

Fejlesztések a radioaktív hulladékhordók minősítésében és osztályozásában

- **Jónás Jácint¹, Petrányi János¹, Zsitnyányi Attila¹, Garai Zoltán¹, Kátai-Urbán Lajos², Veres Gábor³**
- *¹ GAMMA Zrt., ² Katasztrófavédelmi Intézet, Rendészeti Kar, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, ³ Fizika Intézet, Eötvös Loránd Tudományegyetem*

Radioaktív hulladék



- Továbbiakban már nincs rá szükség
- Radioaktív izotópokat tartalmaz (minőségi analízis, rövid/hosszú felezés)
- Aktivitása meghaladja a hatóság által előírt határértékeket (mennyiségi)
- Kategorizálás: Mentességi, VSLW, **VLLW**, **LLW**, ILW, HLW (IAEA GSG-1)

Iparág	Hulladék típusa	Példa
Energia	kis, közepes, nagy aktivitás	rongy, fém alkatrészek, építési hulladék, leszerelés
Orvostudomány	kis aktivitás, rövid felezési idejű	fecskendők, rongy
Ipar	Zárt sugárforrások	szintjelző, sterilizáló
Kutatás	gyakorlatilag bármi	
Katonai, védelmi		

Radioaktív hulladékok kategorizálása (2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet alapján)

Radioaktív hulladék kategóriája	Besorolás aktivitáskoncentráció alapján	Besorolás élettartam alapján
Nagy aktivitású	Hőtermelése > 2 kW/m ³ vagy a Fizvr. szerinti 1. kategóriába sorolandó	-
Közepes aktivitású	$S > 1000$	Rövid élettartamú: Ha $S \leq 1$ a $T_{1/2} > 30$ év izotópokkal számolva, egyéb esetben hosszú élettartamú.
Kis aktivitású	$S \leq 1000$	
Nagyon kis aktivitású	Ha rövid élettartamú és $S \leq 50$ a $T_{1/2} \leq 30$ év izotópokkal számolva és $\sum_i \frac{AK_i}{\dot{A}MEAK_i} \leq 1$ a $T_{1/2} > 30$ év izotópokkal számolva.	(csak rövid élettartamú lehet)

„ A hulladékcsomagban kritikusság nem megengedett. Ennek igazolásához a hulladéktermelőnek/átadónak meg kell adnia a csomagban lévő nukleáris anyagok izotópösszetételét és aktivitását vagy aktivitáskoncentrációját ”

„ A hulladéktermelőnek/átadónak a lehető legrészletesebben kell megadnia a hulladékcsomag **izotópösszetételét és aktivitáskoncentrációját.** ”

$$S = \sum_i \frac{AK_i}{SMEAK_i}, \text{ 1 tonnát meghaladó mennyiség esetén a képletben SMEAK helyett \dot{A}MEAK szerepel}$$

