

## **Pilóta nélküli repülők a sugárfelderítésben**

### **Absztrakt**

„Ami bekövetkezhet, arra fel kell készülni, ami pedig még soha nem fordult elő, arra számítani kell”. Úgy gondoljuk, ez lehetne a kulcsmondata a katasztrófavédelemnek a megelőzés terén. Hazánkban számos katasztrófa veszélyeztetettséggel kell számolnunk, az egyik legsúlyosabb katasztrófaveszély a nukleáris veszélyeztetettség. Hazánkon kívül a környező országok is számos nukleáris létesítménnyel rendelkeznek. Európa szerte megközelíti az atomreaktorok száma a 190-et [1]. Az esetleg bekövetkező baleset az országhatárookra nincs tekintettel. A katasztrófák megelőzésében, azok elleni védekezésben és a bekövetkezésüket követő kárfelszámolásban egyre nagyobb szerepet kapnak a technikai eszközök. Ilyen technikai eszközök többek között a légi járművek, amelyeket széleskörűen lehet alkalmazni a katasztrófavédelmi feladatok ellátásában, azon belül is a nukleáris balesetek sugárvédelmi felderítésében.

**Kulcsszavak:** drón, UAV, sugárfelderítés, nukleáris baleset

## **Unmanned Aerial Vehicles In The Radiological Reconnaissance**

### **Abstract**

„What might happen, you should prepare to, what has never occurred, it should be expected.” I think, this could be the key sentence of civil protection in the field of prevention. In our country we have to reckon with a number of disaster risk (e.g. flood, inland water, extreme weather), but I could mention the disaster at the nuclear

vulnerability as one of the most serious hazards. I do this because our country outside the neighboring countries also have a number of nuclear facilities. It approximates the number of nuclear reactors 190 across Europe [1]. The possible occurrences of accidents ignore the national borders. At the prevention of disasters, in the defense against them, and in the occurrence of remediation after they occur, the technical tools are becoming more involved. Such devices include the air vehicles which can be used in carrying out the tasks disaster widely, within the radiological detection of nuclear accidents.

**Keywords:** drone, UAV, radiation detection, nuclear accident

## BEVEZETÉS

A pilóta nélküli légi járművek elsősorban a katonai alkalmazásnak köszönhetik megjelenésüket. Megjelentek a felderítő repülőgépek, amik nagy áttörést okoztak a légi felderítésben. Ezzel párhuzamosan az egyre modernebb légvédelmi eszközök is gyorsan fejlődtek. Látva a légi felderítések során az élőerőben beállt nagy veszteségeket, megszületett az igény a pilóta nélküli légi járművek, a drónok kifejlesztésére.

## A DRÓNOK FEJLŐDÉSE

Az első pilóta nélküli repülő az angol Királyi Haditengerészethez (1935) köthető. Ugyanis távirányított repülő célpontot használtak gyakorlatozási feladatokra, amelyet a Queen Bee (Méhkirálynő) becenevű repülőgép átalakításával valósítottak meg. Az Egyesült Államokban saját rendszert fejlesztettek ki. Tiszteletnyilvánításul az angol mintának, „drone”-nak (jelentése: fiú méh, zümmögés) nevezték a saját rendszerüket. Felfegyverzett drónokról 1944 óta beszélhetünk, amikor amerikai hadsereg a Salamon-szigeteken vetett be először fegyverrel felszerelt drónokat [2]. A drónok, robbanásszerű fejlődése az 1990-es évekre tehető [3]. A fejlesztés kezdetben a gyors, nagy

