

Az 1950-es évektől a 90-es évek elejéig terjedő időszakot tekintik a hidegháború időszakának. Ebben a korszakban vezették be fegyverek tervezésével foglalkozó katonai szakértők a „tömegpusztító fegyver” elnevezést, mellyel nukleáris, biológiai és kémiai fegyverekre valamint ezek hordozó eszközeire utaltak. Pontosabban fogalmazva fegyverek azon csoportját nevezzük tömegpusztító fegyvernek, amely az ellenség nyílt vagy védett elhelyezésétől élőerejének nagyobb csoportjaira, haditechnikai eszközeire és infrastruktúrájára képes rövid idő alatt, sajátos jellegének és méretének megfelelő és nagymértékű pusztító, romboló hatást kifejteni.

Ezek a fegyverek nagy területen fejtik ki pusztító hatásukat, jelentős mértékben demoralizálják a csapatokat és a polgári lakosságot, az alkalmazásuk során gyorsan hatnak, és hatásukat hosszabb ideig megőrzik. Egyes politikusok és katonai vezetők — különösen a korszak elején — ezekre a fegyverekre úgy tekintettek, mint amelyeket abból a célból terveztek, fejlesztettek és alkalmaztak, illetve szándékoztak alkalmazni, hogy felhasználásukkal különösen nagy mértékű kárt okozzanak mind társadalmi mind anyagi téren. Ma már egyetérthetünk abban, hogy ez az elnevezés egy gyűjtőfogalom, amelyhez, működési mechanizmusát és hatását tekintve is, jelentősen különböző fegyverek tartoznak. Világosan látva extrém romboló erejüket, ma úgy tekinthetünk ezekre, mint különlegesen drága „fegyverként nem használt eszközök”-re melyeket azért terveztek, fejlesztettek és telepítettek — de sohasem használtak —, hogy a potenciális ellenfeleket elrettentsék, illetve önmérsékletre intsék.

A kölcsönös elrettentés elvén alapuló katonai doktrínák nem voltak megfelelőek arra, hogy megakadályozzák ezen fegyverek proliferációját, sőt hozzájárultak a probléma elhatalmasodásához. Nemzetközi megállapodások léptek hatályba, hogy megakadályozzák a tömegpusztító fegyverek elterjedését, valamint korlátozzák és megtiltsák alkalmazásukat. Így 1975-ben nemzetközi egyezmény tiltotta meg a biológiai fegyverek használatát, egy 1997-ben életbe lépett megállapodás pedig a kémiai fegyverek alkalmazását. Egyedül a nukleáris fegyverekkel kapcsolatos álláspont kétértelmű, ugyanis a Nemzetközi Bíróság által 1996-ban tett ajánlás szerint jogosnak tekinthető a nukleáris fegyverekkel történő fenyegetés illetve ezek használata abban a különleges esetben, ha egy nemzet önvédelemből, a fennmaradás érdekében alkalmazza azokat. Egyszóval a kémiai és biológiai

ai fegyvereket — amelyeket a legkevésbé tekintettek klasszikus értelemben vett katonai alkalmazású fegyvernek, és így a legkevésbé volt valószínű az alkalmazásuk — betiltották, ellenben az igazi tömegpusztító fegyverek, a nukleáris arzenál megtartotta legitimitását.

Az 1990-es évek elején a hidegháború befejeződésével a tömegpusztító fegyverek korábban nagy hangsúlyt kapott fejlesztési programja veszített jelentőségéből, egyre kevesebb energiát és pénzt fordítottak a további kutatásokra. A hidegháború megszűnését követően azonban nem tűnt el a tömegpusztító fegyverarzenál, és nem tűnt el a fegyverek kifejlesztése során felhalmozódott tudás sem. Ennek főképpen az az oka, hogy bármelyik fegyvertípust vesszük is alapul, az anyagok, technológiák, szakismeretek nagy részének kettős alkalmazási területe van, egyrészt katonai, másrészt polgári.

A polgári élet számos területén komoly érdeklődés mutatkozott a kifejlesztett technológiák alkalmazása iránt, mindemellett megkezdődött ezen kifinomult módszerek és tudásanyag illegális elterjedése, amely bizonyos körökben egyre csábítóbb perspektíva, és amelyre a tapasztalatok szerint egyre több lehetőség kínálkozik. Az utóbbi másfél évtizedben ezek a technológiák árucikké váltak. Ennek köszönhetően terrorista szervezetek is hozzájuthatnak a tömegpusztító fegyverek előállításához szükséges információkhoz, és természetesen a szükséges anyagokhoz is! Ez a gondolat sok politikust és védelmi szakértőt foglalkoztat, különösen az al-Kaida 2001. szeptemberi terrorcselekményei óta. Ekkor bebizonyosodott, hogy akár az al-Kaida, akár már terrorszervezet, ha lehetősége lesz rá, beszerez ilyen fegyvereket és azokat használni is fogja. De ne gondoljuk, hogy ezek a terrorista csoportok igyekeznek majd felülmúlni bármelyik nagyhatalmat a felhalmozott fegyverek mennyiségét illetően! Ellenkezőleg, megelégszenek majd néhány vagy akár egyetlen nukleáris fegyverrel, esetleg néhány liter toxikus anyaggal. Ha ez is elég céljaik eléréséhez nem alkalmaznak majd több száz vagy ezer bombát és tonnányi mérget.

Ezek a lehetőségek komoly kihívást jelentenek a biztonsági szakértőknek és a politikusoknak. Annál is inkább, mert a terrorszervezetek számára az is elég lehet, ha viszonylag csekély mennyiségű információhoz, relatíve kis mennyiségű hasadóanyaghoz, biológiai vagy kémiai reagenshez jutnak hozzá, ha céljaiknak ez is megfelel. A terroristák ugyanis nem hosszan tartó államközi párbeszédre törekszenek, hanem arra, hogy rövid idő alatt

elérjék céljaikat, zsaroljanak vagy használják a fegyvereiket, ha rendelkeznek vele. Ilyen körülmények között azonban a megszokottá vált „tömegpusztító fegyver” elnevezés, mellékzöngéivel együtt veszített aktualitásából. Rá kell ugyanis ébrednünk, hogy új típusú fenyegetésekkel, a tömegpusztító fegyverek harci anyagainak más módszerekkel, más eszközökben történő felhasználásával állunk szemben. Ilyen, a hidegháború korszakában ismeretlen fegyver, a radioaktív izotópok nem nukleáris fegyverben történő felhasználása, a „piszkos bomba”, amely ennek az írásnak témája.

A NATO 2001. szeptember 11-ét követő első, 2002-évi prágai csúcstalálkozóját követően megváltozott a terminológia. Ennek megfelelően ma már „Kémiai, Biológiai, Radiológiai és Nukleáris” fenyegetettségről beszélünk¹. Ez a kifejezés sokkal lényegretörőbb, egyrészt magában foglalja a fenyegetés egyes típusait, másrészt pedig jelzi, hogy ideje szakítanunk a hidegháború terminológiájával, és figyelmünket egy egészen más jellegű ellenfélre kell fordítanunk.

