

**Hanka László**

főiskolai adjunktus, doktorandusz  
Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem  
Villamos és Természettudományi Alapozó Tanszék

**Dr. habil Vincze Árpád PhD.**

Tanszékvezető egyetemi docens  
Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem  
Vegy- Katasztrófavédelmi és Védelmi Igazgatási tanszék

**Dr. Solymosi József DSc.**

a hadtudomány doktora, egyetemi tanár  
Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem

## **A NUKLEÁRIS TERRORIZMUS MINT POTENCIÁLIS FENYEGETETTSÉG NAPJAINKBAN**

### *Absztrakt*

*A hidegháború elmúltával a Föld lakosságának új típusú fenyegetésekkel kell szembenézni. A tömegpusztító fegyverek, ezen belül a nukleáris arzenál továbbra is része számos nemzet arzenáljának. A terrorizmus előretörésével azonban számolni kell annak lehetőségével, hogy ezek a fegyverek terrorszervezetek kezébe kerülnek, esetleg egyes terrorista csoportok megpróbálkoznak ilyen fegyverek előállításával. Alternatív lehetőségként kínálkozik a számos nukleáris erőmű elleni támadás lehetősége. Az alábbi írásban vázoljuk a nukleáris fegyverek és erőművek működésének ide vonatkozó részleteit, majd rátérünk annak elemzésére, hogy terrorista csoportok milyen esélyekkel és milyen lehetséges forrásokból juthatnak hozzá nukleáris fegyverekhez. Nemzetközi szervezetek adatbázisaiból, tanulmányaiból idézünk adatokat, eseményeket, amelyek a problémakört objektíven megvilágítják, és kivonatosan ismertetjük néhány hatáselemzés eredményét, amely a lehetséges következmények értékeléséhez ad alapot.*

*A well-funded terrorist group might be attracted to nuclear weapons in spite of the associated technical challenges. A nuclear attack could be achieved in one of four ways: By acquiring and using a complete nuclear weapon. By building a nuclear weapon. By constructing an Improvised Nuclear Device. By attacking a nuclear power station, using conventional means.*

**Kulcsszavak:** *Nukleáris fegyver, hasadóanyag, illegális kereskedelem, proliferáció, erőművi reaktor, terrorizmus.*

## NUKLEÁRIS FEGYVEREK SZERKEZETE

Egy nukleáris fegyver előállításához több különböző izotópot is fel lehet használni, egy lényeges jellemzőben azonban megegyeznek, mégpedig abban, hogy mindegyikben szubkritikus<sup>1</sup> állapotú hasadóanyagot kell lenni, amely lehet nagy arányban dúsított<sup>2</sup> urán-235, vagy kémiai tisztá plutónium-239 izotóp. Az elmélet szerint a maghasadás akkor termel energiát, ha az ún. hasadási paraméter, a  $Z^2/A$  hányados ( $Z$  a mag rendszáma,  $A$  pedig a tömegszám) értéke nagyobb, mint 36. A mag stabilitásának feltétele azonban az, hogy a hasadási paraméter kisebb legyen, mint 45. Ez a feltétel  $Z < 117$  esetén teljesül. Ha a hasadási paraméter 45-nél kisebb, akkor csak az adott izotópra jellemző aktiválási energia esetén következik be a hasadás. Az aktiválás neutron besugárzással történik. Az 1. táblázatban feltüntettünk néhány olyan hasadóanyagot, melyek neutronok hatására hasadnak. A táblázat tartalmazza az aktiválási energiák értékét is, továbbá a hasadás során felszabadult kötési energiát. Megfelelő hasadóanyag az, amelynél a felszabadult energia mennyisége nagyobb, mint az aktiválási energia. Ezért nem jó hasadóanyag például az U-238. Ha a hasadási paraméter 45-nél nagyobb, akkor a mag spontán, tehát külső behatás nélkül hasad. A 2. táblázat spontán hasadó izotópokat és ezek néhány adatát tartalmazza!

1. táblázat

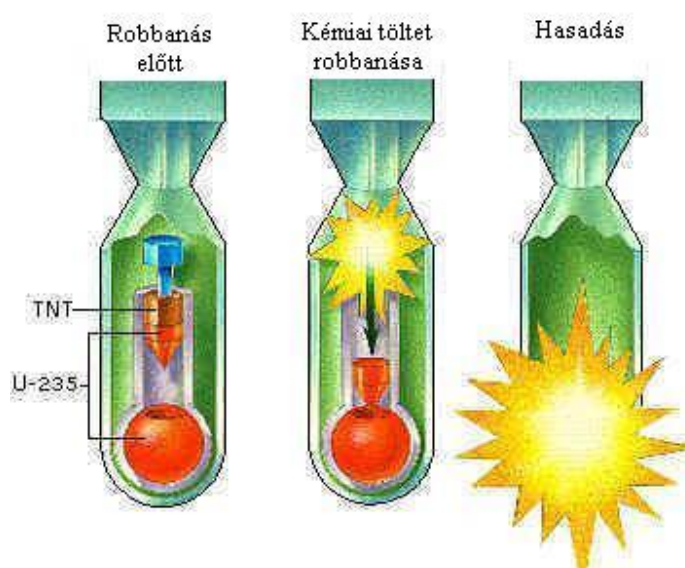
Neutronnal aktivált hasadóanyagok és tulajdonságaik					
hasadóanyag	radioaktív sugárzás típusa	$Z^2/A$	felezési idő	aktiválási energia	felszabaduló kötési energia
$n + {}^{240}\text{Pu} \rightarrow {}^{241}\text{Pu}$	alfa	36,6	6580 ezer év	0,87 pJ	0,84 pJ
$n + {}^{239}\text{Pu} \rightarrow {}^{240}\text{Pu}$	alfa	36,6	24 ezer év	0,87 pJ	1,04 pJ
$n + {}^{237}\text{Np} \rightarrow {}^{238}\text{Np}$	alfa	36,2	2 millió év	0,88 pJ	1,04 pJ
$n + {}^{233}\text{U} \rightarrow {}^{234}\text{U}$	alfa	36,2	158 ezer év	0,88 pJ	1,10 pJ
$n + {}^{235}\text{U} \rightarrow {}^{236}\text{U}$	alfa	35,9	0,7 milliárd év	0,92 pJ	1,04 pJ
$n + {}^{238}\text{U} \rightarrow {}^{239}\text{U}$	alfa	35,4	4,5 milliárd év	0,93 pJ	0,88 pJ
$n + {}^{232}\text{Th} \rightarrow {}^{233}\text{Th}$	alfa	34,8	14 milliárd év	0,95 pJ	0,90 pJ

A szükséges hasadóanyag mennyisége attól függ, hogy milyen technológiát alkalmaznak. A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (International Atomic Energy Agency = IAEA) értelmezi a hasadóanyagból szükséges „szignifikáns mennyiség”-et, vagyis azt a tömeget, amely minimálisan szükséges egy bomba gyártásához. Ezen meghatározás szerint a típustól függően vagy 25 kg U-235 vagy 8 kg Pu-239 szükséges egy fegyver előállításához. Egyes szakértők véleménye szerint azonban ennek a mennyiségnek mindössze az egytizede is elégséges lehet! Ez függ az alkalmazott technológiáktól és az urándúsítás mértékétől. Elméletileg, ha csak 20% arányban dúsított uránt alkalmaznak, akkor több mint 100 kg tömegű izotópra van szükség. A méretek tisztázásához megemlítjük, hogy az urán-fém sűrűsége  $18,95 \text{ kg/dm}^3$ , a plutóniumé pedig  $19,84$

<sup>1</sup> Ha a hasadóanyag tömegét növeljük, akkor egy, az adott izotópra jellemző tömegnél bekövetkezik az önfenntartó láncreakció. Ezt nevezzük kritikus tömegnek. Az ennél kisebb tömegű hasadóanyag szubkritikus állapotban van, ha a tömege nagyobb, akkor pedig szuperkritikus állapotú.

<sup>2</sup> Az erőművi reaktorokban alacsony mértékben dúsított (Low Enriched Uranium = LEU) uránt használnak fűtőanyagként. Ebben az U-235 koncentrációja maximum 4-5%. A nagy arányban dúsított uránban (High Enriched Uranium = HEU) ez a koncentráció legalább 20%. Kísérleti és ún. tenyésztőreaktorokban van szükség a 20% körüli dúsítottságra, azonban nukleáris fegyverek gyártásához minimum 85-90% koncentráció szükséges.

kg/dm<sup>3</sup>. Tehát egy liternyi térfogatú urán már atombombaként viselkedhet! A hasadóanyag tömege nagyon lényeges kérdés, különösen ha terrorcselekmények lehetőségére gondolunk, de átmenetileg ettől eltekintve, bármilyen dúsítású és tömegű uránt vagy plutóniumot használunk is, az elsődleges feladat a tervezők számára, hogy megtalálják annak a módját, hogy a robbanás előtt szubkritikus állapotú hasadóanyag a robbanás után kellően rövid idő alatt elérje a szuperkritikus állapotot. Ez szükséges ugyanis ahhoz, hogy a hasadóanyag teljes térfogatában közelítőleg egy időpontban alakuljon ki a nukleáris láncreakció. A nukleáris robbanás csak ebben az esetben lesz hatékony. Ha a szuperkritikus állapot relatíve hosszú idő alatt alakul ki, és ennek vagy egyéb okoknak a következtében a láncreakció nem terjed ki a hasadóanyag teljes mennyiségére, akkor ennek az lesz az eredménye, hogy a lokálisan felfutó nukleáris folyamat szétveti a bombát és ezzel együtt a hasadóanyag egy részét is, mielőtt abban globálisan „megszaladhatott” volna az önfenntartó láncreakció.



