



1. ábra. Radioaktívan szennyezett mobiltelefon adatainak biztonságos kinyerése UFED eszközzel. A műveletek közben a szakemberek DNS-anyagmaradványt is rögzítenek (Fotó: D. Calma ENSZ NAÜ)

Kakuja Izabella*

Unikális magyar módszer a radiológiai helyszínelésben

A radioaktív és/vagy nukleáris anyaggal szennyezett területeken található bűnjeltek begyűjtésére és a radiológiai helyszínelés új módszerének kidolgozására azért volt szükség, mert a korábbi eljárások a bűnelkövetés módszereinek fejlődésével már nem tudtak lépést tartani. Az Európát az utóbbi években sújtó terrortámadások számának növekedésével felértékelődött a bűnüldözői munka. Már nem volt elegendő a helyszín mentesítése az ilyen típusú veszélyes anyagoktól. A lehető legtöbb adat kinyerésével a további bűncselekmények, támadások megelőzése is előtérbe került, másfelől a bűnesetek felderítése érdekében az elkövetők, a helyszínek és a cselekmények összekötése is szükségessé vált. Így az olyan helyszíni bűnjelbegyűjtési módszer is előtérbe került, amely a helyszínelő szakszemélyzet életét, testi épségét nem veszélyezteti. Ezek a körülmények és igények szolgálták a kutatásunk kiindulópontját. Hipotézisünk szerint a helyszínelő szak-

személyzet biztonsága bizonyos korlátok között biztosítható. A kutatási terv megszületése után folyamatos kísérletekkel bizonyítani tudtuk, hogy kialakítható egy, a személyi biztonságot minden körülmények között szem előtt tartó eljárásrend. Ennek kialakítása után különböző szcenáriókon keresztül véglegesítettük az eljárási metodikát a radioaktív anyaggal szennyezett helyszínek bünyügyi feldolgozására. Az így kialakított és validált protokoll prezentálására lehetőséget kaptunk a nukleáris kriminalisztika témakörében, az ENSZ NAÜ (ENSZ Nemzetközi Atomenergia Ügynökség – United Nations International Atomic Energy Agency) épületében, Bécsben, A nemzeti alaptól a globális határig címmel rendezett technikai találkozón.

A technikai találkozóra 2022. április 11–14. között került sor. A bemutató célja a radiológiai bünyügyi helyszínelés (Radiological Crime Scene Management), a nukleáris törvénytörési eljárás (Nuclear Forensic Procedure) bemutatá-

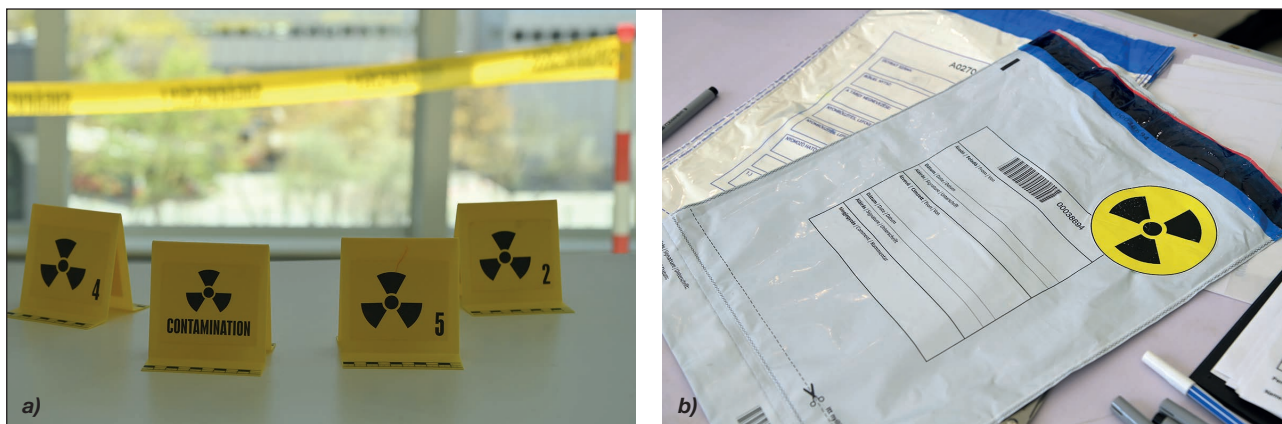
ÖSSZEFOGLALÁS: A tanulmányban bemutatjuk a radiológiai bünyügyi helyszínelésre és a nukleáris törvénytörési eljárásra kidolgozott magyar eljárásrend sarokpontjait, amelyeket az ENSZ NAÜ (Egyesült Nemzetek Szövetsége, Nemzetközi Atomenergia Ügynökség) „Technical Meeting on Nuclear Forensics” elnevezésű rendezvényen a magyar csapat előben demonstrált. Az eljárás alapját képezi a katonai radiológiai helyszínelésnek is.