Izotóplista + koncentráció
Veszélyességi index

Izotóplista + koncentráció
HÁK

**Veszélyességi index
felső becslés**

Workshop és összemérés tapasztalatai



$$\sum_i (MDC)_i \sum_i \left(\frac{AK_i}{\acute{A}MEAK_i} \right) \leq 1$$

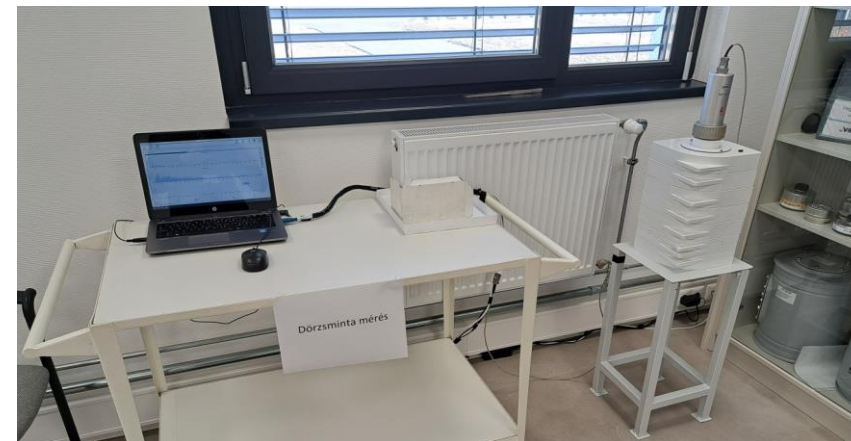
Jó gyakorlat ajánlások,
oktató anyag



Megalapozó szakmai egyeztetések



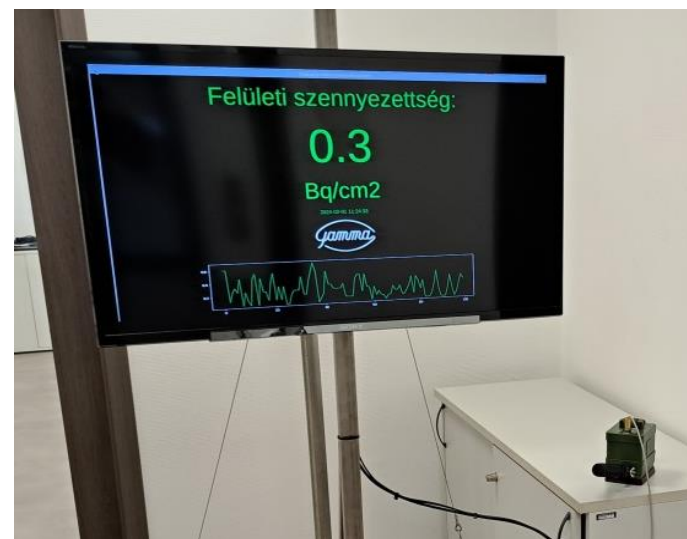
SGS



Felületi szennyezettség mérés



Hiteles
dózisteljesítmény



Munkavédelem



Radioaktív hulladékok minősítése, mobil konténeres mérőhely és detektorhálózatra épülő technológia alkalmazásával

A projekt azonosító száma: 2024-1.1.1-KKV_FÓKUSZ-2024-00076

A projekt címe: „Radioaktív hulladékok minősítése, mobil konténeres mérőhely és detektorhálózatra épülő technológia alkalmazásával” szolgáltatás fejlesztése.

Konzorcium:

GAMMA Műszaki Zrt. – Konzorciumvezető

Eötvös Loránd Tudományegyetem – Konzorciumi tag

A projekt tervezett kezdete: 2025.02.01.

A projekt tervezett befejezési dátuma: 2027.01.31.

HPGe és NaI(Tl) összehasonlítása



600 sec mérési, 5 cm árnyékolás + kollimátor, 200l hordó:

- **HPGe** detektor 30% hatásfok, felbontás FWHM 122 keV-nél 0,85 keV (modell számítás)

• **1 voxel**

HPGe-re számolt	MDA homogén térfogati forrás esetén [Bq]	MDA a hordó középpontjában lévő pontforrásra [Bq]
Cs-137	1240	3640

- **NaI(Tl)** 50x200 mm, felbontás FWHM 122 keV-nél 18 keV (tényleges mérés)

• **14 voxel azonos mérési idő!!!**

NaI(Tl) mért	MDA homogén térfogati forrás esetén [Bq]	MDA a hordó középpontjában lévő pontforrásra [Bq]
Cs-137	2310	8310

