



Finta Viktória- Rácz Sándor

T ZOLTÓI BEAVATKOZÁS RADIOLÓGIAI ESEMÉNYKEZELÉSÉNél

Absztrakt

Egy káreseményt akkor tekintünk radiológiai eseménynek, amikor nem nukleáris, de ionizáló sugárzást kibocsátó anyag van jelen. Az ilyen sugárforrásokat általában zártan tárolják és szállítják, azonban egy baleset vagy t z eset alkalmával a csomagolásuk, illetve véd burkolatuk megsérülhet. Ilyen módon nyílttá is válhatnak, így jelent sen megn het a környezetükben az expozíció, vagy akár a kiszóródás lehet sége is felmerülhet. Az ionizáló sugárzásoknak típustól és dózistól függ en egészségkárosító hatásaik lehetnek, extrém esetben halált is okozhatnak, miközben érzékszerveinkkel nem, csak m szerekkel detektálhatóak. Éppen ezért radiológiai veszélyhelyzetben az els ként beavatkozó t zoltók a leginkább veszélyeztetettek, az élet- és vagyonmentés során sugárvédelmük alapvet en fontos. Emiatt a helyszínen a t zoltás-vezet re már a beavatkozások kezdeti szakaszában sok, azonnal végrehajtandó feladat hárul, valamint rendkívül nagy felel sség nehezedik. Itt kulcsszerepet játszik a kiadott riasztás min sítése, valamint a helyszíni felderítés alapossága. A téma feldolgozása abban nyújt segítséget, hogy egy ilyen esemény során milyen veszélyekkel kell számolni, milyen kockázatok vállalása indokolt a t zoltók részér l, valamint milyen tevékenység elvégzése elkerülhetetlen.

Kulcsszavak: radiológiai esemény, ionizáló sugárzás, sugárvédelem, döntéshozatal, els beavatkozók védelme

DEPLOYMENT DURING A RADIOLOGICAL EVENT

Abstract

Radiological emergencies (RE) are those emergencies which involve radioactive material that is not nuclear but emits ionizing radiation. Although such sources are usually kept and transported closed, their shielding or packing can be damaged in case of accident or fire. If the source becomes unshielded environmental exposure can increase or even radioactive contamination can occur. Depending on type and dose ionizing radiations can cause *morbidity* or even mortality, meanwhile they only can be detected with special instruments but not our senses. That is why first responders are the most endangered in a RE and their radiation protection is imperative. Thus, even at the initial stage of the intervention, the incident commander (IC) has to tackle with several urgent tasks and a huge responsibility. Alarm level classification and on-spot reconnaissance take on a crucial role here. The paper provides help to clarify hazards and make decisions on taking the risks.

Keywords: radiological emergency, ionizing, radiation, protection, decision-making

BEVEZETÉS

A hatékony t zoltói beavatkozás t z esetén, tulajdonképpen párhuzamosan végzett tevékenységek szakszer végrehajtása, amely lényegét tekintve az élet-, illetve tárgymentés l, a t z eloltásából, a veszélyeztet tényez k megszüntetéséb l, valamint ezekkel kapcsolatos feladatok végrehajtásából áll. Ezeknek mindegyik eleme el re gyakorolt protokollokon alapul, amelyek alkalmazását törvény, illetve szervezetszabályzó eszközök részletezik, de a helyszín változatossága, valamint az el forduló különböz veszélyeztet tényez k ezek végrehajtását akadályozhatják.

A cikk témáját tekintve a sugárforrások környezetében végzett beavatkozások veszélyeinek vizsgálata. A magyar jogrend alapvet en különbséget tesz nukleáris és radioaktív anyag között [5], ilyen módon elkülöníthet ek a nukleáris balesetek az egyéb radiológiai eseményekt l. Radiológiai esemény minden, ionizáló sugárzással kapcsolatos veszélyhelyzet, ahol önfenntartó lánreakcióra képes hasadóanyag nincs jelen; például radioaktív izotópot

felhasználó ipari vagy orvosi intézményben történt baleset vagy t z eset, szállítási baleset, terrorcselekmény, elhagyott, elveszett, ellopt sugárforrással kapcsolatos esemény [10].

