



MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA **ENERGIATUDOMÁNYI KUTATÓKÖZPONT**

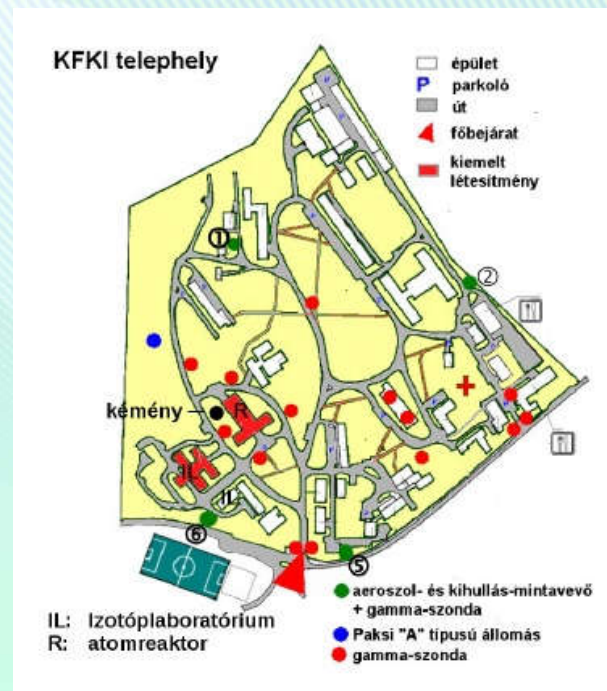
A KFKI TELEPHELYEN VÉGZETT LÉGKÖRI KIHULLÁS MÉRÉSEK FELÜLVIZSGÁLATA

**Jakab Dorottya, Endrődi Gáborné, Pázmándi Tamás,
Zagyvai Péter**

Magyar Tudományos Akadémia Energiatudományi Kutatóközpont

Bevezetés

- Kutatási háttér: a KFKI telephelyen végzett sugárvédelmi környezetellenőrző tevékenység felülvizsgálata
- Sugárvédelmi környezetellenőrzés a KFKI telephelyen
 - A KFKI telephelyen két sugárvédelmi szempontból kiemelt létesítmény található:
 - Budapesti Kutatóreaktor
 - Izotóp Intézet Kft. A-szintű izotóplaboratórium
 - További sugárveszélyes munkahelyek
 - Környezeti monitoring rendszer
 - On-line környezetellenőrző hálózat
folyamatos üzemű mérések
 - Off-line környezetellenőrző hálózat
mintavételes mérések



*A KFKI telephelyen üzemelő on-line és off-line
környezetellenőrző hálózatok mérőpontjai*

Forrás: Fehér István, Pázmándi Tamás (szerk.). Sugárvédelmi gyakorlatok.
2016. MTA Energiatudományi Kutatóközpont

Célkitűzés

- A telephelyen végzett **légköri kihullás mérések felülvizsgálata**

- **Mérendő minták és mennyiségek**

- Jogszabályi kötelezettség - 489/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet, 4. melléklet

^{137}Cs és ^7Be aktivitáskoncentráció meghatározása

- Telephelyi sajátosságok

^{125}I és ^{131}I aktivitáskoncentráció meghatározása

Izotóp	$T_{1/2}$	E_γ (keV)
^{137}Cs	30,07 év	661,66
^7Be	53,12 nap	477,60
^{125}I	59,41 nap	35,49
^{131}I	8,02 nap	364,49

- **Környezeti mintavételezés**

- Vételezett minták reprezentativitása
 - Mintavételi gyakoriság, mintagyűjtési periódusok hossza

- **Minta előkészítés**

- **Mérési módszer**

- **Mérési adatok kiértékelésének gyakorlata**

- Aktivitáskoncentráció meghatározása
 - Bomláskorrekciós számítások

A jelenlegi gyakorlat áttekintése

- **Mintavétel:** száraz és nedves kihullás együttes vételezése a KFKI telephely 4 mintavevő állomásán
 - Havi mintavételezés: 1, 2, 5. állomás
 - Heti mintavételezés: 6. állomás
 - Rozsdamentes acél mintavevő edények, gyűjtőfelület: 0,2 m²
- **Minta előkészítés:** minták bepárlása szűrőpapíron, infralámpákkal
- **Mérési módszer:** gamma-spektrometria
 - Kvalitatív és kvantitatív analízis
 - Detektortípus: CANBERRA GC2019, HPGe
 - Mérési idő: 60000 s
- **Kiértékelés:** spektrumelemzés
 - Genie 2000 Gamma Analysis szoftver



Környezeti mintavételezés vizsgálata I.