hatótávolságokra és nagy magasságokra képes merevszárnyú, pilóta nélküli légi járművekre fókuszálódott, manapság a forgószárnyas – nem csak a hadiparban használatos – speciális feladatokra képes drónok fejlesztése is egyre nagyobb hangsúlyt kap. Amikor a pilóta nélküli repülőkről beszélünk több szó és rövidítés is szóba szokott kerülni. Az USA a Vietnámi Háború 1973-mas végéig kizárólag a „drone” szót használta a pilótánélküli légi járműre. 1990-ig az RPV (Remotely Piloted Vehicles, azaz Távolról Vezetett Jármű) és a „drone” szót alkalmazták. 1990-től használják az UAV (Unmanned Aerial Vehicle, azaz Pilótánélküli Légi Jármű) kifejezést. Tíz évvel később jött a földi irányító rendszereket, személyzetet és a köztük fennálló adatkapcsolatot is magába foglaló RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems, azaz Távolról Irányított Légi Rendszer) megnevezés és az UAS (Unmanned Aerial/Aircraft System, azaz Pilótánélküli Légi Rendszer) megnevezés. Az előzőekben említett rendszerek mára csereszabatosak lettek [2].

## **DRÓNOK MAGYAR VONATKOZÁSA**

Amikor az UAV-kről beszélünk nem szabad elmenünk a magyar vonatkozása mellett. A magyar pilóta nélküli felderítő eszközök történetét, nem lehet elválasztani a Magyar Honvédségtől, mivel ez volt az a hely, ahol az igények megszülettek. Az első ilyen fejlesztés 1990-re lett kész, ami a Szojka – III nevet kapta és csehszlovák együttműködéssel jött létre. További intenzív fejlesztéseknek köszönhetően épült meg 1995-ben a DENEVÉR. Sikeres tesztjei ellenére anyagi fedezet hiányában ebből csak egy készült, ami a Szolnoki Repülőmúzeumban található. Időközben a Magyar Honvédség két külföldi típust használt a különböző felderítési és harcászati feladatokra a SKYLARK I-LE-t és a SOFAR 250-et. 2007-ben viszont újra magyar kézbe került a BORA és az IKRAN drón kifejlesztése, amihez a mozgó vezetési pontot az MRVP-t is magyar cég gyártotta le [3].

## **A DRÓNOK CSOPORTOSÍTÁSA**

A drónokat osztályozhatjuk méret, felhasználás, felhasznált hajtómű [4], egyes paramétereik (repülési idő, maximális sebesség, csúcsmagasság hatósugár, stb.) és számos egyéb paraméter alapján [5]. A konstrukciós megoldások szerint a következő négy fő kategóriát különböztethetjük meg:

**Merevszárnyas:** A repülőgép tengelyeihez képest a szárnyak helyzete nem változik. Ez a konstrukció önmagában nem alkalmas a helyből felszállásra, ezért valamilyen kiegészítéssel sikerül a felszállás képességét elérni. Ennél a konstrukciónál a nagyobb végsebességet, nagy csúcsmagasságot és a viszonylag nagy hatótávolságot lehet előnyösen kihasználni [6]

**Forgószárnyas:** A forgószárny felelős a vízszintes repüléskor a felhajtóerőért és függeszkedéskor is. Klasszikus helyből felszálló konstrukció. Azonban míg a pilóta vezette repülő eszközöknél leginkább az egy- vagy két rotoros konstrukciók terjedtek el, a vezetől nélküli változatban nagyon népszerű a kettőnél több rotor alkalmazása, mivel ilyen esetekben a rotornak sem ciklikus, sem kollektív állásszög állíthatósággal nem kell rendelkeznie. Hátránya nagy energiafelhasználása, komolyabb hatótávolság és hosszú repülési idő egyelőre nem elérhető. Bár a rotorok száma tulajdonképpen tetszőleges lehet, mégis a nyomatékkompenzáció miatt célszerű páros számú (páronként ellentétes irányba forgó) rotort alkalmazni. Elterjedt a négy (quadro), hat (hexa) nyolc (okto) rotoros változat. [6].

**Levegőnél könnyebb:** Ebbe az osztályba gyakorlatilag a léghajók tartoznak, ahol a felhajtóerőt valamilyen levegőnél könnyebb gáz adja.