Miután az ionizáló sugárzások típusától és dózistól függ en egészségkárosítóak vagy akár halálosak is lehetnek, alapvet en fontos a beavatkozók sugárvédelme. Ennek érdekében el fordulhat, hogy térben, id ben, létszámban, vagy egyéb módon korlátozódnak a lehet ségek a mentés során.

A PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA

Radioaktív anyagokkal kapcsolatos események viszonylag ritkán fordulnak el , azonban annál súlyosabb következményekkel járhatnak.

Ez bekövetkezhet egyrészt a sugárveszély kés i beazonosításából, az egyéni véd eszközök hiányából, és a veszély alábecsüléséb l kifolyólag is.

A t zoltói beavatkozást irányítóknak optimális esetben elegend információ áll rendelkezésükre, hogy megfelel döntéseket hozzanak a biztonságos munkavégzés megteremtése érdekében [1]. A vizsgált t zoltói beavatkozás kiemelkedik a veszélyes t zoltói tevékenységek közül is, hiszen az esemény helyszínének a megközelítésekor a rendelkezésre álló információ legfeljebb a veszély típusával ismerteti meg a parancsnokot, de a nagyságát, és a környezetre gyakorolt hatását a helyszínen lehet csak felmérni. Magyarország területén a jogszabályok meghatározzák azokat a feladatokat, amelyeket a beavatkozás vezet jének el kell végeznie [2], és ehhez megfelel felhatalmazást is adnak [7]. Nyílt sugárforrás jelenlétében végrehajtott t zoltói beavatkozás esetén különösen nagy jelent sége van a veszélyeztetett terület kiürítésének, lezárásának, a megfelel társszervek bevonásának, és a lakosságtájékoztatásnak.

Nyílt sugárforrásról azért beszélünk, mert az alapvet en biztonságosan tárolt, vagy szállított izotópokat olyan küls behatás érheti t z eset vagy közúti baleset alkalmával, hogy feltételezhetjük a nyílttá válást, azaz az árnyékolás/csomagolás sérülését, esetleg a sugárzó anyag kiszóródását a környezetbe [8]. A t zoltás vezet jének tehát ezt kell feltételeznie, amíg az ellenkez jér l nem gy z dött meg, hiszen a t zoltók nem rendelkeznek olyan véd eszközökkel, amelyek biztonsággal védenének a káros hatások ellen [9].

Magyarország területén riaszthatóak a radiológiai, biológiai és vegyi káresetekhez a Katasztrófavédelmi Mobil Laborok (KML), amelyek rendelkeznek radiológiai felderítésre alkalmas személyzettel és mér m szerekkel. A határmenti megyékben ezen felül

rendelkezésre állnak a Katasztrófavédelmi Sugárfelderítési Egységek (KSE), amelyek további, speciálisan sugárfelderítésre alkalmas műszerekkel vannak felszerelve. A műszerekkel feltérképezik a területen sugárzási helyzetet, a mért adatok függvényében kijelölik a veszélyzónát (100 $\mu\text{Gy/h}$) és a biztonsági zónát (20 $\mu\text{Gy/h}$), meghatározzák a kárterületen eltölthető időt, megkeresik a sugárforrást és adatokat gyűjtenek arra nézve mekkora az esélye a nyílttá válásnak, illetve kiszóródásnak [6, 10]. Belátható, amennyiben az elsőként érkező egység parancsnokát nem segíti a KML/KSE a beavatkozás kezdeti szakaszában, fontos információk nélkül kell nehéz döntéseket hoznia [3].

Ilyen esetben a beavatkozás vezetőjének mindenképpen az általános tisztviselői munka rutinjain túl kell gondolkodnia, és a döntéshozatali mechanizmusába további változókat kell beillesztenie.