- A légköri kihullás mérések reprezentativitásának vizsgálata
Méréssorozat kidolgozása és végrehajtása - Párhuzamos mintavételezés
Ugyanazon mérőállomásra (1. állomás) 3, egymással megegyező mintagyűjtő edény kihelyezése
Párhuzamosan gyűjtött, de eltérő mintavételi gyakorisággal levett fall-out minták

A párhuzamos légköri kihullás mérések összefoglaló táblázata

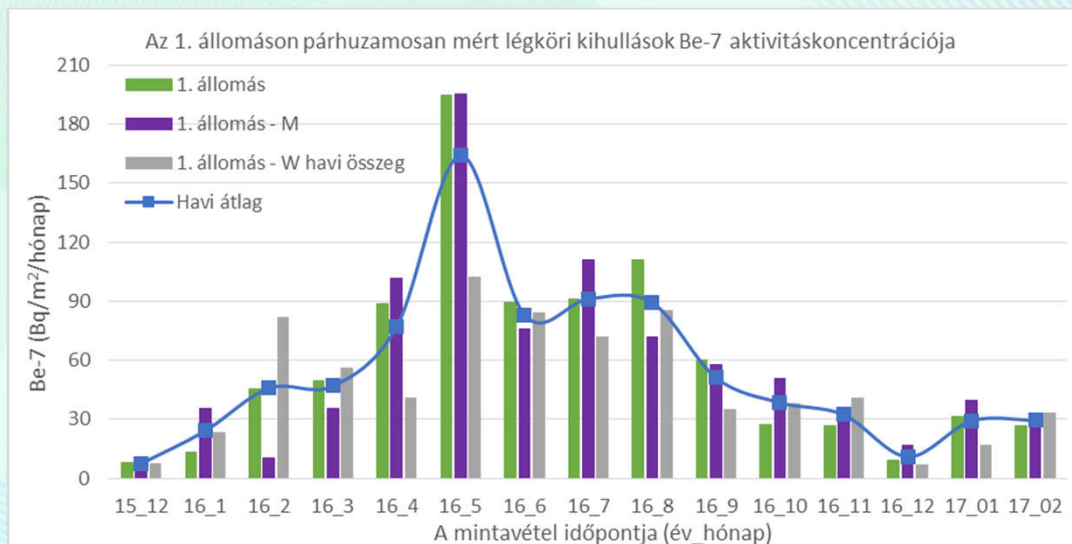
Mintavevő	Mintavételi gyakoriság
1	havi
1M	havi
1W	heti



A párhuzamos fall-out mintagyűjtés és mintavétel

Környezeti mintavételezés vizsgálata II.

- A légköri kihullás mérések reprezentativitásának vizsgálata
 - Rendszeresen kimutatható izotóp: ^7Be – összehasonlíthatóság



- Havi minták egymással korreláló értékek, azonban az azonos mintavételi hely és körülmények, valamint a megegyező mintavételi, mintafeldolgozási és mérési lépések ellenére eltérések tapasztalhatóak.
- A mérés pontatlansága ellenére a monitorozási funkció ellátására, a sugárzás szintbeli változásainak nyomon követésére alkalmas méréstípus.

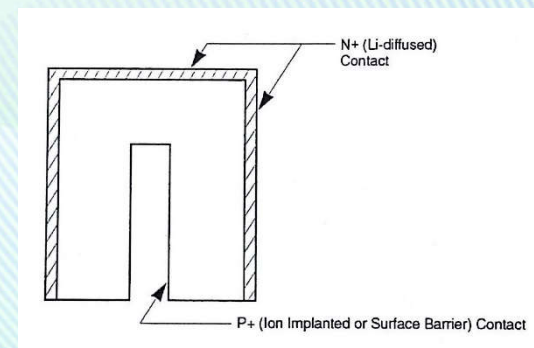
Mérési módszer vizsgálata

- Gamma-spektrometriai mérés - kvalitatív és kvantitatív analízis

A fall-out minták gamma-spektrometriai elemzésére használt detektor jellemzői

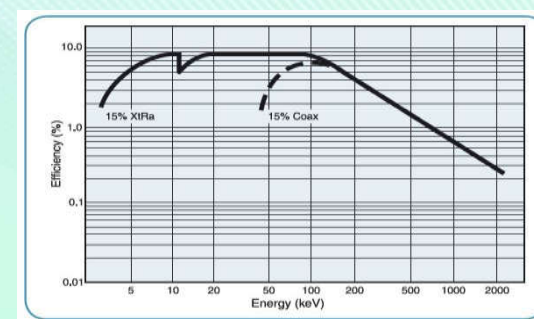
Detektor azonosító	A detektor
Gyártó	CANBERRA
Típuszám	GC2019
Detektortípus	HPGe koaxiális (Coaxial) germánium detektor
Alsó méréshatár	~ 40 keV
Relatív hatásfok	20%
Névleges energiatfelbontás	1,9 keV (1332,5 keV, FWHM)

A koaxiális, felületi záróréteges detektor kialakítása lényegében megakadályozza a kisenergiájú izotópok, így a ^{125}I izotóp (35,49 keV) detektálását.