**Kísérleti, egyéb:** Ez az osztály jellemzően olyan megoldásokat tartalmaz, amelyek nem terjedtek el szélesebb körben, mint például a csapkodó szárnyas konstrukció [6]

## LÉGI SUGÁRFELDERÍTÉSBN EDDIG SZERZETT TAPASZTALATOK HAZAI VONATKOZÁSBAN

A légi sugárfelderítés katonai alkalmazását a gyorsaság és a hajózó állomány távolságvédelme miatt kezdetben a merev szárnyú és a harci helikoptereken tervezték alkalmazni.

Erre született egy magyar szabadalom [7], amelynek alapján a Gamma Műszaki Zrt. ipari kivitelben gyártja a RABV sugárfelderítő rendszer UAV-ra [8], továbbá a LABV Légi ABV-felderítő rendszer harci helikopterre [8] telepített változatát. A légi sugárfelderítő rendszer korszerűsített változata alkalmas terepszennyezés felderítésére, elveszett radioaktív sugárforrások felkutatására és beazonosítására, pontosság tekintetében pedig egyenértékű a földi felderítéssel, lehetőségek tekintetében pedig azt messze felülmúlja [9].

A mérések kiértékelésénél a következő összefüggést használjuk pontforrás esetén:

$$P_1 = k_3 \cdot P_h h^{k_4}$$

$P_1$  – 1 m referenciamagasságra számolt dózisteljesítmény (Gy/h)

$P_h$  – h magasságon mért dózisteljesítmény (Gy/h)

$h$  – mérési magasság (m)

$k_3$  – terepviszony elnyelés faktor (1–1,18)

$k_4$  – légkör elnyelési faktorial korrigált távolságfüggés (2,1–2,4) [9]

Szennyezett felületek esetén:

$$P_1 = k_1 \cdot P_h e^{k_2 h}$$

$P_1$  – sugárszint 1 m magaságban (Gy/h)

$P_h$  – h magasságon mért dózisteljesítmény (Gy/h)

$h$  – mérési magasság (m)

$k_1$   $\beta$ -terepviszony elnyelés faktor (1,7–2)

$K_2$ -1 évkör elnyelési faktor (0,007–0,012) [9]

***Légi sugárfelderítés során alkalmazott detektorok és eszközök:***

- BNS-98 típusú dózisteljesítmény-távadó (GM csöves detektor);
- NDI/SK típusú intelligens szcintillációs nukleáris detektor, speciális üreges NaI(Tl);
- adatgyűjtő egység (BCU-01 típusú), amely az alábbiakból áll:
  - barometrikus nyomásmérő termosztátban;
  - GPS helykoordináta meghatározó vevő egység;
  - GPS helykoordináta meghatározó antennája;
  - "LegiABV" adatgyűjtő-, megjelenítő- és feldolgozó program [9].

A konténer konstrukciós kialakítása lehetővé teszi, hogy szükség esetén a meglévő alábbi eszközök is beszerelhetők legyenek: videokamera, digitális rádió, fedélzeti akkumulátorok. A rendszer a földi sugárszint meghatározását egy SZBT-10 nagyfelületű GM-csövet tartalmazó dózisteljesítmény-távadó mérése alapján végzi el.

Főbb jellemzői:

- Indikálási tartomány: 10 nGy/h–10 Gy/h;
- Mérési tartomány: 50 nGy/h–0,5 Gy/h (MKEH által hitelesítve);
- Relatív alaphiba:  $\pm 15\%$ ;
- Statisztikus ingadozás ( $\sigma$ ):  $< 10\%$  [9].

A mérési ciklus 2 s, így a szokásos repülési sebesség mellett is kellő felbontással lehet a sugárszintet meghatározni, ha a fedélzeten mérhető dózisteljesítmény eléri az 1  $\mu\text{Gy/h-t}$ . Kisebb dózisteljesítmény esetén a 2 s-es adat az utolsó n mérés átlagából képződik. Az intelligens szcintillációs detektor egy  $\varnothing 75 \times 50$  mm NaI(Tl) szcintillátor, speciális üreges kiképzéssel. A mérési ciklusa 0,5 s. A felderíthetőség alsó határát alapvetően a fedélzeti műszerek indikálási és mérési tartománya, a repülés paraméterei, valamint az adatfeldolgozási technikák határozzák meg. A végrehajtott tesztek alapján (7 alkalom) ki lehet mutatni egy minimum 500 kBq aktivitású nagy energiájú (500 keV felett) forrás meglétét és be lehet metszeni annak helyét. Kisebb energiájú (100–500 keV) források

esetében 1,5 – 2 MBq aktivitás megtalálása biztosítható 50 m repülési magasság tartásával.