TUDOMÁNYOS HÁTTÉR

Az embert érő ionizáló sugárzások nagy része természetes eredetű (mi magunk is radioaktívak vagyunk), és a mesterséges sugárzás jelentős hányada is az önként vállalt orvosi alkalmazásoktól származik (pl. tüdőszűrés). Azaz a radioaktivitás a normális életünk része, legtöbb ezzel kapcsolatos félelmünk indokolatlan. Ugyanakkor fontos leszögezni, hogy a **dózis** rendkívül lényeges jellemző, és a természetes háttérsugárzásnál jóval nagyobb dózisu besugárzás egészségkárosító hatású, szélsőséges esetben pedig akár halálos is lehet. Ahhoz, hogy helyén tudjuk kezelni ezt a témát, alapvetően fontos, hogy megfelelő háttértudással rendelkezünk. A sugárvédelmi ismeretek kellően mély elsajátítása amiatt is elengedhetetlen, mert kritikus helyzetben az indokolatlan túlzott félelem még az óvatlanságnál is nagyobb kárt tud okozni.

A legfontosabb fizikai mennyiség az elnyelt dózis, ami a sugárzás által az anyagban tömegegységenként leadott energiát adja meg Gray-ben (Gy). Ebből származtatjuk az effektív dózist, amiben az elnyelt energia mellett figyelembe vesszük az egyes szervek eltérő sugárérzékenységét, valamint az egyes sugárzás típusok eltérő biológiai hatását. Ez már egy biológiai dóziszfogalom, egysége a Sievert, Sv. Magyarországon a természetes háttérsugárzás értéke 2,4 mSv évente. [12]

A gyakorlatban mérhető mennyiségek közül rendkívüli jelentőséggel bír a dózisteljesítmény, ami az időegység alatti dózis. Ennek mérésével megadható egy adott területen a beavatkozók számára a benttartózkodási idő.

A sugárforrásokat tekintve lényeges információ, hogy milyen elem melyik izotópjáról van szó, ez milyen típusú sugárzást bocsát ki, és mekkora az aktivitása¹. [12]

A forrás által kibocsátott sugárzás típusát tekintve lehet alfa-, béta-, gamma-, vagy neutron-sugárzás, legalábbis a gyakorlatban ezek fordulnak el leggyakrabban.

Az alfasugárzás hélium atommagokból álló, nagy ionizálóképességű, de kis áthatolóképességű részecskesugárzás, melyet egy papírlap vagy néhány centiméternyi levegő képes elnyelni. Azonban biológiai hatását tekintve 20-szor károsítóbb, mint a béta vagy a gamma, ezért különösen fontos a szervezetbe lenyeléssel vagy belégzéssel történő beépülés, más szóval inkorporáció elleni védelem. [12]

A béta-sugárzás elektronokból, illetve pozitronokból álló részecskesugárzás közepes ionizáló- és áthatolóképességgel. Vékony fémlemez, 1-2 cm vastag plexi vagy 1-2 méternyi levegő képes elnyelni. [12]

A gammasugárzás elektromágneses sugárzás, azaz fotonokból áll. Elektromosan semleges, nagy ionizálóképességű és nagy áthatolóképességű, nagy rendszámú elemekkel, ólommal, betonnal lehet ellene védekezni. [12]

A neutronsugárzás szintén részecskesugárzás, de elektromosan semleges, és különös veszélye, hogy magreakciókat képes kiváltani. Kis rendszámú elemekkel (víz, bóros víz, paraffin) lehet ellene védekezni. [12]

Az iparban, kutatásban, illetve orvosi diagnosztikában és terápiában leggyakrabban használt izotópok a következők: nátrium-24 (^{24}Na), kobalt-60 (^{60}Co), szelén-75 (^{75}Se), jód-131 (^{131}I), cézium-137 (^{137}Cs), irídium-192 (^{192}Ir), plutónium(berillium)-239 (^{239}Pu), amerícium-241 (^{241}Am), amerícium(berillium)-241 (^{241}Am). [12]

Az ionizáló sugárzásnak lehet determinisztikus és sztochasztikus hatása az emberi szervezetre. A sztochasztikus hatás jellemzője, hogy kis dózisok esetén hosszabb távon megjelennek a daganatos, illetve genetikai rendellenességek valószínűsége. A determinisztikus hatások az akut sugárbetegség tüneteit takarják, melyek egy bizonyos küszöbdózis alatt egyáltalán nem lépnek fel, e fölött pedig a dózis növekedésével nő a tünetek súlyossága. Tipikusan 200-500 mSv egésztest dózis alatt nincsenek megemlíthető tünetek, 1000-2000 mSv esetén enyhe sugárbetegség lép fel, némi látens időszakkal. Tünetei fejfájás, láz, hányinger, hányás, hasmenés, fáradtság, gyengeség, fehérvérsejtszám-növekedés. A dózis emelkedésével a látencia időszaka csökken, a tünetek súlyosbodnak, megjelenhetnek