**1. ábra:**  
Egy uránium bomba robbanása [7]

A megfelelő hatékonyság biztosítása érdekében a szubkritikus hasadóanyag-darabokat „extrém gyors” kémiai robbanóanyagok alkalmazásával juttatják szuperkritikus állapotba, alapvetően két különböző módszerrel. Az egyszerűbb eljárás az ún. „puska-technológia”, amelyet a Hirosimára ledobott „Little Boy” névre keresztelt bombában is alkalmaztak (1. ábra). Ehhez szükséges két, szubkritikus tömegű U-235 darab, melyek egymástól elkülönítve helyezkednek el egy cső két végénél. A robbanás pillanatában kémiai robbanóanyaggal, az egyik (kisebb méretű) darabot egy csövön keresztül belelövik a másik rögzített darabba. Így alakul ki rövid idő alatt a szuperkritikus állapot. Mivel az U-235 spontán hasadásának valószínűsége kicsi, a láncreakciót egy neutronforrás indítja el. Ez példaképpen lehet egy rádium-berillium forrás. A Ra-226 ugyanis alfa-sugárzással bomlik, az alfa részecskék befogásával a Be-9 atommagok egy neutron kibocsátása után pedig stabil C-12 maggá alakulnak. A kibocsátott neutronok elindítják a láncreakciót a már kritikusnál nagyobb tömegű hasadóanyagban. A rádium az egyik a berillium pedig a másik szubkritikus urándarabhoz van rögzítve, így a neutronsugárzás pontosan a szuperkritikus állapot kialakulásakor indul be. A technológia tehát nagyon egyszerű, könnyen kivitelezhető, nem igényel kifinomult gyártási eljárásokat és nincs szükség bonyolult tudományos

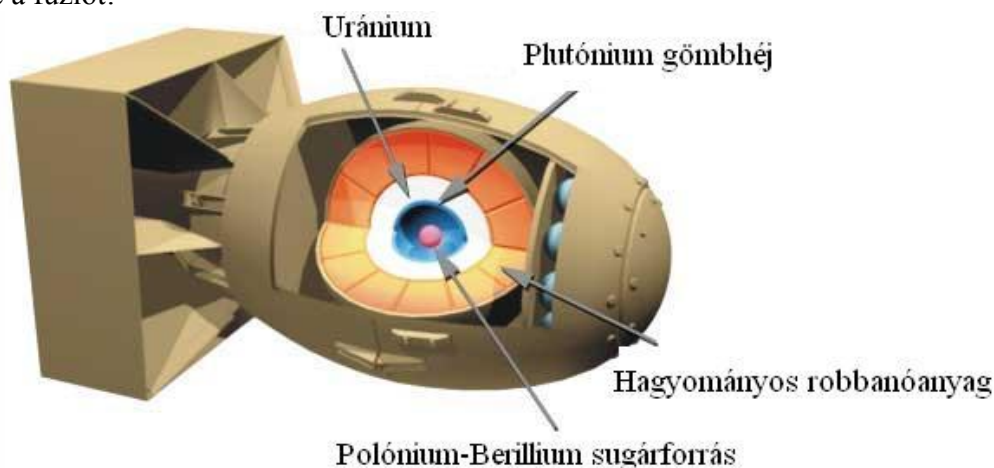
eredményekre sem! Ezt a megállapítást az a tény is alátámasztja, hogy a hirosimai bomba egy prototípus volt, amelyet korábban még nem teszteltek le. Nem volt ugyanis az Egyesült Államok birtokában több urán, csak annyi amennyi egyetlen bevetéshez elegendő, ennek előállítása is három évi megfeszített munkát igényelt!

2. táblázat

Spontán hasadó izotópok és tulajdonságaik					
hasadóanyag	radioaktív bomlás típusa	a sugárzás maximális energiája (MeV)	spontán hasadás mértéke (hasadás/sec/kg)	hasadási hatáskeresztmetszet (barn)	kritikus tömeg (kg)
<sup>235</sup> U	alfa	4,679	$5.6 \cdot 10^{-3}$	1.235	48
<sup>238</sup> U	alfa	4,270	5.51	0.308	–
<sup>239</sup> Pu	alfa	5,245	10.1	1.800	10.5
<sup>240</sup> Pu	alfa	5,256	478000	1.357	40.7
<sup>241</sup> Pu	béta	0,021	<0.8	1.648	12
<sup>242</sup> Pu	alfa	4,984	805000	1.127	75-100
<sup>237</sup> Np	alfa	4,959	<0.05	1.335	75-105
<sup>241</sup> Am	alfa	5,638	500	1.378	83.5

Ha az uránium esetére kifejlesztett „puska-technológiával” előállított fegyverben urán helyett plutónium a hasadóanyag, akkor a bomba nem működik! Ennek oka a következő: A Pu-239 esetében a hasíthatóságot leíró hasadási paraméter, a  $Z^2/A$  hányados, nagyobb, mint az U-235 esetében. Ez egyrészt azt jelenti, hogy Pu-239 magokra vonatkozólag nagyobb a hasadás valószínűsége. Másrészt a Pu-239 spontán hasadásának valószínűsége szintén nagyon csekély, de ha a Pu-239 mag egy neutronot befog, akkor a keletkező Pu-240 mag már számottevő valószínűséggel spontán hasad, tehát magától termel neutronokat (2. táblázat). Ha a szubkritikus plutónium darabokat az uránbombában alkalmazott módszerrel próbálnánk egyesíteni, a spontán neutronok már a szoros egyesülés előtt láncreakciót indítanak, még mielőtt a Be-9 neutronforrás találkozna a rádiummal, és a neutronforrás begyűjtana. A keletkező hő szétdobná a két plutóniumtömböt mielőtt a láncreakció teljesen kibontakozna. Ezért volt szükség arra, hogy kifejlesszenek egy másik eljárást, ez az ún. implózió, amely sokkal összetettebb ugyanakkor jelentősen hatékonyabb módszer. Egy implóziós eszközben, amilyen a Nagaszaki ellen bevetett „Fat Boy” fedőnevű bomba is volt, gömbhéj alakú, szubkritikus állapotú hasadóanyagot – amely lehet Pu-239 vagy akár U-235 is – vesz körül ugyancsak gömbhéj alakban a kémiai robbanóanyag (2. ábra). Ennek detonálása után a hasadóanyag sugárirányban összepréselődik („berobbanás” = implózió), eléri a szuperkritikus állapotot, és globálisan beindul a láncreakció. Az implózió során a befelé haladó lökéshullám által létrehozott nyomás elérheti a 100 millió atmoszférát. Teller mutatott rá, hogy ezen a nyomáson a plutónium kétszeres sűrűségűre nyomódik össze, és ez felére csökkenti a kritikus tömeget. Az implóziós technika – az előbbihez képest és abszolút értelemben is – meglehetősen összetett, bonyolult eljárás. Bonyolult tudományos és mérnöki problémák sorát vetette fel, magas szintű ismereteket és komoly technikai háttérrel igényel. Nagyon lényeges ugyanis, hogy a kémiai robbanóanyag a gömbhéj minden pontjában, ugyanabban az időpontban robbanjon fel. Ez azért szükséges, mert az implózióknak tökéletesen gömbszimmetrikusnak kell lennie, máskülönben a nukleáris robbanás nem következik be. Ennek a folyamatnak a szimmetriáját biztosítják egyrészt a „krytron”-nak

nevezett szinkronizáló kapcsolók, másrészt az ún. „akusztikus lencsék” és „tükrök” amelyek a lökéshullámot a gömbhéj centrumára fókuszálják. Az implóziós bombával kapcsolatban még meg kell említeni – bár a terrorizmus problémaköréhez nem kapcsolódik –, hogy a hidrogén fúzióját megvalósító termonukleáris fegyverekben is ezt alkalmazzák első fázisként. Ennek robbanása indítja be a fúziót!



2. ábra:  
Egy plutónium bomba szerkezete [10]

A természetes uránérc csak 0,7% koncentrációban tartalmazza a kisebb tömegű U-235 izotópot. A legfontosabb feladat első lépésként a természetes uránban az U-235 koncentrációjának a növelése, azaz a dúsítás. Ehhez az uránérből, több kémiai átalakítás után, urán-hexafluorid ( $\text{UF}_6$ ) gázt állítanak elő, melyet alávetnek valamilyen dúsítási eljárásnak. Ezek a következők lehetnek: gázdifúzió, centrifugális-, elektromágneses- vagy lézeres izotópszeparáció. Mindegyik eljárás lényege az, hogy azoknak az  $\text{UF}_6$  molekuláknak a koncentrációját fokozzák, amelyekben a kisebb tömegű uránizotóp van, kihasználva a diffúziónál a könnyebb mozgékonyaságot, a centrifugális eljárásoknál pedig a kisebb tömegeből adódó szétválási tendenciát. Az izotópdúsítás még akkor is komoly technikai háttérrel és időt igénylő feladat, ha csak reaktor fűtőanyagául szolgáló, gyengén dúsított uránra van szükség, melyben az U-235 koncentrációja maximum 4-5%. Egy bombához azonban 85-90% dúsítási arány szükséges. (A szakirodalomban több különböző adat van megjelölve a minimálisan szükséges koncentrációt illetően, van aki 93%-ot határoz meg. Abszolút pontos érték nem létezik, hiszen ez függ a bomba szerkezetétől!) Ilyen nagy arányú dúsítás eléréséhez még fejlettebb technológiák és megfelelő ipari háttér szükséges.

Pu-239 azonban nem található meg természetes állapotban, előállítható viszont a természetben fellelhető, elsősorban U-238 izotópot tartalmazó uránérből. Ehhez az U-238 magokat neutronokkal besugározzák, a keletkező U-239 izotópok 23 perc felezési idővel béta bomlás során neptunium-239 izotóppá alakul. A Np-239 szintén béta-aktív, 2,35 nap felezési idővel Pu-239 izotóppá alakul. A Pu-239 mag az előzőekhez képest stabilabb, alfa-bomlással alakul át 24400 év felezési idővel. A Pu-239 termelése céltudatosan az ún. tenyésztőreaktorokban történik, az erőművi reaktorokban pedig az U-238 besugárzásánál keletkező elkerülhetetlen „melléktermék”. Mindkét esetben az jelenti a nehézséget, hogy a vegytiszta Pu-239 izotópot összetett kémiai szeparációs eljárásokkal kell elkülöníteni a reaktor fűtőanyagában található

számos más izotóptól! Amit a tudományos ismeretek és ipari háttér szükségességéről az uránium kapcsán mondtunk, az a plutónium esetében fokozottan érvényes.

## A HOZZÁFÉRHETŐSÉG KÉRDÉSE

Induljunk ki abból a feltételezésből, hogy egy nukleáris fegyver előállítása magas szintű tudományos és mérnöki tervezést, precíz technológiát valamint adekvát ipari háttérrel igényel. (Ez a megállapítás alapvetően igaz, de a későbbiekben kissé árnyalni fogjuk.) Ezek a feltételek különösen a fejlett gazdasággal és iparral rendelkező országok számára egyre könnyebben elérhetők. De bárki is határozza el, hogy atomfegyvert szeretne gyártani, annak világosan kell látni, hogy egy ilyen fegyver fejlesztése és előállítása több fázisból áll, melyek mindegyike komoly műszaki és technikai feladatot jelent:

1. Tervezés; vagy egy már létező terv megszerzése.
2. Hasadóanyag előállítás; vagy a szükséges anyag beszerzése külső forrásból.
3. A bomba nem nukleáris egységeinek (robbanószer, detonátor, stb.) legyártása; vagy megszerzése.
4. Egy célba juttatható nukleáris fegyver/bomba összeállítása.