A hordozó helikopter szennyezett terepszakasz felderítésekor: 300 km<sup>2</sup>/h/járőr, pontforrás felderítésekor 20 km<sup>2</sup>/h/járőr teljesítményre képes a következő paraméterek betartása mellett [9] 1. táblázat:

1. táblázat. Repülési- sebesség, magasság szennyezett terepszakasz és pontforrás keresés esetén [9]

	<b>Repülési sebesség</b>	<b>Repülési magasság</b>
<b>Szennyezett terepszakasz felderítése</b>	150–180 km/h	80–100 m
<b>Pontforrás felderítése</b>	100–120 km/h	50–60 m

A légi sugárfelderítés módszere alapvetően a műszaki kutató-mentő repülés módszerét követi, ez maximálisan biztosítja a szükséges mérési pontok sűrűségét és konvertálhatóságát. A repülés végrehajtása előtt az alábbi paraméterek kerülnek meghatározásra:

1. felderítőkörzet sarokpontjai,
2. a pásztázási távolságok:  
pontforrás felderítésénél: 100–200 m,  
területi forrás esetén: 500–1000 m,
3. pontforrás esetén a szcintillációs detektor csatornái szolgáltatnak adatot,
4. területi forrás esetén főleg a dózisteljesítmény mérő adatai a mérvadóak [9].

## SUGÁRFELDERÍTÉS LEHETŐSÉGEI AVAGY SZÓBA JÖHETNEK-E DRÓNOK

Alapvetően a sugárfelderítésnek két célja lehet:

1. Valamilyen okból (nukleáris baleset, nukleáris támadás stb.) a radioaktív anyaggal elszennyezett terület felmérése.
2. Elveszett vagy ellopott sugárforrás megtalálása.

Az első esetben többféle eszköz jöhet számításba. A nukleáris létesítmények esetében telepített sugárvédelmi ellenőrző rendszer kell, hogy rendelkezésre álljon. Ezen rendszerek (dózis-, és aktivitásmérők) működése esetén tájékozódhatunk a szennyezés irányáról és nagyságáról. Opcionálisan terjedést számító szoftverek segítségével számításokat lehet végezni, hogy a szűkebb, illetve tágabb környezetben a meteorológiai paramétereknek megfelelően hogyan alakul a környezeti helyzet. Az ilyen jellegű események esetén szóba jöhetnek még a mozgó laboratóriumok (sugárvédelmi mérőkocsik) is, amelyek a helyszínen pontosabb mérések és részletesebb analíziseket képesek elvégezni. Abban az esetben viszont, amikor olyan jellegű a baleset, hogy nem állnak rendelkezésre a távadók adatai vagy nem megközelíthető a létesítmény vagy a radioaktív anyaggal szennyezett terület (pl.: extrém magas sugárzás, vagy az útvonalak eltorlaszolása), előnyösen alkalmazhatók a légi járművek felderítési célból. Az előző fejezetből ugyanis kiderült, hogy a helikopterek hamar bevetethők, a műszerezettség megfelelően érzékeny, viszonylag nagy területet képesek felderíteni rövid idő alatt és kellően gyors tájékoztatást tudnak szolgáltatni a döntéshozók részére. Azonban figyelembe kell venni, hogy a helikopternek mekkora az üzemeltetési költsége és a személyzet eközben ki van téve a sugárzásnak. Az elhúzódó felderítések során a személyzet fiziológiai adottságai is végesek, ekkor kell, hogy megemlítsük a drónok jelentős előnyét. Amennyiben egy nagyobb terület sugárvédelmi felderítésében kell, hogy részt vegyen, a merevszárnyú változat lehet az optimálisabb, amennyiben kisebb területet vagy elszennyezett területszakaszt esetlegesen a nukleáris létesítmény egyes részeit kell felderíteni a forgószárnyas modellek jöhetnek számításba. A kisebb méretű drónok esetében a legjelentősebb gátló tényező az extrém időjárás. A második esetre