¹ aktivitás: időegység alatti radioaktív bomlások száma; mértékegysége: Becquerel, Bq

vérzések, idegrendszeri tünetek, a szívet kihullása, az immunrendszer meggyengülése miatt felléphetnek fertőzések. Az úgynevezett félhalálos dózis ($LD_{50/60}$), melynél a besugárzott egyedek fele 60 napon belül elhalálozik egyéni érzékenységtől függően 3000 mSv, 6000 mSv majdnem mindig halálos, azonban ezek a határok orvosi kezeléssel nagyjából duplájára emelkednek, így feljegyeztek már olyan pácienszt, aki orvosi kezeléssel 12000 mSv egésztest dózis is túlélte. [11]

A TŰZOLTÓK VÉDELMEINEK KÉRDÉSEI A RADIOLÓGIAI ESEMÉNYKEZELÉSBEN

Sugárforrás jelenlétében bekövetkezett tüzeset nem különböztetjük számottevően attól, mint amikor nincs jelen radioaktív anyag. Olyan értelemben legalábbis, hogy a tüzes, az égés terjedésére, tulajdonságaira nincs hatással. A különbség abban áll, hogy a sugárzás jelenléte miatt a beavatkozók főlegesen, illetve túlzott expozíciójának elkerülése érdekében módszertani eltérések lehetnek a beavatkozás során. A radiológiai veszélyhelyzeteknél az elsődleges beavatkozók védelmének lényege, hogy a beavatkozás során ketik érkező ionizáló sugárzás determinisztikus hatásainak fellépését kiküszöbölje. [10]

A sugárveszélyes területen történő tüzes és mentés tekintetében is szükséges alkalmazni a sugárvédelem három legfontosabb alapelvét: indokoltság, optimalizálás, dóziskorlátozás. Az elsődleges mindenképpen az indokoltság elve, miszerint a beavatkozással járó haszon meghaladja a kockázatot. A beavatkozóra nézve a kockázat általában nagyban csökkenthető a dóziskorlátok betartásával. Ez Magyarországon 50 mSv, életmentés esetén 250 mSv. Amennyiben nem ismert a dózis, mert nem áll rendelkezésre személyi dózismérő, illetve nincsenek mért adatok a területről, akkor a tüzesvezető, illetve kárhelyparancsnok feladata mérlegelni a kockázat és haszon arányát. Itt többek között figyelembe kell venni, hogy életmentésre van-e szükség, mennyire várható a veszélyhelyzet további eszkalálódása, valamint mekkora vagyoni, illetve környezeti kár keletkezhet a beavatkozás elmaradásával. [4]

A kockázatbecsléshez szükséges információt meg kell szerezni a felderítés során, hogy a sugárforrás milyen fizikai tulajdonságokkal rendelkezik (milyen izotóp, mekkora aktivitással), mennyire sérült a csomagolása, mi a valószínűsége, hogy valóban nyílttá vált, esetleg szétszóródott a helyszínen. A dózis becslése mérési adatok hiányában a radionuklid típusának és aktivitásának, valamint a kárhelyszínen való elhelyezkedésének ismeretében számolással

elvégezhet. Egy szállítási balesetnél az izotóp típusa és aktivitása szerepel a bárcán, de természetesen egy valós helyzetben egyáltalán nem biztos, hogy egy ég járművön olvasható lesz a felirat, és elképzelhet, hogy az azonosításhoz szükséges szakember, vagy dokumentációk sem lesznek elérhetőek.

Ebben az esetben amennyiben az ismeretlen sugárzási helyzet ellenére a parancsnok döntése alapján szükséges valamilyen beavatkozás, akkor különösen szem előtt kell tartani az optimalizálás (ALARA)² elvét.