Mindezek a problémák komoly kihívást jelentenek egy olyan nem állami szereplőnek, mint amilyen egy terrorista csoport. Mindemellett azonban nem keresztülvihetetlen! Különösen, ha egy stabil alapokon nyugvó szervezetre gondolunk, amelynek célja az egyszerűbb szerkezetű uránium bomba kifejlesztése és bevetése. Ehhez természetesen szükséges a terroristák részéről az a meggyőződés, hogy érdekükben áll egy nukleáris fegyver birtoklása és használata, mert céljaikat más eszközzel nem érhetik el. Ez egy fontos kritérium, ugyanis széles körben elfogadott álláspont, miszerint a múltban a terrorista szervezetek tabuként tekintettek a nukleáris fegyverekre, úgy a hozzájutást, a vele történő fenyegetést, mint az alkalmazást illetően.

Ami a tervezést illeti, a műszaki irodalomban számos helyen fellelhetők az egyszerűbb szerkezetű, „puska-típusú” atombomba tervei, még az interneten is, bár természetesen ezek között sok pontatlan, hiányos, megbízhatatlan. De a kihívás mértékére jellemző, hogy állítólag a 60-as években, végzős egyetemisták egy csoportját bízták meg azzal a feladattal, hogy kizárólag publikus forrásokra támaszkodva tervezzenek meg egy nukleáris fegyvert, ami sikerült is nekik! Graham Allison 2003 végén írta a következőt: „Ha rendelkezésünkre áll a megfelelő anyag – egy grapefruit vagy egy baseball labda méretű hasadóanyag már megfelelő –, továbbá néhány százezer dollár, továbbá egy könyvespolc megfelelő könyvekkel, akkor néhány mesterképzésben részt vevő mérnökhallgató képes arra, hogy előállítson egy eszközt, amely nukleáris robbanást produkál!” Kissé komolyabbra fordítva a szót, számos szakértő osztja azt a nézetet, mely szerint egy nukleáris bomba tervezésének és építésének nehézségei jelentősen eltúlzottak. Magfizikával, elektronikával és robbantással foglalkozó fizikusok és mérnökök számára, megfelelő források és szakirodalom birtokában nem jelent nehézséget építeni egy nukleáris fegyvert. Meggyőző érv lehet e-mellett, hogy Los Alamos-i tudósok nem kevesebb, mint 69 különböző működőképességet terveztek már ki...

Az előállításhoz szükséges kulcsfontosságú összetevők, anyagok és technológiák, mint a nukleáris izotópok, az elektronikus komponensek, vagy akár a hasadóanyag gömbháj formájának kialakítására alkalmas szerkezet, mind nagyon specializáltak, ezekhez nehéz hozzájutni. Mégis előfordult, hogy egyes elektromos alkatrészek, sőt még vezetési rendszerek is hozzáférhetőek voltak illegálisan a fekete piacon. A minden nukleáris fegyver lelkét jelentő hasadóanyaghoz is

hozzá lehet jutni, úgy tűnik tehát, hogy a nehézségek nem leküzdhetetlenek. Az elmúlt több mint fél évszázad során a világ hasadóanyag készletei nem voltak megfelelő szinten felügyelve és őrizve, így elképzelhető, hogy kis mennyiségű U-235 vagy Pu-239 gazdára talált illegális csatornákon keresztül.

Becslések szerint 1991 végén a szovjet nukleáris arzenál részét képezte 9357 stratégiai, valamint 15000-30000 taktikai robbanófej, a nagy arányban dúsított urániumból felhalmozott készlet meghaladta az 1000 tonnát, és a Pu-239 készletet is 100 tonnánál többre becsülték. Ugyanakkor azonban a felügyeleti rendszerek kezdetlegeseek, primitívek voltak. Még napjainkban is legalább 650 tonna olyan hasadóanyagot tartanak számon a korábbi Szovjetunió területén, amely atombomba gyártására alkalmas, de ennek a készletnek kevesebb, mint az 50%-át felügyelik és őrzik egyre hatékonyabb biztonsági rendszerek alkalmazásával. A készlet többi része ki van téve annak, hogy illegális kereskedelmi csatornákon, vagy egyszerűen lopás útján eltűnjenek jelenlegi tárolóhelyükről. A „nukleáris kiszivárgás”-tól való félelem az 1990-es években öltött nagy méreteket, és sajnos napjaink egyik legégetőbb kérdése.

A helyzet objektív megítéléséhez azonban figyelembe kell venni, hogy a világ 40 országában működő, 130 civil irányítású kutató és tenyésztőreaktorban is található nagy arányban dúsított uránium. Ezek közül 50 reaktor található Európában illetve Európa közvetlen szomszédságában. Mindent egybevéve ezek teljes üzemanyag szükséglete 10 és 20 tonna között van. Más adatok szerint ezen 130 reaktor közül 128-ban egyenként több, mint 20 kg a nagy arányban dúsított uránkészlet, továbbá a világon fellelhető nem katonai céllal felhalmozott uránkészlet eléri a 200 tonnát. A Carnegie Alapítvány közelmúltban közzétett jelentése szerint, a fegyvergyártásra alkalmas Pu-239 mennyisége globálisan eléri az 525 tonnát, melyből 275 tonna polgári felhasználású – ehhez még hozzászámítandó az a további 1000 tonna, amely kiégett fűtőelemekben található szerte a világon –, és 250 tonna katonai célokkal fenntartott mennyiség. Ahogyan növekszik az erőművi reaktorok száma a világban, úgy szaporodik a polgári szférában számon tartott plutónium mennyisége is. A kérdéssel kapcsolatban gyakran emlegetik Pakisztán és Észak Korea példáját, ahol teljesen összeomlott mind a polgári, mind a katonai irányítású nukleáris létesítmények kormányzati kontrollja...

Ahhoz, hogy világosan értékelhessük ezen mennyiségek jelentőségét, vegyük figyelembe, hogy a hirosimai 12 kilotonna hatóerejű uránium bomba egy mindössze futball-labda méretű, nagyjából 50 kg tömegű U-235 izotópot, a Nagaszaki ellen bevetett implóziós plutónium-bomba hasadóanyaga pedig egy baseball-labda méretű, nagyjából 5 kg tömegű plutónium volt! Az egyre modernebb technikáknak köszönhetően elmondhatjuk, hogy ma már mindössze 2,5-8 kg (Pu-239 vagy U-235) hasadóanyagból készíthető egy kb. 1 kilotonna hatóerejű nukleáris fegyver. Számításba kell azonban venni az ún. „improvizált nukleáris eszköz”<sup>3</sup> készítésének lehetőségét, amelyben hasadóanyagként sokkal nagyobb mennyiségű, alacsony dúsítású uránt alkalmaznak. Ez az eszköz nem alkalmas arra, hogy teljes tömegében azonnal és hatékonyan detonáljon, erre a bombára szokásos a „robbanó” helyett a „sistergő” jelző használata<sup>4</sup>. Ha egy ilyen eszköz bevetése során az explózió mindössze néhány kilótonnányi hatóerővel ekvivalens – a néhányszor tíz kilotonna helyett –, egy terrorcselekmény elkövetéséhez akkor is megfelelő lehet, így az előállítás vonzó perspektíva a terrorista szervezetek számára. Itt azonban egy kulcsfontosságú kérdéshez érkeztünk: Politikai, stratégiai vizsgálatok során gyakran kijelölik a mennyiségi és minőségi korlátokat a nukleáris fegyverek gyártásával kapcsolatban (a felhasznált hasadóanyag minősége, dúsítási foka, mennyisége, a fegyver hatóereje, stb.) Ezek a határok azonban messze

<sup>3</sup> Improvised Nuclear Device ( IND)

<sup>4</sup> „fizzle” bomb

meghaladják azokat a korlátokat, amelyekre egy terrorakcióban szükség van! Egy kissé eltúlozva ez azt jelenti, hogy – mivel a kis aktivitás miatt az uránium kezelése viszonylag biztonságos –, egy terrorista előidézhet egy relatíve nagy hatóerejű nukleáris robbanást, egész egyszerűen úgy, hogy két szubkritikus urániumdarabot egyesít. „Ha kéznél van két különálló urániumdarab, triviális feladat nukleáris robbanást előidézni, még egy iskolás kölyök is képes rövid úton bombát készíteni.”

Alternatív lehetőségként kínálkozik belefogni egy urándúsító programba. Egy ilyen projekt azonban jelentős anyagi forrást igényel, nem is beszélve a titkos kutatás és fejlesztés szükségességéről és lehetőségéről, valamint az ehhez szükséges nagy kapacitású elektromos ellátó hálózatról. Ha források birtokában kivitelezhető is, egy ilyen programot nagyon nehéz, ha nem lehetetlen titokban tartani. Ezért nem nagyon valószínű, hogy bármelyik radikális terrorista csoport ezt az utat választja.

A plutónium termelése és szétválasztása – általánosan elfogadott álláspont szerint –, nagyságrendekkel több nehézséget jelent, mint az urándúsítás. Mindenképpen szükség van hozzá egy nukleáris reaktorra...

