

## IV. Évfolyam 1. szám - 2009. március

**Zelenák János**

MH Görgei Artúr Vegyivédelmi Információs Központ  
[janos.zelenak@mil.hu](mailto:janos.zelenak@mil.hu)

**Csurgai József**

MH Görgei Artúr Vegyivédelmi Információs Központ  
MH Vegyi-, Nukleárisbaleset-elhárítási Operatív Osztály  
[jcsurgai@t-online.hu](mailto:jcsurgai@t-online.hu)

**Halász László**

Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem  
[halasz.laszlo@zmne.hu](mailto:halasz.laszlo@zmne.hu)

**Solymosi József**

Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem  
[solymosi.jozsef@zmne.hu](mailto:solymosi.jozsef@zmne.hu)

**Vincze Árpád**

Országos Atomenergia Hivatal  
[vincze@haea.gov.hu](mailto:vincze@haea.gov.hu)

## **A LÉGI SUGÁRFELDERÍTÉS KÉPESSÉGEI ALKALMAZHATÓSÁ- GÁNAK VIZSGÁLATA ELVESZETT, VAGY ELLOPOTT SUGÁRFOR- RÁSOK FELKUTATÁSA, ILLETVE SZENNYEZETT TEREPSZA- KASZOK FELDERÍTÉSE SORÁN**

### *Absztrakt*

*Jelen munka áttekintést ad a légi sugárfelderítés technológiájáról, harcászati alkalmazhatóságáról, különös tekintettel egy igen speciális feladatra, amely elveszett, vagy ellopott sugárforrások felkutatására irányul. Bemutatásra kerülnek azok a módszerek, melyekkel sikerült igazolni, hogy a légi sugárfelderítés jelenlegi technológiája, eltérően a korábbi években alkalmazottól, lehetőséget ad precíziós mérések végrehajtására. Részletesen ismertetésre kerülnek azok a tesztek, amelyeket különböző domborzati és terepviszonyok között végeztünk, különböző aktivitású és energiájú izotópokkal, és amelyek során meghatározásra került a felderíthető izotópok minimális energiája és aktivitása, valamint kialakult a felderítés módszere.*

*Analysis of the applicability of the airborne radiological reconnaissance in case of searching lost or stolen radioactive sources. Based on own experimental data, this article reviews the technology and tactical applicability of the airborne ra-*

*diological reconnaissance paying attention to a special task directing to searching lost or stolen radioactive sources. Methods tests are described which proved that the recent technology of the airborne recce gives opportunity to make precise measurement. There will be described tests, which were completed in different terrain and with radioactive sources of different energies. During tests the minimum activity and energy of the sources was determined and the right method of the reconnaissance was developed.*

**Kulcsszavak:** sugárfelderítés, radioaktív ~ radiological reconnaissance, radioactive

## Bevezetés

A Magyar Honvédség és ezen belül a vegyivédelmi csapatok drasztikus csökkentése a 90-es években drámai képességsökkenést okozott: 15 év alatt a földi sugárfelderítés képessége az 1991-es érték 15%-ára csökkent, a légi sugárfelderítési képesség a régi alapeszköz, az IH-31L rendszerből történő kivonása miatt megszűnt, míg az MH-nak az országvédelemmel, és az ONER-ben (Országos Nukleárisbaleset-elhárító Rendszer) kapcsolatos feladatai nem követték ezt a képességsökkenést.

A légi sugárfelderítés, amely a 80-as években már vegyivédelmi harcászati eljárásként került alkalmazásra, a leggyorsabb módszer, azzal az előnnyel, hogy a kezelő állomány kisebb mértékű dózisterhelést szenved el, mint az egyéb felderítési módzatoknál. Hátránya volt azonban, hogy ugyanakkor a legpontatlanabb is volt, ezért az elsődleges légi helyzetfelmérést később egyre pontosabb, de egyre időigényesebb földfelszíni méréseknek kellett követni járműfedélzeti eszközzel, hordozható műszerrel, végül a begyűjtött minták laboratóriumi elemzésével.

A képességsökkenésből adódóan ki kellett alakítani egy megfelelő pontosságú, kis létszámot igénylő, időtakarékos, nagy kapacitású mérési módot/rendszert. A fejlesztés szükségességét ugyanakkor harcászati – hadműveleti kényszer és műszaki technológiai feltételek – fejlesztések is indokolták.

A fejlesztés eredménye lett egy eszköz, amely a mai követelményeknek megfelelő precíziós mérési, helymeghatározási, adatrögzítési és feldolgozási képességekkel bír. Az új eszköz a képességeinek megfelelően új felderítési eljárásrendet követelt, amit több éven keresztül tesztek sorával dolgoztunk ki. A feladatrendszer is módosult, ami az alábbi felsorolásból látható:

- A terepszennyezés felderítése. A nagy kiterjedésű kontamináció feltérképezése során számítással meg kell határozni az egyes területek sugárszintjét a repülési magasság, a légköri- és talajviszonyok figyelembevételével.
- Pontszerű radioaktív források behatárolása. A háttérsugárzástól szignifikánsan eltérő pontok indikálásával meg kell határozni a források földrajzi koordinátáit.
- Radioaktív izotópok azonosítása. Energia-szelektív mérésekkel támpontot nyújtani a radioaktív szennyezettség összetételének becsléséhez.

A jelen munkában bemutatásra kerülnek azok a módszerek, melyekkel sikerült igazolni, hogy a légi sugárfelderítés jelenlegi technológiája, eltérően a korábbi években alkalmazottól, lehetőséget ad precíziós mérések végrehajtására. Részletesen ismertetésre kerülnek azok a tesztek, amelyeket különböző domborzati és terepviszonyok között végeztünk, különböző aktivitású és energiájú izotópokkal, és amelyek során meghatározásra került a felderíthető izotópok minimális energiája és aktivitása, valamint kialakult a felderítés módszere.

## 1. A sugárfelderítés során in situ eszközökkel felderíthető radioaktív izotópok köre

Az alábbi táblázatban olyan izotópok kerültek felsorolásra, amelyek egyrészt ipari, egészségügyi, stb. gyakorlati alkalmazásra kerülnek, másrészt felderítésük lehetséges a bomlásukat kísérő  $\gamma$  sugárzás segítségével.

