



MÉSZÁROS ZALÁN*

1. ÁBRA. LSF konténer
Mi-24P helikopteren egy
sugárfelderítő gyakorlat
utáni ellenőrzés
közben. A konténer
alján látható lenyúló
részekben helyezkednek
el a kommunikációért
felelős antennák (Fotó:
Hamza Norbert zls.)

AZ LSF-21 LÉGI SUGÁRFELDERÍTŐ KONTÉNER FEJLESZTÉSE

Összefoglalás: 2019–2022 között a Magyar Honvédség kutatás-fejlesztési programjának eredményeként az MH Modernizációs Intézet vezetésével a Crydet Kft., az Ideas Science Kft., a Genevation Kft. és az ARMCOM Zrt., mint fővállalkozó kifejlesztette az LSF-21 légi sugárfelderítő konténeret. A konténer segítségével atomcsapás, radiológiai fegyver alkalmazása vagy nukleáris baleset esetén nagy terület deríthető fel gyorsan, illetve a baleset során elveszett sugárforrások helye beazonosítható. Az eszköz valós idejű kommunikációs rendszereinek köszönhetően repülés közben is látható a sugárszennyezett terület, így meggyorsítva a nukleárisbaleset-elhárítást.

Kulcsszavak: kutatás-fejlesztés, légi sugárfelderítés, LSF-21 konténer

Abstract: Between 2019 and 2022, as part of the Hungarian Defence Forces' research and development program, the LSF-21 airborne radiation reconnaissance pod was developed by Crydet Ltd, Ideas Science Ltd, Genevation Ltd, and ARMCOM PLC. This radiation reconnaissance container is capable of rapidly surveying large areas in the event of a nuclear strike, radiological weapons or accident, as well as locating lost radiation sources. Equipped with real-time communication systems, it enables continuous monitoring of contaminated areas during flight, thereby enhancing the efficiency of nuclear disaster response efforts.

Keywords: research and development, airborne radiation reconnaissance, LSF-21 pod

BEVEZETÉS

A 21. században a tömegpusztító fegyverek új reneszánsza következik be, hiszen számos ország korszerűsíti atomfegyvereit és azok hordozóeszközeit. A nukleáris fegyverek mellett reális fe-

nyegtetést jelentenek a különböző sugárzó anyagok felhasználásával készített radiológiai fegyverek is.

A radiológiai eszközök alkalmazásának egyik lehetséges célja, hogy sugárzó anyagokat juttassanak ki a

műveleti területre sugárveszély generálása céljából, és bár a radiológiai fegyver ellenség általi alkalmazásának nincsenek a műveleti terület egészére kiterjedő hatásai, mégis akadályozhatja a műveleteket. [1]

A műveleti képességet tekintve az alegység mozgásszabadsága romlik a szennyezett területek következtében a radiológiai veszély által érintett területeken. Amennyiben a szennyezett területen tevékenykedő állományt hosszú ideig kell ABV-védőeszközben foglalkoztatni, szükséges sűrűbben végrehajtani a váltásokat, és ez több-leterőforrásokat igényel. [2]

A katonai és terrorista eszközök lehetséges alkalmazása mellett nukleáris balesetek következményeként kialakult radiológiai szennyeződéssel is számolni kell. Magyarország területén jelenleg egy atomerőmű, továbbá két kutató- és tanreaktor működik¹. Ezen létesítmények súlyos sérülése esetén nagy területű sugárszennyezett teret szakszerűen lehet létrehozni. Az atomerőmű és a kutatóreaktorok felelőssége csak

* Százados, MH Sodró László 102. Vegyi- és nukleárisbaleset elhárító Operatív Alosztály alosztályvezető.
ORCID:
0009-0006-9368-3198

¹ 1982–87 között Pakson négy darab VVER-440/213 típusú reaktor kezdte meg működését; 1959 óta működik Csillebércen a Budapesti Kutatóreaktor (BKR) a KFKI területén, üzemeltetője az Energiatudományi Kutatóközpont; 1971 óta üzemel oktatóreaktor a Műszaki Egyetemen, melyet a BME Nukleáris Technikai Intézet kezel.

a saját területükre terjed ki. Amennyiben a szennyezés „a kerítésen túlra” is kiterjed, a Magyar Honvédség a Honvédelmi Katasztrófavédelmi Rendszer (HKR) képességeivel vesz részt a katasztrófa helyzet felszámolásában.

Számolni kell továbbá a környékbeli országok atomerőműveinek sérülése esetén bekövetkező szennyeződéssel is, amelyek felderítése szintén a Magyar Honvédség feladata. A hazánk környezetében található atomerőművek háború esetén stratégiai célpontok lehetnek. Jól mutatja ezt az orosz–ukrán háború is, melynek során az orosz erők elfoglalták a csernobili – már leállított, de jelentős mennyiségű sugárzó anyagokat tároló – egykori atomerőművet és a zaporizzsjai atomerőművet, amely Európa legnagyobb nukleáris létesítménye. Az erőmű környezetében harccselekményekre is sor került. Ennek eredményeként a Magyar Honvédség megkezdte a *Keleti Pajzs 2022* művelet keretében a légi sugárfelderítést. [3]

A nukleáris fegyverek jelentette veszély és a Paksi atomerőművek (Paks-I is 2035-ig üzemel, a tervezett Paks-II pedig 2070-ig) miatt, illetve az ipar által széleskörűen használt, sugárzó anyagot tartalmazó eszközök (anyagvizsgáló, besugárzó berendezések) miatt a sugárfelderítés továbbra is fontos feladata lesz a Magyar Honvédségnek, ezért mindenképpen egy hosszabb távú koncepcióban kell gondolkodni.