KULCSSZAVAK: radioaktív, bünyügyi helyszínelés, radioaktív/nukleáris anyaggal szennyezett bűnjel, radioaktív bűnjel

ABSTRACT: In this article we briefly present the cornerstones of the Hungarian procedure, which was demonstrated live by the Hungarian team at the UN IAEA (United Nations, International Atomic Energy Agency), „Technical Meeting on Nuclear Forensics”. This procedure is also the basis for military radiological crime scene investigation.

KEY WORDS: radioactive, crime scene investigation, radiologically/nuclear contaminated traditional evidence, radioactive evidence

* Rendőr alezredes, Készenléti Rendőrség Nemzeti Nyomozó Iroda (NNI) Bünyügyi Technikai Főosztálya (BTFO). NKE HHK Katonai Műszaki Doktor Iskola doktorandusz. ORCID: 0000-0003-1324-033X



2. ábra. Bűnjeltek megjelölése a helyszínen a) címkézett bűnjelzacskó a bűnjeltek szabályos és biztonságos elhelyezésére b) (Fotók: D. Calma ENSZ NAÜ)

sa, ezek kapcsolódási pontjai, valamint ezen eljárások eredményeinek felhasználása volt a bírósági, katonai ügyészségi eljárásokban. A nukleáris biztonság megsértése, illetve radioaktív anyaggal kapcsolatos bűncselekmények esetén a nukleáris törvényszéki szakértők és a radiológiai helyszínelők kiemelkedő szerepet játszanak az ilyen jellegű anyagok, a bűnelkövetők, áldozatok, helyszínek és események közötti kapcsolatok megállapításában, logikai összekötésében és kivizsgálásában. Ezen szakterületek egyre inkább elismertek, mivel az elmúlt évek során a nemzetközi nukleáris biztonság egyik központi elemévé nőttek ki magukat. Következésképpen a legtöbb ország egyre több energiát fektet abba, hogy a radiológiai helyszínelési és a nukleáris törvényszéki szakértői képességeit kiépítse, és ha már rendelkezik ilyennel, akkor továbbfejlessze azt. [1] Magyarország ezen képességei kiemelkedőek, és rendkívül előrehaladott eljárásrendet alkalmazva, hazánk a világ élvonalába tartozik. Az alapokat 2018-ban tette le az akkor még Magyar Tudományos Akadémia (MTA), mára már Eötvös Lóránd Kutató Hálózat (ELKH), Energiatechnológiai Kutatóközpont (EK) és a Készenléti Rendőrség, Nemzeti Nyomozó Iroda (KR NNI) Bűnügyi Technikai Főosztály (BTFO) közös kutatócsoportja. Tekintettel a terrorfenyegettség növekedésére és a CBRN (Chemical, Biological, Radiological and Nuclear – kémiai, biológiai, radioaktív, nukleáris) anyagokkal kapcsolatos tevékenységek magas fokú veszélyességére, a közös kutatócsoport a Belügyi Alapok, Belső Biztonsági Alap projekt keretein belül, a BBA 5.3.3/3-2017-00010 számú programban készített egy a sugárzó anyagokkal szennyezett bűnügyi helyszíni munka esetére szóló protokollt. Ez az eljárásrend egyesíti a sugárzó anyagok begyűjtésének módszereit és a tradicionális bűnjelbegyűjtési eljárásokat, közismertebb néven a helyszínelést.