1. táblázat: A légi felderítéssel detektálható radioaktív izotópok

Izotóp megnevezése	Z	A	Felezési idő	Időegység	Bomlástermék	%	Dózis-Aktivitás konverziós faktor Kd (Gy*m <sup>2</sup> /h/GBq)	Levegő lineáris gyengítési együttható $\mu$ (1/m)
K-40	19	40	1,28E+09	y			2,023E-05	9,547E-03
Cr-51	24	51	2,77E+01	d			5,257E-05	1,357E-01
Co-57	27	57	2,71E+02	d			1,433E-04	1,282E-01
Co-58	27	58	7,08E+01	d			1,829E-04	2,816E-02
Co-60	27	60	5,27E+00	y			3,063E-04	1,832E-03
Ga-67	31	67	3,26E+00	d			1,367E-04	1,185E-01
Se-75	34	75	1,20E+02	d			1,491E-04	7,514E-02
Mo-99/Tc-99m	42	99	6,60E+01	h			2,251E-05	6,179E-03
Cd-109	48	109	4,64E+02	d	Ag-109m		3,657E-05	5,838E-02
In-111	49	111	2,83E+00	d			9,024E-05	1,820E-02
I-123	53	123	1,31E+01	h	Te-123		5,697E-05	2,763E-02
I-125	53	125	6,01E+01	d			6,537E-05	4,845E-02
I-131	53	131	8,04E+00	d	Xe-131m	0,01090	5,301E-05	1,139E-03
Cs-137	55	137	3,02E+01	y	Ba-137m	0,94600	7,902E-05	3,118E-03
Ba-133	56	133	1,05E+01	y			1,031E-04	2,683E-02
Ba-140	56	140	1,28E+01	d	La-140	1,00000	5,951E-05	5,423E-02
La-140	57	140	4,02E+01	h			5,951E-05	5,423E-02
Eu-152	63	152	1,36E+01	y	Gd-152		1,585E-04	6,538E-03
Yb-169	70	169	3,20E+01	d			1,476E-04	7,597E-02
Ir-192	77	192	7,40E+01	d			1,139E-04	2,573E-03
Au-198	79	198	2,70E+00	d			5,739E-05	3,513E-03
Tl-201	81	201	7,31E+01	h			1,046E-04	1,235E-01
Th-232	90	232	1,41E+10	y	Ra-228	1,00000	1,176E-05	1,658E-01
U-234	92	234	2,45E+05	y	Th-230	1,00000	1,307E-05	1,662E-01
U-235	92	235	7,04E+08	y	Th-231	1,00000	5,422E-05	7,280E-02
U-236	92	236	3,42E+06	y	Th-232	1,00000	1,241E-05	1,664E-01
U-238	92	238	4,47E+09	y	Th-234	1,00000	1,098E-05	1,664E-01
Pu-240	94	241	1,44E+01	y	Am-241	1,00000	1,243E-05	1,665E-01
Am-241	95	241	4,32E+02	y	Np-237	1,00000	4,866E-05	1,324E-01
Cm-244	96	244	1,81E+01	y	Pu-240		1,045E-05	1,667E-01
Cf-249	98	249	3,51E+02	y	Cm-245	1,00000	6,965E-05	3,438E-02
Cf-251	98	251	9,00E+02	y	Cm-247	1,00000	6,537E-05	9,863E-02

## 2. A források felderítésének matematikai-fizikai alapjai

Az alábbi eljárások közül az első kettőt a felderítő konténer adatfeldolgozó moduljába építettek be, a 3.3. pontban tárgyalt eljárást pedig az adatok földi (utólagos) feldolgozása során alkalmazzuk.

### 2.1 Kiterjedt szennyezettség esete

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

$P_1$  – sugárszint (Gy/h);

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

h – mérési magasság (m);

$K_1$  – terepviszony elnyelési faktor (1,7 – 2);

$K_2$  – légkör elnyelési faktor (0,007 - 0,012);

A  $K_1$  és  $K_2$  szovjet szakirodalom szerinti értékei által meghatározott két függvény volt a kezelő által beállítható a Varsói Szerződés idején használt IH-31L műszernél. A továbbiakban ismertetett két általunk kifejlesztett eszköznel 24 függvény (12 nagyfelületű – 12 pontszerű forrásra vonatkozó) programozására van lehetőség, a repülés során, vagy az utólagos kiértékelésnél. Megjegyzendő, hogy a STANAG 2112 által ajánlott gyengítési tényező (AGRCF) jó közelítéssel a szovjet irodalom által ajánlott értékek átlagának felel meg (2. táblázat).

2. táblázat: A légi gyengítési tényezők összehasonlítása

Magasság (m)	STANAG 2112	VSZ
	(AGRCF= P1/Ph)	(P1/Ph)
30	2,2	
50	2,9	3-3,6
100	5,1	4-6,5
200		8,0-21,0
300	29	15-71
500		60-806
600	300	118-2523

### 2.2 Pontszerű forrás esete

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

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

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

h – mérési magasság (m)

$K_3$  – terepviszony elnyelési faktor (1 –1,18)

$K_4$  – légkör elnyelési faktor (2 –2,4)

(Megjegyzés: vákuumban ez az ismert négyzetes összefüggés)

Ugyancsak lehetőség van egy magyar szabadalom [2] szerint két, vagy több magasságon mért dózisteljesítmény adatokból görbeillesztéssel (pl.: legkisebb négyzetek módszere) meghatározni a megfelelő gyengítési tényező függvényét és a továbbiakban a légköri viszonyok változatlansága esetén azt felhasználni a sugárszint meghatározására. Erre egy egyszerű példa

egyenletes terepszennyezés esetén  $h_1$  és  $h_2$  magasságokon történő dózisteljesítmény mérésével ( $k_1$  – állandó peremfeltétellel):

$$K_2 = (\ln P_{h_2} - \ln P_{h_1}) / (h_2 - h_1)$$

Az így számított  $K_2$  értéket tekintheti a a légköri és szennyezési (spektrális) viszonyok jelentős megváltozásáig a rendszer a sugárszint számítás alapjának.

### 2.3 Utólagos (off-line) adafeldolgozásban alkalmazott eljárás

A dózis és dózisteljesítmény pontforrás körüli számításának matematikai alapjai az alábbiak:

$$P = \frac{K_d * A}{d^2} * \exp(-\mu d) \quad (1)$$

$$D_{calc} = \frac{K_d * A * t}{d^2} * \exp(-\mu d) \quad (2)$$

ahol:

$K_d$  – Izotóp specifikus dózis-aktivitás konverziós faktor (Gy\*m<sup>2</sup>/h/GBq),

$A$  – Forrás aktivitás (GBq)

$d$  – A receptor ponttól való távolság (m)

$t$  – Expozíciós idő (h)

$\mu$  – A levegő lineáris gyengítési együtthatója (1/m)