A légi sugárfelderítést a Magyar Honvédség Parancsnokának Katasztrófavédelmi Alkalmazási Terve és az Országos Balesetelhárítási Intézkedési Terv is feladatul szabja. „Az MH kijelölt csapatai az ONER² közreműködő erői között közvetlenül részt vesznek a nukleáris veszélyhelyzet hazai következményeinek elhárításában. Az MH tevékenysége és felelőssége:

- közreműködés a földi és légi sugárfelderítésben, a sugárzási viszonyok változásának folyamatos ellenőrzésében;
- részvétel az NVH (Nukleáris Veszélyhelyzet) felszámolásába bevont polgári erők sugármentesítésében;

- részvétel a sérültek első orvosi, illetve kórházi ellátásában;
- szükség esetén kompátkelőhelyek berendezése, utak helyreállítása;
- az OSJER (Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszer) alrendszert képező, a Magyar Honvédség saját kezelésű radiológiai távmérőállomásainak üzemeltetése.” [4]

TÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉS

A nukleáris fegyver bevetése a II. világháború végén alapvetően változtatta meg a hadviselést. Az új fegyverek pusztító tényezői között figyelemmel kellett lenni más fegyvereknél addig még nem tapasztalt hatástényezőre. A visszamaradó sugárzás miatt akár évekig sugárszennyezetté válhattak nagy kiterjedésű területek. A védelem egyik fontos feladata a szennyezett terület behatárolása és mentesítése lett. Ennek alapvető feltétele a sugárfelderítő képesség megléte, melyet a későbbiekben fejleszteni kellett a tömegpusztító fegyverek elleni védelem részeként. Az atomfegyverek hatásterületét tekintve a hatóenergiától, a meteorológiai viszonyoktól, valamint a terep sajátosságaitól függően kialakuló, nagy kiterjedésű szennyezett terepszakasszal kell számolni, amelynek sugárfelderítése eszköz- és időigényes feladat.

A nagy kiterjedésű területek földi sugárfelderítésére ABV (atom, biológiai, vegyi) felderítő gépjárművekkel, illetve ABV felderítő harcjárművekkel felszerelt alegységeket kell alkalmazni, amelyek a feladat végrehajtása során szennyeződnek (kontaminálódnak).

A légi sugárfelderítésnek ezzel szemben számos előnye van. A légi felderítéssel nagy területek gyorsabban behatárolhatók, miközben a személyzet sugárterhelése lényegesen kisebb, mint a földi felderítés során. Alkalmazható olyan területen is, ahol a magas dózisteljesítmény nem teszi lehetővé földi sugárfelderítő alegységek alkalmazását, illetve ahol a terepszakasz járhatatlan. Hátránya a dózisteljesítmény-leolvasások pontosságának csökkenése és az időjárástól való füg-

gés. A légi sugárfelderítés azonban alkalmazható a szennyeződés határainak meghatározásához, továbbá tisztázó elkerülő útvonalak (irányok) felderítésére. [5] A repülőeszköz sajátossága révén a sugárfelderítő tevékenységet nem befolyásolják a földfelszíni akadályok és terepelemek. Ezt a képességet a hidegháború időszakában kifejezetten a nukleáris fegyverek alkalmazása esetén kialakuló sugárszennyezett terepszakaszok felmérésére fejlesztették, így a detektorok a magasabb dózisterek mérésére lettek specializálva.

A légi sugárfelderítésre a Szovjetunióban a Mi-24D és Mi-24V harci helikopter speciálisan módosított változatait rendszeresítették a Mi-24R (NATO-kód: Hind G-1), illetve Mi-24RHR (**Ми-24РХР; Радиационно-Химическая Разведка** – sugár- és vegyi felderítés) elnevezéssel. [6]

A helikopterbe egy Go-27 típusú sugárázsmérő műszert építettek, amely 0,2–150 R/h (1,8 mSv/h ÷ 1,4 Sv/h) közötti dózistereket tudott mérni. [7] A szintén a helikopterbe beépített doziméter mérési tartománya 0,01–100 R/h (93,3 μSv/h ÷ 0,93 Sv/h) közötti volt. Ezek igen magas dózisteljesítmény-értékek, a normál háttérsugárzásnak kb. ezerszerese³. A konténerek nem voltak alkalmasak alacsony szintű sugárzások (low level radiation – LLR) mérésére. Ennél a rendszernél a helikopter repülési magasságában mért értékeket át kellett számítani talajszintre a levegőkorrekciós faktor alkalmazásával.

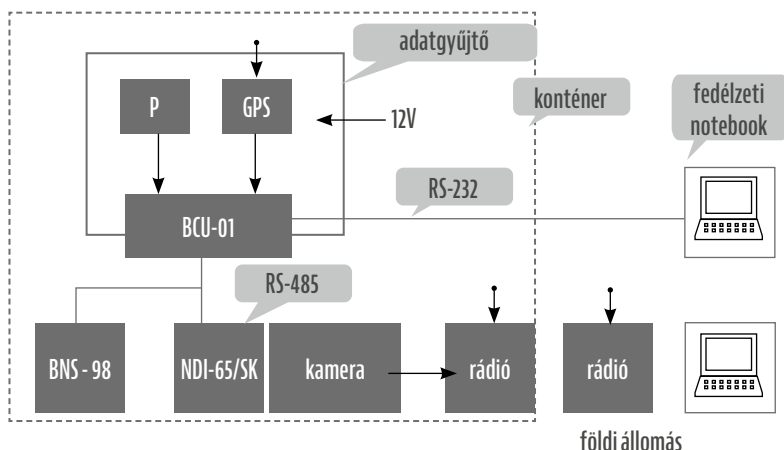
A helikopter BD3–57KrV típusú, a szárnycsont alatti egyik tartójára függesztett felderítőkonténerben egy DP–5P típusú sugárázsmérő (doziméter) helyezkedett el, amely alkalmatlan volt a háttérsugárzás mérésére, azonban a háttérsugárzástól való eltérést tudta detektálni, így sugárkapu üzemmódban lehetett használni. Az érzékenysége és a detektor felülete miatt azonban csak magasabb dózisterekben volt ténylegesen használható.

A 70-es évektől kezdve a radioaktív anyagokat előállító vagy haszno-

² Az atomenergia békés célokra történő felhasználása során bekövetkező radiológiai vagy nukleáris események elhárítására való felkészülésről, a bekövetkezett esemény következményeinek csökkentéséről és megszüntetéséről az Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Rendszer (ONER) gondoskodik.

³ Magyarországon a természetes háttérsugárzás értéke 60–160 nSv/h.