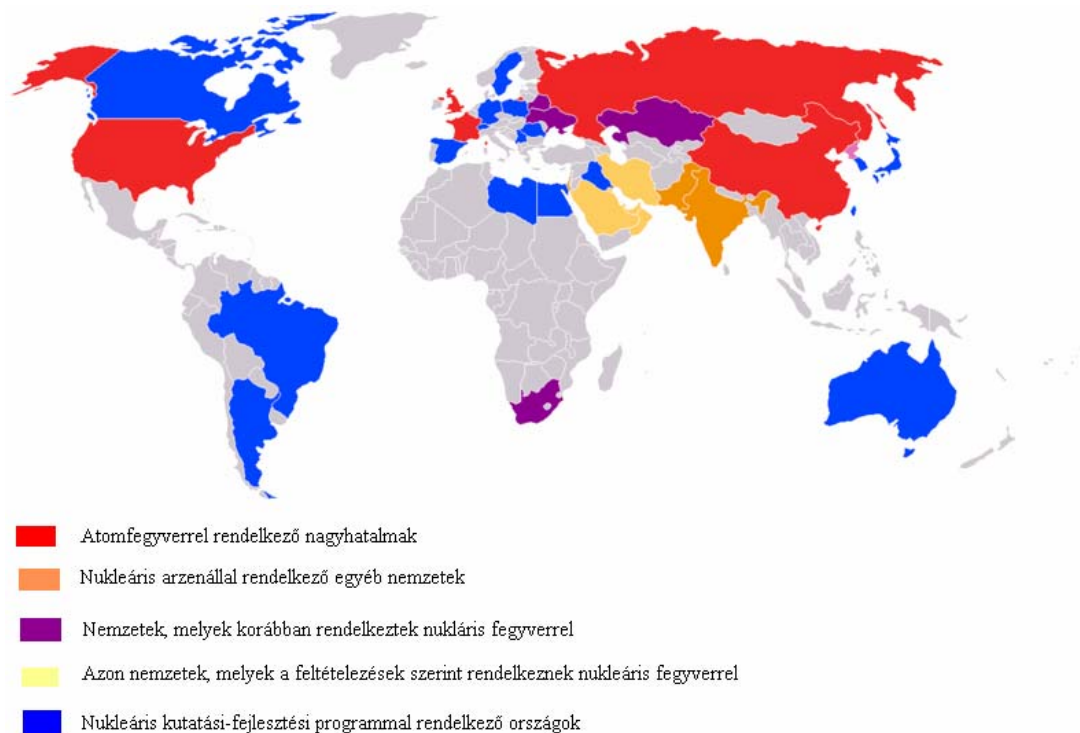
### **NUKLEÁRIS ARZENÁLLAL RENDELKEZŐ NEMZETEK**

A nyilvánosan hozzáférhető információk szerint Észak Korea az egyetlen olyan ország, amely jelenleg még nem rendelkezik telepített nukleáris arzenállal és ugyanakkor intenzíven törekszik ennek a célnak az elérésére. Két állam, India és Pakisztán rendelkezik kis méretű telepített nukleáris arzenállal, és emellett folyamatosan bővíti készleteit, mégpedig szándékaik szerint olyan szintre, amely elegendő ahhoz, hogy minimális elrettentő erőt képviseljenek.

Jelentősen több azon nemzetek száma, amelyek nyitottak a kérdést illetően és fenntartják a technikai lehetőséget, hogy a jövőben nukleáris programba kezdjenek, ennek érdekében fejlesztik a kutatási kapacitásaikat és az ipari háttérrel, amely a hasadóanyag termeléséhez szükséges. Számos ország, így Kína, Franciaország, Németország, Hollandia, az Egyesült Királyság, Oroszország és az Egyesült Államok olyan kutatási és termelési kapacitásokkal rendelkezik, hogy nukleáris termékekkel (alacsony és nagy arányban dúsított uránium) jelentős méretekben kereskedhetnek is! Kisebbségi volumennel bár, de ugyanezt megteheti még Argentína, Brazília, Irán, India, Izrael, Japán és Pakisztán is (3. ábra).

Egyes nemzetek hosszas kísérleti kutatások és technológiai fejlesztések eredményeképpen eljutottak oda, hogy képessé váltak – ha egyelőre nem is kereskedelmi célokkal – az urán dúsítására. Ebbe a kategóriába tartozik Ausztrália, Dél Afrika, Dél Korea és már Tajvan is. Egyes államok rendelkeznek azzal az ipari háttérrel, ami ahhoz szükséges, hogy erőművi reaktorok kiégett fűtőanyagából kémiai módszerrel elkülönítsék a plutóniumot és az uránt, és minden nemzet, amelyik rendelkezik nukleáris arzenállal – beleértve Indiát, Izraelt, Pakisztánt és Észak Koreát is – reprocessáló üzemeket is működtet, többek között Japán is!





**3. ábra:**  
Nukleáris fegyverek eloszlása [13]

Argentína, Brazília, Egyiptom, Irán és Dél Korea mára már felfüggesztette nukleáris kutatási tevékenységét, azonban nem feledkezhetünk meg arról, hogy a szükséges technológiáknak, tudásnak, infrastruktúrának a birtokába jutottak, egyesek felépítették működőképes reprocesszáló üzemeket.

Sajnálattal, de tudomásul kell vennünk, hogy nincs mindenre kiterjedő információnk a világ hasadóanyag készletéről, nem lehet pontosan tudni, hogy a múltban milyen mennyiségű hasadóanyagot állítottak elő, ki állította elő, és azt, hogy jelenleg hol tárolják ezeket a készleteket. Az azonban vitán felül áll, hogy jelentős mennyiségű hasadóanyag áll rendelkezésre és ennek egy része illetéktelen kezekbe juthat!

## HORDOZÓ RENDSZEREK

A hidegháború időszakában számos eszköz szóba kerülhetett abból a célból, hogy a nukleáris bombákat, robbanófejeket célba juttassák. Különböző hatótávolságú rakéták, amelyek egy vagy több robbanófejet is hordoztak, és amelyek szárazföldről is és tengerszint alól is indíthatók voltak; repülőgépek szabadon eső, valamint irányított bombák és rakéták célba juttatására; nukleáris tüzéségi eszközök kis hatótávolságú robbanófejek számára; továbbá hajók, tengeralattjárók, torpedók. Extrém példaként megemlíthetjük még a vállról indítható nukleáris rakétát, amely felidézi bennünk napjaink öngyilkos merénylőit. Az említett hordozóeszközöknek azonban számos egyéb funkciója, alkalmazási területe is van, nem kizárólag a tömegpusztító fegyverek célba juttatása a feladatuk. Ezek közül egy kategória, mégpedig a közepes és nagy hatótávolságú ballisztikus rakéták eszközrendszere nemzetközileg is kiemelt hangsúlyt kapott. Ez volt ugyanis tárgya az Egyesült Államok és Oroszország közötti kétoldalú fegyverzetkorlátozási

tárgyalásoknak. Az ok amiért éppen ezek az eszközök képezték a tárgyalások alapját az, hogy kiválóan alkalmasak nukleáris robbanófejek akár interkontinentális módon történő célba juttatására, másrészt azért mert nem nevezhetőek éppen költséghatékony eszköznek a hordozórendszerek sorában. A jelentős költségek ellenére növekedett irántuk az érdeklődés, így proliferációjuk egyre nagyobb probléma, hiszen potenciális alkalmazók számára biztosítják a cél nagy távolságból történő elérhetőségét, és az alkalmazók szemszögéből megítélve, további előnynek számít, hogy a legtöbb típusal szemben – ha már pályára állt –, nem létezik hatékony védekező eszközrendszer.



**4. ábra:**  
Ballisztikus hordozóeszközök eloszlása [14]

Azok az országok, amelyek rendelkeznek 1000 km-nél nagyobb hatótávolságú ballisztikus rakétákkal, illetve amelyeknél folyamatban van ezek beszerzése és telepítése, a következők: Kína, Franciaország, India, Irán, Izrael, Észak Korea, Pakisztán, Oroszország, Szaud-Arábia, az Egyesült Királyság és az Egyesült Államok (4. ábra). Ha figyelembe vesszük, hogy minden ország arsenáljában milyen fontos szerepet játszanak a különböző típusú rakétarendszerek, akkor az előbbi felsorolás azt mutatja, hogy azok száma elég csekély, akik már eljutottak a nagy hatótávolságú rendszerek birtoklásáig, illetve akik jó úton haladnak ebben az irányban. Szaud-Arábia kivételével mindegyik említett nemzetről elmondható, hogy vagy rendelkeznek már nukleáris fegyverrel, vagy pedig ezek proliferációja kapcsán érintve vannak. Nagyon kevésbé valószínű azonban, hogy nagy hatótávolságú ballisztikus rakétákat valaha is használni fognak nem állami szereplők. Ugyanez természetesen elmondható bármely más, speciálisan a fegyveres erők számára kifejlesztett hordozó eszközrendszerrel kapcsolatban is. Sokkal valószínűbb, hogy egy terrorcselekmény elkövetésekor a célba juttatáshoz nem hagyományos katonai eszközöket alkalmaznak!

Egyesek elképzelhetőnek tartják, hogy annak idején a Szovjetunióban építettek néhány „kézitáska”- vagy „hátizsák”-bombát, amelyek azóta is keringenek valahol a feketepiacon. Az ehhez hasonlóktól eltekintve a hidegháború során előállított nukleáris fegyvereket úgy tervezték és építették, hogy kellően robusztusak és ellenállóak legyenek. Sürgős esetben így nem károsodtak sem a logisztikai rendszerben, sem a harcmezőn, működésük mindvégig megbízható maradt a tervezett hatékonyság megtartásával. Terrorista csoportok számára azonban az említett elvárások nagy része felesleges. Számukra ugyanis nem lehet kívánalom a megbízható működés

harci körülmények között vagy akár a behatolás lehetősége az ellenfél komplex katonai védelmi rendszerébe. Egy terrorszervezet feltehetően megelégszik egy sokkal egyszerűbb szerkezetű és kisebb hatékonyságú eszközzel, amelyet nem jól védett katonai, stratégiai célpontok ellen, hanem nyílt, polgári célok ellen vetnének be. Esetükben szó sincs arányosan felfegyverzett ellenfelekről, kölcsönös elrettentésről. A fegyver célba juttatására pedig számos, a polgári életben hagyományos szállítóeszköz kerülhet szóba: teherautó, vasúti szerelvény, repülőgép, hajó, vagy egy egzotikus lehetőség a széles palettáról a hőlégballon.

Végiggondolva az egyes lehetőségeket, úgy tűnik, hogy a probléma legoptimálisabb megoldása – hagyományosan központi állami feladatként – a proliferáció megakadályozása és a fegyverzetkorlátozás illetve fegyverzet-csökkentés marad. A fennálló fenyegetettség azt sugallja, hogy egyre nagyobb szükség van azoknak a már működő programoknak a további támogatására és fejlesztésére, amelyek fokozzák a proliferációval kapcsolatban felmerülő anyagok biztonsági rendszerének hatékonyságát, megakadályozva ezáltal, hogy azok illetéktelen kezekbe kerüljenek.