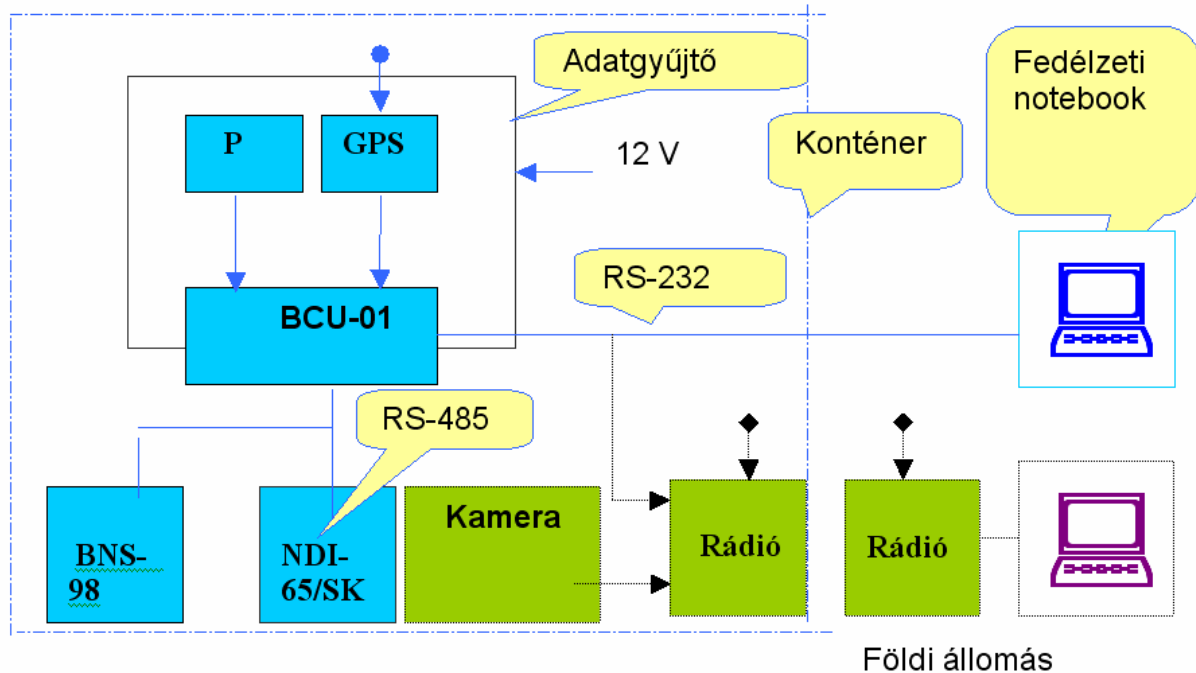
$P$  – Dózisteljesítmény (Gy/h) a receptor pontban,

$D_{calc}$  – Számított dózis (Gy) a receptor pontban.

### 3. Az légi sugárfelderítés technológiában alkalmazott detektorok és eszközök

A rendszert a HM Technológiai Hivatal, a Gamma Műszaki Rt. és a MH Vegyivédelmi Információs Központ 2001-ben fejlesztette ki. A konténerbe beépítésre kerültek az alábbiak:

- BNS-98 típusú dózisteljesítmény-távadó (GM csöves nukleáris detektor);
- NDI/SK típusú intelligens szcintillációs nukleáris detektor, speciális üreges NaI(Tl) kristállyal, ólom kollimátorban, beépített sugárkapu algoritmussal;
- 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.



1. ábra A légi sugárfelderítő rendszer bloksémája

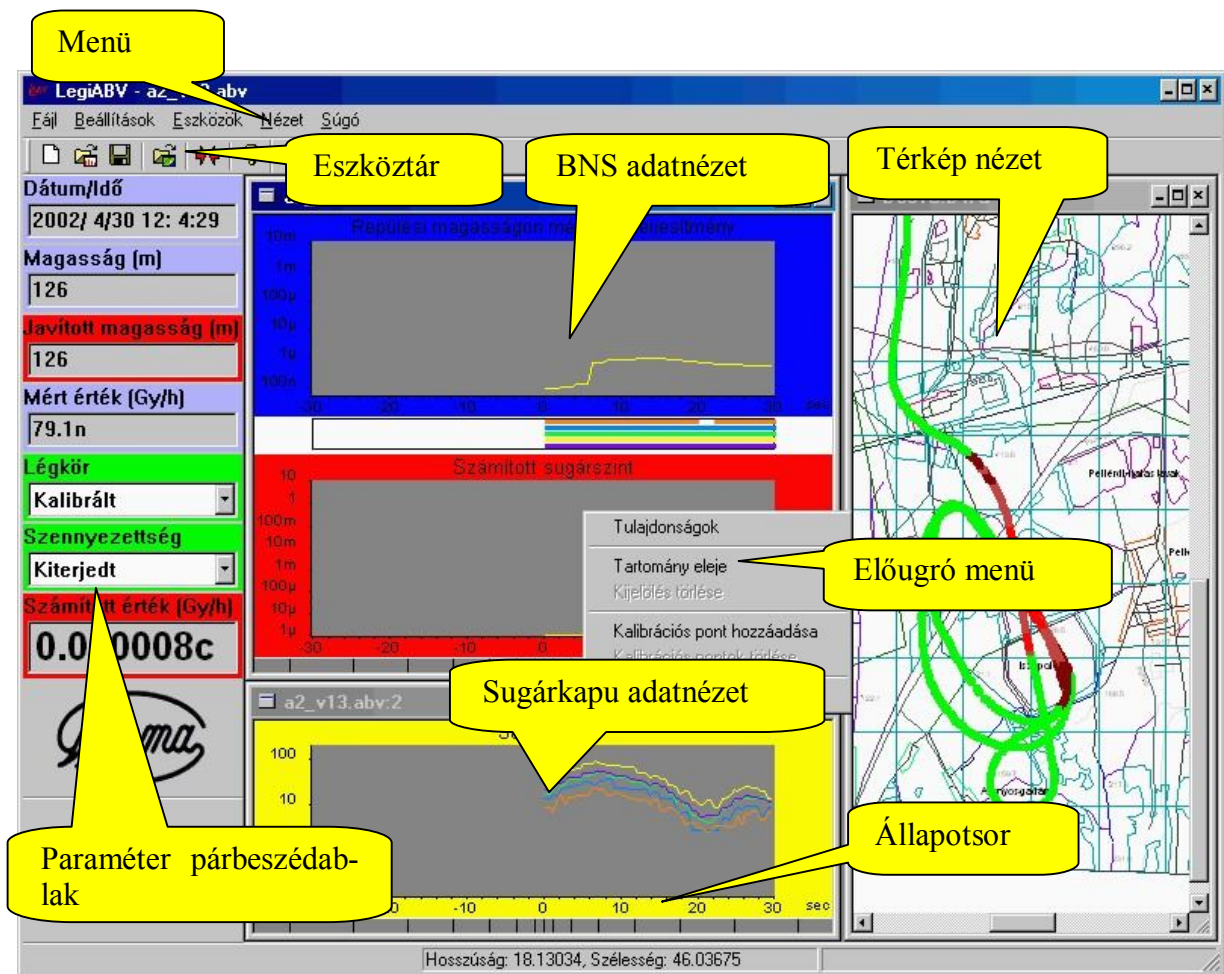
A konténer konstrukciós kialakítása lehetővé teszi, hogy szükség esetén a meglévő alábbi eszközök is beszerelhetők legyenek:

- videokamera;
- digitális rádió;
- fedélzeti akkumulátorok.