Kritikus izotóp és S index felső becslése

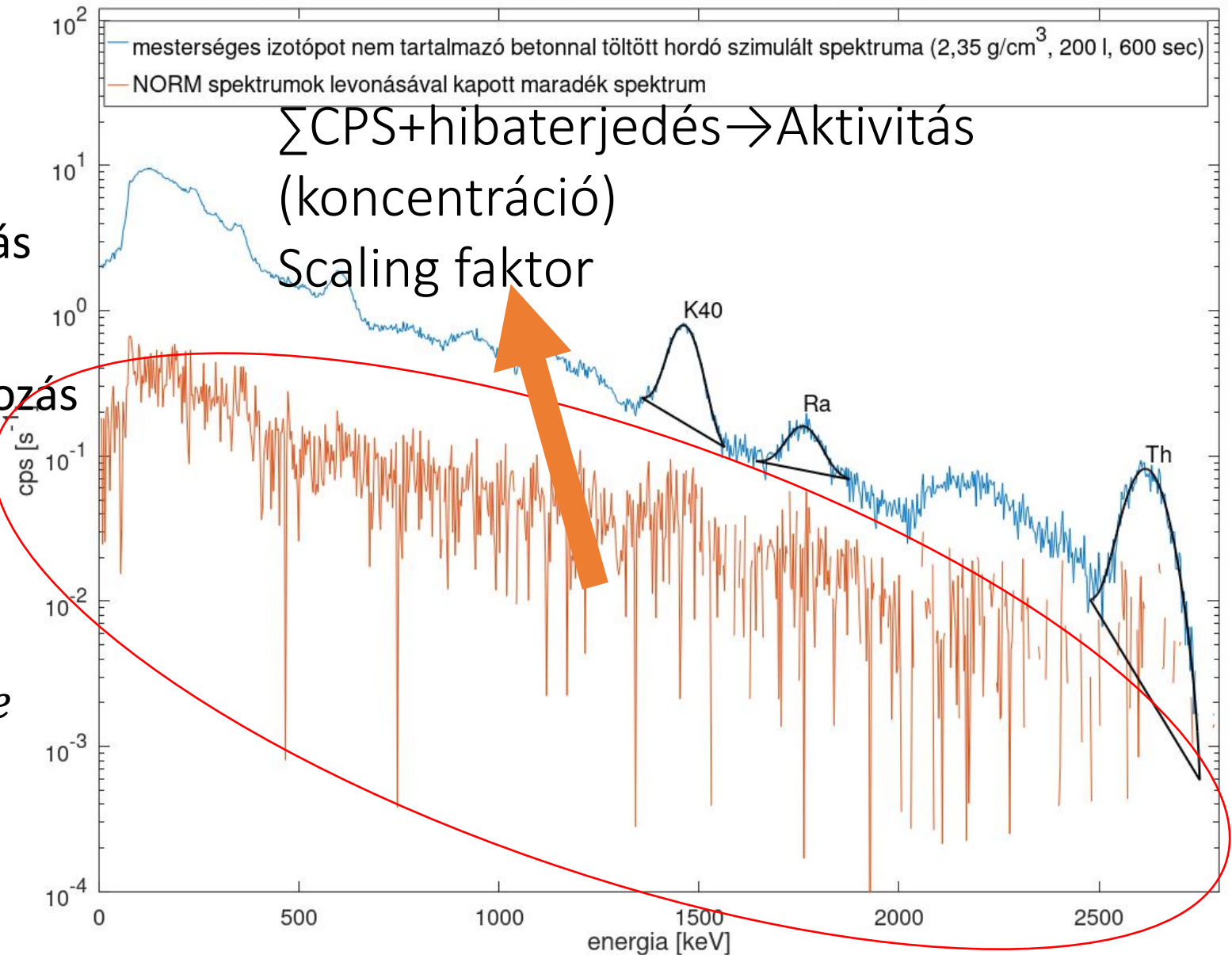
• Lépések:

- Inaktív mátrix, háttérmérés
- Minta mérés
- NORM koncentráció meghatározás
- Nettó mesterséges beütések
- Felső konfidencia szint meghatározás
- 1 db kritikus izotóp kiválasztása