A koaxiális detektor metszeti sémája

Forrás: Germanium Detectors. User's Manual. 2003. CANBERRA Industries



Jellemző detektálási hatásfokgörbék összehasonlítása kiterjesztett méréshatárú (XtRa) és koaxiális (Coax) detektorokra vonatkozóan

Forrás: Germanium Detectors. User's Manual. 2003. CANBERRA Industries

Mérési adatok kiértékelésének vizsgálata I.

- A mintában mért aktivitás (A [Bq]) meghatározása:

ahol S [counts] a nettó csúcsterület,

ε [-] a detektálási hatásfok,

γ [-] a gammagyakoriság,

t_c [$T_{1/2}$ -vel megegyező mértékegység] a mérési idő

$$A = \frac{S}{\varepsilon \gamma t_c}$$

- A mintavétel időtartama alatt kihullott, V gyűjtőfelületre [m^2] vonatkoztatott aktivitáskoncentráció [Bq/m^2] megadásához a mért aktivitást korrigálni kell

K_s [-] a nuklidnak a mintavétel időtartama alatti bomlásához tartozó korrekciós faktor

$T_{1/2}$ [s; m; h; d; y] az adott radionuklid felezési ideje,

t_s [$T_{1/2}$ -vel megegyező mértékegység] a mintavétel időtartama

$$K_s = \frac{T_{1/2}}{\ln(2)t_s} \left[1 - e^{\left(-\frac{\ln(2)t_s}{T_{1/2}} \right)} \right]$$

K_d [-] a nuklidnak a mintalevétel és a mérés megkezdése közötti bomlásához tartozó korrekciós faktor,

t_d [$T_{1/2}$ -vel megegyező mértékegység] a mintalevétel és a mérés megkezdése között eltelt idő

$$K_c = \frac{T_{1/2}}{\ln(2)t_c} \left[1 - e^{\left(-\frac{\ln(2)t_c}{T_{1/2}} \right)} \right]$$

K_c [-] a nuklidnak a mérés időtartama alatti bomlásához tartozó korrekciós faktor

$$K_d = e^{\left(-\frac{\ln(2)t_d}{T_{1/2}} \right)}$$

Mérési adatok kiértékelésének vizsgálata II.

- Korrekció a mintavétel során történő bomlásra
 - A mintavétel **elején** történő kihullás – t_f a kihullás napja; $t_f = 1$