## **TERRORAKCIÓ NUKLEÁRIS REAKTOROK ELLEN**

Legalább ennyire kézenfekvő alternatíva azonban elkerülni mind a fejlesztés és gyártás, mind a célba juttatás nehézségeit, és e helyett hagyományos eszközökkel támadást intézni egy működő erőművi reaktor ellen. Egy ilyen esemény katasztrofális következményekkel járna, ugyanis egy reaktorból a környezetbe jutó radioaktív szennyeződés aktivitása több mint ezerszerese is lehet egy atombomba robbanása során felszabadul aktivitásnak. A reaktor nukleáris fűtőanyagának, a hasadási termékeknek és az ezekből radioaktív bomlással keletkező izotópoknak a környezetbe történő kijutása normál üzemi körülmények között nem következhet be. A reaktor fűtőanyaga ugyanis nagy nyomás és magas hőmérséklet elviselésére alkalmas fémből (acél, cirkónium) készült, lezárt csövekben van. Ezt körülveszi az ugyancsak extrém fizikai körülményeknek is ellenálló, acélból készült reaktortartály, amely megerősített betonba van ágyazva. A reaktortartályban a fűtőelem rudakat közvetlenül körülveszi a hűtőközeg (a reaktor típusától függően könnyűvíz, nehézvíz, folyékony nátrium, ...stb), amely a hasadás során termelődő hőt szállítja el, egyben hűti a fűtőelemeket, megakadályozza azok túlmelegedését. Az egyik legfontosabb kérdés egy működő erőművi reaktornál éppen a hűtőközeg anyagi minőségével, mennyiségével kapcsolatos. Ennek áramlási sebessége is egy kritikus pont a tervezés során. Hiszen ha ez a sebesség túl alacsony, akkor a közeg nem hűt elég intenzíven, így a fűtőelem-rudak túlmelegsznek, ha viszont túl gyors, akkor a hűtőközeg nem hűl le eléggé a hőcserélőben, túl magas hőmérsékleten áramlik vissza a reaktortartályba, így az eredmény ugyanaz. (Ennek a jelenségnek lényeges szerepe volt a csernobili erőmű katasztrófájában.) Extrém esetben a túlmelegedés következménye lehet a primer hűtőkör vezetékeinek sérülése, következésképpen hűtőközeg vesztés, a hűtőközeg elpárolgása illetve elforrása. Ennek egyenes folyománya az, hogy a fűtőelem-rudak túlmelegsznek, fémburkolatuk megreped, összetörik, esetleg elolvad. Erőművi reaktorokban eddig két alkalommal következett be az az esemény, hogy a primerköri hűtőközeg eltűnése miatt a fűtőelemek károsodtak. Az első 1979-ben történt az Egyesült Államok Pennsylvania államában, Harrisburg mellett, a Three Mile Island erőműben. Itt azonban nem ütött ki tűz és nem történt robbanás sem, így a reaktortartály és a reaktorépület megakadályozta, hogy számottevő mennyiségű hasadóanyag és radioaktív izotóp a környezetbe kerüljön. Csernobilban 1986-ban azonban a hűtőközeg elforrását a keletkező hidrogén robbanása, majd a grafitmoderátor meggyulladás követte. A robbanás szétvetette a reaktorépületet, ennek tulajdonítható, hogy jelentős mennyiségű radioaktív szennyezőanyag került a szabadba. Mindkét esetben tervezési hiba és operátorhibák együttesen okozták a balesetet.

Az acél reaktortartály és az azt körülvevő betonréteg úgy van tervezve, hogy még ezekben a különleges esetekben is megakadályozza a hasadási termékek, radioaktív izotópok reaktorból történő kijutását. Ha a reaktortartály épségben marad, akkor a megrepesztett vagy elolvadt rudak tartalma teljes egészében a tartályban marad. Egészen más a helyzet, ha egy kémiai robbanás következik be, vagy tűz üt ki a reaktorban. Éppen ennek előidézése lehet a terroristák célja!



**5. ábra:**

A csernobili erőmű reaktora a robbanást követően [15]

Az erőművi reaktorokat úgy tervezték, hogy azok számottevő sérülés nélkül elviseljenek extrém természeti csapásokat, földrengéseket, hurrikánokat. A jelenleg működő reaktorok nagytöbbsége azonban az 1960-as és 70-es években épült az akkori technikai színvonal és biztonsági elvárások szerint. (Az azóta eltelt negyed évszázad során bekövetkezett reaktor fejlesztéseknek köszönhetően a biztonsági előírások változtak, de ne felejtjük el, hogy azok a reaktorok amelyek ezekben az évtizedekben működtek, még ma is termelik az energiát!) A tervezésnél számításba vették, hogy előfordulhatnak olyan repülőgép balesetek, melyek során érintve lehetnek erőművek, de csak a kor követelményeinek megfelelően. Nem helyeztek hangsúlyt arra, hogy olyan üzemanyaggal telt hatalmas repülőgépeknek is ellenálljanak, amelyekkel a Pentagon vagy a WTC épületeit támadták. Pedig az elvi lehetősége fennáll annak, hogy egy terrortámadás során repülőgéppel behatoljanak egy erőmű reaktorcsarnokába és így robbanást, tüzet idézzenek elő. Ebben az esetben számolni kell a hűtőközeg eltűnésével és az említett következményekkel. 2002 szeptember 10-én az Al-Jazeera televízióban bejelentették, hogy eredetileg az Al-Kaida 2001 évi szeptemberi tervei között szerepelt egy támadás nukleáris erőmű ellen! (Mi sem bizonyítja jobban, hogy hasadóanyagok és nukleáris hulladékok is szerepelnek a terroristák céljai között, mint az, hogy az Al-Kaida honlapján 80 oldalon keresztül részletezik, hogy hogyan kell piszkos bombát készíteni!)

A közelmúltban 6 olyan esetet hoztak nyilvánosságra, amelyek célja közvetlenül egy nukleáris erőmű elleni támadás volt. Ezek az események Franciaországban, Dél Afrikában,

Svédországban, a Fülöp Szigeteken és Spanyolországban történtek, szerencsére azonban ezek mind épülő reaktorok voltak, nem működtek, nem termeltek energiát. Az Interpol terrorizmussal foglalkozó szervezetének adatbázisa az 1970 és 1999 közötti 3 évtizedre vonatkozólag 167 regisztrált eseményt tartalmaz, amelyben nukleáris célok érintve voltak. 1966 és 1977 között 10 olyan terrorcselekmény volt Európában, amelyeket erőművi illetve kapcsolódó létesítmények ellen követtek el. Az orosz hírszerzőhivatal adatai szerint 1995 és 1997 között 50 ilyen esemény történt Oroszországban. 2005 októberében csecsen lázadók öt alkalommal kíséreltek meg repülőgép eltérítést, melyek során különböző oroszországi célokat szándékoztak támadni. A célok között szerepelt egy erőművi reaktor is. 1967 és 1975 között 240 esetet regisztráltak az Egyesült Államokban. Egy 2005 januárjában nyilvánosságra hozott jelentés szerint csak a 2004-2005 években, Nagy Britanniában 40 esetben fordult elő olyan esemény, melynek során erőművek biztonsága volt veszélyeztetve.

Egy sikeres terrorcselekmény esetében a következmények sok paramétertől függenek. Ilyenek az erőmű típusa, az erőműben okozott kár mértéke, a kiszabadult radioaktív izotópok mennyisége, az időjárási körülmények, a mentesítési munkálatok hatékonysága. A csernobili erőmű katasztrófája következtében mintegy 25 kg Cs-137 szabadult ki a reaktorból. A következmények ismeretesek. De manapság már számolnunk kell a lényegesen nagyobb szennyezés lehetőségével. Példaképpen megemlítjük az Írország partjaival szemben, Északnyugat Angliában található Sellafield erőművi komplexumot. Az angliai erőművek egy részéből ide szállítják a kiegészítő fűtőelemeket végső tárolás céljára – mellest Angliában itt gyártják az atomfegyverekhez szükséges hasadóanyagot is –. Ezen a helyen annyi radioaktív hulladék halmozódott már fel, hogy egy eredményes terrortámadás esetén az egyik legveszélyesebb, cézim-137 izotópból 625 kg szabadulna fel. Ez 25-szöröse annak a mennyiségnek, amely Csernobilban került a környezetbe! Ez akár 2 millió halálesetet is okozhat! Azonban a Csernobilban bekövetkezett katasztrófa következtében is, a környezet sugárszennyezése körülbelül 200-szor akkora volt, mint az 1945-ben bevetett két atombomba által okozott sugárszennyezés együttesen.

A nukleáris ipar, az Egyesült Államok Nukleáris Szabályozó Bizottsága<sup>5</sup> szakértőinek véleménye szerint, különösen a viszonylag kis méretű, mélyen fekvő reaktortartállyal rendelkező erőművek nehéz célpontok terroristák számára. Álláspontjuk szerint kicsi a reaktorba történő behatolás esélye – hiszen egy nagy méretű repülőgéppel nehéz ilyen pontosan manőverezni –, de ha ez be is következik, akkor sem valószínű, hogy a támadásra felhasznált repülőgép eléri magát a reaktortartályt. Hasonlóan csekély valószínűségű lehetőségnek tartják a reaktorcsarnokban a tűz kialakulását, kivéve azt az esetet, ha az üzemanyaggal feltöltött gép teljes egészében – az üzemanyagot tároló szárnyakkal együtt – behatol a reaktorba. Összefoglalva a szakértők véleményét, kijelenthetjük, hogy egy reaktor ellen egy repülőgéppel elkövetett támadás során kicsi annak a valószínűsége, hogy a reaktortartály annyira megsérüljön, hogy ennek következtében a lakosság egészségét és biztonságát veszélyeztető mennyiségű radioaktivitás kerüljön a környezetbe!

Ha a reaktort leállítják, bár a fűtőanyagban leállt az önfenntartó láncreakció, a radioaktív bomlás továbbra is termel hőt. Ezért a fűtőelemek hűtésére ebben az esetben is szükség van. (A paksi erőmű 2. blokkjában a súlyos üzemzavar úgy következett be, hogy a tisztítás során nem hűtötték elég intenzíven a rudakat!) A kiegészítő fűtőelemeket, melyeket eltávolítottak a reaktortartályból, átmenetileg – akár több évig is – a reaktorépületben, pihentető medencékben