$$\min(\eta_i \cdot \hat{A}MEAK_i),$$

$$\sum_i \left(\frac{AK_i}{\hat{A}MEAK_i} \right) = \text{Felső becslése}$$

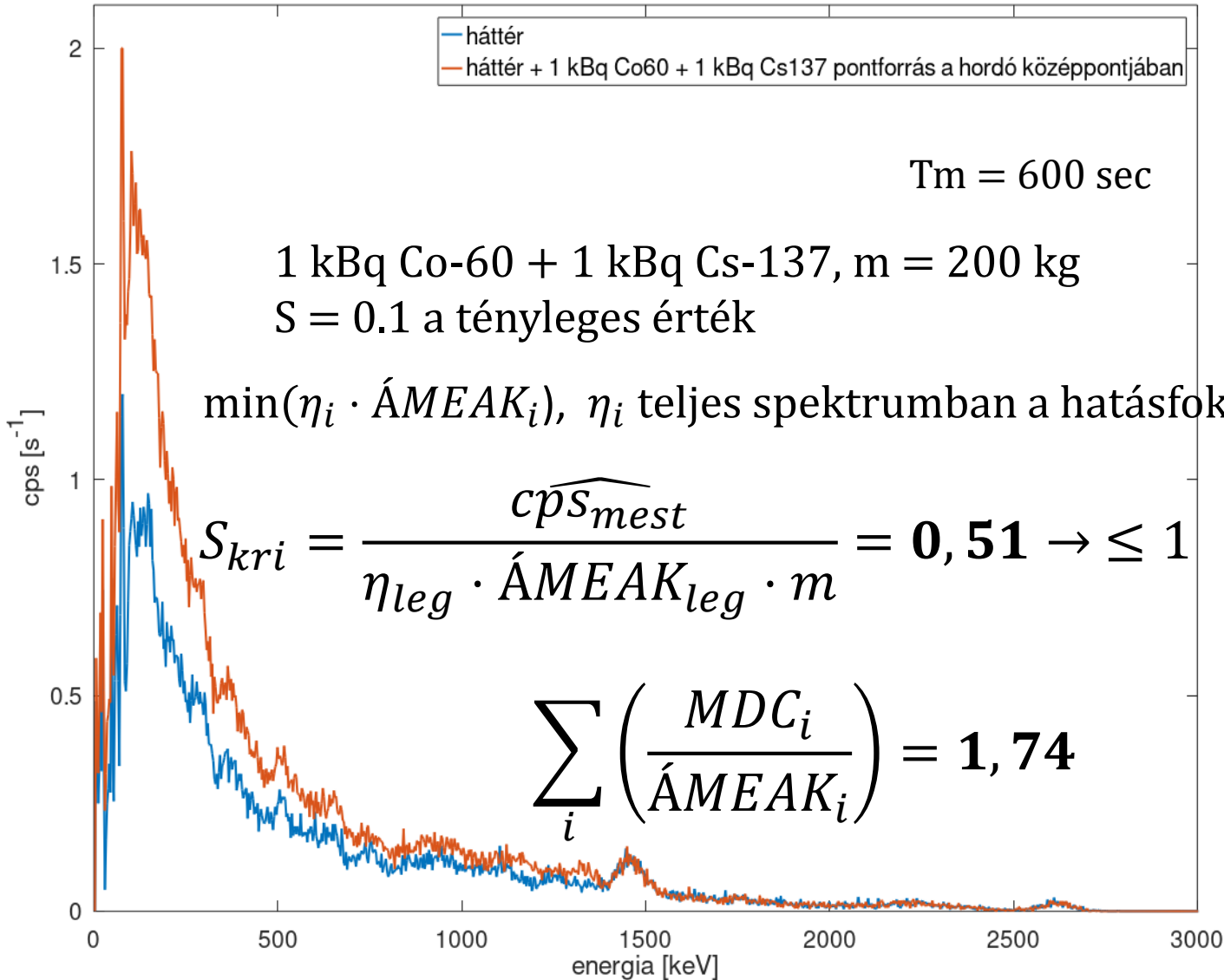
12 db 200x50 NaI(Tl) detektor, 5 cm ólom árnyékolás + kollimátorok, szimulált spektrum és NORM levonás



Veszélyességi faktor számítása, és felső becslése



12 db 200x50 NaI(Tl) detektor, 5 cm ólom + kollimátor, vízzel töltött 200 literes hordó, szimulált spektrumol



izotóp	ÁMEAK [Bq/g]	MDC [Bq/g]	MDC/ÁMEAK
Cr-51	100	0,074	0,001
Mn54	0,1	0,009	0,09
Co-58	1	0,009	0,01
Fe-59	1	0,018	0,02
Co-60	0,1	0,008	0,08
Zn-65	0,1	0,019	0,19
Nb-95	1	0,009	0,01
Zr-95	1	0,016	0,02
Ru-106	0,1	0,049	0,49
Ag-110m	0,1	0,010	0,10
Sb-124	1	0,007	0,01
Sb-125	0,1	0,027	0,27
Cs-134	0,1	0,010	0,10
Cs-137	0,1	0,012	0,12
Ce-144	10	0,076	0,01
Eu-154	0,1	0,022	0,22