ugyancsak választ kaptunk az előző fejezetből, miszerint a helikopteres sugárfelderítés ezt a feladatot is teljes egészében el tudja látni. Ebben az esetben is azonban felmerülnek azok a kérdések, hogy minek vessünk be egy ilyen drága járművet, közben kockáztatva a légi jármű személyzetét, miközben ugyanezt a feladatot egy jóval olcsóbb és élőerőt kímélő módon is véghez lehet vinni.

A drónok alkalmazásával kapcsolatos hazai szakirodalom viszonylag szűk körűnek tekinthető. Restás Ágoston az pilóta nélküli repülőgépek iparbiztonság területén történő alkalmazásával foglalkozó cikkében többek között a nukleáris események felderítésével is foglalkozik. Megállapítja, hogy a pilótanélküli repülő eszközök alkalmazásánál számolni szükséges az eszköz későbbi mentésítését eredményező sugárszennyeződésével. Egyeztetni szükséges továbbá a kárfelszámolás irányítását végzőkkel a repülések részletes tervét, amely magában foglalja az eszköz le- és felszállóhelyének szennyezett vagy nem szennyezett terepen történő kijelölési lehetőségeit. [10].

### ***Drónok fedélzetén alkalmazott érzékelők, eszközök***

A drónokon használt eszközök alapvetően két tényezőtől függenek: magától a repülő eszköztől és a rászerezelt hasznos tehertől. A hasznos teher leggyakrabban érzékelővel vagy érzékelőkkel ellátott információ, adatgyűjtő eszköz, melyet az adott feladat végrehajtására optimalizálnak, mint például: optikai-, rádió-, rádió-technikai-, rádiólokációs-, radiológiai-, kémiai-, biológiai-, meteorológiai érzékelők. A repülés szempontjából fontos szenzorok, amelyek segítik az irányítást, navigálást, repülési szabályozást a következők: gyorsulásmérők, giroszkópok, különböző nyomásérzékelők, és GPS eszközök. Radiológiai szempontból legfontosabb érzékelők: a dózisteljesítmény-mérők. Dózisteljesítmény-mérésre a GM-cső a legelterjedtebb, de a szcintillációs detektorok is megtalálhatóak a palettán, amik a dózisteljesítmény-mérésen kívül spektrum felvételére is alkalmasak. Egyre több precíziós drónt fel lehet szerelni különböző mintavételi eszközökkel (pl.:levegő-, talajmintavevő stb.) is, amelyekből utána laboratóriumi vizsgálatokat lehet végezni.

## NEMZETKÖZI KITEKINTÉS, SUGÁRFELDERÍTÉSRE LEGOPTIMÁLISABB KONSTRUKCIÓK

Nemzetközi viszonylatban a merevszárnyú és forgószárnyas konstrukciók mellett egyre nagyobb teret hódítanak a több rotoros, nukleáris területen is bevethető drónok. Ennek egyik példája az angolok által fejlesztés alatt álló ARM (Advanced RISC Machine) rendszert magába foglaló hat rotoros drón vagy az ugyancsak az angol Bristol Egyetemen fejlesztés alatt álló négy rotoros AARM (Advanced Airborne Radiation Monitoring) rendszert tartalmazó drón. A biztonságos bevetetőségük esetén még vannak nyitott kérdések ilyen probléma pl. az extrém nagy sugárzásnak ellenálló elektronika [11, 12].