Radiológiai fegyverek

Egy radiológiai fegyver vagy más néven „radiológiai diszperziós eszköz”² alkalmazása azt a célt szolgálja, hogy segítségével radioaktív anyagot terítsenek szét egy bizonyos területen, például egy város központjában, vagy egy kémiai robbanó szerkezet, ún. „piszkos bomba” (Dirty Bomb), vagy más egyéb eszköz segítségével.

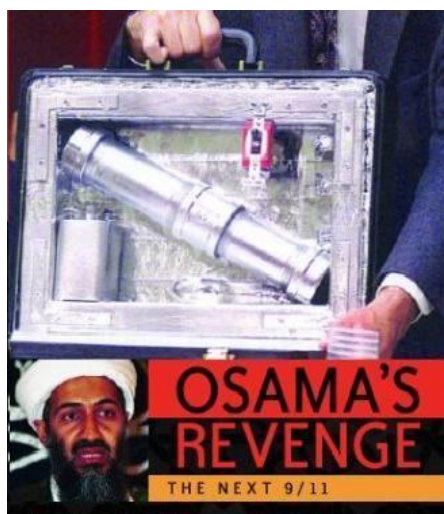
A legegyszerűbb eljárás radioaktív izotópok akár halálos kimenetelű alkalmazására az, hogy egy erősen toxikus tulajdonságokkal rendelkező izotópot lokálisan, méregként használnak fel, ahogyan azt 2006 novemberében történt. Alexander Litvinyenko gyilkosa polonium-210 izotópot alkalmazott erre a célra.

Nagy egyedszámú populációra mért csapásként azonban célszerűbb egy explóziós eszközt alkalmazni. Egy ilyen szerkezet 100 kg-nál nem nagyobb tömegű, kémiai robbanóanyaggal körülvelt radioaktív forrás, amely

¹ A 2002-es prágai csúcs óta használatos a „CBRN rendszer” elnevezés: „Chemical, Biological, Radiological and Nuclear” threat A korábbi „NBC” elnevezés bővült és változott meg sorrendjében az új típusú fenyegetettségnek megfelelően.

² Radiological Dispersion Device (RDD)

még a legkisebb hatékonyságú esetben is legalább 1-10 Curie aktivitású³. Egy ilyen relatíve kis hatóerejű fegyverrel végrehajtott támadás valószínűleg nem okozna tömeges mértékű elhalálozást, azonban minden bizonnyal pánik és zűrzavar lenne a közvetlen következmény. Továbbá gazdasági és társadalmi károkat okozna. Nem szabad ugyanis megfélemlenünk a radioaktív anyagokkal, fegyverekkel szembeni fokozott sebezhetőségünkről, amely a felkészületlenségéből és a tájékozatlanságból ered. A skála másik vége, az elképzelhető legdrasztikusabb hatást kiváltó „piszkos bomba” akár több tíz- sőt akár százezer Curie aktivitású izotópot tartalmaz. Ebben az esetben mind a környezetszennyezés mind az egészségügyi következmények orvoslása jelentős feladatot róna a hatóságokra.



Osama bossúja (1. ábra)

Az Al-Kaida eltökélt szándéka piszkos bombák bevetése [13]

A szakértők véleménye azonban erősen megoszlik abban a tekintetben, hogy egészen pontosan milyen hatása is lenne egy ilyen terrorcselekménynek a halálos áldozatok és a sérültek számát, a társadalmi és gazdasági következményeket illetően. Pesszimista vélemények szerint a legjelentősebb nemzetközi terrorszervezetek, mint az al-Kaida (1. ábra), nem csak birtokában vannak azon forrásoknak, melyek felhasználásával

³ Az aktivitás SI egysége: 1 Becquerel = 1 bomlás/s. Az aktivitás régi egysége: 1 Curie = 1 Ci = 1g Ra-226 aktivitása. 1 Ci = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq.

egy ilyen támadás végrehajtható, hanem számos öngyilkos merénylő, önkéntes mártír is a rendelkezésükre áll. Ezek közreműködésének köszönhetően jelentősen csökken azon védelmi rendszerek összetettsége és költsége, amely ahhoz szükséges, hogy a támadó elég sokáig éljen, hogy célba juttassa a fegyvert és véghezvigye a támadást. A szükséges anyagok és technológiák kész állapotban hozzáférhetőek, gyakorlatilag kizárólag anyagiak kérdése, hogy az eszköz elkészüljön, a célba juttatás, a radioaktív szennyezés már „egyszerűen” megoldható. Ezért szakértők körében elterjedt álláspont, hogy a „radiológiai diszperziós eszköz” a terroristák „kedvenc” fegyvere lehet!

Hozzáférhetőség, beszerezhetőség

Radioaktív izotópokat nagyon széles körben alkalmaznak az iparban, a mezőgazdaságban, az egészségügyben, a kommunikációban és a navigációban. De természetesen nem minden radioaktív izotóp alkalmas arra, hogy felhasználják egy radiológiai fegyver hatóanyagaként. A legveszélyesebb jelöltek erre a célra az alábbi izotópok: cobalt-60, stroncium-90, yttrium-90, cézium-137, irídium-192, polónium-210, radium-226, plutonium-238, americium-241 és a californium-252. Az 1. táblázat tartalmazza ezen izotópok legfontosabb tulajdonságait.

Ezeknek az izotópoknak az alkalmazása, tárolása, szállítása és értékesítése nem olyan mértékben kontrollált, mint amennyire szükséges lenne. A biztonsági előírások korántsem annyira szigorúak, mint amelyek a reaktorok fűtőanyagának illetve a nukleáris bombák hatóanyagának (U-235, Pu-239) kezelését szabályozzák. Szakértők azt állítják, hogy olyan radioaktív anyag, amely alkalmas egy radiológiai fegyver előállítására, csaknem a világ minden országában megtalálható, ráadásul számos különböző formában. Hangsúlyozzák, hogy ezek felügyeleti rendszere nem kielégítő, és a biztonsági előírások nem megfelelőek.

Ennek köszönhetően láthatott napvilágot az Egyesült Államok Nukleáris Szabályozó Bizottsága által közzétett adat, mely szerint az Államokban naponta egy engedélyezett radioaktív sugárforrás eltűnik. A probléma természetesen nagyon összetett. A nyilvánosság szemszögéből nézve nyilvánvalóan minden radioaktív anyag erősen toxikusnak minősíthető, ezért nem lehet eltekinteni egy „radiológiai diszperziós esz-

köz”-zel végrehajtott terrorakció közzétételétől addig, amíg az illetékes hatóságok meg nem győződnek arról, hogy az alkalmazott radioaktív izotóp valóban a fentiekben felsorolt különösen veszélyes izotópok egyike vagy sem.