A rendszer a földi sugárszint meghatározását egy SZBT-10 nagyfelületű GM-csövet tartalmazó dózisteljesítmény-távadó mérésre alapja végez el. A dózisteljesítmény-távadó önmagában hiteles, a mérési eredményeket RS-485 soros vonalon, lekérdezésre küldi az adatgyűjtőnek. Főbb jellemzői:

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

A mérési ciklus 2 s, így a szokásos repülési sebesség mellett is kellő felbontással lehet a sugárszintet meghatározni, ha a fedélzeten mérhető dózisteljesítmény eléri a  $\mu\text{Gy/h}$  nagyságrendet. Alacsonyabb dózisteljesítmény esetén a 2 másodperces adat az utolsó n mérés átlagából képződik. Az intelligens szcintillációs detektor egy  $\varnothing 75 \times 50$  mm NaI(Tl) szcintillátor, speciális üreges kiképzéssel. Az üregbe homlok és haránt irányból egyaránt fényérzékeny foto-elektronsokszorozó illeszkedik. Árnyékolása 20 mm ólom kollimátor, látószög  $45^\circ$ , kúp. A detektorba be van építve a sugárkapu algoritmus, a sugárzás szignifikáns növekedése esetén riasztást küld. A pillanatnyi, az átlag értékeket és a státuszokat RS-485 soros vonalon, lekérdezésre küldi az adatgyűjtőnek. A mérési ciklusa 0,5 s. A riasztás 0,5 s alatt bekövetkezik, ha a sugárzás legalább 200 nGy/h-ra növekedik, Cs-137 sugárforrással vizsgálva, a házánkra jellemző háttérsugárzás értékek (80 nGy/h) mellett. Az energia-szelektív riasztásnál a sugárzás szignifikáns növekedése esetén a riasztásnak csatornánként is be kell következnie a 20-100 keV, 100-400 keV, 400-900 keV és a 900 keV fölötti tartományban.



2. ábra. A Légi sugárfelderítő feldolgozó program alkalmazói felülete

#### 4. A felderíthetőség alsó határa, valamint a felderítés teljesítőképessége és módszere

A felderíthetőség alsó határát alapvetően a fedélzeti műszerek indikálási és mérési tartománya, a repülés paraméterei, valamint az adatfeldolgozási technikák határozzák meg. A végrehajtott tesztek egy része arra irányult, hogy meghatározzuk a pontszerű források felderítésének módszerét (repülési, illetve pástázási paramétereket), a lehető legjobban kihasználva a konténer műszereinek érzékenységét. A fedélzeti spektrométerbe be van építve egy sugárkapu algoritmus, amely nagy segítséget ad az anomáliák azonnali kimutatására, emellett az adatok utólagos feldolgozása során digitális jelfeldolgozó technikákkal egyértelműen ki lehet mutatni egy minimum 500 kBq aktivitású nagy energiájú (500 keV felett) forrás meglétét, és be lehet metszeni annak helyét. Alacsonyabb energiájú (100 – 500 keV) források esetében 1,5-2 MBq aktivitás megtalálása biztosítható 50 m repülési magasság tartásával. Azonban minden esetben figyelembe kell venni, hogy a fenti lehetőségek többé-kevésbé egyenletes, nem fedett felszín esetében teljesülnek és a terep sajátosságai (domborzat, fedettség, stb.) döntően befolyásolhatják a detektálás lehetőségét, esetenként lehetetlenné téve azt.



### Hordozó helikopter: MI-24D harci helikopter

- Hermetikus tér a személyzet számára (a levegő szennyezettségének kiküszöbölése);
- Páncélozott padlózat (a földről jövő gamma háttér csökkentése);
- Nagyfokú magasság és útvonal-követési képesség.

#### Teljesítőképesség:

- Szennyezett terepszakasz felderítése: 300 km<sup>2</sup>/h/járőr;
- Pontforrás felderítése: 18 – 20 km<sup>2</sup>/h/járőr.

#### Repülési sebesség:

- Szennyezett terepszakasz felderítése: 150 – 180 km/h;
- Pontforrás felderítése: 100 – 120 km/h.

#### Repülési magasság:

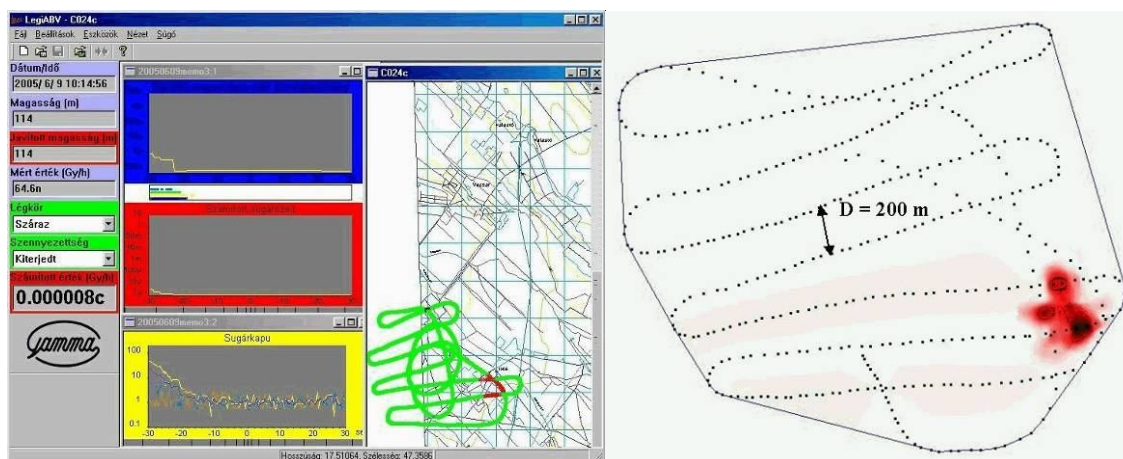
- Szennyezett terepszakasz felderítése: 80 – 100 m;
- Pontforrás felderítése: 50 – 60 m.

#### Egyéb paraméterek:

- Konténer üzemidő: min. 6 h;
- Helikopter max. repülési idő: 3 h;
- Készlet ideje: „R” + 6 h;
- A felderítés legkorábban tervezhető ideje az adott terület felett: Kihullás vége + 2 h (mérnöki tartalék).

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:

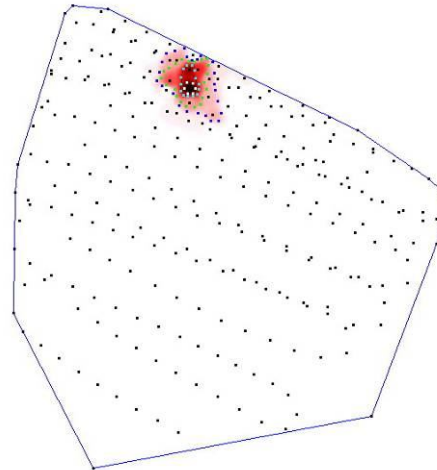
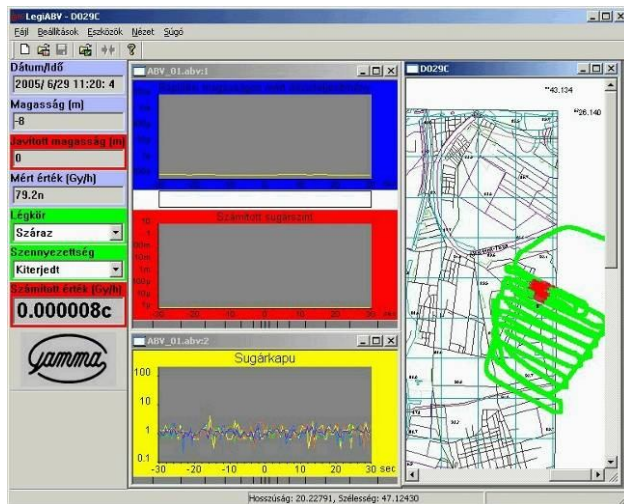
1. felderítőkörzet sarokpontjai,
2. a pásztázási távolságok:
  - pontforrás felderítésénél: 100-200 m
  - területi forrás esetén: 500-1000 m
  - (a szennyezés forrásától való távolság függvénye) [4]
3. pontforrás esetén a szcintillációs detektor csatornáit szolgáltatnak adatot
4. területi forrás esetén főleg a dózisteljesítmény mérő adatai a mérvadóak