***A sugárvédelmi szempontból legsokoldalúbban kihasználható pilóta nélküli légi járműre a következők kellenek, hogy vonatkozzanak.***

1. A lehető leggyorsabban bevethető legyen (a helyszínen álljon rendelkezésre)
2. Irányítása egyszerű legyen és élő idejű sugárzásálló kamerával rendelkezzen. Valamint az előre beprogramozáshoz is legyen lehetőség (útvonal, feladat).
3. Viszonylag nagyobb (biztonságos) távolságból is irányítható legyen.
4. Levegőben tartózkodási ideje lehetőleg minél hosszabb legyen.
5. Az elektronikája és a létfontosságú berendezései sugárzásállóak legyenek.
6. Rendelkezzen minden olyan szenzorral és mintavételi eszközzel, ami a sugárfelderítés során szóba jöhet. A mérődetektorok kellően gyorsak, megbízhatóak és széles méréstartományúak legyenek.. Fel lehessen vele venni jó felbontású spektrumot, szükség esetén pedig kollimálni lehessen.
7. Viszonylag gyors legyen, de legyen képes a lebegésre is.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A pilóta nélküli járművek az elmúlt évtizedekben hatalmas fejlődésen mentek keresztül köszönhetően többek között az egyre korszerűbb anyagoknak és a számítástechnika fejlődésének. Egyre hangsúlyosabb szerepet kapnak nemcsak a hadiiparban hanem a katasztrófavédelemben és a hétköznapi életben. Előnyét köszönheti viszonylag alacsony gyártási-, üzemeltetési-, karbantartási költségének és hogy nem igényel több fős élőrőt. Bevetetősége szerteágazó és az egyes egyedi feladatokra jobban specifikálhatóbb.. Röviden: ha a XIX. század a vasúté, a XX. század az autóké, úgy a XXI. század a drónoké.

## HIVATKOZÁSOK

- [1] Europe Nuclear Society: *Nuclear power plants, world-wide*. 2017. <https://www.euronuclear.org/info/encyclopedia/n/nuclear-power-plant-europe.htm>
- [2] Drónpilóták Országos Egyesülete: *Mi az a drón*, 2016. <https://doe.hu/mi-az-a-dron>
- [3] Halászné dr. Tóth A., Somosi V., Pongrácz G.: Esettanulmány a pilóta nélküli légi járművek jövőbeni alkalmazása tükrében. *Repüléstudományi Közlemények*, XXIV 2 (2012) 607-615. [http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2012\\_cikkek/49\\_Halaszne\\_Toht\\_A-Somosi\\_V-Pongracz\\_G.pdf](http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2012_cikkek/49_Halaszne_Toht_A-Somosi_V-Pongracz_G.pdf)
- [4] P. Spanoudakis, „*Market Overview of the Vertical Take-Off and Landing Vehicles*.” <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.144.4850&rep=rep1&type=pdf>
- [5] Maziar Arjomandi, „*Classification of Unmanned Aerial Vehicles*,” <http://history.nasa.gov/monograph44.pdf> (letöltés ideje: 2017.04.13)