---

<sup>5</sup> NRC: Nuclear Regulatory Commission. Az Amerikai Egyesült Államok egyik kormányhivatala, amelyet 1974-ben alapítottak

tárolják addig, amíg az aktivitás egy bizonyos szint alá csökken. Ezekben már annyira alacsony az U-235 koncentrációja, hogy bennük az önfenntartó láncreakció nem alakulhat ki, de a radioaktív bomlás ezekben is termel hőt, így folytonos hűtést igényelnek. Az átmeneti tárolás után ezek a fűtőelemek végleges tárolókba kerülnek, vagy magában a reaktorépületben vagy az erőmű területén található különálló építményekben. Itt állandó felügyelet mellett, vagy vízzel telt medencékben vagy száraz hűtőkonténerekben raktározzák ezeket. Mivel ezen épületek közel sem olyan biztonságosak, mint a reaktorcsarnok illetve a reaktortartály – hiszen nem arra tervezték ezeket, hogy elviseljék a reaktor aktív zónájában fennálló szélsőséges fizikai körülményeket –, ezért sokkal sérülékenyebbek és sebezhetőbbek egy esetleges terrortámadás esetén. Elvileg fennáll a lehetősége, hogy egy terrorakció során megrongálják az épület vastag betonfalát, így a tárolómedence hűtővize elfolyhat, a tárolt fűtőelem rudak túlmelegedhetnek, sőt extrém esetben akár meg is gyulladhatnak. Szakértők véleménye szerint azonban, bár a tűz kialakulásának lehetősége fennáll, kevésbé valószínű. Álláspontjuk szerint a kritikusok túlbecsülik a tűz kialakulásának lehetőségét, és alulértékelik a reaktor operátorszemélyzetének képességeit és lehetőségeit arra vonatkozólag, hogy megoldják a további hűtés problémáját a károsodott medencében. A száraz tárolókban pedig ezzel a lehetőséggel számolni nem kell, hiszen ott nincs szerepe a víznek. Erre az esetre a kritikusok annak lehetőségét vetik fel, hogy egy robbantás útján a környezetbe juttatják a fűtőelemek hasadóanyag tartalmát. Ennek a kérdésnek a vizsgálatával kapcsolatban konkrét számításokat is végeztek. Kelet Angliában, a Londontól 200 km-re található Sizewell B reaktor esetében modelleztek egy hasonló eseményt. A számítások során kiderült, hogy ha a kiégett fűtőelemek tárolója ellen egy eredményes támadást intéznének, ennek közvetlen következménye lehetne 1000 halálos kimenetelű rákbetegség és legalább 1000 km<sup>2</sup> kiterjedésű területet kellene evakuálni. Ha pedig tűz ütne ki a tárolóban, akkor a végzetes rákos megbetegedések száma 3500-15000 lehet, a körülményektől függően. Hogy miért éppen erre az erőműre vonatkozólag végeztek számításokat? Azért mert 2005 júliusában az angol hatóságok kezébe kerültek olyan dokumentumok, melyek bizonyítják, hogy az erőmű terrortámadás célja volt, az illetékes szervek azonban időben leállították az akciót, elfogták a potenciális tetteseket.

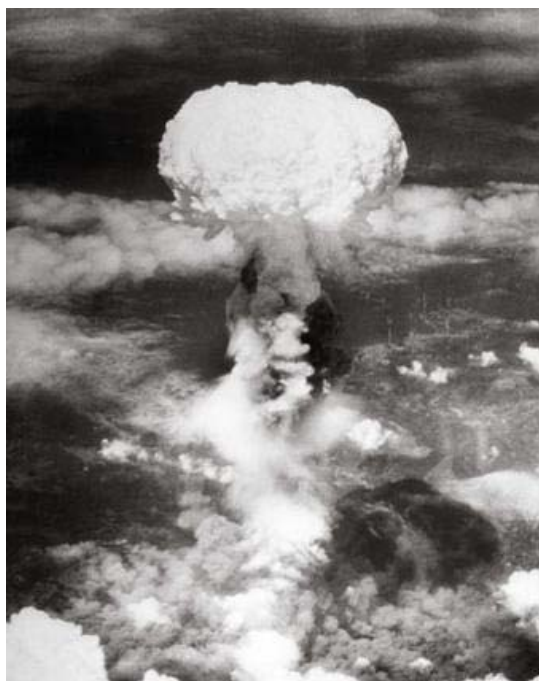
Sajnos ki kell jelentenünk, hogy egy eredményes terrortámadás következményeinek katasztrófa elhárításával kapcsolatban nem igazán lehetnek illúzióink. Az illetékes hatóságok ugyanis nincsenek kellően felkészülve arra, hogy a lakosságot megóvják a radioaktív szennyeződéstől. Ennek oka egyrészt az, hogy nem léteznek megfelelő tervek egy ilyen esetre, és nem léteznek megfelelő hatékonyságú radiológiai felderítő rendszerek. A feladat emellett nagyon összetett, átfogó és összehangolt tervezést igényel, amelyben részt kell vállalni a reaktorok vezetői és vezérlői mellett a helyi hatóságoknak, a felsőbb szintű irányító szerveknek és a katasztrófa elhárításnak is!

Annak ellenére, hogy a szakértők optimisták a kérdést illetően, nem szabad teljesen elhanyagolni egy ilyen esemény bekövetkezésének a lehetőségét. Ezért minden egyes erőmű esetében rendelkezni kell egy katasztrófa elhárítási programmal. Elsőként 1979-ben az Egyesült Államok Kongresszusa, a Harrisburg-ben bekövetkezett baleset nyomán követelte ezt meg minden erőműtől. Ennek keretében – különösen a sűrűn lakott nagyvárosok közelében –, az erőmű körül ki kell jelölni egy helyi viszonyoktól függően kb. 10-20 km sugarú zónát, ahol figyelmeztető szirénákat helyeznek el, és tervekkel kell rendelkezni az adott terület hatóság által kontrollált evakuálását és sugármentesítését illetően. A radioaktív kihullással szembeni védekezést segítené elő a lakosság jódtartalmú tablettákkal történő ellátása. Egy reaktorbaleset során ugyanis számottevő mennyiségű radioaktív jód szabadul fel, amely a szervezetbe kerülve felhalmozódik a pajzsmirigyben, ha abban alacsony a jód koncentrációja. A tablettákkal elősegíthető a nem radioaktív jód mennyiségének növelése a pajzsmirigyben, így a szervezetbe

kerülő radioaktív jód már kiürül az anyagcserével. A csernobili baleset következtében a halálos áldozatok száma jelentősen kisebb lett volna, ha a hatóságok ezt a feladatot elvégzik.

### EGY TÁMADÁS KÖVETKEZMÉNYEI

Egy sikeres atomtámadást minden bizonnyal azonnal felismernénk, ki ne látta volna már a nukleáris robbanások során keletkező jellegzetes gombafelhőt. (A 6. ábrán a Nagaszaki városa felett kialakult felhő látható.) A következményeket az 1945-ben Japán ellen elkövetett két támadás, valamint a 90-es évekig elvégzett számos kísérleti atomrobbantás elemzése alapján megjósolhatjuk.



**6. ábra:**

A Nagaszaki városa felett felrobbant plutóniumbomba gombafelhője [16]

I. A felszabaduló összes energiának nagyjából 50%-a az explózió során kialakuló lökéshullám mechanikai energiája. Több millió atmoszférányi túlnyomás alakul ki a centrumban, melynek következménye a centrumból kifelé irányuló nagyon erős szél. Ezzel együtt jár a gombafelhőben egy intenzív függőleges irányú áramlás. A kettő együttes következménye, hogy bizonyos idővel az explózió után a nyomásviszonyok megfordulnak, a szél ellentétes irányúvá válik, a centrum felé fordul. A lökéshullám, az erős szél hatására az épületek összeomlanak, hatalmas objektumok, törmelékek repülnek a levegőben, sérüléseket és halált okozva.

II. Körülbelül a teljes energia egyharmada termikus sugárzásként, hő és fény formájában jelenik meg. A robbanás közvetlen közelében a hőmérséklet elérheti a több tízmillió Celsius-fokot. Ilyen magas hőmérsékleten elpárolog minden, a környezet és az élő szervezetek anyagai. Távolabb a központtól intenzív tűzviharra kell számítani, az extrém magas hőmérséklet ugyanis tüzet okoz és ehhez társul az erős szél. Az erőteljes fényhatásoknak köszönhetően – a távolságtól

és a bomba hatóerejétől függően –, a robbanás irányába tekintve súlyos látáskárosodásra, átmeneti vagy végleges vakásra lehet számítani.

III. Hozzávetőlegesen az energia 15%-a közvetlenül a láncreakcióban keletkező izotópok radioaktív sugárzásának energiája lesz. De közvetett radioaktív sugárzással is számolni kell, amely a robbanás során szétszóródó, illetve a gombafelhőből kihulló izotópok környezetszennyezésének következménye. A radioaktív sugárzás biológiai következményei függenek az elnyelt dózistól és attól, hogy az élő szervezet mennyi ideig van kitéve a sugárzásnak. A következmények az alábbiak lehetnek:

1. Alacsony dózisok<sup>6</sup> esetén (2-5Sv) bőrpír, komolyabb esetben égési sérülések, hosszú időn keresztül gyógyuló fekélyek kialakulása, átmeneti hajhullás, émelygés, hányinger, hányás, fejfájás, fáradtságérzet, hasmenés, láz és mindehhez járul még a fehérvérsejtek számának átmeneti csökkenése. (Felmerül a kérdés, hogy milyen dózis okoz halálestet. Erre egyértelmű válasz nincs, több tényezőtől is függ, szakértők valószínűségi definíciót fogalmaztak meg ezzel kapcsolatban: Félhalálos dózis alatt értjük azt a dózist, amelynél 30 nap alatt a halálozás valószínűsége 0,5. Ezt az értéket 4,5Sv-re becsülik, de ez természetesen függ a gyógykezelés kezdetétől, hatékonyságától is. Jegyezzük meg meg viszonyítási alapként, hogy a természetes háttérből valamint a terápiás és diagnosztikai gyógykezelések következtében, továbbá a foglalkozás körében kapott sugárdózis összesen átlagosan évente 2mSv.)

2. Magasabb sugárzási dózis (6-20Sv) esetében a nyiroksejtek és a vérlemezek számának drasztikus csökkenésével és vérzékenységgel kell számolnunk. Jelentősen megnő a fertőzések kockázata. (Az elhalálozás valószínű ideje 1-2 hét)

3. Még nagyobb dózis (>20Sv) kiszáradáshoz, a központi idegrendszer károsodásához, a bél nyálkahártya-rendszerének kóros elváltozásához vezethet, amely már halálos következményekkel jár. Magas szintű sugárzás, ha nem halálos kimenetelű, okozhat meddőséget, illetve sterilítást valamint oka rosszindulatú daganatok kifejlődésének. Ilyen magas dózis esetén a halálozás valószínűleg 1-2 nap elteltével bekövetkezik. (A Japán elleni atomtámadásoknak köszönhetően minden ötödik embernél kimutatható volt a rákos elváltozás!)

IV. A kialakuló elektromágneses impulzus komoly működési gondokat okoz majd a elektromos és elektronikus rendszerekben. Különösen sebezhető az adott szituációban fontos szerepet játszó kommunikációs hálózatok, amelyek minden bizonnyal összeomlanak, használhatatlanná válnak.

Összefoglalva a leírtak lényegét: Egy nukleáris robbanás közvetlen következménye egy relatíve kis területre kiterjedő totális pusztítás. (A 7. ábrán Nagaszaki városa látható a robbanás után.)