A szakemberek az eljárás kialakításakor figyelembe vették a két szakterület igényeit, a használt módszerek előnyeit és hátrányait is. Lépésről lépésre elemezték, kiértékeltek a két eljárásrendet, majd ezeket igyekeztek optimálisan ötvözni. Az eljárás kialakítása során természetesen a meglévő jogszabályi kereten belül kellett gondolkodni. Ezt az eljárásrendet először 2019-ben validálta az ENSZ NAÜ. Az együttműködés azóta is töretlen a felek között, így az eljárásrend aktuális fejlettségi állapotát többször bemutattuk az ügynökség rendezvényein. Ilyen alkalom volt 2020-ban az International Conference on Nuclear Security: Sustaining and Strengthening Efforts (ICONS 2020) konferencia, 2021-ben a 66th IAEA General Conference (GC) és 2022-ben a Technical Meeting on Nuclear Forensics: From National

Foundations to Global Impact. Ugyancsak 2022 tavaszán zajlott Bécsben a First International Conference on Nuclear Law: The Global Debate (Első nemzetközi konferencia a nukleáris jogról: A globális vita) elnevezésű konferencia is.

A konferencia hibrid volta ellenére a nemzetközi szakértők többsége jelen tudott lenni, hogy megvitassa a nukleáris törvényszéki vizsgálatok és a radiológiai helyszínelés kapcsolódási pontjainak jövőbeli irányait. A konferencián 64 NAÜ-tagállam, az Európai Bizottság és számos nemzetközi szervezet képviselőjében több mint 190 résztvevő volt jelen.

A KONFERENCIÁN FELDOLGOZOTT SZCENÁRIÓ

A szakértői előadások, a panelbeszélgetések és az esettanulmányok elsősorban azzal foglalkoztak, hogy a nukleáris törvényszéki szakértelem és a radiológiai helyszínelés hogyan teszi lehetővé a nukleáris és radiológiai anyagokkal kapcsolatos bizonyítékok felhasználását a bűnügyi nyomozások, katonai ügyészségi és bírósági eljárások támogatására. A szakértők a magyar protokollt megtekintve megállapították, hogy az igazságügyi hatóságok vagy más nyomozó szervek közötti információcsere-csatornák létrehozásával össze kell kapcsolni a nukleáris törvényszéki szakértelmet a hagyományos törvényszéki szakértelemmel, hiszen ennek működését megtapasztalták a gyakorlatban.

A konferencia idején megtartott interaktív foglalkozáson egy kitalált, de a valóságból merített forgatókönyv alapján videó- és élő demonstráció segítségével végig lehetett követni egy bűnyügvet az elkövetéstől a bírósági ítélet meghozataláig.

A szcenárió szerint egy Oscar nevű személy egy nukleáris anyagokat tároló intézetbe bejutva nukleáris anyagot szerez meg. Mindezt úgy, hogy egy belépésre jogosult kutatót eszméletlen állapotba juttat, és annak belépésre jogosító kártyáját elvéve és felhasználva szerzi meg az anyagot. Ezt követően a kutató gépjárműjét használva távozik a helyszínről. Az eseményt az intézmény jelenti a nemzeti atomenergia hivatalnak és a rendőrségnek. A nyomozás során Oscart és a lopott jármű mozgását a térfigyelő kamerák felvételei segítségével végig tudják követni, és a személy azonosítása is megtörténik. A filmben bemutatott jeleneteket Magyarországon forgatták. A szcenárió további részében Oscar megjelenik egy bécsi pályaudvaron, ahol elhelyez egy hátizsákot, miközben elfogja az Osztrák Szövetségi Belügyminisztérium „Cobra” különleges beavatkozó