- [6] Árvai László: Helyből felszálló pilóta nélküli repülőgép konstrukciók és jellegzetes megvalósításai. *Hadmérnök*, VI. évfolyam, 1. szám, 201-210. oldal (2011) [http://hadmernok.hu/2011\\_1\\_arvai.pdf](http://hadmernok.hu/2011_1_arvai.pdf) (letöltés ideje: 2017.04.13)
- [7] Solymosi J, Baumler E, Nagy L Gy, Zagyvai P, Gresits I, Gujgiczér Á, Dorogi L, Takács M, Vajda N, Vodicska M: Eljárás és berendezés ismeretlen összetételű és/vagy több komponensű, főként hasadási termékekkel kontaminált terepszakaszok sugárszintjének légi felderítésére. Lajstromszám: 201 161. <http://gammatech.hu/?lang=hun&mnuGrp=mnuAbout%7CmnuPublications&module=showpage&site=publications#link1> (letöltés ideje:2017.04.13)
- [8] *Sugárzásmérő műszerek RABV sugárfelderítő rendszer UAV-ra.*  
[http://www.gammatech.hu/?mnuGrp=&module=products&lang=hun&group=sugarzasmero\\_sugarfelderitesi\\_legisugarfelderitesi&menupath=-sugarzasmero-sugarzasmero\\_sugarfelderitesi\\_legisugarfelderitesi&csport=L%C3%A9gi%20sug%C3%A1rfelder%C3%ADt%C5%91%20eszk%C3%B6z%C3%B6k](http://www.gammatech.hu/?mnuGrp=&module=products&lang=hun&group=sugarzasmero_sugarfelderitesi_legisugarfelderitesi&menupath=-sugarzasmero-sugarzasmero_sugarfelderitesi_legisugarfelderitesi&csport=L%C3%A9gi%20sug%C3%A1rfelder%C3%ADt%C5%91%20eszk%C3%B6z%C3%B6k)
- [9] Zelenák J, Csurgai J, Halász L, Solymosi J, Vincze Á: A légi sugárfelderítés képességei alkalmazhatóságának vizsgálata elveszett vagy ellopott sugárforrások felkutatása, illetve szennyezett terepszakaszok felderítése során. *Hadmérnök*, IV. évfolyam, 1 szám, 46-62 oldal (2009). [http://www.hadmernok.hu/2009\\_1\\_zelenak.pdf](http://www.hadmernok.hu/2009_1_zelenak.pdf) (letöltés ideje:2017.04.13)
- [10] Restás Ágoston: A pilóta nélküli repülőgépek alkalmazása az iparbiztonság területén. *BOLYAI SZEMLE* 24:(3) pp. 157-174. (2015)
- [11] *IOM3, The Institute of Materials, Minerals and Mining: Beat of the drone – measuring radiation at disaster site*, <http://www.iom3.org/materials-world-magazine/news/2014/feb/01/beat-drone-measuring-radiation-disaster-sites>
- [12] *The Engineer: British drone set to help nuclear accident sites.* <http://www.theengineer.co.uk/aerospace/news/british-drone-set-to-help-nuclear-accidentsites/1018254.article>
- (A letöltések ideje: 2017. 04. 1314.)

**Manga László**, doktorandusz, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki  
Doktori Iskola

[mangalaci@indamail.hu](mailto:mangalaci@indamail.hu)

László Manga, PhD student National University for Public Service Military Technical  
Doctoral School

ORCID azonosítót: 0000-0003-1672-7629

**Dr. habil. Kátai-Urbán Lajos** tűzoltó ezredes, PhD, tanszékvezető egyetemi docens,  
Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katasztrófavédelmi Intézet Iparbiztonsági Tanszék

[lajos.katai@uni-nke.hu](mailto:lajos.katai@uni-nke.hu)

Col. Lajos Kátai-Urbán PhD, head of Department for Industrial Safety for the Institute  
of Disaster Management, NUPS

[orcid.org/0000-0002-9035-2450](https://orcid.org/0000-0002-9035-2450)

**Dr. habil. Vass Gyula** tűzoltó ezredes, PhD, intézet igazgató egyetemi docens, Nemzeti  
Közszolgálati Egyetem Katasztrófavédelmi Intézet Iparbiztonsági Tanszék

[vass.gyula@uni-nke.hu](mailto:vass.gyula@uni-nke.hu)

Col. Gyula Vass PhD, director of Department for Industrial Safety for the Institute,  
NUPS

[orcid.org/0000-0002-1845-2027](https://orcid.org/0000-0002-1845-2027)

**Dr. Csurgai József**, PhD, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Műveleti Támogató  
Tanszék, Vegyi és Radiológiai Laboratóriumvezető,

[jcsurgai@gmail.com](mailto:jcsurgai@gmail.com)

Jozsef Csurgai PhD, head of Chemical and Radiological Laboratory (Department of  
Operations and Support, Chemical and Radiological Laboratory)

[orcid.org/0000-0003-4770-7997](https://orcid.org/0000-0003-4770-7997)

A kézirat benyújtása: 2017.04.22.

A kézirat elfogadása: 2017.06.02.