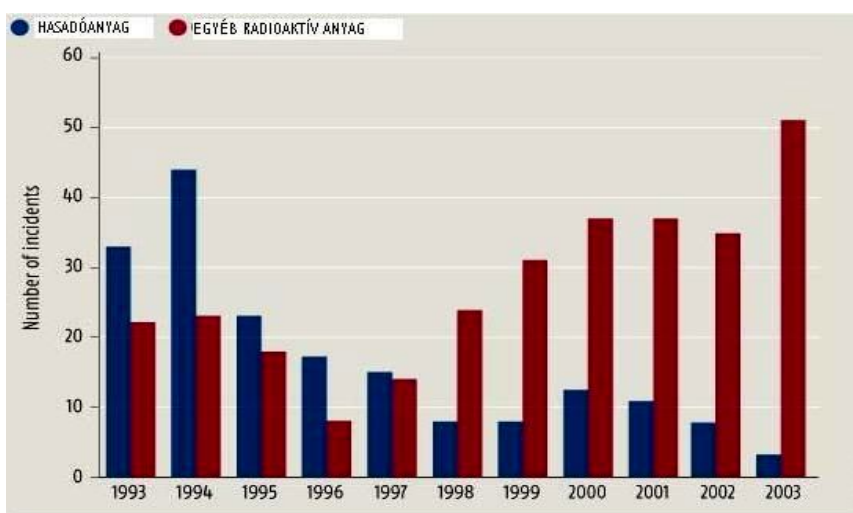
RADIOAKTÍV IZOTÓPOK TULAJDONSÁGAI			
IZOTÓP	FELEZÉSI IDŐ	A RADIOAKTÍV BOMLÁS TÍPUSA	MAXIMÁLIS ENERGIA (MEV)
Co-60	5,27 év	béta, gamma	0,31(β),1,33(γ)
Sr-90	28,1 év	béta	0,54(β)
Y-90	64 óra	béta	2,25(β)
Cs-137	30,23 év	béta, gamma	1,17(β),0,662(γ)
Ir-192	74 nap	béta, gamma	0,67(β),0,468(γ)
Po-210	138,4 nap	alfa, gamma	5,3(α),0,8(γ)
Ra-226	1600 év	alfa, gamma	4,77(α),0,188(γ)
Pu-238	86 év	alfa, gamma	5,5(α),0,153(γ)
Am-241	458 év	alfa, gamma	5,486(α),0,068(γ)
Cf-252	2,65 év	alfa, gamma	6,072(α),0,224(γ)

1. táblázat

A legnagyobb veszély ezen a téren abban áll, hogy egyes terrorista csoportok esetleg hozzájuthatnak nagy arányban dúsított U-235 izotóphoz⁴, vagy tiszta polónium-239-hez. A Carnegie Alapítvány 2005 évi jelentése szerint a világ országaiban rendelkezésre áll 1855 tonna plutónium, amelyből 1700 tonna polgári, 155 tonna pedig katonai célokat szolgál, továbbá felhalmoztak 1900 tonna magas dúsítású urániumot, amelyből mindössze 175 tonna szolgál polgári célokat, 1725 tonna pedig hadianyagnak minősül. Ennyi hasadóanyagból nagyjából 100000 radiológiai fegyvert lehetne készíteni. Különös tekintettel kell figyelembe vennünk a világon működő 135 polgári irányítású kutatóreaktort, amelyek mind sajátos körülmények között működnek, különböző szintű és fokú bizton-

⁴ A reaktorban alkalmazott urán gyengén dúsított, a fűtőelemekben maximálisan mindössze 3-4% az U-235 tartalom. A nagy arányban dúsított urán (Highly Enriched Uranium – HEU) esetében ez az arány legalább 20 %. Egy nukleáris fegyverhez azonban legalább 85% dúsítási arány szükséges.

sági rendszerekkel. Ezek nagy részében minimum 20 kg tömegű, erősen dúsított uránkészlet áll rendelkezésre. Ennek ellenére egyes szakértők úgy vélekednek, hogy a fokozottan dúsított urán-235 nem alkalmazható radiológiai fegyver hatóanyagaként, többek között azért, mert a halálos dózis elkerülése végett — a kezelőszemélyzet védelme érdekében — nagytömegű, robusztus árnyékolásra van szükség. Továbbá az uránium és a plutónium a nukleáris hulladékokkal és a kiegészítő fűtőelemekkel egyetemben fokozott biztonsági rendszerrel védett mindenütt a világon, tehát nehezebben lehet hozzájutni, következésképpen kevésbé vonzó a terroristák számára. A 2. ábrán látható grafikon az Európai Unió és a volt Szovjetunió területén regisztrált, tiltott anyaggal elkövetett csempészcselekmények számát mutatja évenkénti bontásban. Mint látható a nukleáris hasadóanyag egyre kevésbé keresett „árucikk”, ellenben a közönséges radioaktív anyagok egyre „népszerűbbé” válnak.



2. ábra
Radioaktív illetve hasadóanyaggal elkövetett regisztrált illegális cselekmények száma [12]

Hordozórendszerek

A legkézenfekvőbb eszköz radiológiai fegyverként egy hagyományos kémiai robbanószerkezet, mely az explózió során szétteríti a radioaktív

anyagot a robbanás környezetében. Azonban számos egyéb lehetőség is van arra, hogy radioaktív anyaggal szennyezzük a környezetet. Egyes izotópok például megfelelő oldószerekben oldódnak, a kapott folyadék egyszerűen kiönthető vagy szétpermetezhető, mások elpárologtathatóak, megint mások égetéssel gázzá, füstté alakíthatók (köztudott, hogy az égés kémiai folyamat, így az nem változtatja meg az izotópok atommagszerkezetét, tehát radioaktív tulajdonságaik megmaradnak).

A terroristák szemszögéből ezek a robbanással nem járó módszerek előnyösebbek, hiszen a hatóságok így nagy valószínűséggel csak később fogják észlelni a radioaktív szennyezést.

Az időkésésnek köszönhetően pedig sokkal több személy szervezetébe juthat be a radioaktív anyag, belélegzéssel vagy élelmiszerekkel együtt történő elfogyasztással (gondoljunk Csernobil példájára). Ezen kívül a radioaktív por-, gázfelhő jelentősen kiterjedhet nagyobb területeket beszennyezve.

Egy nagy hatóerejű ilyen eszköz esetében a szerkezet magjában elhelyezkedő radioaktív izotóp aktivitása már olyan nagy lehet, hogy kiterjedt árnyékoló burokra van szükség a kezelőszemélyzet megóvása érdekében. De ebben az esetben a „piszkos bomba” olyan nagy méretű és tömegű, hogy már alig lehet mozgatni, a szállítás, a célba juttatás problémát jelent, de mindenképpen magára vonja a környezet nemkívánatos figyelmét. Ellenben egy önfeláldozásra hajlandó terrorista minden bizonnyal kész arra, hogy a nagy mennyiségű és aktivitású izotópot, biztonságot adó árnyékoló burok nélkül is a célba juttassa.