$$K_s = e^{\left(-\frac{\ln(2)(t_s - t_f)}{T_{1/2}}\right)}$$

- A mintavétel **közepén** történő kihullás – $t_f = t_s / 2$

$$K_s = e^{\left(-\frac{\ln(2)(t_s - t_f)}{T_{1/2}}\right)}$$

- A mintavétel **végén** történő kihullás – $t_f = t_s$

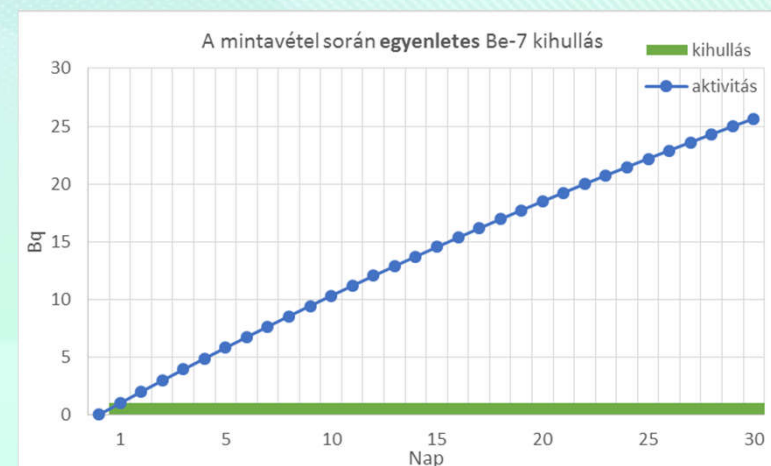
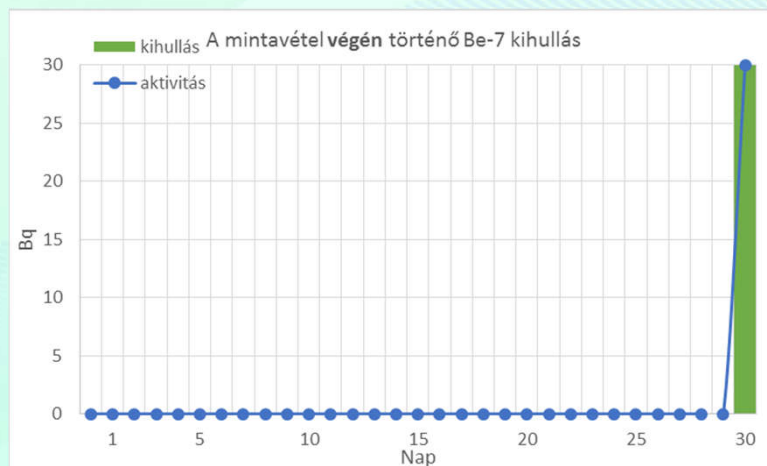
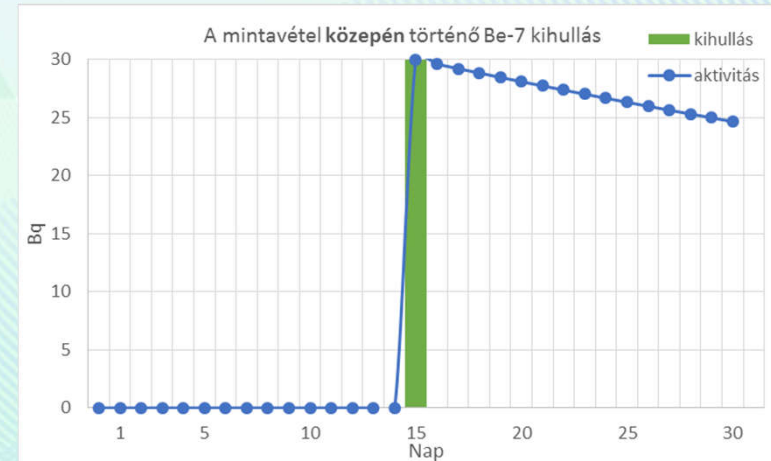
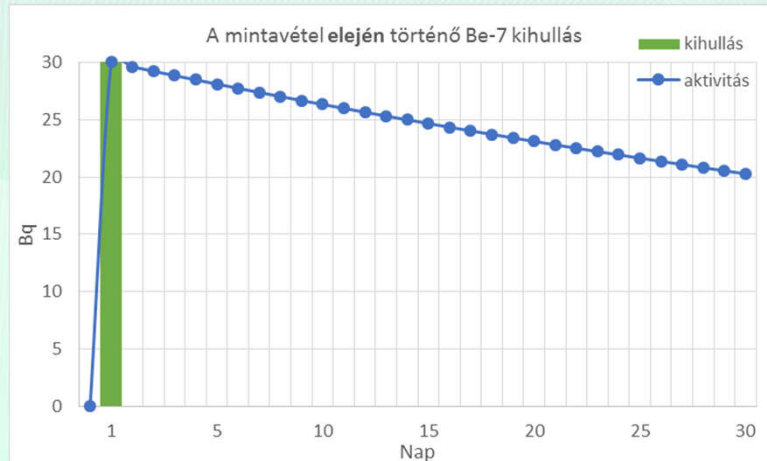
$$K_s = e^{\left(-\frac{\ln(2)(t_s - t_f)}{T_{1/2}}\right)}$$

- A mintavétel során **egyenletes** kihullás – $k = 0, 1, 2, 3, \dots, t_s - 1$

$$K_s = \sum_{k=0}^{t_s-1} \frac{1}{t_s} * e^{\left(-\frac{\ln(2)}{T_{1/2}} * k\right)}$$