3. ábra. ABV RIÉR gyakorlat, 2005. Június 7-9, Pápa Légibázis

A területi szennyezést pásztázási távolságok úgy kerül meghatározásra, hogy az összhangban legyen egy nukleáris eseményt követő nyomvonalon kialakuló szennyezés eloszlását leíró mérési pontsűrűséggel. [4]





4. ábra. Légi sugárfelderítő bemutató és teszt 2005.06.29. Szolnok

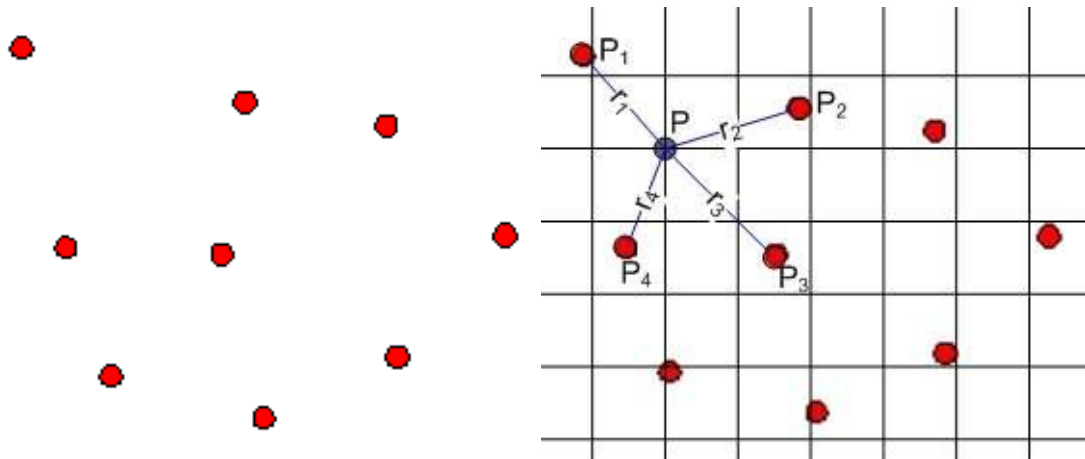
## 5. Az légi sugárfelderítés adatai feldolgozásának sajátosságai, módszerei

A légi sugárfelderítés által szolgáltatott adatok mennyisége lehetővé teszi a földi sugárzási terek anomáliáinak pontos bemérését, területi forrás esetében a sugárszinteknek a földi felde-  
 ritéssel azonos pontossággal történő meghatározását. A sugárzási tér bemérése szempontjából a szükséges pontsűrűséget az előző fejezetben meghatározott pásztázási távolság biztosítja. A felderítési nyomvonalon a pontsűrűség minden esetben a szükségesnek a három-négyszerese, ez redundanciát biztosít az adatfeldolgozáshoz. A mérési adatok feldolgozása mindenképpen egy olyan adatkonverziós eljárást feltételez, ahol a sugárzási teret tetszőleges receptorpontra mérés technikailag elfogadható közelítéssel (interpolációval) le tudjuk írni. Az adatfeldolgozásnál kétfajta konverziót használunk, a mérési adatok alkotta irreguláris ponthalmaz raszteres (esetleg pixeles) ponthálózattá, vagy Delanuay-háromszög hálózattá történő konvertálását.

Pontszerű forrás keresése esetén az előbbi, területi forrás keresésénél az utóbbit alkalmazzuk, az alábbiak miatt:

- a raszteres hálózat lehetőséget ad az anomáliák jobb detektálására képfeldolgozásnál alkalmazott digitális szűrők alkalmazásával;
- a Delanuay-háromszög hálózat pontosabb interpolációt biztosít a háromszögekben belüli pontokra.

## 5.1 Irreguláris ponthalmaz konvertálása raszteres ponthálózattá



5. ábra. Raszterbe konvertálás elve

Az eljárás lényege egy adott rácspont körüli  $n$  számú legközelebbi mérési pont kiválasztása és az alábbi súlyozó konverziós egyenlettel történő interpolálás:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{r_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{r_i^2}}$$

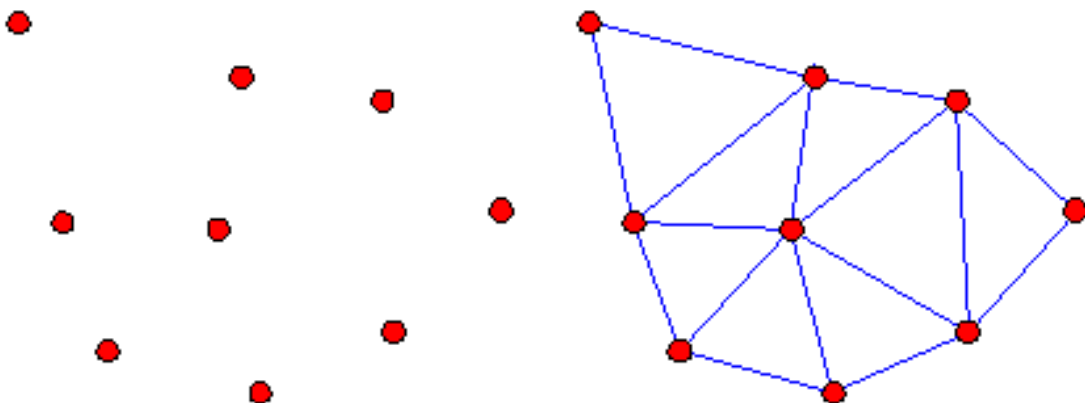
ahol:

$r_i$  – az  $i$ -edik pont távolsága a raszterrácsponttól;

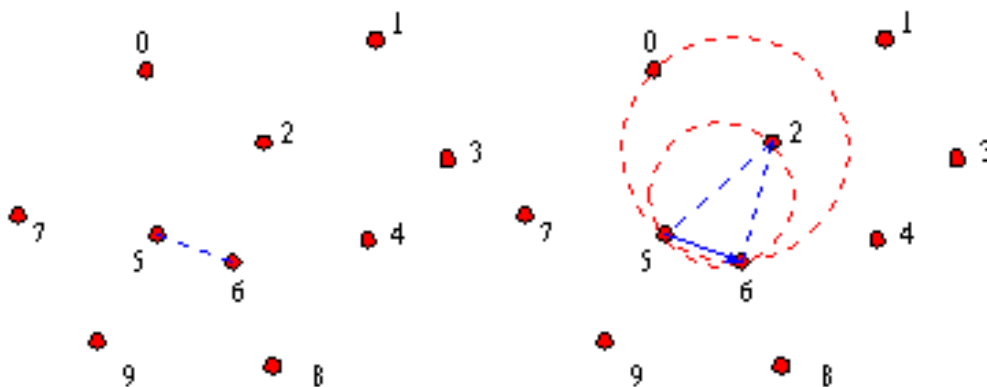
$P_i$  – az  $i$ -edik ponthoz tartozó sugárszint érték, vagy beütésszám;

$P$  – a rácsponthoz tartozó sugárszint érték, vagy beütésszám.