Következmények

Egy radiológiai fegyver használatát követően számolni kell fizikai, politikai, gazdasági következményekkel. A *fizikai* következményeket illetően, ha a radioaktív anyag szétszóródása egy robbanás, tehát egy „piszkos bomba” által valósul meg, akkor az explózió közvetlen következményeképpen mindenképp számolni kell fizikai sérülésekkel, melyeket — az esetlegesen radioaktív izotóppal szennyezett — repeszdarabok okoznak.

Egyes szakértők véleménye szerint a kémiai robbanás következtében kialakuló zűrzavar és a fizikai sérülések együttes hatása jelentősebb lehet, mint a radioaktív szennyezésé. Ez más szavakkal azt jelenti, hogy azok az

esemény centrumához közel tartózkodó személyek, akik halálos sugárdózist kapnak, nagy valószínűséggel magától a robbanástól haláloznak el és nem a sugárbetegség következtében. A radioaktív sugárzás természetesen nagyon veszélyes lehet, különösen ha alfa vagy béta részecskék jutnak a tüdőbe vagy a tápcsatornába, márpedig ez a légkörben levő por belélegzésével illetve lenyelésével elkerülhetetlenül bekövetkezik.

A sugárbetegség égési sérülésekre emlékeztető bőrelváltozásokkal, hányással, a vérképző és légzőszervek károsodásával jár, extrém esetben halált okoz. Ha a betegség lefolyása hosszú időléptékű, rákos elváltozás is bekövetkezhethet.

A *politikai* következmény egyrészt a radioaktív szennyeződés hatására kialakult pánikhelyzetnek tulajdonítható. A veszélyeztetett lakosság körében könnyen lábra kapnak rémhírek, megfogalmazódnak összeesküvéselméletek a beszennyezett területek megtisztításával kapcsolatban, bizalmatlanság alakulhat ki a kormánnyal szemben, amely azt állítja, hogy a szennyezett területek dekontaminációja eredményesen befejeződött.

Politikai következménye még a radiológiai eszközzel történő pusztító fenyegetésnek is lehet.

Gondoljunk csak a csecsen terroristák 1995 évi moszkvai akciójára, melynek során a támadók egy cézium-137 tartalmú „piszkos bombával” fenyegetőztek. Habár — szerencsére — a bombát nem detonálták, a robbantással való fenyegetésnek igen fontos szimbolikus jelentése volt a terroristák számára, és nagyon mély pszichológiai hatással volt a moszkvai lakosságra.

A *gazdasági* kár egyrészt abban nyilvánul meg, hogy a szennyezett lakó- és hivatali területeket, a termelő üzemeket, az infrastrukturális létesítményeket le kell zárni és kiüríteni mindaddig, amíg a mentesítés, a dekontamináció le nem zajlik, és ez az alkalmazott fegyver sajátosságaitól, a környezet jellegétől függően akár több hétig, sőt hónapokig – ha olyan súlyos esetre gondolunk, mint Csernobil, akkor szinte örökké – is eltarthat.

Másrészt azok a kisebb kaliberű üzleti, gazdasági vállalkozások, amelyek jelentősen függenek a napi kereskedelemről, csődbe mennek, a munkanélküliség megnő, a turizmus megszűnik.

A szennyezett területeken megtermelt javak exportját fel kell függeszteni, hogy megakadályozzák a szennyeződés kiterjedését. Összefoglalva kijelenthetjük, hogy egy nagy mértékű környezetszennyezés mind gazdaságilag mind társadalmilag beláthatatlan következményekkel járhat.

Felhasználás

Azt gondolhatnánk, hogy egy radiológiai fegyver összeállítása, kezelése és szállítása komoly feladatot és kockázati tényezőt jelent egy terrorista szervezet számára. Ennek ellenére öngyilkos merénylők nyilván hajlandók vállalni ezeket a kockázatokat, így az előálló kihívások nem leküzdhetetlenek. Az Egyesült Államok Szövetségi Válságkezelő Hivatala által a közelmúltban közzétett jelentés szerint azonban – összehasonlítva egy nukleáris bombával – egy radiológiai fegyver előállítása és alkalmazása nagyon csekély technikai felkészültséget igényel. A 3. ábrán egy „házi atomenergia laboratórium” látható, amolyan „hogyan készítsünk házilag pokolgépet”. A felirat szerint az eljárás: szórakoztató, egyszerű, izgalmas...!

Mint azt elemeztük, egy „piszkos bomba” alkalmazását követően számos hatással számolnunk kell, a robbanástól kezdve a közvetlen és hosszútávú radioaktív szennyeződésig. Számításba véve azonban az összes haláleseteket és az egyéb sérüléseket, a szakértők arra a véleményre jutottak, hogy nem indokolt ebben az esetben a „tömegpusztító fegyver” elnevezés.



3. ábra
A piszkos bomba előállítása nem kivitelezhetetlen [14]

A közvetlen hatások között – elsősorban a tájékozatlan, kellő ismeret-
anyaggal nem rendelkező polgári lakosság körében – legjelentősebb talán a
kialakuló káosz és zűrzavar, ezért helyesebb lenne a „tömegekre ható fegy-
ver” megjelölés. Ehhez a hatáshoz valószínűleg hozzájárul még hosszú
távú egészségügyi következményként a rákos megbetegedés és egyéb be-
tegségek kockázata. Ennek ellenére – a hosszú időskála miatt – mind or-
vosilag mind statisztikailag nehéz lesz kimutatni a szignifikáns kapcsolatot
a kialakuló kóresetek és a terrorcselekmény között. Ettől eltekintve a terror-
isták mind fizikai, mind egészségügyi, mind politikai téren elérik céljaikat,
annál is inkább, mert a következmények jelentős mértékűek és elég
hosszan tartóak lehetnek, annyira, hogy extrém esetben az érintett kormán-
yok elveszítik tekintélyüket a lakosság szemében és ez a legitimitásukat is
veszélyeztetheti.

Lehetséges forgatókönyvek

A radiológiai fegyverek használatát követő eseménysorozat modellezése
meglehetősen elméleti. (Egy ilyen modellszámítás feltevéseit és ered-
ményeit ismertetjük a következő pontban.) Ugyan előfordultak már olyan
kismértékű radioaktív kontaminációval járó események, amelyek megfe-
lelő analógiául szolgálhatnak a modellezéshez, de viszonylag kevés nagy-
fokú szennyezéssel járó esemény következett be, amelyet egy városban
vagy város ellen követtek el. Ennek ellenére a szakirodalomban nagyfokú
egyetértés alakult ki, mely szerint a politikai és gazdasági következmények
valóban szélsőségesek lehetnek, ellenben jelentős számú halálos áldozat
csak egy relatíve nagy hatékonyságú „piszkos bomba” bevetése esetén
volna lehetséges.