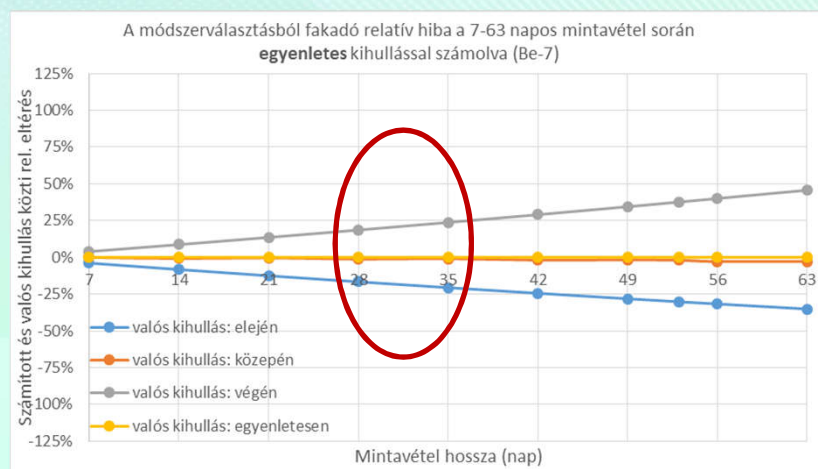
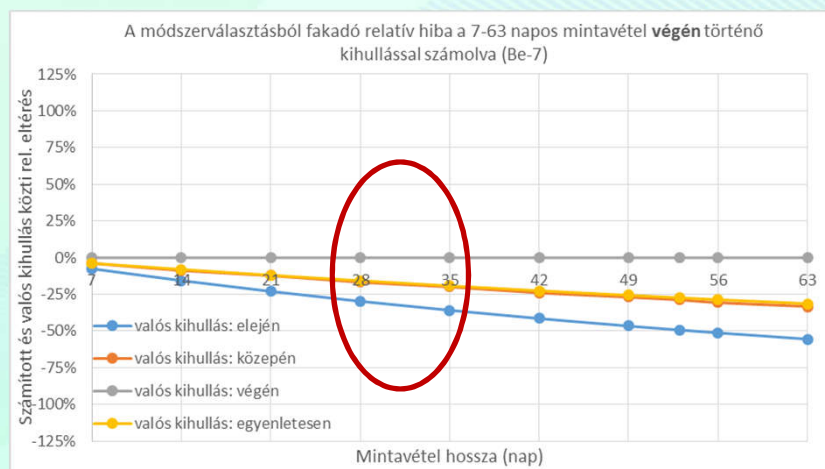
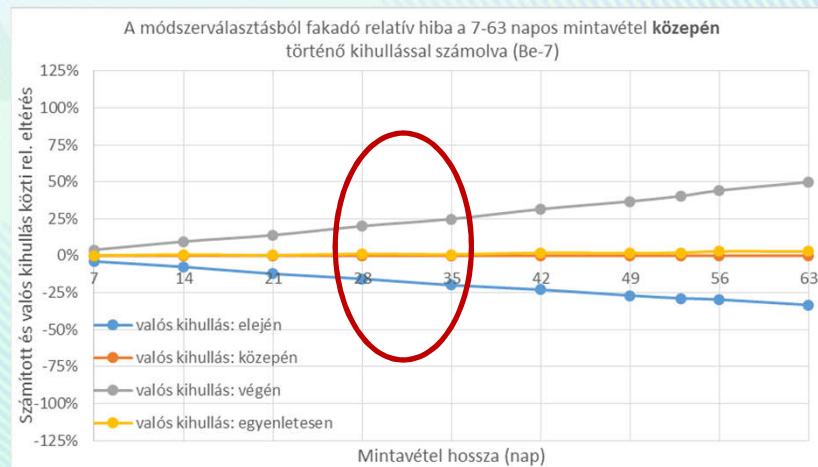
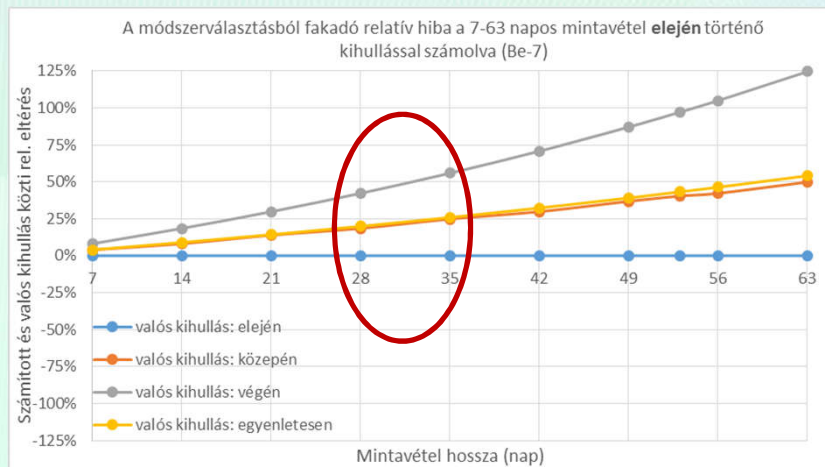
Mérési adatok kiértékelésének vizsgálata III.