3. ábra. A helyszínelés speciális eszköztára (Fotó: D. Calma ENSZ NAÜ)

egysége. Az egység tűzszerészei átvizsgálják a hátizsákot. Robbanóanyagot nem, nukleáris anyagot azonban találnak, amelyet átküldenek a magyar egységnek a bizonyítékok begyűjtése céljából. A hátizsákot – egy úgynevezett kesztyűs fülkében – egy bűnügyi technikus nyitotta ki. Az eljárást a bizonyítékláncolat (chain of custody) folyamatos biztosítása érdekében videó- és fényképfelvételekkel dokumentálták. A biztonságos környezet megteremtése után a nukleáris anyag ólomtokozását is meg lehetett vizsgálni daktiloszkópiai nyomtörödékek (ujjlenyomatok) után, valamint lehetőség nyílt DNS anyagmaradvány-törletek rögzítésére a hátizsák belsejéből és az ólomtökről. Az osztrák–magyar közös munka érdekessége volt, hogy az Ausztriából küldött bizonyíték láncolata nem szakadt meg, végig nyomon követhető maradt. Jelentős szakmai siker, hogy a hagyományos bűnjeleket (ujjnyom, DNS-anyagmaradvány) és a radioaktív bűnjeleket (nukleáris anyag tokozattal együtt) egyaránt begyűjthették a szakemberek, és így rendkívül le rövidült a vizsgálati idő, vagyis a nukleáris anyag meghatározását, karakterizálását azonnal meg lehetett kezdeni. Mindeközben megkezdődött Oscar kihallgatása és megtörtént a lakhelyének beazonosítása is. A lakását a Cobra egység felderítette, és miután nem találtak ott más személyt, illetve egy tűzszerecszobrot a helyszínt átvizsgálta, átadták azt a magyar egységnek a radiológiai helyszínelés céljából. A bemutató ettől a ponttól élőben zajlott, hiszen ez a helyszínelés volt a magyar közös csapat élő demonstrációja. Bemutattuk, hogy hogyan kezelhetők biztonságosan a nukleáris és egyéb radioaktív anyagok bűncselekmény esetén. A közös csapat annak biztosításához is fontos, hogy a nukleáris és egyéb radioaktív bizonyítékokat szakszerűen és biztonságosan lehessen begyűjteni a bűncselekmény helyszínén, azt követően nukleáris törvényszéki laboratóriumba szállítani, a szabványos működési eljárásoknak megfelelően elemezni, majd vagy a katonai ügyészségen vagy a bíróságon felhasználni. Épp úgy, akár a hagyományos bűnjelek esetén, a nukleáris és radioaktív anyagok esetében is minden

mozzanatnak jogszerűnek és szakszerűnek kell lennie, a bizonyítékláncolat nem szakadhat meg, és minden helyszínen tartózkodó személy biztonságát szavatolni kell.