A legáttekinthetőbb a helyzet a robbanás centrumának közvetlen közelében, ott ugyanis nem lesz semmi, amit helyre lehetne állítani, és nem marad senki, akit gyógykezelti, egészségügyileg ellátni kellene. A centrumtól távolodva a helyzet nagyon súlyos: jelentős számú halálessel, égési és egyéb fizikai sérüléssel kell számolni, a lokális infrastruktúra komolyan károsult vagy működésképtelen, továbbá nagyon magas szintű a radioaktív sugárzás. Ilyen körülmények között kell tevékenykedni a katasztrófaelhárító egységeknek. A helyzetet tovább súlyosbítja a kommunikációs csatornák már említett használhatatlansága. A hosszú távú egészségügyi

---

<sup>6</sup>Az „Elnyelt dózis” (D) a besugárzott anyag térfogatában elnyelt energiának és az anyag tömegének a hányadosa, a dimenziótól eltekintve a tömeg egység által elnyelt energia. Egysége 1Gray = 1 Gy = 1 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 Sievert = 1 Sv = 1 J/kg. Ez a korrekciós faktor béta-részecskék esetén 1, neutronokra és nehéz töltött részecskékre azonban 5–20 is lehet!



következmények további kihívást jelentenek. Ez utóbbi természetesen sok paraméter függvénye, függ a fegyver hatóerejétől, a hasadóanyag típusától, a környezetszennyezés mértékétől, stb. De a mondottak alapján biztosan kijelenthetjük, hogy egy atomtámadás rövid és hosszú távon egyaránt nagyon súlyos egészségügyi, anyagi, gazdasági és politikai károkat okozhat, különösen ha azt egy sűrűn lakott kereskedelmi vagy ipari központ ellen követik el.



**7. ábra:**

Nagaszaki városa a plutóniumbomba robbanása után [16]

## **ATOMFEGYVER HASZNÁLATÁNAK LEHETŐSÉGE**

Komoly viták tárgyát képezi annak lehetősége, hogy terrrorszervezetek használnak-e nukleáris fegyvert a jövőben vagy sem. Ha feltételezzük is, hogy hozzájuthatnak vagy akár előállíthatnak nukleáris eszközöket, a vélemények megoszlanak abban a tekintetben, hogy valóban alkalmaznák-e, illetve ha igen, milyen cél érdekében. Bizonyos tekintetben ez a nézőpont feleleveníti azt a hallgatólagos közmegegyezést – melyet még a terroristák is magukévá tettek –, hogy a nukleáris fegyverek tabunak számítanak. Ettől eltekintve továbbra is nehéz elképzelni, hogy terrrorszervezetek hagyományos arzenáljában nukleáris fegyverek szerepeljenek, ugyanis az atomfegyverek bevetésével járó következmények messze túlmutatnak még a legcéltudatosabb, legradikálisabb csoportok minden célján és elképzelésén! Az Egyesült Államok 1945-ben egyoldalúan használta nukleáris fegyvereit, a II. világháború befejezése óta azonban úgy tekintünk ezekre a fegyverekre, mint amelyekkel kapcsolatban határozottan és következetesen az arányosság elve érvényesül. Ez másképpen fogalmazva azt jelenti, hogy nukleáris fegyverek használatára illetve az ezekkel való fenyegetésre mindig is hatással volt annak mérlegelése, hogy az ellenfél részéről milyen válaszlépésekre lehet számítani az adott esetben. Ez a visszafogottság nagyon szokatlan a történelemben, gyakorlati oldalról azzal magyarázható, hogy atomfegyverek bevetése nagyon komoly pusztítást okoz, elméleti oldalról pedig azzal, hogy alkalmazásuk túllépi a legvégső morális határokat is!

A hidegháború idején a nukleáris fegyverek egy önálló, sajátos kategóriát képviseltek. Nem voltak „fegyverek” a hagyományos értelemben, hanem olyan különleges pusztító erejű eszközök, amelyeket kölcsönös, részben hallgatólagos megegyezés szerint nem használtak fel. Ha a terroristák a nukleáris fegyverek alkalmazását nem tekintik többé tabunak, akkor stratégiai

megfontolásaik sorában szembe kerülnek egyrészt azzal a ténnyel, hogy ilyen típusú fegyverekkel kapcsolatban nincsenek tapasztalataik, másrészt pedig azzal, hogy a bevetést követően már aligha lehetnek befolyással az események kimenetelére. A hidegháború elmúltával, a nukleáris arzenállal rendelkező nemzetek kormányának nem sok választási lehetősége maradt arra az esetre, ha országukat nukleáris támadás érné. Nehéz elképzelni, hogy egy ilyen támadásnak kitett ország számára volna más választási lehetősége, mint válaszlépésként ugyancsak nukleáris fegyverek bevetése, és az sem kétséges, hogy ez a döntés egy pillanatig is kérdéses lenne! Pontosan úgy, mint ahogyan az a hidegháborús doktrínákban szerepelt, sokkal valószínűbb válaszlépés a „tömeges megtorlás” a támadókkal és szövetségeseikkel szemben, mint a tárgyalások a felelős személyekkel vagy szervezetekkel.

Az igazi nehézségek akkor merülnek fel, amikor a hagyományos terrorizmus módszerei helyett az ún. „expresszív terrorizmus” eszközei kerülnek előtérbe, amikor a nukleáris fegyverek alkalmazása nem a tárgyalások kikényszerítését és a megegyezés előmozdítását, hanem egyszerűen és kizárólag csak a pusztítást szolgálja. A terroristák számára ebben az esetben fő szempont az egyoldalú és látványos nukleáris támadás, és éppoly lényeges ennek szimbolikus tartalma, függetlenül attól, hogy a terrorista személyek vagy csoportok szélsőséges vallási meggyőződésből vagy bármely más apokaliptikus látomás által vezéreltek. Ha nem is látják szívesen, de elfogadják a tényt, hogy akciójuk megtorlása során elpusztulhat maga a szervezet is és minden, ami a szervezettel kapcsolatban áll. Mi más lehet ebben az esetben a megtorló lépés mozgatórugója, mint az, hogy megadni a lehetőséget a terroristáknak, hogy mártírrá váljanak? Mindemellett a megtorló válaszlépés hatékonysága és értelme kérdésessé válik – eltekintve átmenetileg attól, hogy az áldozatok száma aránytalanul nagy lehet –, ha figyelembe vesszük, hogy az elkövető szervezet mindössze néhány száz főből állhat és ezek is szétszóródhatnak egy viszonylag nagy, akár több országra kiterjedő területen! Kérdés, hogy ebben az esetben valóban célravezető egy nukleáris ellentámadás? Ha ellenben úgy határoznak, hogy nem célravezető, és megszületik a döntés, hogy válaszlépésként csak hagyományos katonai eszközöket alkalmaznak ellenük, akkor a terroristák a támadással már el is érték céljukat, hiszen ebben az esetben semmiféle változás nem következik be helyzetüket, körülményeiket illetően, hiszen számukra ez a megszokott, mindennapi állapot. Feldereng lassan a lehetősége annak, hogy egy nukleáris fegyverekkel rendelkező ország, miközben a válaszlépést fontolgatja egy viszonylag korlátozott hatékonyságú nukleáris terrorakcióra, ezzel már saját magát fenyegeti! Nem könnyebb a helyzete természetesen egy nukleáris arzenállal nem rendelkező országnak sem, hiszen a hagyományos válaszlépésekre a terroristák fel vannak készülve. Az sem egyértelmű és világos, hogy ha egy atomfegyvert birtokló nemzet egyik szövetségese a kiszemelt áldozat, akkor az előbbi fontolóra veszi-e a nukleáris válaszlépést szövetségese védelme érdekében, még akkor sem, ha ennek a megtorló lépésnek elrettentő hatása egyértelmű. Elképzelhető, hogy a „posztmodern terroristák” szemszögéből ez a forgatókönyv kezdeményezésre sarkalló tényező, hiszen egy nukleáris fegyver bevetése számukra a lehető legnagyobb „haszonnal” jár, mindemellett a bevetés következményeként várható megtorlás kockázata ehhez képest minimális, de legalábbis a korábbi biztonsági helyzetükhöz képest a kialakuló szituáció változatlan!

## **ILLEGÁLIS KERESKEDELEM**

Szakértői vizsgálatok rávilágítottak arra a veszélyre, hogy számos különböző anyaggal, ismerettel, technológiával kapcsolatban felmerül a proliferáció problémája, és ezt számításba kell venni úgy az Európai Unióban mint a világ többi részén. Ehhez jelentős mértékben hozzájárulhat az illegális kereskedelem, mellyel kapcsolatban a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség a

következő megállapítást tette: „A nukleáris anyagok illegális kereskedelme potenciális fenyegetést jelent a nemzetközi biztonságra vonatkozólag. A nukleáris kereskedelemnek egyenes következménye lehet a nukleáris proliferáció és a nukleáris terrorizmus. A nukleáris anyagok illetéktelen értékesítése, elvesztése vagy pazarlása súlyos gazdasági és környezeti következményeket okozhat.” 2004-ben derült ki, hogy annak a kereskedelmi hálózatnak a hátterében, amely a proliferáció problémájával kapcsolatban magára vonta a szakértők figyelmét, Abdul Qadeer Khan pakisztáni fizikus állt, aki a Khan Kutatólaboratórium-ot irányította. A hálózat tevékenységére egy évvel korábban, 2003 októberében derült fény, amikor Irán beismerte a Nemzetközi Atomenergia Ügynökségnek, hogy titokban berendezéseket vásárolt Pakisztántól. A hálózat két évtizeden keresztül működött, fő árucikként nem hasadóanyagokkal, hanem elsősorban ismeretekkel és berendezésekkel kereskedtek. 2003 decemberében sikerült mélyebben betekinteni a hálózat tevékenységébe, amikor Líbia úgy döntött, hogy felhagy a tömegpusztító fegyverek és hordozórakétáik fejlesztési programjával. A szervezethez tartozó nagy számú eladó, közvetítő és gyártó, valamint ezek szövevényes kapcsolatrendszere miatt nagyon nehéz volt a betekintés az illegális hálózatba, annak ellenére, hogy korábban már felfedtek hasonló szervezeteket. Az 1970-es és 80-as években, Irakban és Dél Afrikában is átláthatatlan kapcsolatrendszereket használtak fel, hogy megszerezzék a szükséges anyagokat, berendezéseket és információkat fegyverek kifejlesztéséhez. Ha a Pakisztán központú szervezetre, mint „Khan-hálózatra” hivatkozunk, akkor meg kell állapítsuk, hogy az elnevezés félrevezető, mert a valóságban a hálózat nemzetközi volt, másrészt viszonylag mentes volt a hierarchiától. A kulcsfontosságú technológiák birtokosai és a hálózat vezetői, beleértve Khant, Pakisztániak voltak, azonban a szervezet munkájában részt vevő személyek számos kontinens több országában, Európában, az Egyesült Arab Emírátsokban, Törökországban, Dél Afrikában valamint Malaysiában tevékenykedtek. A hálózat eredményes működése azonban olyan gyártóktól és ellátóktól is függött, akik tudtukon kívül működtek közre a szervezet munkájában.