2. ÁBRA. A LABV konténer tervezett bloksémája, amely végül nem valósult meg [9]



sító létesítmények sugárzási szintjének monitorozására alkalmaztak légi sugárfelderítést, tekintettel a nagy kiterjedésű területekre és a meglévő kapacitásokra. A repülőeszköz fedélzetére telepített detektorrendszer adatait és a repülőgép helyzetére vonatkozó információkat feldolgozni képes számítógépek megjelenése lehetővé tette ugyanis azok térképi ábrázolását.

Az 1986-os csernobili nukleáris baleset azonban új elvárásokat támasztott a sugárfelderítéssel szemben. Az addig használt, atomrobbanás utáni magasabb dózisterekre specializált eszközök csak részben voltak alkalmasak az atomerőmű-baleset által szennyezett területek felderítésére,

hiszen itt a dózisterek egyes területeken jóval alacsonyabbak voltak. A szennyezés területe azonban lényegesen meghaladta egy atomfegyver által szennyezett terület nagyságát, így még fontosabb lett a gyors, helyzetáttekintésre alkalmas felderítés, ami alapján döntést lehet hozni a szükséges intézkedésekről (kimenekítés, elzárkóztatás, kimenekítési útvonalak meghatározása stb.)

A csernobili katasztrófa Magyarországon is szemléletbeli változást hozott (a katonai doktrínában is), mely szerint elsősorban az ipari katasztrófák elhárítására kell felkészülni, nem a katonai atomcsapásra. Ez azt vonta maga után, hogy a sugárvédelmi műszereknek már a természetes háttérsugárzás szintjétől kell mérniük a korábbi katasztrófaszintekig. [8] A sugárfelderítést tehát korszerűsíteni kellett, ezért az akkori Mi-8 típusú helikopterekre az IH-31L típusú műszert szerelték fel, amely már a talajszintre számította a dózisteljesítményt. Azonban a műszer mérési képességei nem elégítették ki a követelményeket, ezért a 2000-es évek elején a HM Technológiai Hivatal, a Gamma Műszaki Rt. és az MH Vegyivédelmi Információs Központ közösen 2001-ben fejlesztette ki az LABV légi sugárfelderítő konténert.

A konténerbe egy BNS-98 típusú dózisteljesítmény-távadó (GM-csőves nukleáris detektor), az NDI/SK típusú intelligens, szcintillációs nukleáris detektor, speciális üreges NaI(Tl) kristállyal, ólom kollimátorban, beépített sugárkapu algoritmussal és egy BCU-01 típusú adatgyűjtő egység került beépítésre. Ez utóbbi részét képezte egy termosztátban elhelyezett barometrikus nyomásmérő, a GPS

helykoordináta-meghatározó vevőegység és annak antennája, valamint a „LegiABV” adatgyűjtő, megjelenítő és feldolgozó program. (2. ábra) [9]

A konténerből 3 db készült, két különböző kivitelben. A 01-es számú konténer plexi orr-résszel rendelkezett, amelybe terveztek fényképező/videófelvevő egységet, illetve online rádiókommunikációt lehetővé tevő berendezést is, azonban ezek nem valósultak meg. A 02-es és 03-as konténer lényegesen egyszerűbb kialakítású volt. Ezeknél már elhagyták a plexi orr-részt, az antennakivezetést, továbbá a memóriakártya kiolvasási sebessége is lecsökkent.

Az LABV konténerek mérés technológiai szempontból megfeleltek a légi sugárfelderítési követelményeknek; a 2005-ös rendszeresítés után a *Toxic Trip 2006* gyakorlaton is tesztelt sugárfelderítő eszközt azonban nagyon ritkán használták, a kommunikációs rendszer hiánya, illetve az adattárolásra használt kártya kialakítása, a kiolvasási sebessége és a megjelenítő szoftvere hamarosan elavulttá tette. 2018-ban egy szerződés keretében nagyjavításon estek át a Gamma Zrt.-nél, azonban ez a felújítás nem hozta meg a kívánt eredményeket (például az informatikai fejlődés miatt már alkatrészt is nehéz volt beszerezni, a kiolvasási sebessége nem javult, illetve a működési megbízhatósága is alacsony szintű volt). Bizonyossá vált, hogy ezeket az eszközöket nem lehet hosszabb távon rendszerben tartani, ezért a Magyar Honvédség Modernizációs Intézete feladatul kapta, hogy egy új, a kor követelményeinek megfelelő légi sugárfelderítő konténert fejlesszen ki. A projekt 2019-ben kezdődött meg, és a Modernizációs Intézettel együttműködő MH Görgei Artúr Vegyivédelmi Információs Központ szakértője képviselte a felhasználó érdekeit.

LÉGI SUGÁRFELDERÍTŐ ESZKÖZÖK A VILÁGBAN

A fejlesztés során megvizsgálva más nemzetek hasonló eszközeit is megállapítható volt, hogy a légi sugárfelderítés nemzetközi szinten is képességhiány. Helikopteres légi sugárfelderítési képességgel a nyugati országok közül csupán az USA, Belgium és Kanada rendelkezik.

3. ÁBRA. A US Army légi sugárfelderítő konténer egy UH-60 Black Hawk típusú helikopteren [16]



Az USA AMS RSI (Aerial Measuring System Radiation Solutions Inc.) rendszert a helikopter bal és jobb oldalán található, a sárkányszerkezeten kívülre szerelt, alumínium konténerekben helyezték el. [11] (4. ábra)

A légi sugárfelderítő rendszerek speciális változatai a hordozójárművön kívül elhelyezett, függesztett konténerben kaptak helyet.

A 3. ábrán látható változatot pilótával rendelkező helikopterhez fejlesztette ki a Nucsafe Inc. amerikai cég, de pilóta nélküli légi járműre szerelhető típussal is rendelkezik. Mindkét modell víz- és ütésálló kialakítású. [12]

A belga AGS (Airborne Gamma Spectrometry) rendszert alkalmazták sugárfelmérésre Belgium két régiójában is, a Mol és Fleurus városok közelében álló nukleáris telephelyek környékén. [13]

A kanadai „NRCan” rendszer kialakítása repülőgép-független, mivel a konfiguráció és a telepítés rugalmas. Az adott légi sugárfelderítési feladat követelményeitől és a rendelkezésre álló repülőgép típusától függően számos érzékelőrendszer-konfiguráció alkalmazható. [10]

A külföldi példákat megvizsgálva megállapítható, hogy a műszerekben csak nagy térfogatú NaI kristályokat használnak, de a mérőberendezések kialakítása is eltér egymástól. A belga változat bőröndbe helyezhető, aminek előnye, hogy nem kell dedikált helikopter a feladat végrehajtásához. Bármely, helikopterben elhelyezhető változatnak azonban hátránya, hogy a helikopter sárkányszerkezetének árnyékolása rontja a felderítés hatékonyságát, illetve eltérő típusú helikopternél más-más az árnyékolás, és ez az ún. „scatter-jelenség” miatt az izotópozonosítást megnehezítheti.