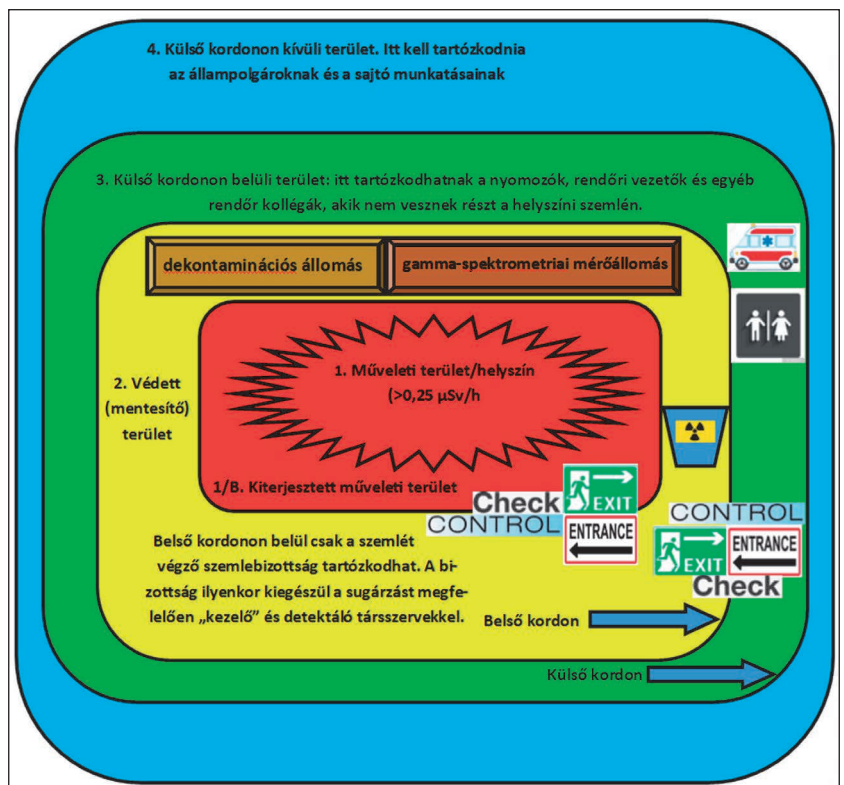
A SZCENÁRIÓBAN MEGJELENT ESEMÉNY KEZELÉSÉNEK LÉPÉSEI: EGY TERVEZETT ELJÁRÁSREND ALAPJAI

A helyszínelés megkezdése előtt mindenképp szükséges egy ún. előkészítési szakasz. (3. ábra)

Ekkor történik például a detektorok helyszíni kalibrálása, a háttérugrás mérése, de ide tartozhat az elkerített radiológiai helyszín (rendőrségi kordon mellett, adott esetben sugárzás miatti elkerítés is, azaz fehér-piros lánc és/vagy sugárveszély szalag használatával) körüli tér felületi szennyezettségének felmérése is. Ebben a szakaszban kell kijelölni a tiszta területet, de ekkor történik a zónák kijelölése (zöld–sárga–piros, valamint ezek mibenlétének meghatározása), az eszközök kirakodása, a radiológiai helyszín dózismérése távmérő rendszer segítségével, majd a dózis és egyéb várható veszélyforrások ismeretében a munka megtervezése a koordinátor és sugárvédelmi szakértő segítségével, egyeztetés a társhatóságokkal. Az előzetes információk alapján a csapat egyéni védőeszközöket alkalmaz szükségesség függvényében: Tyvek ruha¹, védőcsizma, kéz- és karvédő, kesztyű, gázmaszk, doziméter, ólomkötegy stb. (4. ábra)

Mindezek után a csapat első körben a forró pontokat detektálja és ártalmatlanítja. Az elkerített radiológiai területen (a piros zónában) a kockázatfelmérést, a munka megtervezését és a háttérmerést követően megkezdődik a felületi szennyezettség vizsgálata (az esetlegesen kiszóródott anyagok, szennyezések felderítése), valamint a forró pontok (sugárzó anyag jelenlétére utaló, emelkedett sugárzási szint, avagy hot spots) beazonosítása és megjelölése.

4. ábra. A zónák rendszere (Készítette Balaskó Ákos r. alezredes)





5. ábra. Szennyezettség mérése (Fotó: D. Calma, ENSZ NAÜ)

A forró pontok felderítését követően azok azonosítása szükséges, vagyis az ott található radiológiai anyagok izotópozonosítása mérőműszerekkel. A mérések megfelelnek a NATO STANAG 4701 (AEP 66)² dokumentumnak is. Ezt követi a bűnjeltek szabályos megjelölése.