- Korrekció a mintavétel során történő bomlásra



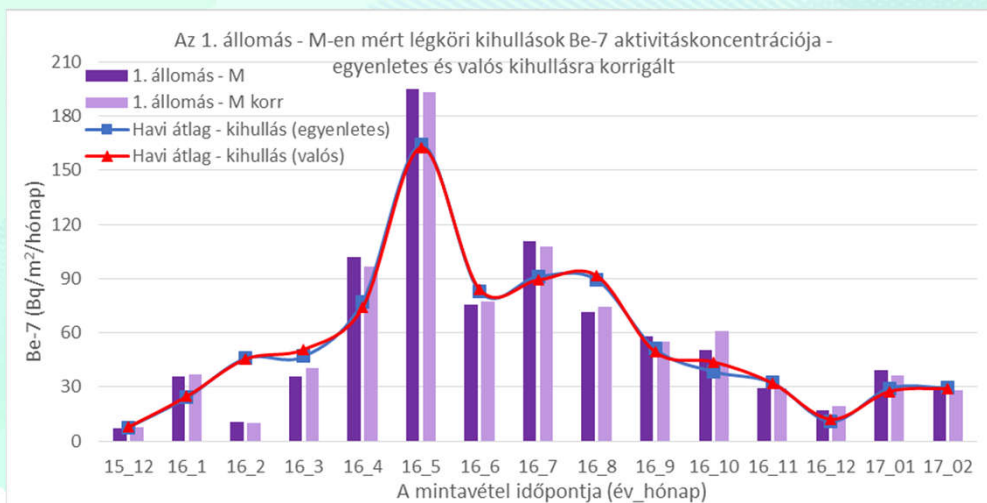
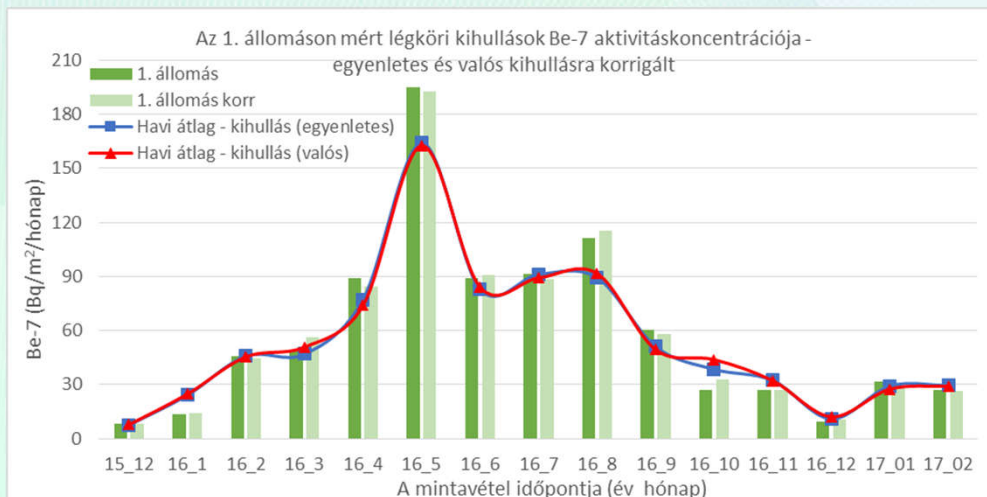
Mérési adatok kiértékelésének vizsgálata IV.

Ideális korrekciós módszer: a mintavétel során egyenletes kihullással számolva

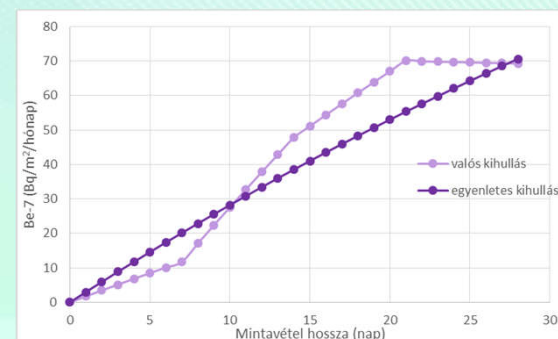


Mérési adatok kiértékelésének vizsgálata V.

Ideális korrekciós módszer: a mintavétel során egyenletes kihullással számolva



- A párhuzamosan vételezett havi minták esetében jellemző kihullás nem ismert.
- A heti mintákban mért aktivitások alapján azonban következtethetünk a valós kihullás mértékére. A valós kihullásra nézve elvégezhetjük a havi mintákban mért aktivitás bomláskorrekcióját.