A LÉGI SUGÁRFELDERÍTŐ (LSF) KONTÉNER DETEKTORRENDSZERE

A légi sugárfelderítés célja:

- a terepszennyezés felderítése: a nagy kiterjedésű szennyezett te-



riület felderítése során meghatározhatók a különböző sugárszintű szennyezett területek, amelyeket térképen ábrázolva meghatározható a szennyezett terület és abban különböző zónák⁵ (R1, R2, R3) kiterjedése;

- pontszerű radioaktív források felderítése: a háttérsugárzástól szignifikánsan eltérő dózisterek meghatározása;
- légi sugármegfigyelés: a más módon nem vagy nehezen ellenőrizhető területeken a dózisteljesítmény mérése;
- radioaktív izotópok azonosítása: energiaszelektív mérésekkel meghatározhatóak a jelenlévő izotópok, így a felezési idő ismeretében meghatározható a sugárszint későbbi időpontokra is.

A konténer fejlesztése 2019-ben indult meg. Sajnos a Covid-járvány ezt a fejlesztést is megnehezítette, azonban megszakítani a folyamatot nem tudta, így felhasználva az LABV konténer tapasztalatait, egy teljesen új alkalmazási elveken nyugvó sugárfelderítő eszköz kifejlesztéséről született döntés.

A konténernek ezért az alábbi képességekkel kellett rendelkeznie:

- dózisteljesítmény mérése és a talajszintre számított sugárszint meghatározása;
- önmagában hiteles mérőeszköz;
- izotóp azonosítása;
- a mért értékek valós idejű továbbítása;
- a mért értékek exportálása a társzervek (OAH, OKF⁶, Paksi Atomerőmű) által használt szoftverek és a NATO Riasztási és Értesítési Rendszere számára;
- könnyen telepíthető, ergonomikus kialakítású;
- a mérési pontokról fénykép készítése.

A detektorrendszer fejlesztése során több elképzelés is született. Mivel az izotópozonosítás alapkövetelmény volt, így mindenképpen szükséges volt a szcintillációs detektor használata. A NaI-szcintillációs detektorok pontosan, jó hatásfokkal tudnak mérni a maximum néhány mSv/h nagyságú dózisterekben, azonban e feletti területekben már túltelítődés miatt nem használhatóak. A magasabb dózistérben

4. ÁBRA. Az USA Atomenergia Ügynökségének légi sugárfelderítő Bell-412 helikoptere, amely Fukusimában is repült [11]

⁴ Scatter-jelenség: A fémtárgykról visszaverődő gamma-foton energiája megváltozik, amely a detektorba csapódva más izotópként jelenik meg a mérőműszerben, illetve megnöveli a zavaró jelek mennyiségét. Ezért szükséges a kollimálás, amennyiben egymáshoz közeli energiájú izotópokat szeretnénk azonosítani.

⁵ Az azonos dózisteljesítményű pontokat összekötve, kirajzolódik a sugárszennyezett terület határa. Az R1 jelű területen a személyi állomány által elszennyezett besugárzási dózis előreláthatóan 4 órán belül meghaladja a 125 cGy-t (Centigray-t). Az R2 területen a nyílt elhelyezésben lévő személyi állomány által elszennyezett besugárzási dózis előre láthatóan 24 órán belül meghaladja a 75 cGy-t, de nem éri el a 125 cGy-t. Az R3 területen a nyílt elhelyezésben lévő személyi állomány által elszennyezett besugárzási dózis előre láthatóan 5 napon belül meghaladja az 5 cGy-t. [14]

⁶ OAH: Országos Atomenergia Hivatal, OKF: Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság.

vagy GM-csőves (Geiger–Müller-csőves) eszközt, vagy YSO (ittrium-oxiortoszilikát) kristályt lehet használni. A tesztek alapján a döntés ez utóbbira esett. A NaI kb. 4 mSv/h-ig tud mérni, az YSO kristály pedig 6 μ Sv/h felett, így lefoglalják a teljes mérési spektrumot. Nagy előny, hogy mérési tartományaik átfedik egymást, így még megbízhatóbb a mérés.

A konténer végső változatába az alábbi szcintillációs detektorokat építették be:

- 1 db 2"-os NaI(Tl);
- 1 db 1"-os NaI(Tl);
- 1 db 5×5×5 mm-es YSO.

A három detektor célja, hogy minden mérési tartományban jól és pontosan mérjenek. Akármilyen okból (pl. túltelítődés) történő detektorkiesés esetén a többi detektor biztosítja a mérési eredményeket. A különböző detektorok lecsengési idejének különbsége lehetővé teszi, hogy a mérés folyamatos legyen. A fejlesztés során alapkövetelmény volt a magas szintű megbízhatóság, így akár két detektor meghibásodása esetén is végrehajtható a feladat.

A nátrium-jodid kristályok hagyományos alumíniumtokozásba zárt kristályoknak felelnek meg, de a kristályokban keletkező szcintillációk csupán egy 6×6 mm-es szilikonlapocskán keresztül tudnak kilépni a kristályból.

A kalibrációs méréseknél bebizonyosodott, hogy a 2"-os NaI(Tl) kristály mérési tartománya a háttérsugárzástól 1 mSv/h-ig terjed. Izotópozonosítási képessége a legjobb a

három detektor közül, és még a konténerbe építve is megfelelő.

Az YSO kristály 500 η Sv/h felett mér igazán pontosan. Mivel az ittrium-oxiortoszilikát kristály nem higroszkopikus, ezért elég csak reflektáló anyagba csomagolni.