Ezt három módon lehet a gyakorlatban megvalósítani: a lehető legrövidebb ideig, a sugárforrás feltételezett helyét lehetőleg legtávolabb, és lehetőség szerint árnyékolás alkalmazásával végrehajtani a legszükségesebb műveleteket. Ajánlott ezeken felül arra is figyelmet fordítani, hogy regisztrálják a beavatkozók benntartózkodási idejét, ami elősegíti az elszennvedett dózis utólagos megbecslését, ezáltal a várható egészségi hatás meghatározását, amennyiben a későbbiek során már rendelkezésre állnak mérési adatok. [10, 12]

Példa

Vegyünk például egy ADR szerinti 7. osztályú szállítmányt, mely ¹³⁷Cs zárt sugárforrást tartalmaz. A szállítójármű közúti balesetet szenved, melyben a jármű, a vezetője és az áru is sérül. A gépkocsi kigyullad, a sofőr eszméletlen, a sugárforrás csomagolása olyan mértékben sérült, hogy feltehetőleg nyílttá vált, esetleg szétszóródott. Egy járókelő értesíti a segélyhívót, azonban a bejelentésből nem derül ki, hogy az autón radioaktív anyagot jelző bárcára lenne. Az elsődleges beavatkozó egységek információi szerint tehergépjármű lánggal ég és egy fűbeszorult sérült van. Ebben az esetben a tiszoltásvezető, illetve kárhelyparancsnok felkészültségén, alaposágán, körültekintésén múlik, hogy a helyszíni felderítés kiterjedjen arra, van-e valamilyen veszélyes anyagot jelző bárcára a járművön. Amennyiben ez elmarad, megeshet, hogy csak utólag, akár a tisztázás során derül fény arra, hogy a beavatkozó állomány ionizáló sugárzásnak volt kitéve.

Következő kérdés, hogy mit tesz a tisztázásvezető, ha tudomása van arról, hogy radioaktív anyag van jelen, életmentésre van szükség, azonban a sugárzási szintekről nem állnak rendelkezésre konkrét mérési adatok. Egészen más sugárzási környezet alakul ki akkor, ha zárt a sugárforrás és ha nyílt, illetve ha még kiszóródás is történt. Eltérnek a sugárzási szintek, a beavatkozásra fordítható idő, sőt még a módszerek is. Emiatt a sugárfelderítésnek és a

² ALARA: As Low As Reasonably Achievable, olyan alacsonyan tartani a sugárszinteket, amennyire ésszerűen lehetséges

helyszín m szeres felmérésének kardinális szerepe van a beavatkozás megtervezésében és megvalósításában, és enélkül gyakorlatilag az életmentést sem ajánlott elkezdni.

A BEAVATKOZÁS EGYÉB KÉRDÉSEI

Fentiek miatt egy ismeretlen sugárzó anyag jelenlétében történő beavatkozás végrehajtása szakmai etikai, illetve morális kérdéseket is felvet. A magyar jogszabályok alapján radiológiai veszélyhelyzet elhárításában résztvevő beavatkozók kizárólag önkéntes alapon végezhetik ezeket a feladatokat, méghozzá úgy, hogy az őket ért dózis regisztrálva van [4]. A hivatásos katasztrófavédelmi szerv személyi állománya törvényileg szabályozott módon akár élete és testi épsége kockáztatásával végzi munkáját, mely elsősorban a lakosság élet- és vagyonvédelmét szolgálja [13]. Ugyanakkor itt érdemes kiemelni a „kockáztatás” kifejezést. Világosan kell látni, hogy adódhat olyan helyzet, amikor a sugárzás jelenléte miatt a beavatkozás már nem tekinthető pusztán kockáztatásnak. Példával illusztrálva: míg egy égő házban lévő gázipalack kihozása kockáztatásnak minősül, hiszen a körülményektől és a beavatkozástól függően, ha elég gyors, ügyes és szerencsés a tűzoltó, akkor nem robban fel idővel a palack, addig egy szállítási balesetben nyílttá vált és szétszóródott radioaktív anyag jelenlétében végrehajtott tűzoltás vagy életmentés adott dózis felett bizonyosan káros vagy halálos.

Ráadásul Magyarországon a személyi doziméter nem része az egyéni védőfelszerelésnek, így az elszennvedett dózis meghatározása nehézségekbe ütközhet.