Kritikus izotóp felső becslés módszer korlátai

- Szükséges a lehetséges izotópok listája. Ki kell választani a kritikus izotópot.
- Inaktív mátrix hiányában a NORM csúcsokból határozzuk meg a „NORM háttér”. A háttér spektrum mátrix függő. A NORM csúcsokban megjelenő mesterséges izotópok tévesen a háttérben maradhatnak. Th-232 vs. Ru-106, Bi-214 vs. Sb-124. NORM levonás megnöveli a mesterséges beütések felső konfidencia szintjét. Spektrumból spektrumot vonunk ki.
- Mátrix árnyékolásának hatása a spektrum formájára. (Eu-152 átvilágítás, Ra-226 csúcs arányok alapján (FNID), Átlagos rendszám, sűrűség, ELTE-s kollégák)

$$\sum_i (MDC)_i$$

$$\sum_i \left(\frac{AK_i}{\hat{AMEAK}_i} \right) \leq 1$$

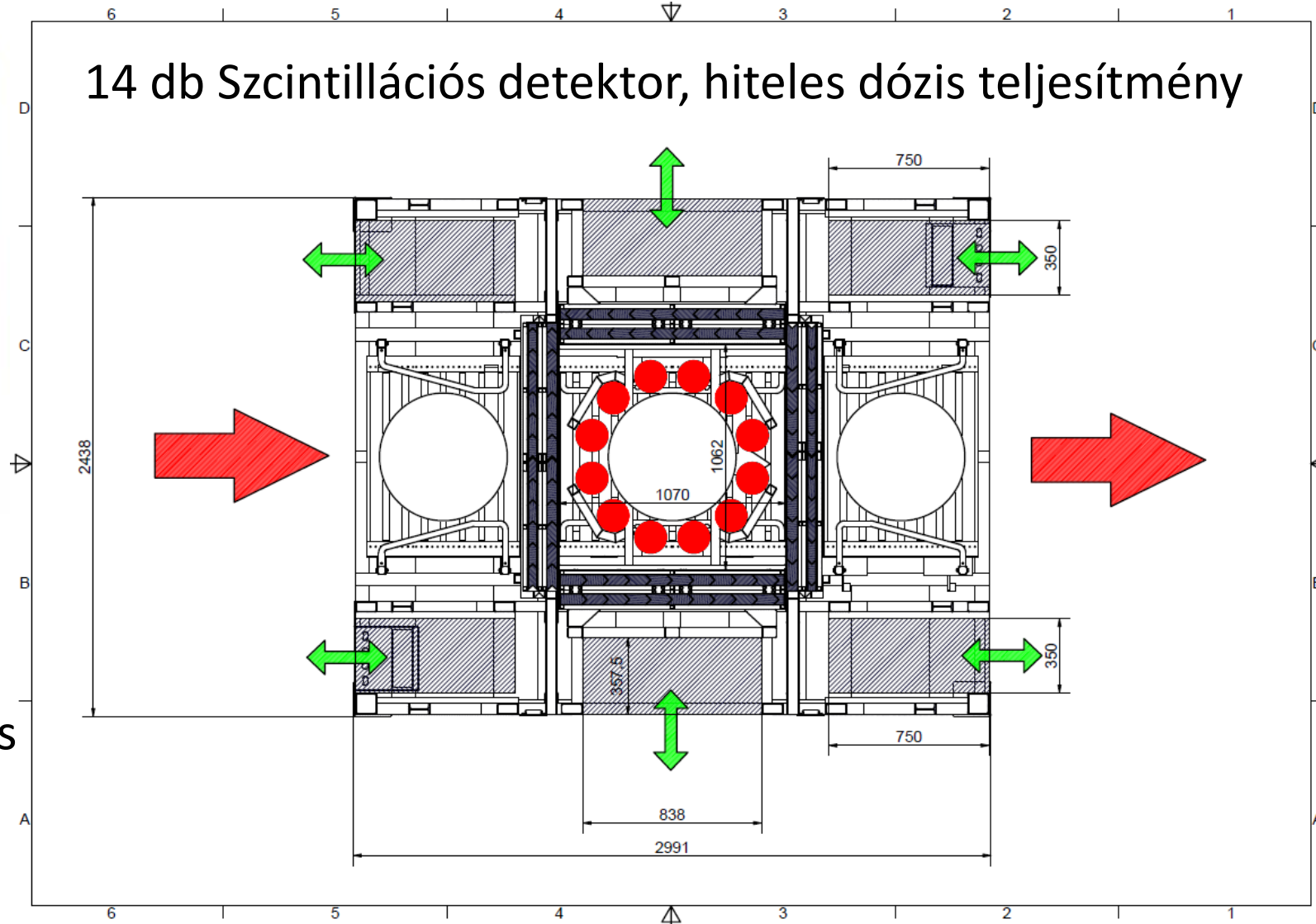
Mesterséges beütések
felső konfidencia szintje