Alapkövetelmény volt még, hogy a kis aktivitású pontforrásokat is fel lehessen deríteni. Ezért ezen detektorok mellé szükséges volt valamilyen nagy felületű, könnyű és olcsó detektort beépíteni. Ennek célja nem a pontos mérés, hanem az, hogy a nagy felületébe nagyobb valószínűséggel csapódni be a gamma-fotonok. Mérésre nem, de sugárkapu üzemmódban nagyon jól használható. Ennek a plastik detektorok jól megfelelnek. Ezért 12 db EJ200 típusú plastik érzékelőt építettek be, amely RadiZcan Counter számlálóval egy fényzáró dobozba van szerelve. A mérési eredményeket vezetéken keresztül vezet ki. A tesztek során jól vizsgázott, 125 MBq aktivitású Co-60 forrásokat is sikeresen felderített.

Tehát a sugárszint mérése a redundancia elvét figyelembe véve valószínűleg meg, ebben alapvetően eltér az amerikai AMS (Aerial Measuring System) és a belga AGS (Airborne Gamma Spectrometry) rendszertől.

2022 elején a konténer elérte azt a megbízhatóságot, hogy kalibrálni lehetett. Ez kezdetben az MH Görgei Artúr Vegyivédelmi Információs Központban történt, majd az alapvizsgálatok után a Fővárosi Kormányhivatal

Metrológiai és Műszaki Felügyeleti Főosztály Sugárfizikai és Kémiai Mérések Osztályán folytatódott.

A kalibrálás során a detektorok pontossága megfelelő volt. A konténerbe épített, a teljes mérési spektrumot lefedő 1"-os NaI(Tl) és az 5×5×5 mm-es YSO (ittrium-oxiortoszilikát) detektor Cs-137 izotópra az 1. táblázatba foglalt pontossággal mért.

A vizsgálatok során bebizonyosodott, hogy a konténer önmagában hitelesíthető mérőrendszer, amely képes a sugárszintet mérni és azt a talajfelszínre átszámítani. Mérési pontossága Cs-137 izotópra vonatkoztatva 15%-os hibahatáron belül van, a háttérsugárzástól 40 mSv/h-ig. A hitelesítés során ennél nagyobb dózistérben nem lehetett a konténert vizsgálni.

A kalibrálás és a hitelesítés során Am-241, Co-60, Cs-137 izotópokat alkalmaztak. Ilyen izotópokból állt rendelkezésre elegendő aktivitású, hogy nagyobb dózistérű méréseket végezhessünk. Az izotópokat minden alkalommal sikerült azonosítani. Az izotópozonosítás azért fontos, hogy könnyen megállapíthassuk, hogy a dózistér milyen forrásból származik.

KIEGÉSZÍTŐ MÉRŐESZKÖZÖK

A talajfelszínre számított sugárszint meghatározásához fontos, hogy minél pontosabb repülési magasságértékekkel rendelkezünk, ezért a magasságmérés is több módon történik:

- lézeres magasságmérő alkalmazásával, Lightware LW20/C LiDAR szenzorral, melynek pontossága ± 10 cm, mérési sebessége 48–388 mérés/s, mérési tartománya 0,2–100 m;
- a beépített GPS érzékelőből származó magasságadatok révén;
- barometrikus magasságméréssel.

A NaI detektorok mérési pontosságát befolyásolja a hőmérséklet, ezért a konténerbe beépítettek egy környezeti levegőállapotot mérő szenzort, amelynek a hőmérsékletmérési tartománya $-40 - +85$ °C, páratartalom-mérési tartománya 0–100% RH, légnyomásmérési tartománya 300–1100 hPa.

A konténerben található egy kamerarendszer is, melynek célja, hogy kiegészítő képi információt társítson az egyéb detektorok, szenzorok által

1. TÁBLÁZAT. A kalibrálás során mért értékek és az eltérés %-ban (A szerző szerkesztése mérései alapján)

Fsz.	Dózistér [μ Sv/h]	1"NaI mért érték [μSv/h]	1"NaI %-os eltérése	YSO mért érték [μSv/h]	YSO %-os eltérése
1(háttér)	0,071	0,081	14,08	0,0982	38,31
2	0,379	0,383	1,06	0,576	51,98
3	0,867	0,840	-3,11	0,971	12
5	5,86	5,40	-7,85	6	2,39
6	7,3	7,200	-1,91	7,6	3,54
7	23,4	22,700	-3,16	24,1	2,82
8	100	96,900	-3,10	106	6
9	738	673,700	-8,81	730,1	-1,18
11	4000	3700,00	-7,50	4210	12,5
12	8740	4,800	-99,95	9100	4,12
13	38800	INF*	-	39800	2,58

* INF (infinity, jelentése: végtelen) – a detektor túltelítődésbe ment át, így már nem volt képes mérni.



mért adatokhoz azért, hogy a képi információ segítségével beazonosíthatók legyenek a potenciális sugárforrások (pl. személygépkocsi). A kamera jellemzői: 90°-os látószög, 100 m-es látótér 50 m-es repülési magasságon. A konténer által készített képek (5. és 6. ábra) segítik a nagy dózisterek pontos beazonosítását, így a szárazföldi felderítés megszervezése könnyebb, illetve minimalizálni lehet a katasztrófaelhárításban résztvevők dózisterhelését az ALARA⁷ elv szerint.

Elvárás volt emellett, hogy a képi információ rendelkezésre álljon valós időben. Itt a kommunikációs sáv szélesség általánosan korlátot jelent, de a fejlesztőknek sikerült megtalálni az optimális megoldást. A kamera a kisebb felbontású képet továbbítja, a nagyobb felbontású képet pedig lementi. Ha kisebb felbontású nem elegendő, a fénykép készítésének időpontjának ismeretében könnyen visszakéreshető.

KOMMUNIKÁCIÓS RENDSZER

A konténer kommunikációs rendszere is meg lett többszörözve a magas megbízhatósági igény miatt. Az 1. ábrán megfigyelhető a kommunikációs antennák elhelyezkedése.

Egyaránt képes a mérési adatokat online módon továbbítani Wi-Fi-n, rádió és LTE 450⁸ adatkapcsolaton keresztül, de természetesen a beépített számítógép az adatokat rögzíti. Ennek oka, hogy bármely kommunikációs csatorna kiesése esetén létezik alter-

natíva, hogy a mérési adatok eljussanak az érintett szakemberekhez.