Az Egyesült Államok Védelmi Minisztériumának közelmúltbeli vizs-
gálata szerint egy körülbelül 45kg tömegű bomba, amely mellelleg elfér
egy hátizsákban, és amelyben a radioaktív izotóp például a gyógyászatban,
rákos daganatok kezelésére szolgáló izotóp, még ha egy város központ-
jában detonál is, akkor sem okoz egyetlen olyan halálesetet sem, amely
közvetlenül a sugárzásnak tulajdonítható. Ha azonban egy olyan bombát
tekintünk, amely ugyanekkora tömegű robbanó-anyaggal van felszerelve,
de amelyben radioaktív izotóp helyett kiégett nukleáris fűtőanyag van, ak-
kor a robbanás környezetében egy nagyjából 700 m sugarú körzetben min-
denki halálos dózist kap.

Mik lehetnek a válaszlépések? Bármely nemzetbiztonsági forgatókönyvben nehéz elképzelni mást, mint azt, hogy a kormány egy ilyen eseményt követően azonnal a szennyezett területek megtisztításával és a népesség egészségügyi állapotának megóvásával, valamint a gazdasági biztonság visszaállításával foglalkozik. Ha azonban terveket készítünk világos, hogy jelentősebb eredmény érhető el a radioaktív anyagokhoz történő hozzáférés korlátozásával.



4. ábra

Egy kisebb méretű bomba elfér akár egy kézitáskában is [15]

Különösen vonatkozik ez az iparban és a terápiás célokra alkalmazott izotópokra, melyek biztonsági rendszere nem kielégítő. Egyre nagyobb ugyanis az ún. „árvaforrás”-ok száma, azaz olyan forrásoké, amelyek kikerültek a hatóságok felügyelete alól, amelyekre már nem vonatkoznak biztonsági előírások. Nagyobb hangsúlyt kell fektetni a dekontaminációs rendszerek hatékonyságának fejlesztésére, továbbá a polgári lakosság tájékoztatására és képzésére, mert így jelentősen csökkenthető a pánikhelyzet kialakulásának esélye, vagy akár el is kerülhető. Mindezek a hatáscsökkentő intézkedések remélhetőleg kedvét szegik a terroristáknak, hiszen akciójukkal így nem érnek célt, de legalábbis nem olyan mértékben. Másrészt bízhatunk még abban is, hogy jelentős elrettentő erőt képvisel az, ha a hatóságok súlyos büntetéssel fenyegetik mindazokat, akik csak fontolóra veszik is ezen fegyverek alkalmazását. Mégsem szabad elbízni magunkat,

hiszen egy egyszerű költség-haszon analízis azt támasztja alá, hogy egy terrorista szervezetnek vagy akár egyetlen személynek – különösen ha ennek nem szempont a személyi biztonság –, egy „radiológiai diszperziós eszköz” beszerzése és alkalmazása továbbra is vonzó célpont marad.

Egy Sr–90 tartalmú „piszkos bombával” elkövetett terrorcselekmény hatáselemzése

A lehetőség, mely szerint terrorszervezetek hozzájuthatnak radioaktív anyagokhoz, és azt kombinálva közönséges kémiai robbanóanyagokkal, például dinamittal vagy TNT-vel, „piszkos bombát” készíthetnek, oda vezetett, hogy fokozott figyelem irányul azokra a modellszámításokra, amelyek egy terrortámadás következményeit elemzik. Mivel a „piszkos bomba” előállítása nem igényel magas színvonalú gyártási technológiát (mint amilyen az urán dúsítása, a plutónium előállítása, vagy egy implóziós bomba megszerkesztése), továbbá nem kapcsolódik hozzá sajátos hordozóeszköz rendszer (mint például a rakétatechnika), egy ilyen eszköz egy nukleáris fegyvernél sokkal egyszerűbben előállítható, és vonzó perspektíva a terroristák számára.

Az alkalmazás lehetséges következményeit kvalitatíve már elemeztük. Mivel a kémiai robbanás nem produkál olyan extrém hőmérsékleti és nyomásviszonyokat, mint egy nukleáris fegyver, korántsem olyan drasztikus a fizikai romboló hatás és nem olyan magas a halálos áldozatok száma, ennek ellenére egy város területén szétterített radioaktív izotóp éppen elég társadalmi, politikai és gazdasági következménnyel jár, ami a terroristák szemszögéből elégségesnek nevezhető.

Viszonylag könnyedén hozzá is lehet jutni a szükséges izotóphoz. A már említett „árvaforrásokon” kívül el lehet tulajdonítani a szükséges anyagmennyiséget egy legális felhasználótól, vagy akár hagyományos kereskedelmi csatornákon keresztül is hozzá lehet jutni. Alacsony aktivitású izotópokat, mint például a Cobalt–60, Stroncium–90, Iridium–192 vagy a Cézium–137 széles körben alkalmazzák: a gyógyászatban diagnosztikai és terápiás célokra, élelmiszer besugárzásra a káros mikrobák elpusztítása érdekében, kőolaj kutatás céljára, stb.

Az alábbiakban egy Sr–90 izotóppal elkövetett piszkos bomba robbanásának hatásait, következményeit elemezzük modellszámítás segítségével, természetesen kísérleti eredményekre támaszkodva. Azért választot-

tuk éppen a Sr-90 izotópot, mert ez az egyik legszélesebb körben alkalmazott nem-hasadó radioaktív izotóp [3].

Különösen a volt Szovjetunió területén százával, sőt egyes vélemények szerint ezrével találhatóak Sr-90 árvaforrások, melyekre egyáltalán nem vagy csak korlátozott biztonsági előírások mellett ügyelnek, így potenciális beszerzési forrásnak tekinthetők a terroristák számára.

Az Sr-90 alkalmazási területei közül kiemeljük az ún. radiotermális generátorokat (RTG), melyeket egyrészt a tengeri navigációs rendszerekben alkalmaznak, de létezik más katonai célú felhasználásuk is. Ilyen RTG-berendezések százával találhatóak Oroszország északi partvidékén, melyek mindegyike 106-107GBq aktivitású 5 izotópot tartalmaz.

Habár ezek az északi területek csaknem elérhetetlenek, de legalábbis nehezen hozzáférhetőek, a megfelelő biztonsági rendszerek hiánya illetve elégtelen volta miatt magukra vonják az érdeklődők figyelmét. Összehasonlításképpen említjük meg, hogy a biztonsági és felügyeleti rendszerek sokkal megbízhatóbbak és kiterjedtebbek az Egyesült Államokban, ennek ellenére tény, hogy közel 2 millió olyan forrás van amelyekre már nincs szükség és néhány százalékuk várhatóan árvaforrássá válik.