$$S_{kr} = \frac{c\hat{p}S_{mest}}{\eta_{leg} \cdot \hat{AMEAK}_{leg} \cdot m} \leq 1$$

Megvalósuló konténer



14 db Szcintillációs detektor, hiteles dózis teljesítmény



- Szállíthatóság, statika vs. árnyékolás
- Mentésíthető felületek
- Automatikus hordó mozgatás
- Szabotázsvédelem
- ISO (QR kód, nyilvántartás)

Hordó fantom, Kalibráló etalon



Különböző mátrixú töltetek:

- Építési hulladék
- Folyadék
- Fém hulladék
- Ruha
- Üres

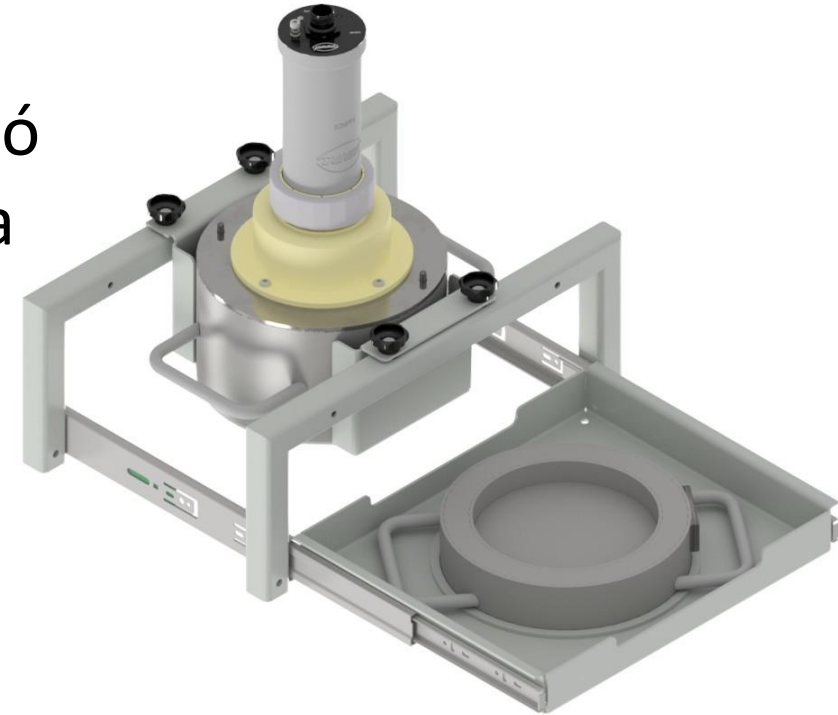
- Változtatható forrás pozíció és eloszlás (centrális, homogén)
- Meglévő hiteles kalibráló pontforrások használata

Felületi szennyezettség mérés.



Alfa, béta, gamma sugárzás párhuzamos mérése ólomárnyékolt mérőhelyen.