A konténer kommunikációs rendszereinek rendeltetése:

- Wi-Fi a közvetlen kommunikációhoz, illetve az esetlegesen sugárzennyezetté vált konténerről az azonnali adatkinyerési lehetőség biztosítására;
- rádiós kapcsolattal 7–10 km-en belüli kommunikáció, amennyiben az internetes kommunikáció nem működik, vagy speciális katonai feladatok esetén;
- LTE 450 kommunikációval, amely egész Magyarország területén belül biztosítja az adatátvitelt.

A Wi-Fi-kommunikációs modul biztosítja, hogy a helikopter fedélzetén lévő szakértő valós időben lássa a mérési eredményeket. A feladatvégrehajtás során mind a négy detektor mérési eredményeit megjelenítik, így pontosan követhető a sugárzennyezetté válás értéke.

Az ABV-szakértő a fedélzetén tartózkodva a Mi-24 típusú helikopter belső, ún. fedélzeti ICS-rendszerén (intercommunication system) keresztül a pilótával közvetlenül kommunikálva tudja a felderítést irányítani. Ez különösen pontforrás-felderítés során hasznos, a pásztázást végző helikopter irányításával pontosan behatárolható a sugárforrás helye.

RADIZCAN SZOFTVER

A kommunikáció hatékonysága érdekében a konténerhez saját megjelenítő szoftvert fejlesztettek. A RadiZcan

fő célja a minél hatékonyabb felderítés lehetővé tétele és a mérési adatok eljuttatása a különböző társszerveknek a saját elvárásaiknak megfelelő formátumban.

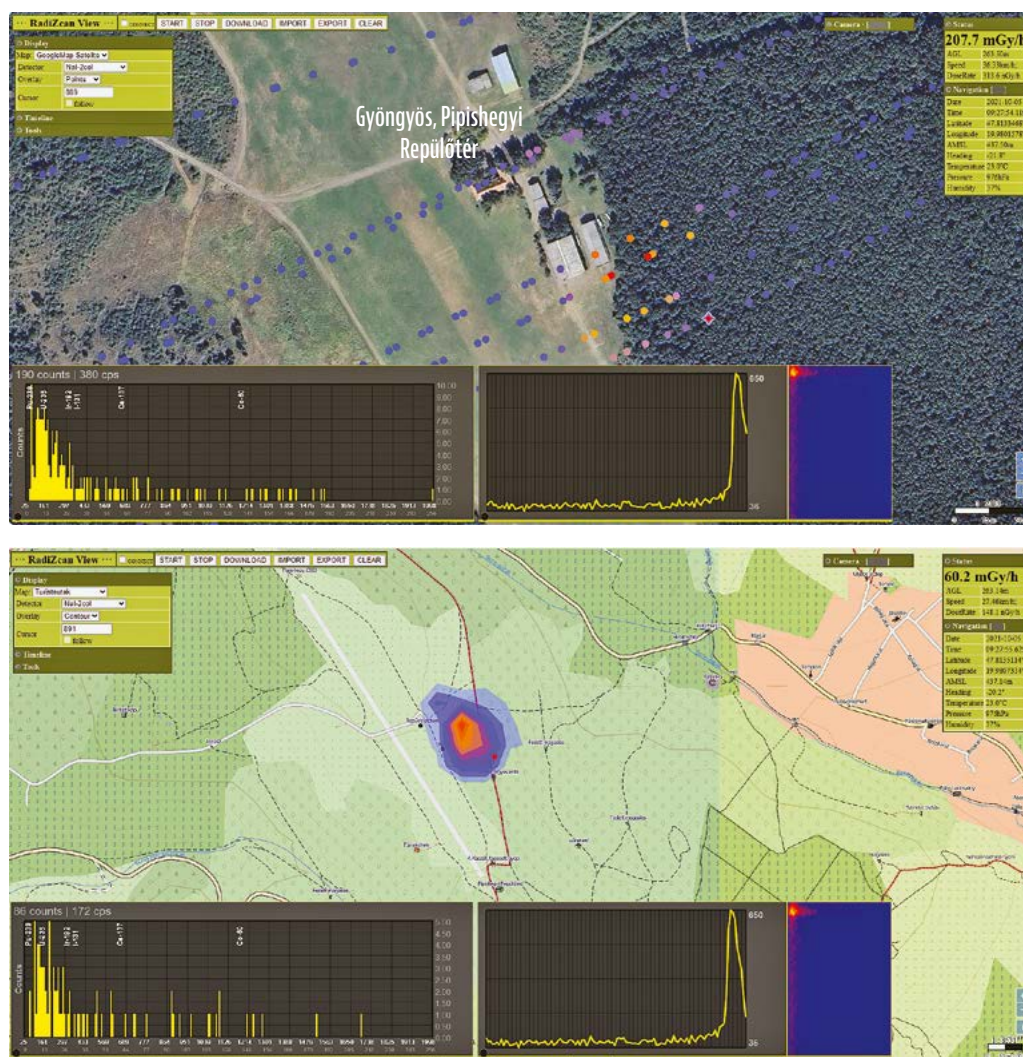
A szoftver használója eldöntheti, hogy milyen nézetben szeretné alkalmazni azt. Amennyiben egy áttekinthető térképre van szüksége, akkor View módban használhatja a programot. Ebben képes a mérési pontokat gyakorlatilag bármely szabadon felhasználható térképen (Google Maps, Google Maps Satellite, Bing, Turistautak stb.) megjeleníteni. Ebben az esetben a pontok jól kirajzolják a helikopter repülési útvonalát. A 7. ábrán megfigyelhetők a Google Satellite térképen megjelenített mérési pontok. A kék színű a normál, a narancs színű az emelkedett, míg a piros a háttér sugárzási értékeket jeleníti meg. A bal alsó sarokban látható a detektor izotópazonosító képessége. Megfigyelhetők a különböző energiacsatornákon bejövő beütések, innen lehet tudni, hogy egy Co-60 sugárforrást derítettünk fel. A középűs grafikonon, az ún. sugárkapu üzemmódban mért adatok alapján, a beütésszám-változásból lehet következtetni a sugárforrás távolságára. A képernyő jobb alsó részén, kék háttérben az ún. vízesés (waterfall) diagram látható, amelyből szintén lehet következtetni a sugárforrás aktivitására, illetve az izotópra. A bal felső sarokban ki lehet választani a térképet, a detektort, illetve a megjelenítési módot.