- Egyenletes kihullással számolva jól közelítjük a valós kihullást

Mérési adatok kiértékelésének vizsgálata VI.

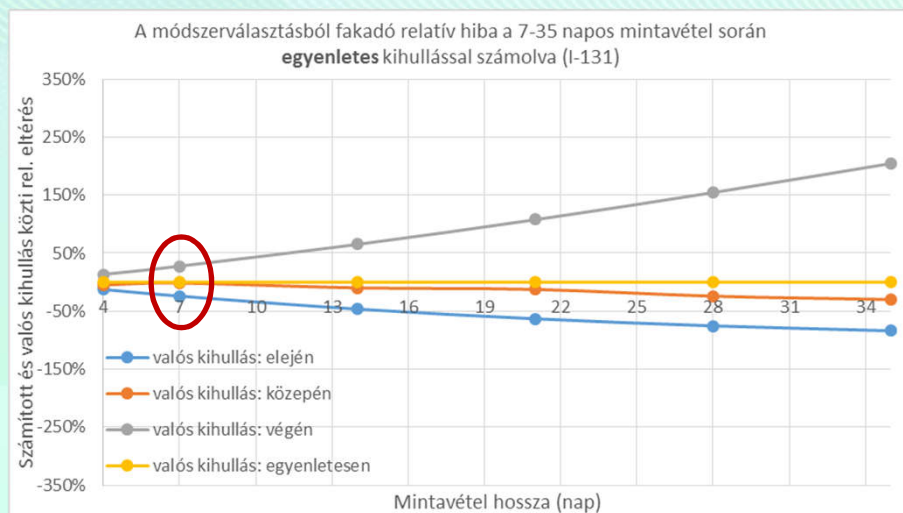
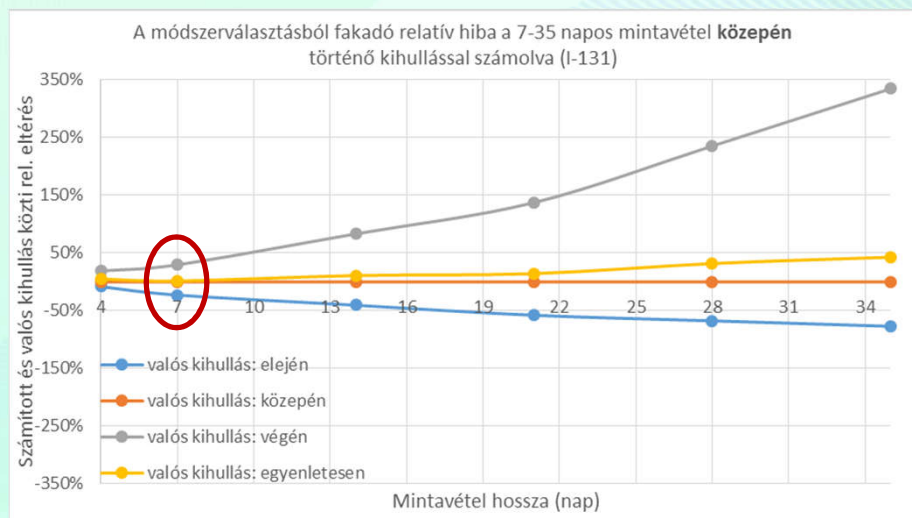
Ideális korrekciós módszer: a mintavétel során egyenletes kihullással számolva

Hosszabb felezési idejű nuklidok: ^{137}Cs ($T_{1/2} = 30,1 \text{ y}$), ^7Be ($T_{1/2} = 53,1 \text{ d}$), ^{125}I ($T_{1/2} = 59,4 \text{ d}$)

az egyenletes kihullással történő számítás esetében a felül- és az alulbecslésből eredő hibák abszolút értéke közel megegyező

Rövid felezési idejű nuklid: ^{131}I ($T_{1/2} = 8,02 \text{ d}$)

az egyenletes kihullással történő számításnál a 7 napos periódust követően a görbék aszimmetrikus jelleget vesznek fel, a felülbecslésből eredő hiba ezt követően már jelentősen meghaladja az alulbecslésből eredő hiba abszolút értékét