Egy, a 2000 évben született jelentés szerint, egyetlen év alatt 375 forrás vált ilyenné. A terroristáknak tehát kellő szándék megléte esetén lehetősége van a szükséges anyagok beszerzésére. A másik ok amiért a stroncium-90 izotópot választottuk az, hogy nukleáris reaktorokban, az urán-235 hasadása során számos izotóppal együtt, többek között Sr-90 is keletkezik, de a hasadási termékek között megtalálható még a Sr-89 és a Sr-85 is. A legveszélyesebb azonban a 90 tömegszámú izotóp, ugyanis ennek a leg-hosszabb, 29,1 év a felezési ideje, a Sr-89 izotópé csak 50,52 nap míg a Sr-85 felezési ideje 64,85 nap.

A Sr-90 béta sugárzással bomlik, a béta részecskék maximális energiája 0,564 MeV. A bomlástermék Y-90 amely szintén béta-aktív, 64 óra felezési idővel nagyon „kemény” 2,484 MeV maximális energiájú béta-részecskéket emittál. Erős béta-sugárzóként a stroncium és az yttrium komoly veszélyt jelent az emberi egészségre nézve, jelentős kockázati tényező rákos megbetegedések, leukémia kialakulásában. Mivel a béta-részecskék hatótávolsága az emberi testszövetben nagyon kicsi, már a bőr felszíni rétegeiben lefékeződik, nem jut mélyebbre, mint 40-70 μm , ezzel

⁵ 1GBq = 1 GigaBequerel = 10^9 Bq aktivitás

bőrbetegségeket, hosszú távon bőrrákot okozhat. A béta-részecskék abszorbeálódhatnak a szemlencsében is, amely megnöveli a szembetegségek kialakulásának esélyét. Mivel, más béta-sugárzó izotópokhoz hasonlóan, a Sr-90 sem bocsát ki nagy energiájú fotonokat, kemény gamma-sugárzást, ezért az épületek teljesen megvédik az élő szervezeteket a kívülről érkező sugárzás ellen. Nem ez a helyzet azonban akkor, ha levegővel a tüdőbe, vagy táplálékkal a tápcsatornába jut az izotóp. Ebben a kedvezőtlen esetben ugyanis a béta-sugárzás közvetlenül érintkezik belső szerveinkkel és a tüdővel, így a daganatos elváltozások, rákos megbetegedés esélyével az egész testben fokozottan számolni kell.

A reaktorokban termelődő Sr-90 fajlagos aktivitása meglehetősen magas, grammonként $5,18 \cdot 10^{12}$ Bq, (ez azt jelenti, hogy 1g Stroncium-90 izotópban nagyjából 5 milliószor egymillió bomlás következik be másodpercenként ...). Ez az aktivitási szint több mint elég ahhoz, hogy aggódva tekintsünk egy ilyen esemény elé, és gondoskodjunk megfelelő védelmi rendszerekről. Egy piszkos bombával elkövetett terrorcselekmény következményei azonban számos paramétertől függenek. Elsősorban természetesen magától a radioaktív izotóptól, ennek anyagi minőségétől és mennyiségétől, de jelentős befolyásoló tényező a levegőbe kerülő részecskék mérete is, egy ilyen részecskéből álló porfelhő szétterülési tulajdonságai és az ülepedési sebessége miatt.

A legveszélyesebb részecske-méret tartomány a $0,5\text{-}5 \mu\text{m}$ intervallum, ugyanis a levegőben, ezen mérettartományba tartozó porszemcsék által képezett felhő jó terjedési tulajdonságokkal rendelkezik, azonkívül ebben az esetben elég kicsik a részecskék ahhoz, hogy a tüdőbe kerülve ott átlépjenek a tüdő falán és a vérkeringésbe kerülve a nyirokmirigyekbe sodródjanak, ahol felhalmozódnak. A helyzet tovább élezhető, ugyanis megfelelő őrlési eljárásokkal a szemcseméret $0,1 \mu\text{m}$ alá csökkenthető, aminek az a következménye, hogy a részecskék még tovább tudnak a légkörben tartózkodni, ezáltal nő a porfelhő horizontális kiterjedése, ezáltal a kontaminált területek mérete.

Szerencsére vannak olyan fizikai tényezők, amelyek korlátozzák a „piszkos bombák” terrorista akcióban történő felhasználhatóságát. Mindenekelőtt a forrás aktivitása ilyen faktor, ugyanis egy extrém nagy aktivitású Sr-90 izotóp szükségképpen együtt jár kiterjedt radioaktív kontaminációval. Márpedig egy ilyen fegyvert elő kell állítani és célba is kell juttatni, mely műveletek során szükség van robusztus árnyékoló burokra.

Ha viszont a forrást körülvevő árnyékolást eltávolítják, a kezelőket kiteszik a halálos dózis kockázatának. Annak ellenére tehát, hogy a „piacon” akár több 10 millió GBq aktivitású forrás is beszerezhető, nem valószínű, hogy a terroristák használnának 37000-150000 GBq-nél nagyobb aktivitású forrásokat. (Ezek tekinthetők tipikus kereskedelmi források.)

A modellszámítások egy jellegzetes, 7g tömegű Sr-90 forrásra épülnek, melynek aktivitása $3,7 \cdot 10^4 \text{ GBq}$ (= 1000 Ci). Ha a reaktorfolyamatokban keletkezett stroncium-tartalmú melléktermékeket vesszük figyelembe, ezek tömege természetesen a stroncium tömegének sokszorososa is lehet a sok egyéb összetevő miatt, azonban az alább ismertetett számítási eredmények nem függenek lényegesen a járulékos összetevők jelenlététől.

A radioaktív stroncium-90 légkörbe juttatására több módszer is elképzelhető. Egy magas épület vagy felhőkarcoló tetejéről közvetlenül szétszórható a szennyezőanyag nagyon finom por formájában, de ez különböző pirotechnikai eszközök, petárdák, jelzőrakéták segítségével is megoldható.



5. ábra

Egy kísérleti piszkos bomba-robbantás a nevadai sivatagban [10]

Ezekben az esetekben a kibocsátás várhatóan a felszín feletti 50-100 m magasságban történik. A legdrasztikusabb esetben azonban egy kémiai robbanószerrel, például TNT-vel felszerelt „piszkos bombával” szórják szét a légkörben a radioaktív izotópot. A robbanás során keletkező por-gázfelhő

közvetlen explóziót követő, vízszintes és függőleges irányú kiterjedése az első néhány másodpercben kialakuló fizikai körülmények függvénye. Ilyenek a porfelhő impulzusa, a felhőre ható felhajtóerő, de a függőleges irányú elmozdulást és kiterjedést legmeghatározóbb módon a keletkező hőmennyiség és a kialakuló hőmérsékleti viszonyok is befolyásolják.