5. ÁBRA. Ismert helyen elhelyezett sugárforrás felderítése. A sugárforrás a járműben van nyitott állapotban (Forrás: az LSF-21 konténer által készített kép)

6. ÁBRA. Ismeretlen helyen elhelyezett sugárforrás felderítése. A sugárforrás a két épület között, a hangár sarkánál álló konténeren volt elhelyezve (Forrás: az LSF-21 konténer által készített kép)

⁷ Az ALARA (As Low As Reasonably Achievable) -elv azt jelenti, hogy az érintett személyek plusz dózisterhelését az ésszerűség keretein belül a lehető legalacsonyabban kell tartani.

⁸ Az LTE 450 MHz-es szélesebb sávú mobil adatkommunikációs hálózatok kiépítését az elmúlt mintegy fél évtizedben kezdték meg világszerte. Magyarországon 2016-ban, a világon másodikként épült ki ilyen hálózat, amely az Internet of Things (IoT, vagyis a „dolgok internete”) modern technológiáinak használatára leginkább alkalmas, kiemelkedő biztonsági paraméterekkel rendelkezik.



7. ÁBRA. Pontszerű sugárforrás felderítése a RadiZcan View üzemmódján (Forrás: LSF-21 konténer megjelenítő egységének képernyőmentése)

8. ÁBRA A sugárforrás kontúrozott megjelenítése a Turistautak térképén (Forrás: LSF-21 konténer megjelenítő egységének képernyőmentése)

Ez a megjelenítési mód hatékony, ha a felderítést a helikopter fedélzetéről végezzük. A 8. ábrán a sugárforrás helye kontúros megjelenítésben figyelhető meg. Ez az ábrázolás akkor használható, ha szeretnénk csak a sugárforrás helyzetét látni, de a repülési útvonal nem lényeges. Ekkor a piros pont a helikopter helyzetét mutatja. A Turistautak térképe jól használható, ha a sugárforrás vagy a kiemelkedő dózisteljesítményű terület (hot spot) valamilyen nehezen megközelíthető helyen található.

Service módban a négy detektor mérési adatai egyszerre jelennek meg. Ebben az esetben sokkal több és részletesebb adat látható a konténer állapotról. Ilyenkor a térkép jóval kisebb méretű, viszont megtekinthető a kon-

téner által készített fénykép. Ezt az üzemmódot jól lehet alkalmazni, ha egy konkrét pontról több információra van szükségünk.

A szoftver képes a mérési eredményeket CSV formátumban⁹ a társzervek irányába és AEP-45 formátumban¹⁰ [14] a NATO Riasztási és Értesítési Rendszerébe továbbítani.

Amennyiben bármilyen kommunikációs hiba történik, vagy az adatkapcsolatok egyike sem működik, a konténer fedélzeti számítógépe a méréseket tárolja, így később bármelyik mérés visszakereshető.

A KONTÉNERTEST KIALAKÍTÁSA

A fejlesztés során a konténertest kialakítása bizonyult az egyik legnagyobb kihívásnak. A fejlesztés kezdetén a ré-

gi LABV konténertestek alkalmazását tervezték. Hamar kiderült, hogy ezek a konténertestek nem alkalmazhatók, mert semmiféle légügyi engedélyezéshez szükséges dokumentációval nem rendelkeznek. Ezért új konténertest gyártását kellett megoldani. A Genevation Kft. vállalta és határidőre elkészítette a konténertestet, illetve a szükséges hatósági engedélyeztetéshez szükséges dokumentumokat.

A konténertest kialakításánál figyelembe vettük a régi LABV-konténer ergonómiai problémáit, mint például a nehézkes mozgatást és a helikopterre történő nehéz rögzítést. Ezért egy speciális mozgató- és emelőkocsi is készült, illetve rögzíthető emelőfülekkel is rendelkezik. (9. ábra)

A hatósági engedélyeztetés során számos tesztelés és repülés történt. Vizsgálták a súlyra hozott¹¹ konténer viselkedését a helikopteron (pl. konténert érő terheléseket, rezgéseket). A vizsgálat során a konténert hő- és fagyási teszteknek vetették alá, továbbá egy konténer felgyújtásával a tűzállékonysági próbát is elvégeztük. (10. ábra) A hatósági vizsgálat végén a Mi-24-es helikopter kb. 50 méter magasságban vészleoldással ledobta, így vizsgálva, hogy a konténer hogyan távolodik el a helikoptertől. Minden vizsgálat sikerrel zárult, így megkaphatta a légügyi hatósági engedélyeket.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az LSF-21 konténer fejlesztése sikeres programnak bizonyult. Olyan képességet hoztak létre, amely világszinten is kiemelkedő, mindezt úgy, hogy a fejlesztésben kizárólag magyar cégek vettek részt (Crydet Kft., Ideas-Science Kft., Genevation Kft., ARMCOM Zrt.), igazolva a hazai ipar innovatív képességét.

A projekt fejlesztési része a rendszeresítési eljárás végeztével lezárult, azonban az LSF-21 konténer magával hozza a Honvédelmi Katasztrófavédelmi Rendszer néhány elemének átalakítását. A konténer további fejlesztési lehetőségeket is magában hordoz, mint például a neutrondetek-

⁹ A CSV: Comma-separated values (vesszővel tagolt értékek) táblázatos adatokhoz használt egyszerű formátumot jelent.

¹⁰ Warning and reporting and hazard prediction of chemical, biological, radiological and nuclear incidents (reference manual) STANAG2497(6) szerinti formátum.

¹¹ A repülési próbákhoz a konténertestbe nem a drága detektor-rendszert építették be, hanem az azzal súlyra és méretre megegyező, ún. dummy eszközöket, így pontosan lehetett a konténert modellezni repülés közben.



tálási képesség kialakítását. Fontos fejlesztés lehet még a konténer integrálása az MH Airbus gyártmányú helikopterekre (H145M, H225M). Mivel a sugárfelderítő konténer a helikoptertől függetlenül működik, így ez csak a felfüggesztő rendszer átalakítását igényli. Ez egyszerűbb és gyorsabbá teszi a hatósági engedélyeztetést. Egy ilyen átalakító készlet legyártása

nem jelent problémát a fejlesztésben résztvevő cégeknek.