## 5.2 Irreguláris ponthalmaz konvertálása Delanuay-háromszög hálózattá



6. ábra. Kiindulási ponthalmaz és az eredmény



7. ábra. A Delanuay háromszögelés elve

A Delanuay-háromszögelés nagyon elterjedt eljárás a geodézia tudományában alapvető eljárása a digitális domborzati modell létrehozásának. Mivel a sugárzási tér gyakorlatilag a domborzattal azonosan leírható skalártér, ezért ugyanúgy alkalmazható az adott eljárás a terepi sugárszint leírására.

Az eljárás lényege: Legyenek a síkon szabálytalan elrendezésű pontjaink. Minden pont köré szerkeszthető egy olyan sokszög, melynek belső pontjai (összes pontja a határát alkotó pontok kivételével) közelebb vannak a kérdéses ponthoz, mint az összes többi ponthoz. Az ilyen tulajdonsággal rendelkező sokszögek konvexek és folytonosan töltik ki a síkot. A meghatározásból következik, hogy a sokszög oldalai merőlegesek a körülvevő pontot a többi ponttal összekötő egyenesekre és felezik azokat. Természetesen nem minden sugár felező merőleges egyenes lesz a sokszög része, hanem csak azok, melyek metsződéseiből a zárt konvex sokszög létrejön. A sokszög oldalak egyben meghatározzák az egy-egy pontból figyelembe veendő szomszédos pontokat is, hiszen csak azok a pontok befolyásolják a sokszög kialakulását, amelyekre menő sugarak felező merőlegesei részei a sokszögnek. Ha minden pontot összekötünk a róla a fentiek szerint figyelembe veendő szomszédos pontokkal, úgy síkbeli esetben, egyértelmű és bizonyos szempontból optimális háromszögfelbontást kapunk. Ezt a felbontást nevezik Delaunay háromszögelésnek. Térbeli esetben a szomszédosként meghatározott pontok összekötése egyértelmű, optimális tetraéder felbontást eredményez.

## 6. A légi sugárfelderítés technológia fejlesztése során végzett tesztek, valamint radioaktív sugárforrások alkalmazásával levezetett gyakorlatok tapasztalatai

Az alábbiakban felsoroljuk a konténer sikeres tesztjeit, illetve azokat a gyakorlatokat, ahol a demonstrációs célok mellett gyakorlati, kísérleti célokat tűztünk ki, kiemelve a 2008-ban végrehajtott laborösszemérési gyakorlatot, mivel ott elsősorban feladat végrehajtási céljával vett részt a légi sugárfelderítő helikopter, együttműködve a földi felderítő és értékelő alegységekkel, nagyszámú radioaktív forrás alkalmazásával.

### 6.1 Pellérd, 2002. 04. 30.

Téma: Területfelderítés

Cél: az eszköz pontosságának és precizitásának vizsgálata, GPS adat és sugárszint mérési adatfeldolgozás, A légi felderítési adatok földi felderítési adatokkal való validálása.

## 6.2 Szentkirályszabadja, 2004. 04. 14.

Téma: pontforrás keresés

Cél: pontforrás detektálása és helymeghatározás

## 6.3 Szolnok, 2004. 04. 14, 19.

Téma: On-line adattovábbítás és feldolgozás

## 6.4 Bakonykuti, 2004. 04. 3-4.

Cél: pásztázó technológia teszt

Téma: ABV RIÉR gyakorlat

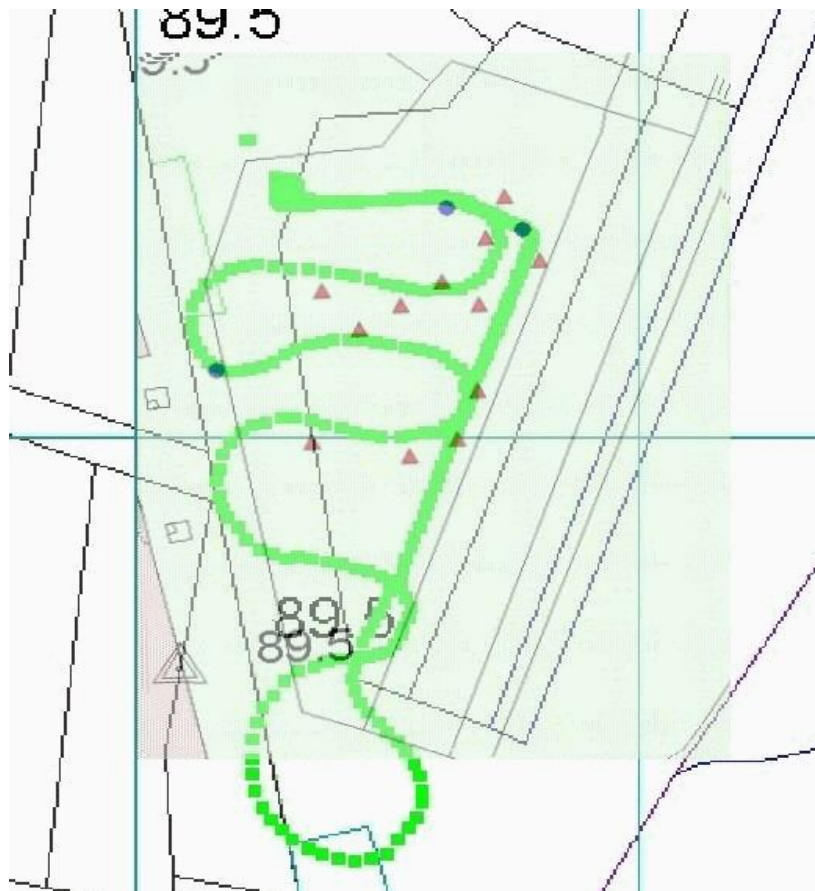
## 6.5 Pápa légitámaszpont, 2005. 06. 8-9.

On-line adattovábbítás – feldolgozás és pontforrás keresés

## 6.6 Szolnok, 2006. 10. 17.

Cél: alacsony intenzitású pontforrás keresés

A teszt jelentősége abban volt, hogy sikerült a repülőtéren telepített alacsony intenzitású (350 kBq – 1 MBq) sugárforrásokat kivétel nélkül megtalálni a mérési adatok elemzésével.