Vegyük figyelembe, hogy 1 kg TNT felrobbanásakor nagyjából 4,2 MJ energia szabadul fel. Az említett 7g stronciumhoz hozzávetőlegesen 3-6 kg TNT szükséges ahhoz, hogy a terroresemény kellően hatékony legyen. Az így keletkező 12-25 MJ hőenergia a becslések szerint 5-10s időtartam alatt szabadul fel [3].

Ez elég rövid időtartam ahhoz, hogy a modellszámítások során a felhő emelkedését különálló módon, a vízszintes irányú terjedési és ülepedési szimulációktól függetlenül lehessen elvégezni. Ha a modellben ezeket a fizikai körülményeket vesszük figyelembe, akkor a számítások szerint a gáz-porfelhő 50-100 m magasságba emelkedik. (Az 5. ábrán az Egyesült Államok Nevada Sivatagbeli kísérleti bázisán felrobbantott nem nukleáris kísérleti bomba porfelhője látható.)

Kiindulási alapként elfogadhatjuk tehát, hogy a szennyeződést tartalmazó felhő ebben a magasságban terjed ki vízszintesen, illetve erről a szintről kezd ülepedni. Ezeket a folyamatokat azonban már a felszíni, domborzati, alaktani viszonyok is befolyásolják, de legalább ilyen lényeges szempont a légkör állapota, a szél erőssége és iránya, a hőmérsékleti viszonyok és az esetleges csapadék mennyisége.

A felszín szennyezettségének, a személyek által belélegzett dózisanak⁶ a becsléséhez mindenképp ismerni kell a piszkos bomba szerkezetét, hiszen az említett értékek a felszabadult radioaktív anyag teljes mennyiségétől, a kezdeti koncentrációtól függenek. Mivel erre számtalan lehetőség kínálkozik, az alábbiakban azt feltételezzük, hogy a jelzett $3,7 \cdot 10^4$ GBq aktivitás teljes egészében a légkörbe jut. A kiterjedő porfelhő mérete idővel nagyságrendekkel meghaladja a robbanást követő másodpercekben kialakuló és relatíve nagy sebességgel függőlegesen felfelé törő gáz-porcsova

⁶ Az „Elnyelt dózis” (D) a besugárzott anyag térfogatában elnyelt energiának és az anyag tömegének a hányadosa, a dimenziótól eltekintve a tömegegység által elnyelt energia. Egysége $1 \text{ Gray} = 1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$. Ha egy Q korrekciós tényező segítségével figyelembe vesszük az elnyelt sugárzás biológiai hatásait, amely függ a sugárzás fajtájától és a testszövet típusától is, akkor kapjuk a $H = Q \cdot D$ „dózisegyenértéket” melynek egysége $1 \text{ Sievert} = 1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$. Ez a korrekciós faktor béta-részecskék esetén 1, neutronokra és nehéz töltött részecskékre azonban 5–20 is lehet.

méretét. Ezért a modellezés során a kibocsátás, tehát az explózió pontszerűnek tekinthető. A felhő vízszintes kiterjedésének egzakt leírásához azt gondolnánk, hogy nagyon precízen kell ismerni a robbanás pontos helyét, valamint a felszíni alakzatok formáit hiszen ezek alakítják ki a lokális szél-erősség és szélirány viszonyokat, a helyi turbulenciákat. Kísérleti bizonyítékok azonban azt mutatják, hogy a terjedés leírásához elégséges ismerni a felszíni alakzatok együttesének formai tulajdonságait, az individuális felszíni formációk elveszítik jelentőségüket [3]. Elegendő tehát egy átlagosan egyenetlen felszínt figyelembe venni a számítások során.

A felszín kontaminációja nagymértékben függ a felhőt alkotó részecskék méretétől és sebességétől is. Ha ugyanis az ülepedés sebessége kicsi, akkor a radioaktív felhő számottevően kiterjedhet miközben a felszín szennyezettsége relatíve alacsony marad, ha viszont nagy a sebesség, akkor viszonylag kis terület szennyeződik jelentősen. Ha a porfelhő kiterjedése együtt jár csapadék megjelenésével, akkor a felszín kontaminációja fokozottabb, hiszen az eső kimossa a felhőből a radioaktív atomokat, molekulákat és a talajba juttatja. Ez a kondenzáció meglehetősen heterogén, bonyolult nemlineáris dinamikájú folyamat. Ezért a számításokban egy egyszerű lineáris kiürülési, tisztulási modell van beépítve.

Az alábbiakban összefoglaljuk a számítások eredményeit, melyek becslést szolgáltatnak a polgári lakosság által kontaminált dózis (mSv), a szennyezett területek térbeli kiterjedése (km^2) és ezen területek aktivitásának (Bq) értékeire vonatkozólag. Annak érdekében, hogy a számadatokat értékelni tudjuk, vegyük figyelembe a következőket: becslések szerint $5 \cdot 10^{-2}$ kockázati tényezőt jelent 1Sv dózisegyenérték. A táblázati értékekhez közelítve ez azt jelenti, hogy 10 mSv dózis egyenértékű $5 \cdot 10^{-4}$ kockázattal, ami más szavakkal azt jelenti, hogy 10 mSv dózisegyenértékű radioaktív besugárzás következtében 10000 személy közül várhatóan 5 esetben következik be elhalálozás.

A személyek által kapott dózis attól függ, hogy mekkora a felhőben a radioaktivitás koncentrációja illetve, hogy mekkora a kihullás következtében a felszíni aktivitás. Ehhez a következő adat áll rendelkezésre: a tapasztalatok szerint, feltételezve, hogy egy személy átlagosan 15 liter levegőt lélegez be percenként, a dózis nem haladja meg a 10 mSv egyenértéket, ha a felszín szennyezettsége nem lépi túl a $\sim 900 \text{ kBq/m}^2$ felületegységre vonatkozó aktivitást. Egy teljes populációra vonatkozó

integrált dózis pedig függ a népsűrűségtől, az egyes egyének sugárzásnak való kitettségétől, ami attól függ, hogy mindvégig a szabadban tartózkodnak-e vagy pedig épületek védelmében igyekeznek csökkenteni a kockázatot.

A számítások szerint a „piszkos bomba” akkor okozza a legnagyobb kárt, akkor a leghatékonyabb, ha az atmoszféra stabilis állapotú, és a szélesség kicsi, ugyanis porszemcsékre tapadva a Sr-90 atomok ebben az esetben tartózkodnak a leghosszabb ideig a levegőben, megnövelve ezáltal a belélegzés esélyét.