6. ábra. Radioaktívan szennyezett bűnjeltek jelölése (Fotó: D. Calma ENSZ NAÜ)

Mindezek után a sugárzás mértékétől függően a csapat által detektált anyagok szakszerű begyűjtése következik csipeszek, manipulátorok alkalmazásával. A begyűjtés során maximálisan be kell tartani a sugárvédelmi szabályokat és a kontamináció (keresztaszennyezés) elkerülésére is törekedni kell. Mindig a „tisztá” technikus biztosítja a bűnjeltek számára a bűnjeltek, vagy minden egyes minta begyűjtése között kesztyűcserének kell történnie. A helyszínről előzetesen, és az eljárás alatt is folyamatos videó- és fényképfelvételek készülnek. A kamerával rögzített anya-

7. ábra. Kesztyűcsere szabályos végrehajtása (Fotó: D. Calma ENSZ NAÜ)



gok magába foglalják a helyszínelő szakszemélyzet tevékenységének rögzítését is, mert magának az eljárásnak is meg kell felelnie az MSZ EN ISO 21043 szabványsorozat 1. és 2. részének³.

A helyszínről kikerülő összes anyagot – ide értve a begyűjtött bűnjeltek és a felkutatáshoz vagy a rögzítéshez alkalmazott eszközöket is –, a tiszta zónában szükséges felületi szennyezettségméréssel újra mérni.



8. ábra. Felületi szennyezettség mérése (Fotó: D. Calma ENSZ NAÜ)

A bűnjeltek esetében a bűnjeltek felületéről vett dörzsmintákkal, valamint a radioaktív anyag esetén gamma-spektrometriával az izotópok pontosabb azonosításához, illetve nukleáris anyagok esetén azok kategorizálásához (pl. dúsított urán, fegyver minőségű, vagy éppen természetes, esetleg szegényített urán, plutónium stb.) szükséges a mérést megismételni.

Ezzel a tevékenységgel a törvényszéki eljárás már a helyszínen kezdetét veszi, így csökkentve az idővesztést. Ezzel párhuzamosan a helyszínről kiadott bűnjeltek kesztyűszákba ún. glovebag-ba kerülnek, ahol a szükséges vizsgálatok elkezdődhetnek. (Például a DNS-anyagmaradvány-törlet rögzítésével egyidejűleg – telefonkészülék esetében – az adatkinyerés is elkezdődhet UFED⁴ technológia alkalmazásával.

A HELYSZÍNI MENDZSMENT ELŐNYEI AZ ÁLTALÁNOSAN ÉRVÉNYBEN LÉVŐ ELJÁRÁSOKKAL SZEMBEN

A fentiekben leírt tevékenység során a hagyományos bűnjeltek rögzítése, a digitális adatkinyerés és a nukleáris anyag karakterizálása egy időben, még a helyszínen megtörténik, és a kapott adatok azonnali továbbításával a bűnüldözési kompetencia jelentősen nő. Nem vitás, hogy ez a képesség egy terrorcselekmény esetén rendkívüli mértékben fontos. A magyar csapat a helyszínről képes a videófelvételeket valós időben a vezetési pontra küldeni, a fényképeket adatkapcsolaton keresztül a fénykép elkészültekor továbbítani. Az összehangolt tevékenység által a társszervek, más szakértők, vagy a bűnüldözési szervek – akár más országban is – élő képet kaphatnak titkosított csatornán, valós időben, így segítve a vizsgálati zónában dolgozó csapatot, illetve így juttatva az információt a megfelelő szervhez. Szintén unikális, hogy a csoport a tradicionális bűnjeltek méretarányos fényképét azonnal képes a szakértői intézeteknek eljuttatni, ahol az adatok futtatása így már a helyszínelés alatt elkezdődhet, tehát nincs időkiesés, miközben a bizonyítékok felületei lánc folytatódhat.