8. ábra. A Légi sugárfelderítés trajektóriája és a megtalált források helye

A térképvázlaton a felderítés trajektóriáját és a megtalált források helyét ábrázoltuk.

## 6.7 Püspökszilágy 2008. május 13-16.

Téma: Laborösszemérési gyakorlat'08

Jelentőségében ez a legutóbbi sugárforrásokkal végzett teszt volt a legfontosabb, mivel a gyakorlaton egy komplex, földi és légi felderítéssel egybekötött sugárhelyzet-felmérést hajtottunk végre. Ezt a gyakorlatot az alábbiakban részleteiben közöljük.

A feladat rövid leírása:

Légi sugárfelderítés eredményei alapján a kihelyezett sugárforrások megkeresése kézi illetve hordozható eszközök segítségével, azok azonosítása pontos földrajzi koordinátájuk meghatározása.

A feladat célja:

Egy esetleges baleset következtében nagy kiterjedésű területen szétszóródott radioaktív izotópok illetve „forró” pontok keresési módszereinek gyakorlása, lehetőség szerint a megtalált izotópok azonosítása.

A feladat végrehajtásának főbb mozzanatai:

A terepen kihelyezett sugárforrások keresése, a terület nagy kiterjedése miatt a légi sugárfelderítő csoport (LSFCS) alkalmazásával kezdődött.

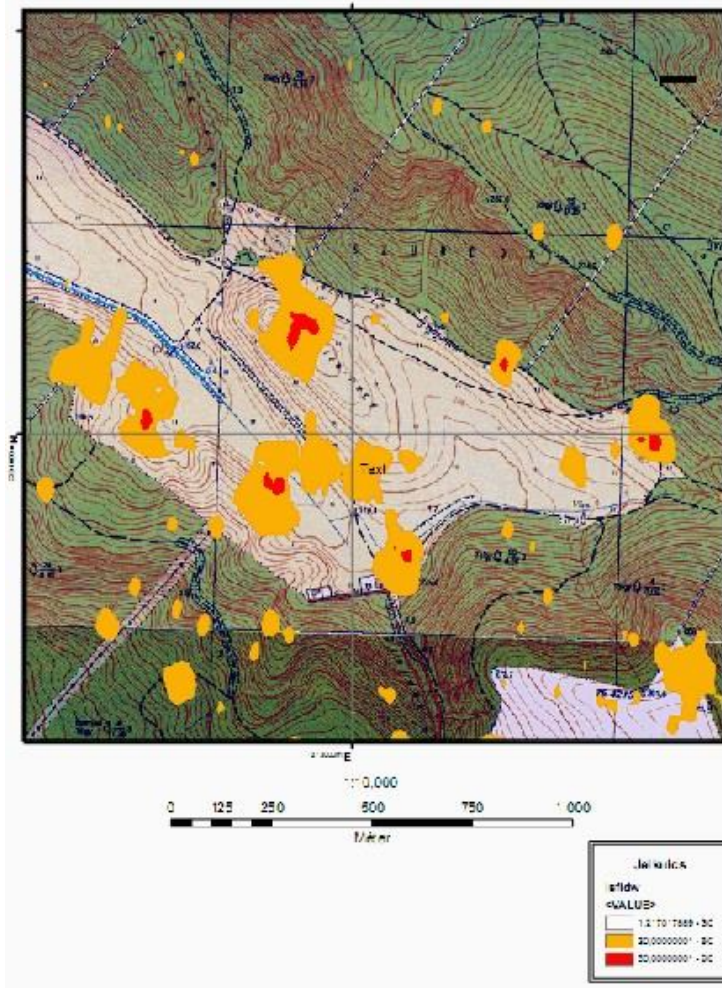


9. ábra: Légi sugárfelderítés MI-24

A megadott sarokpontok által határolt területet az MH légi-sugárfelderítésre kijelölt helikoptere 40-80 méteres magasságban 100 km/h sebességgel pásztázta, 2 másodpercenkénti mérésekkel. A mért adatokat egy eltávolítható háttértárra mentették a mérőeszközök, melyet a felderítés után számítógéppel egy erre alkalmas szoftverrel kiértékeltek. A mérés során a mért adatokhoz GPS-koordinátákat társított a rendszer és ezeket a szoftver segítségével térképen is megjeleníthette a felhasználó. A kapott mérési adatokat a gyakorlatvezető törzs kiértékelte és a kihelyezett sugárforrások számított dózisterét térképvázlaton grafikus formában bocsátotta a csoportok rendelkezésére.

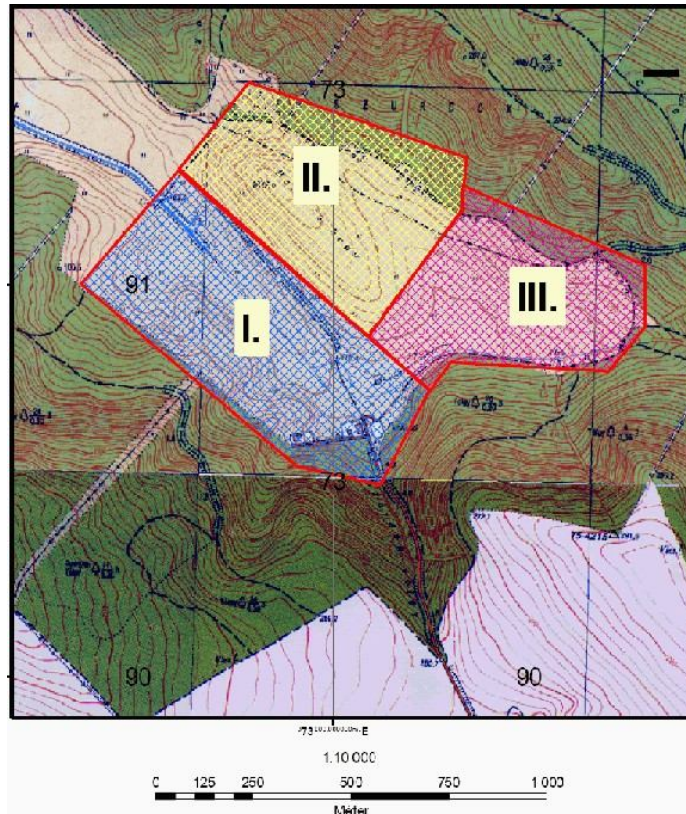


A Mobil Radiológiai Laboratóriumok és Sugárvédelmi Mérőközpontok  
Összemérési gyakorlata  
2008



10. ábra: Légi sugárfelderítés mérési térképázlata

A területet 3 szektorra osztották, és a térképázlat alapján a felderítő csoportok a saját szektorukban megkezdték a sugárforrások kutatását.