Ha feltesszük, hogy a légkör stabilis, a szélesség $u = 2,5$ m/s, a teljes Sr-90 minta aktivitása $3,7 \cdot 10^4$ GBq, a Stroncium-90 részecskék ülepedési sebessége $v = 0,01$ m/s valamint a radioaktív felhő terjedési magassága 100m, akkor a 2. táblázatban összefoglalt eredményeket kapjuk. Ebben km^2 egységben vannak feltüntetve azok a területek, amelyeken a belélegzéssel kapott maximális dózis meghaladja az 1, 5, 10, 50 mSv dózisegyenértéket, illetve ezen területek totális aktivitása látható GBq egységben.

DÓZISEGYENÉRTÉK (MSV)	TERÜLET (KM^2)	AKTIVITÁS (GBQ)
≥ 1	20461	6722
≥ 5	3997	2961
≥ 10	875	977
≥ 50	0	0

2. táblázat

A csapadék lényeges módon befolyásolhatja a közölt eredményeket. Az eső ugyanis kimossa a porfelhőből a szennyeződést, így az intenzívebben jut a talajba. A kontamináció mértéke függ attól, hogy a robbanás után mennyi idővel kezd esni az eső – hiszen ettől függ, hogy a felhő milyen méretűre terül szét –, hogy mekkora a területegységre időegység alatt kihullott csapadék, hogy mennyi ideig esik az eső.

Csapadékkal kísért esetben a közvetlen egészségügyi kockázat jelentősen lecsökkenhet, hiszen kevesebb a belélegzett por mennyisége, továbbá lehetőség nyílik a szennyezett területek mentesítésére. Ha azonban a dekontamináció elmarad, a talajba került szennyeződés száraz időben ismét a légkörbe kerülhet, újra növelve az egészségügyi kockázatot.

A RADIOLÓGIAI TERRORIZMUS EGYIK LEHETSÉGES ESZKÖZE:
A „PISZKOS BOMBA”

FAJLAGOS AKT. (KBQ/M ²)	CSAPADÉK NÉLKÜL		CSAPADÉKKAL	
	TERÜLET (KM ²)	AKTIVITÁS (GBQ)	TERÜLET (KM ²)	AKTIVITÁS (GBQ)
≥50	2424	1028	10460	10240
≥100	1413	956	10160	9934
≥300	596	819	8935	8709
≥1000	215	617	6370	6508

3. táblázat

Ha az előbbieken felhasznált paraméterekhez még hozzávesszük a csapadék hatásait, feltételezve, hogy az eső a robbanás után 10 perccel kezd esni, az esőzés 1 órán át tart, és mennyisége 20 mm/h, akkor a 3. táblázatban közölt adatokat kapjuk. Ebben az 50, 100, 300, 1000 kBq/m² fajlagos felületi aktivitású területek kiterjedése látható ugyancsak km² egységben, illetve ezen területek teljes aktivitása GBq egységben. Mint látható a csapadék jelentős mértékben képes megnövelni a felszín szennyezettségét.

Következtetések

Hogy a számszerű adatokkal kezdjük, egy 7 g tömegű, $3,7 \cdot 10^4$ GBq aktivitású Sr-90 izotóppal elkövetett terrorcselekmény következtében egy viszonylag kis kiterjedésű terület szennyeződik. Az érintett populáció nagyobb része, a robbanást közvetlenül övező tartományban, valószínűleg 1–10 mSv dózisegységértéknek megfelelő sugárhatásnak⁷ van kitéve. A kezdeti pánik lassan mérséklődik, majd a terrorcselekmény következtében kialakuló veszélyérzet egyre nő, azonban tudatos viselkedéssel a kockázat csökkenthető, ha a szabad tér helyett az épületek védelmét választjuk, természetesen csukott ajtók és ablakok mellett. Nagyon fontos a kormányzati szervek hatékony dekontaminációs tevékenysége, ha azonban késik, vagy akár teljesen elmarad a felszín mentesítése, akkor sem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a radioaktív atomok, szennyezett porszemcsék bediffundálnak a talajba, és mindössze néhány mm talajréteg is jelentősen csök-

⁷ Összehasonlítási alapként vegyük figyelembe, hogy személyenként átlagosan évi 2 mSv sugárterhelésnek vagyunk kitéve. Ennek kb. 70 %-a természetes eredetű háttérsugárzás, a 30 % pedig elsősorban orvosi, diagnosztikai eredetű.

kenti a béta-aktivitás szintjét addig, amíg a területek megtisztítása be nem következik.

Összefoglalva a mondottakat, ugyan megvan a lehetősége annak, hogy egy „piszkos bombával” viszonylag komoly gazdasági, politikai és társadalmi kárt okozzanak a terroristák, azonban a fenti modellszámítás eredményei azt mutatják, hogy egy kereskedelmi úton beszerezhető Sr-90 forrással csak viszonylag korlátozott hatást lehet csak elérni, amelynek a legkomolyabb következménye a polgári lakosságnak okozott egészségügyi kockázat. De azonnal tegyük hozzá, mindezek a következmények jelentősen csökkenthetőek, ha kellő hatékonysággal működik az egészségügyi ellátás, a katasztrófa elhárítás és megfelelő szintűek a dekontaminációs kapacitások. A kockázat még tovább csökkenthető a nem hasadó „árvaforrások” és a tiltott anyagok felügyeletének, biztonsági rendszerének fokozásával.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Paul Cornish – Ian Anthony: Assessing nuclear, biological, chemical and radiological threat to the European Union, 2005-13. Stockholm International Peace Research Institute
2. Paul Cornish: Assessing the threat of terrorist use of chemical, biological, radiological and nuclear weapons in the United Kingdom. An International Security Programme Report, 2007 February. Chatham House
3. Vladimir P. Reshetin: Estimation of radioactivity levels associated with a ⁹⁰Sr dirty bomb event. Atmospheric Environment, 39 (2005) pp. 4471–4477.
4. Jason D. Brown: Catastrophic terrorism: An examination of literature concerning the possibility of terrorist use of weapons of mass destruction. University of Alaska, Anchorage.
6. www.iaea.org/NewsCenter/Statements/2002/ebWP2002.shtml (2007-05-18)
7. www.cia.gov/cia/reports/terrorist_cbrn/terrorist_CBRN.htm (2007-05-30)
8. www.chathamhouse.org.uk/pdf/research/niis/CBRN0207.pdf (2007-06-12)
9. <http://www.ransac.org/11212005100139AM.html> (2007-06-12)
10. <http://www.greenpeace.org/international/campaigns/nuclear/proliferation/dirty-bombs> (2007-05-18)
11. http://www.dhss.mo.gov/LPHA_Toolkit/Chap5/04b.pdf (2007-05-30)
12. <http://www.newscientist.com/article.ns?id=dn5061> (2007-05-18)
13. <http://www.shout.net/~bigred/OsamRev.htm> (2007-06-12)
14. <http://www.edoug.com/category/cool/page/2/> (2007-05-30)
15. <http://www.homelandsecurityus.net/archives> (2007-06-12)
16. http://www.firstwatchint.org/np/np_051129.html (2007-05-18)