9. ábra. Daktiloszkópiai nyomtörredék vizsgálata Forenscope eszközzel (Fotó: D. Calma ENSZ NAÜ)

A nukleáris kriminalisztika témájában rendezett bécsi technikai értekezleten ezt a protokollt mutatta be az Eötvös Lóránd Kutató Hálózat, Energiatudományi Kutatóközpont, valamint a Készenléti Rendőrség, Nemzeti Nyomozó Iroda, Bűnügyi Technikai Főosztály közös kutatócsoportja.

Az így megszerzett bizonyítékokat egy próbapaperben, a nukleáris igazságügyi szakértői következtetésekkel együtt használták fel, így támogatva az Oscar elleni eljárást.

„A forgatókönyv a bűnügyi helyszín elemeinek, a törvényszéki elemzéseknek és a tárgyalótermi eljárásoknak a lenyűgöző sorozatát szötte össze, hogy megerősítse, hogyan használják a radiológiai helyszínelési módszereket és a nukleáris törvényszéki következtetéseket a bírósági eljárásokban” – mondta Frank Wong⁵ a Lawrence Livermore Nemzeti Laboratórium (USA) vezető kutatója. [2]

Az esemény végén a résztvevők a kriminalisztika alapkérdéseire is választ kaphattak, különösen a nukleáris törvényszéki szakértői vizsgálat, a nukleáris vagy egyéb radioaktív anyagok, illetve a radionuklidokkal⁶ szennyezett bizonyítékok vizsgálata után, azok eredményeit felhasználva annak megállapítása érdekében, hogy melyek ezek; az anyagokat mikor és hol állították elő, és milyen rendeltetésük volt a nukleáris biztonsággal kapcsolatos jogi eljárások keretében. Ezzel kapcsolatban Elena Buglova, a NAÜ nukleáris biztonsági részlegének igazgatója az alábbiakat mondta: „A nukleáris törvényszéki szakértelem elengedhetetlen az eltűnt, elvesztett vagy ellopott nukleáris vagy radioaktív anyagok kezeléséhez. Ha tudjuk, honnan származik az anyag, az elősegíti a nukleáris vagy egyéb radioaktív anyagokat érintő vagy ellenük irányuló bűncselekmények vagy szándékos, jogosulatlan cselekmények kivizsgálását.” [2]

ÖSSZEZGÉS

A fent bemutatott eljárás bekerült a Rendőrségi Oktatási és Kiképző Központ (ROKK) bűnügyi technikai alaptanfolyamainak oktatási tematikájába is. Ennek jelentősége abban áll, hogy a Magyar Honvédség katonai helyszínelői is a ROKK által vezetett tanfolyamot végzik el, így már ott elsajátíthatják hogyan kell a legtöbb bizonyítékot, adatot szűk időablakban begyűjteni, amely később előnyükre válik a műveleti területen történő munkavégzés során. [3] Az eljárásrend minimális átalakítással alkalmazhatóvá válhat azokban a nemzetközi katonai műveletekben is, ahol rövid idő alatt a lehető legtöbb információt kell megszerezni az adott területről. Hangsúlyozandó, hogy a protokoll nem kizárólag helyszínelésnél, hanem kutatás, területátvizsgálás, egyéb eljárási cselekmények esetén is alkalmazható, mind a rendőri, mind a katonai oldalon. A bűnügyi és a katonai helyszínelés nem állnak egymástól távol, hiszen a szakemberek hasonló munkát végeznek. Például egy támadás után hadszíntéri helyszínelő csoport (WIT – Weapons

Intelligence Team) érkezik a helyszínre, és igyekszik begyűjteni a lehető legtöbb bizonyítékot, amelyeket majd az összhaderőnemi, műveleti területre tekinthető bűnügyi labor fog vizsgálni. A kapott eredményekkel segítik a parancsnokok döntéshozatalát, a műveleti területen szükséges eseti felkészítést és kiképzést, bővítik a műveleti adatbázist, így támogatva a befogadó nemzet büntető eljárásait. [4]