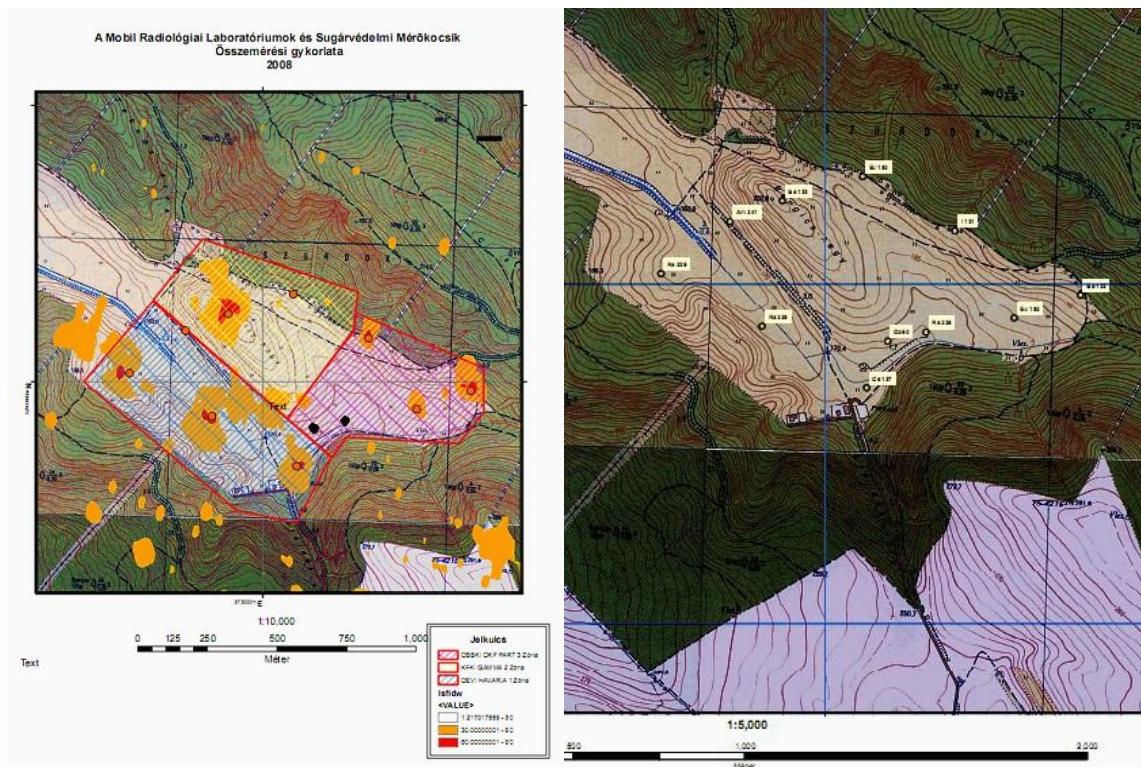


Jelkulcs	
	OSSKI OKF PART 3 Zóna
	KFKI GAMMA 2 Zóna
	OEVI HAVARIA 1 Zóna

11. ábra: Zónafelosztás

A kijelölt szektorokban a szennyező részleg 4-4 illetve 3 sugárforrást rejtett el, amelyeket a csoportok zömének sikerült is bemérnie, és az izotópok helyét és paramétereit megadnia az adatgyűjtő értékelő csoportnak.





12. ábra: A légi és a földi felderítés eredményeinek „összefésülése” és összehasonlítás a szennyező részleg telepítési vázlatával

A feladat végén az értékelő csoport kiértékelte az eredményeket és a komplex felderítés adatait térinformatikai rendszeren ábrázolta (9. ábra). A fekete ponttal ábrázolt helyen lévő forrásokat sem a légi, sem a földi felderítés nem fedte fel, a kobaltforrás árnyékolt volt, míg a rádiumforrás aktivitása túl alacsony volt a viszonylag kis energiájú sugárzásához képest. Az összes fennmaradó elrejtett forrást meg tudtuk találni.

## Összefoglalás

Jelen tanulmányban áttekintettük a légi sugárfelderítés technológiáját, harcászati alkalmazhatóságát saját mérési eredményeink alapján. Különböző aktivitású és típusú sugárforrásokkal és különböző domborzati és terepviszonyok közötti tesztekkel, mérésekkel sikerült igazolni, hogy a légi sugárfelderítés jelenlegi technológiája, eltérően a korábbi években alkalmazottól, lehetőséget ad precíziós mérések végrehajtására, ami pontosság tekintetében egyenértékűvé teszi a földi felderítéssel, lehetőségek tekintetében pedig messze felülmúlja azt.

Összességében a modern légi sugárfelderítés eszköz és eljárásrendje mérőföldköves előrelépés a vegyvédelmi csapatok képességeiben, amit az alábbiakban foglalhatunk össze:

- a konténerbe épített rendszer környezeti hatásokkal szembeni állékonysága megfelelő;
- a konténer gyorsan, könnyen szerelhető a helikopterre;
- a rendszer pontszerű és kiterjedt sugárforrások felderítésére egyaránt alkalmas;
- a négycsatornás spektrometria támpontot nyújt az izotópazonosításhoz;
- A felderítések során az idő-, hely- és magasság koordináták hiánytalanul rögzítésre kerülnek, a repülés útvonala digitális térképen pontosan jelenik meg;
- a felvételek rendben archiválódnak, visszajátszhatók, kiértékelhetők;
- a mérési eredmények reálisak, pontosságuk a földi rendszerekével egyenértékű;

Az on-line adattovábbítás digitális adatrádió segítségével történik.

A mérési eljárás és az adatok kiértékelése térinformatikai platformon történik, aminek a feltételei az alábbiak szerint teljesülnek:

- A GPS magasságmérés korrekciója a DDM-50 digitális domborzati modell és a barometrikus magasságmérő adatai segítségével történik;
- Digitális térkép használata: az adatfeldolgozó szoftver teljes körűen kezeli a DTA-50-es térképészeti adatbázist;
- A felderítési adatok memóriakártyára íródnak;
- A mérési eredmények megjelenítése NATO szabvány szerinti térképi jelekkel, jelzésekkel történik.

## **Irodalom**

- [1] Solymosi József: Korszerű sugárvédelmi mérőrendszerek I.-II. – Haditechnika 1994/2, 1994/3. sz.
- [2] Solymosi József, Baumler Ede, Nagy Lajos György, Gujgiczer Árpád, Gresits Iván, Zagyvai Péter, Dorogi László, Vodicska Miklós, Vajda Nóra, Takács Márta Eljárás és berendezés ismeretlen összetételű és/vagy többkomponensű főként hasadási termékekkel kontaminált terepszakaszok sugárszintjének légi felderítésére, HU 201161 B Szolgálati találmány , 1987
- [3] Pilóta nélküli repülőre telepíthető sugárszintmérő rendszer, HMK, 1993. (HTI 960/13/1993)  
Beszámoló jelentés Légi ABV felderítő rendszer, TH – Gamma,2001 (HTI 670/15/1999)
- [4] Csurgai József mk. őrnagy: Nukleárisbaleset-elhárítás és vegyi katasztrófák összefüggésrendszerének tudományos vizsgálata, Ph.D értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2003