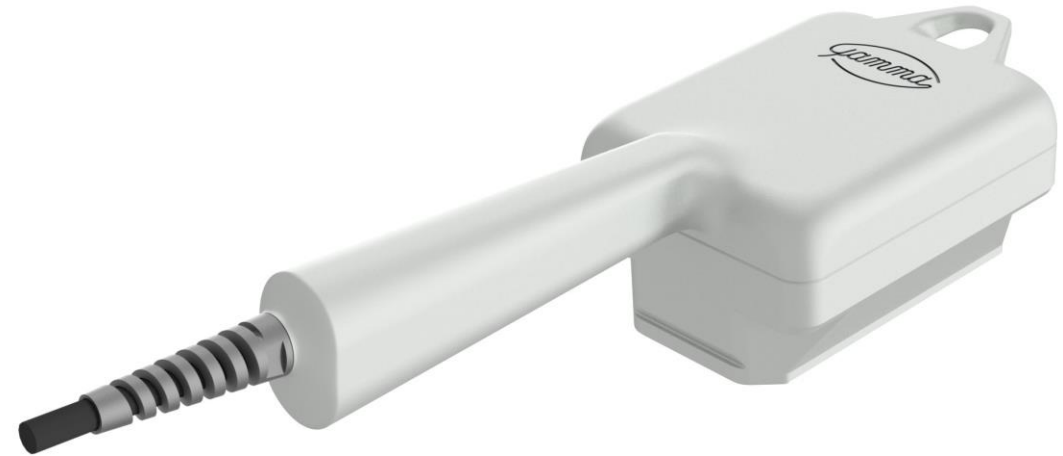
Marinelli geometria. Gamma sugárzó izotóp koncentráció meghatározása



Felületi szennyezettségmérő.



Munkavédelem
Hiteles G-M detektor

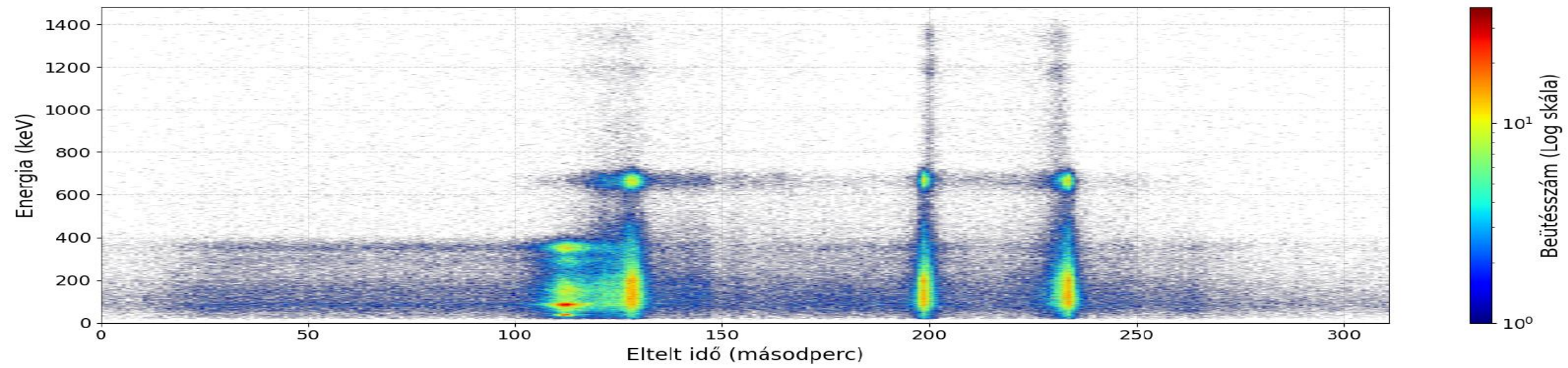


Előminősítés, forrópont keresés drónnal

Folyamatos spektrum mérés akár 1 s felbontásban



Időbeli Vízésés Diagram (Összegzés: 1 mp)



Modellezés és mérések eredményei alapján

- Vízrel vagy 80 kg HDPE-vel töltött hordó esetén a felszabadításhoz elég 5 cm ólom árnyékolás + kollimátorok a detektorok körül. 14 detektor 50x200 NaI(Tl) 10 perc mérési idő.
- Izotóp leltár is készíthető
- Ajánlott az inaktív mátrix használata (kalibráló hordók)
- Eu-152 besugárzás elhagyható
- Forgatás a 14 detektor esetén nem szükséges
- Hiteles dózis teljesítmény mérés 1 lépésben megvalósul
- Drónos előminősítés esetén szükséges a spektrum mérés
- Veszélyességi osztály felső becslése NaI(Tl) detektorokkal is elvégezhető

Köszönjük a figyelmet