Több rendelkezésre álló forrásból hozzá lehet jutni olyan adatokhoz, amelyek az illegális nukleáris kereskedelemről adnak információt. A legfontosabb ezek között a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség Illegális Kereskedelemre vonatkozó Adatbázisa<sup>7</sup>. Ebben található adatokat a radioaktív és nukleáris anyagokkal összefüggő illetéktelen tevékenységre vonatkozólag, valamint ezekkel az anyagokkal elkövetett tiltott kereskedelmi tevékenységgel kapcsolatban. Ez az adatbázis 1995-ben jött létre, legfontosabb funkciója pedig az ide vonatkozó adatok és információk államközi áramlásának biztosítása.

Áttekintve a legfrissebb adatbázist, amelyben 1993 óta halmozódnak az adatok, kiderül, hogy 662 eseményről vannak hiteles információk. Ezek közül 196 esetben kereskedtek bizonyítottan hasadóanyagokkal, 400 esetben radioaktív izotópokkal, főleg radioaktív sugárforrásokkal, 24 esetben mindkét anyagfajttával és 5 esetben pedig más anyaggal volt kapcsolatos a tiltott tevékenység. Ha az adatbázist évenkénti bontásban tekintjük át, akkor azt tapasztaljuk, hogy a hasadóanyagokkal kapcsolatos események száma csökkenő tendenciát mutat egészen 2004-ig, amikor ismét növekedés tapasztalható. Azonban ebben az évben egyetlen egy olyan eset sem fordult elő, amikor nagy arányban dúsitott urán vagy plutónium lett volna érintve. 1993 óta mindössze 18 olyan eseményt regisztráltak – a legutolsót 2003-ban – amikor hasadóanyagokkal kereskedtek. A tömegüket tekintve, néhány esetben kilogrammnyi nagyságrendű mennyiségek szerepeltek, a legtöbbször azonban csak a rendelkezésre álló, eladásra szánt nagy mennyiségekből vett parányi mintákról volt szó. Körülbelül 50 olyan esetet regisztráltak, amikor olyan, nagy

---

<sup>7</sup>The IAEA Illicit Trafficking Database (ITDB)

aktivitású radioaktív forrás cserélt (volna) gazdát, amely szándékos alkalmazás estén jelentős veszélyforrást jelentett volna. Ezek túlnyomó többsége az elmúlt 6 évben fordult elő.

A földrajzi eloszlás vizsgálata alapján kijelenthetjük, hogy globális jelenséggel állunk szemben. Ennek ellenére a számadatok azt jelzik, hogy elhanyagolhatóan kicsi azoknak az eseményeknek a száma, melyek során atomfegyverek gyártásához szükséges hasadóanyagokkal kereskedtek volna illegálisan. Az ilyen tárgyú tevékenység legutóbb 1992 és 1994 között ért el számottevő méreteket, amikor is bizonyítottan „mindössze” két esetben került szóba hasadóanyag.

## LEHETSÉGES FORGATÓKÖNYVEK

A közelmúltban sokan tettek kísérletet egy nagyváros ellen elkövetett nukleáris támadás hatásainak és következményeinek modellezésére. A becslések szerint egy nagyon sűrűn lakott nagyvárosban explodált 10 kilotonna hatóerejű bomba közvetlen következménye lehet akár 500000 halálos áldozat és nagyságrendileg ezer milliárd dollár gazdasági kár! 2003 májusában egy Brüsszel ellen elkövetett elképzelt atomtámadás hatásait elemezték a „Fekete Hajnal” fedőnevű forgatókönyv keretében. A számítások szerint, ha a város felett egy viszonylag egyszerű szerkezetű, 40-60 kg tömegű, 90% dúsítottaságú urániumot tartalmazó, 10 kilotonna hatóerejű bombát robbantanának, akkor a következőkre lehetne számítani: A robbanás közvetlen következményeképpen körülbelül 40000 lenne a halálos áldozatok és nagyjából 300000 a sérültek száma. További 40000 haláleset következne be az ezt követő 12 órában a radioaktív sugárzásnak köszönhetően, és ez a szám további 2000-rel emelkedne 48 óra elteltével. Egy nagyjából 350m sugarú körzetben belül a fizikai pusztítás totális lenne, azonban még 2km-es körzetben is jelentős károokra lehetne számítani. Az elektromágneses impulzus 3km sugarú körzetben tönkretenne minden villamos és elektronikus hálózatot. A kommunikáció ilyen körülmények között elképzelhetetlen lenne. Az utak, vasutak, repülőterek és más infrastrukturális létesítmények vagy teljesen elpusztulnának, vagy használhatatlanná válnának. A gazdasági kár egyszerűen felbecsülhetetlen, számokkal szinte már ki sem fejezhető! (Összehasonlításképpen megemlítjük, hogy Hirosimában a 12,5 kilotonnás uránbomba bevetésének következménye összesítve kb. 255000 halálos áldozat, a közel kétszer ekkora hatóerejű plutóniumbomba Nagaszakiban 195000 halálos áldozatot követelt. Ezen áldozatoknak nagyjából egyharmada a robbanást követő percekben lelte halálát, a többi áldozat a kialakuló sugárbetegségnek, rákos daganatoknak, és egyéb sérüléseknek következtében hunyt el.)

## HELYZETÉRTÉKELÉS

Egy nukleáris támadás, még egy relatíve kis hatóerejű uránbomba bevetése esetén is különlegesen nagy kárt okozna. Legideálisabb célpontok a modern nyugati társadalmak összetett infrastrukturális és társadalmi berendezkedésű nagyvárosai lehetnek. A kockázatot azonban nem csak a lehetséges következmények oldaláról kell megközelíteni, hanem meg kell becsülni az esetleges terrorakció bekövetkezésének valószínűségét is! Optimista vélemények szerint, egy ilyen terrorcselekmény valószínűsége elhanyagolhatóan kicsi. Gyakorlatilag nulla annak az esélye, hogy egy terrorszervezet képes lenne megtervezni és legyártani, vagy valamilyen forrásból beszerezni nukleáris fegyvert, ha ugyanis ennek a legkisebb esélye is megvan, számíthatnak arra, hogy aránytalanul drasztikusak lesznek a következmények. Egy nukleáris eszközzel elkövetett terrorcselekmény kockázatának növekedésével így tehát aligha kell számolnunk.

Előfordulhat azonban, hogy túl bonyolultnak tekintjük az atomfegyverek gyártásához és beszerzéséhez szükséges tudományos és mérnöki feladatokat. Pesszimista vélemények szerint ugyanis lehetséges, hogy ezek a nehézségek ténylegesen nem korlátozzák egy nukleáris terrorakció bekövetkezésének valószínűségét, de legalábbis nem eléggé! Több tudós és katonai szakértő kifejezésre juttatta már azon a véleményét, hogy a szükséges tudományos és mérnöki ismeretek illetve anyagok mind árucikké váltak, hozzáférhetőek azok számára, akik kellően elszántak. Ha ezek az aggodalmak helytállóak, akkor viszont nem a hozzájutás és alkalmazás kockázatának a becslésével kell foglalkozni, hanem sokkal inkább a hagyományos értelemben vett fenyegetettség kérdését kell előtérbe helyezni, és hatékony intézkedéseket tenni. Ha ugyanis csak ölbe tett kézzel ülünk és várjuk, hogy a terrorcselekmény bekövetkezzék, akkor sebezhetőségünk sokkal fokozottabb.

Köztudott, hogy az al-Kaida hosszú idő óta érdeklődik működőképes nukleáris fegyverek beszerzése vagy előállítása iránt. Oszama Bin Laden kijelentette, hogy ez az al-Kaida vallási kötelessége. Egyes állítások szerint, annak ellenére – vagy annak köszönhetően –, hogy a Tálib rezsim nem hagyta el Afganisztánt, és viszonylag sértetlenül tovább tevékenykedik az országban, az al-Kaida előbb-utóbb szert tesz atomfegyverre. Ha így értékeljük a helyzetet, akkor tekintet nélkül a technikai nehézségekre, a nukleáris terrorizmussal, mint reális fenyegetéssel kell számolnunk! Egyesek még élesebben fogalmazznak. Szerintük az egyetlen komoly fenyegetés a nyugati világra az, hogy atomfegyverek juthatnak terroristák kezébe!

## Hivatkozások

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 into the United Kingdom. An International Security Programme Report, 2007 február. Chatham House
3. Jason D. Brown: Catastrophic terrorism: An examination of literature concerning the possibility of terrorist use of weapons of mass destruction. University of Alaska, Anchorage.
4. Oumesish Youssef Oumeish: Nuclear terrorism: health and Environmental Hazards and Threats From Ionizing and Nuclear Radiation (FRCP, Glasgow)  
[www.nps.edu/Library/Research/Bibliographies/CBNTerror/CBRNbibNuclearPeriodicals.html](http://www.nps.edu/Library/Research/Bibliographies/CBNTerror/CBRNbibNuclearPeriodicals.html) -
5. Molnár Kolos-Vincze Árpád-Solymosi József: A nukleáris fegyverek elterjedését megakadályozó nemzetközi rendszerek működési tapasztalatainak alkalmazása. Haditechnika. 2006.06.
6. <http://www.greenpeace.org.uk/media/reports/nuclear-power-and-terrorism-2006-01-30> (2007-05-10)
7. <http://enviro.org.au/news-Sep20055.asp> (2007-05-21)
8. [www.chathamhouse.org.uk/pdf/research/niis/CBRN0207.pdf](http://www.chathamhouse.org.uk/pdf/research/niis/CBRN0207.pdf) (2007-06-15)
9. <http://www.fas.org/irp/crs/RS21131.pdf> (2007-06-15)
10. <http://www.atomicarchive.com/Fission/Fission9.shtml> (2007-05-21)
11. <http://www.fas.org/irp/crs/RL32595.pdf> (2007-06-15)
12. <http://www.mult-kor.hu/cikk.php?article=10473&page=4> (2007-05-10)
13. [http://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear\\_proliferation](http://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_proliferation) (2007-05-21)
14. [http://www.4600n200e.com/15603/index.html?\\*session\\*id\\*key\\*=\\*session\\*id\\*val\\*](http://www.4600n200e.com/15603/index.html?*session*id*key*=*session*id*val*) (2007-06-15)
15. <http://helikonportal.hu/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=3568> (2007-06-05)
16. <http://www.mult-kor.hu/cikk.php?article=10473&page=4> (2007-05-21)