KÖVETKEZTETÉSEK

A felvázolt probléma részletes kidolgozása a változók számát tekintve nem lehetséges egy ilyen tudományos közleményben, de a felmerült problémákra adott részválaszokkal, illetve iránymutatásokkal is biztonságosabbá tehetünk egy tűzoltói beavatkozást. A veszélyforrás komplexitása, illetve annak megismertetése, a lehetséges taktikai lépések kidolgozása, valamint azoknak oktatása a beavatkozásban résztvevőkkel, egy teljes, minden részletében kidolgozott módszertani útmutató segítségével történhet, amelynek a képzési tematikában ezután is hangsúlyosan meg kell jelennie a Katasztrófavédelem tűzoltó egységeinél.

A legnagyobb kérdés egy ilyen esemény bekövetkezésekor, hogy idejekorán felismerjük, olyan veszélyhelyzettel állunk szemben, amely felszámolása nem lehetséges kizárólag a

Katasztrófavédelem t zoltó egységeivel. Mivel azonban rendeltetésüknél fogva els ként érkeznek a helyszínre, a veszélyforrással kapcsolatos els dleges felderítést nekik kell elvégezniük. A sugárfelderítésre alkalmas KML/KSE egység érkezéséig eltelt id alatt nem tétlenkedhet a t zoltás vezet je, különösen életmentés esetén, de a beavatkozók ezt személyi doziméter használata nélkül az el z ekben kifejtettek szerint csak életük közvetlen kockázatásával tehetik meg. A t zoltói állomány felszerelése egyéni doziméterekkel mindenképpen indokolt, még akkor is, ha ritkán történnek radiológiai események. Ezen kívül nagyon fontos a pontos eseménymeghatározás, amely a szükséges mérték , illetve rendeltetés eszközöket, er forrásokat segít odarendelni már a beavatkozás kezdeti szakaszában.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Restás Ágoston: Alkalmazott t zoltás; Egyetemi jegyzet, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2015; ISBN 978-615-5527-23-4
- [2] 1996. évi XXXI törvény a t z elleni védekezésr l, a m szakai mentésr l és a t zoltóságról
- [3] Restás Á.: Special Decision Making Method of Internal Security Managers at Tactical Level. In. NISPAcee, Government vs. Governance in Central and Eastern Europe: From Pre-Weberianism to Neo-Weberianism? Presented Papers from the 22nd NISPAcee Annual Conference, 2014. p.1
- [4] 487/2015 (XII.30.) Kormányrendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemr l és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési, és ellen rzési rendszerr l;
- [5] 1996. évi CXVI. törvény Az atomenergiáról
- [6] 6/2016. BM OKF utasítás a T zoltás-taktikai Szabályzat kiadásáról
- [7] 39/2011. (XI. 15.) BM rendelete a t zoltóság t zoltási és m szakai mentési tevékenységének általános szabályairól
- [8] Kátai-Urbán Lajos: Veszélyes üzemekkel kapcsolatos iparbiztonsági jog-, intézmény és eszközrendszer fejlesztése Magyarországon, Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, o. 89 2015.
- [9] Pántya Péter: A t zoltói beavatkozás veszélyes üzem? BOLYAI SZEMLE 23:(3) pp. 36-42. 2014. ISSN 1416-1443
- [10] Manual for First Responders to a Radiological Emergency, IAEA, 2006
- [11] Jerrold T. Bushberg: Radiation Exposure and Contamination, Merck Manuals, 2013
- [12] Köteles György (szerk.): Sugáregészségtan, Medicina, 2002

[13] 2015.évi XLII. törvény a rendvédelmi feladatokat ellátó szervek hivatásos állományának szolgálati jogviszonyáról

-

Finta Viktória PhD, Egyetemi tanársegéd, Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Környezettudományi Centrum, Budapest, Tel: +36 20 9122198;

E-mail: fintaviki@caesar.elte.hu

orcid: 0000-0002-2032-8623

Rácz Sándor PhD hallgató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai M szaki Doktori Iskola, Budapest, Tel: +36 30 9331370;

E-mail: racz.sandor@uni-nke.hu

orcid: 0000-0001-9955-924X

A kézirat benyújtása: 2016.08.10.

A kézirat elfogadása: 2016.09.20.

Lektorálta:

Dr. habil Vass Gyula t . ezredes, PhD

Dr. Restás Ágoston PhD