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [1] Technical Meeting on Nuclear Forensics: From National Foundations to Global Impact <https://conferences.iaea.org/event/266/> (Letöltve: 2022.6.28.)
- [2] Kovacs-Szeles Eva, Tafili, Vasiliki: Nuclear Forensics and Radiological Crime Scene Management: Key Elements of Nuclear Security <https://www.iaea.org/newscenter/news/nuclear-forensics-and-radiological-crime-scene-management-key-elements-of-nuclear-security> (Letöltve: 2022.6.28.)
- [3] Az Országos Rendőr-főkapitányság és a Honvédelmi Minisztérium között kötött együttműködési megállapodás ORFK Tájékoztató (OT) 2015/17. szám Budapest, 2015. szeptember 15. Szám: 29000/38267/2015. ált. (2015. szeptember 14.) http://www.police.hu/sites/default/files/ot_17_0.doc (Letöltve: 2022.6.28.)
- [4] Takács Vivien | A Magyar Honvédség helyszínelői <https://honvedelem.hu/hirek/a-magyar-honvedseg-helyszineloi.html> (Letöltve: 2022.6.28.)

JEGYZETEK

- 1 A DuPont Tyvek Classic Xpert overall egy antisztatikus, vízálló, csuklyás overall, amely vegyszerálló, por és aszbeszt rostok elleni védelemmel rendelkezik. A védőruhát belső varratok, rugalmas csuklya, speciális zippzár, rugalmas szalagok a mandzsettán, a bokánál és a derékon, és ergonómikus szabás jellemzik. A védőruha egyes típusai légzésvédő eszközzel (gázálarccal) is kiegészíthetők. (A szerk.)
- 2 AEP-66(A)(1) NATO handbook for sampling and identification of biological, chemical and radiological agents (SIBCRA)
- 3 MSZ EN ISO 21043 Bűnügyi tudományok. 1. rész: Szakkifejezések és meghatározások 2. rész: A bűnjelek felkutatása, dokumentálása, begyűjtése, szállítása és tárolása (A szerk.)
- 4 UFED (Universal Forensic Extraction Device – Univerzális törvényszéki dekóder) olyan eszköz, amely az információk kinyerésére és dekódolására szolgál, a piacon kapható telefonok szinte mindegyike esetében alkalmazható, még zárolásvédelemmel ellátott készülékek esetében is. Segítségével kinyerhetők a hívásnaplók, még törölt SIM-kártyák esetében is, továbbá a telefonszámok, a képek, a videók, a hangfájlok, vagy akár a grafikus földrajzi címkék is. (A szerk.)
- 5 Dr. Frank Wong a Massachusettsi Műszaki Egyetem (MIT) nukleáris mérnöki szakán diplomázott, majd PhD fokozatot szerzett, jelenleg a Lawrence Livermore National Laboratory vezető tudósa és munkájával az Amerikai Egyesült Államok Energiaügyi Minisztérium Nemzeti Nukleáris Biztonsági Hivatalának nukleáris biztonsági programjaiban dolgozik. (A szerk.)
- 6 A radionuklidok radioaktív atommagok, amelyek lehetnek: (1) elsődleges, vagy természetes radioaktív magok, amelyek megtalálhatók a Naprendszer keletkezése óta, felezési idejük nagyon hosszú (238U, 40K, 87Rb); (2) másodlagos természetes radionuklidok olyan magok, amelyek az elsődleges magok bomlása révén keletkeznek, felezési idejük nagyon rövid, a Naprendszer keletkezése óta nem találhatók meg (38 ilyen mag ismert); (3) indukált természetes radionuklidok állandóan keletkeznek a kozmikus sugárzás hatására, 10 ilyen mag ismert. (3 H, 14C); (4) a mesterséges radionuklidok emberi tevékenység során keletkeztek, a természetben nincsenek számottevően jelen, 2000 ilyen mag ismert (60Co, 137Cs, 24Na) (A szerk.)