A sugárfelderítésben a helikopteres képesség kiegészítéseként szükséges a drónos képesség kialakítása is. Ennek fejlesztése során felhasználhatjuk az itt szerzett tapasztalatokat, így a fejlesztés gyorsabb és olcsóbb lehet.

Az LSF konténer detektor- és szoftverrendszere lehetővé tenné azt is,

hogy kis átalakítással, a földi felderítő járműveken is alkalmazhatóak legyenek. Gyakorlatilag a repüléshez szükséges kiegészítő szenzorok elhagyásával egy jóval kisebb méretű, egyszerűbb és olcsóbb, de már alaposan letesztelt rendszerrel lehetne létrehozni egy egy-egy sugárfelderítő rendszert, amely alkalmas mind katonai, mind katasztrofavédelmi célokra.

9. ÁBRA. Az LSF-21 konténer a saját szállítókoszóján, függesztésre előkészítve. Jól látszanak az emelésre szolgáló fogantyúk (Fotó: Hamza Norbert zls.)

10. ÁBRA. A konténer tűzállóképességi tesztje (A szerző felvétele)

HIVATKOZÁSOK

- [1] Berek Tamás: A tömegpusztító fegyverektől a CBRN-eszközökig – fenyegetések, kihívások, válaszok. Ludovika Egyetemi Kiadó, Budapest, 2022.
- [2] Berek Tamás: ABV (CBRN) analitikai laboratórium, mint művelettámogató speciális vegyvédelmi képesség. Hadmérnök, 2011/1. 131–144. <https://doi.org/10.1515/biomat.2011.001>
- [3] Ördög Kovács Márton: A honvédelmi miniszter további intézkedései. <https://honvedelem.hu/hirek/a-honvedelmi-miniszter-tovabbi-intezkedesei>.
- [4] Az Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszer felépítése és működése (2014). Katasztrófavédelmi Koordinációs Társasági Bizottság, [http://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/66D0C6F4C55B4B5CC1257BE9005702FE/\\$FILE/OBEIT_3-4_utmutato_v2.pdf](http://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/66D0C6F4C55B4B5CC1257BE9005702FE/$FILE/OBEIT_3-4_utmutato_v2.pdf) (Letöltve: 2024.12.14.)
- [5] STANAG 2352:2013 Chemical, biological, radiological and nuclear (CBRN) defence equipment – operational guidelines. 2013. [https://www.intertekinform.com/en-gb/standards/stanag-2352-2013-736812_saig_nato_nato_1789788/\\$rsltid=AfmBOop6Q63w25w-Ejxk9md15wEXhEEKQuXWrke_QxxiSxKQ7VxiuH](https://www.intertekinform.com/en-gb/standards/stanag-2352-2013-736812_saig_nato_nato_1789788/$rsltid=AfmBOop6Q63w25w-Ejxk9md15wEXhEEKQuXWrke_QxxiSxKQ7VxiuH) (Letöltve: 2025.03.03.)
- [6] The Mi-24 „Hind”. https://www.16va.be/4.2_les_mi-24_part3_eng.html (Letöltve: 2024.12.14.)
- [7] Go-27. https://www.mo.gov.cz/avis/publikace/katalog_chemickeho_vojstva/52.pdf (Letöltve: 2024.12.14.)
- [8] Bäumlér E. et al.: A hazai sugárvédelmi műszergyártás múltja és jelene. Fizikai Szemle 2004/7, 220–224. https://fizikaiszemle.elft.hu/archivum/fsz0407/BaumlerE_DemeS_VinczeA.pdf (Letöltve: 2024.12.30.)
- [9] Zelenák J. et al.: A légi sugárfelderítés képességei alkalmazhatóságának vizsgálata elveszett vagy ellopott sugárforrások felkutatása, illetve szennyezett terepszakaszok felderítése során. Hadmérnök, 2009/1, 46–62.
- [10] Wasiolek, P. et al.: AMS/NRCAN Joint Survey Report: Aerial Campaign (No. DOE/NV/25946--2289, 1171114; o. DOE/NV/25946--2289, 1171114). <https://doi.org/10.2172/1171114>
- [11] Moore, Melanie: Aerial Radiation Assessment. Online: Joint Base Andrews America's Airfield, 79th Medical Wing Public Affairs <https://www.jba.af.mil/News/Article-Display/Article/769494/aerial-radiation-assessment/> (Letöltve: 2024.12.21.)
- [12] Environmental-expert: Transportable Aerial Radiation Detection Systems, Rapiscan Systems and AS&E Products. <https://www.environmental-expert.com/products/transportable-aerial-radiation-detection-systems-495243> (Letöltve: 2024.12.21.)
- [13] Sanderson, D. C. W. et al.: An airborne gamma-ray spectrometry survey of nuclear sites in Belgium. Journal of Environmental Radioactivity, 2004/1–2, 213–224. [https://doi.org/10.1016/S0265-931X\(03\)00204-2](https://doi.org/10.1016/S0265-931X(03)00204-2)
- [14] NATO - AEP-45 Ed: E Ver. 1 Warning and reporting and hazard prediction of chemical, biological, radiological and nuclear incidents (reference manual), 2018.
- [15] Zelenák János et al.: A légi sugárfelderítés képességei alkalmazhatóságának vizsgálata elveszett, vagy ellopott sugárforrások felkutatása, illetve szennyezett terepszakaszok felderítése során. Repüléstudományi közlemények 2009/2. https://epa.oszk.hu/02600/02694/00048/pdf/EPA02694_rtk_2009_2_Csurgai_Jozsef_stb.pdf (Letöltve: 2024.12.21.)
- [16] 20th CBRNE Soldiers Participate in Prominent Hunt Nuclear Forensics Exercise https://www.army.mil/article/211918/20th_cbrne_soldiers_participate_in_prominent_hunt_nuclear_forensics_exercise (Letöltve: 2025.03.11.)