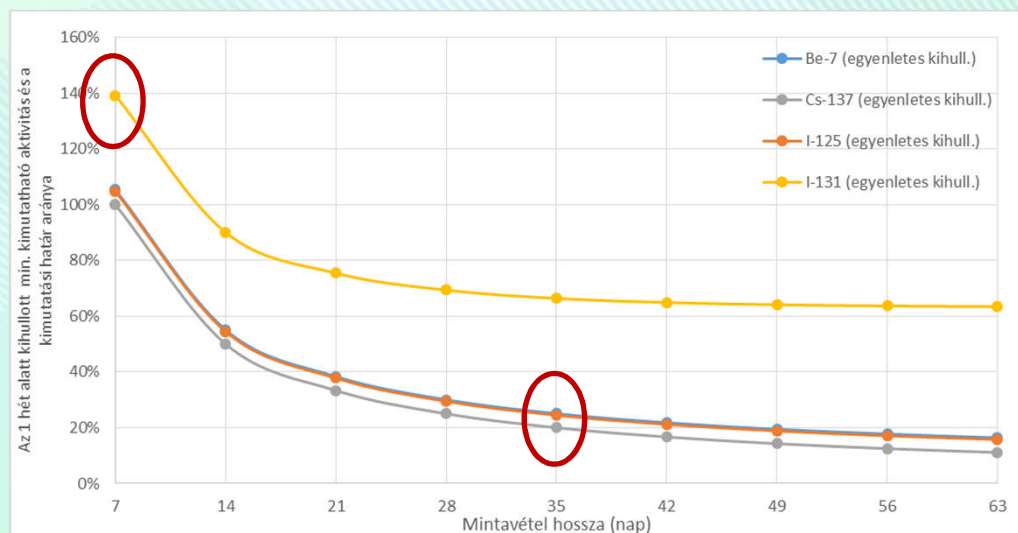


Mérési adatok kiértékelésének vizsgálata VII.

- A bomláskorrekciós számítások segítséget nyújthatnak egyes paraméterek elemzésénél
 - Mintavételi periódus ideális hosszának (t_s) vizsgálata

A mintavételi idő növelésével **nő** a hibás bomláskorrekciós módszerválasztásból fakadó relatív hiba

A mintavételi idő növelésével viszont **csökkenthető** az adott periódusra vonatkozó - egy hét alatt kihullott minimálisan kimutatható aktivitás



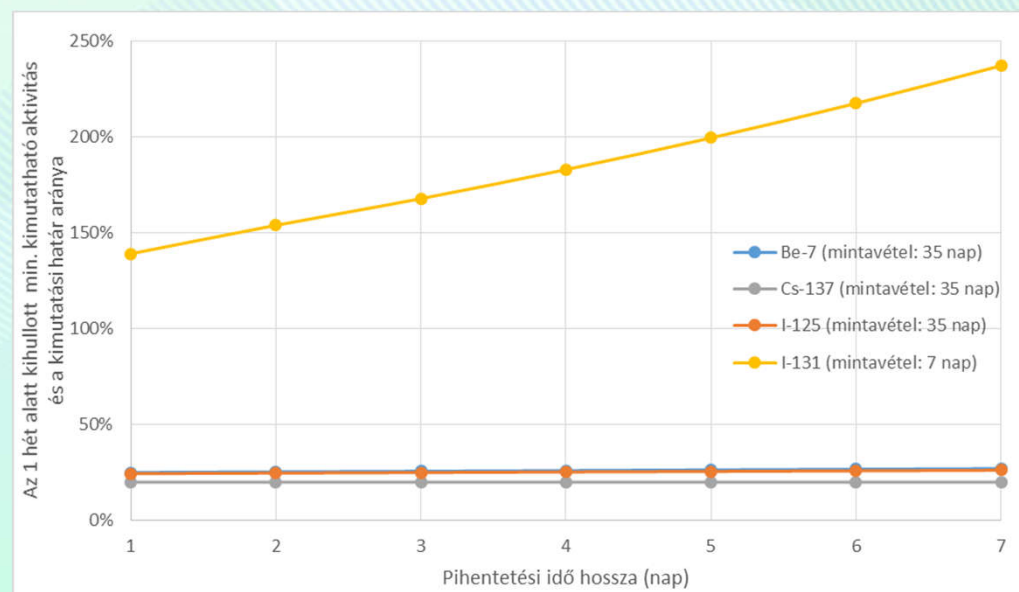
28-35 napot követően
nincs további szignifikáns csökkenés

Mérési adatok kiértékelésének vizsgálata VIII.

- A bomláskorrekciós számítások segítséget nyújthatnak egyes paraméterek elemzésénél
 - Pihentetési idő (t_d) hatásának meghatározása

Rövid felezési idejű nuklidok
(^{131}I - $T_{1/2} = 8,02$ nap)
esetében szignifikáns

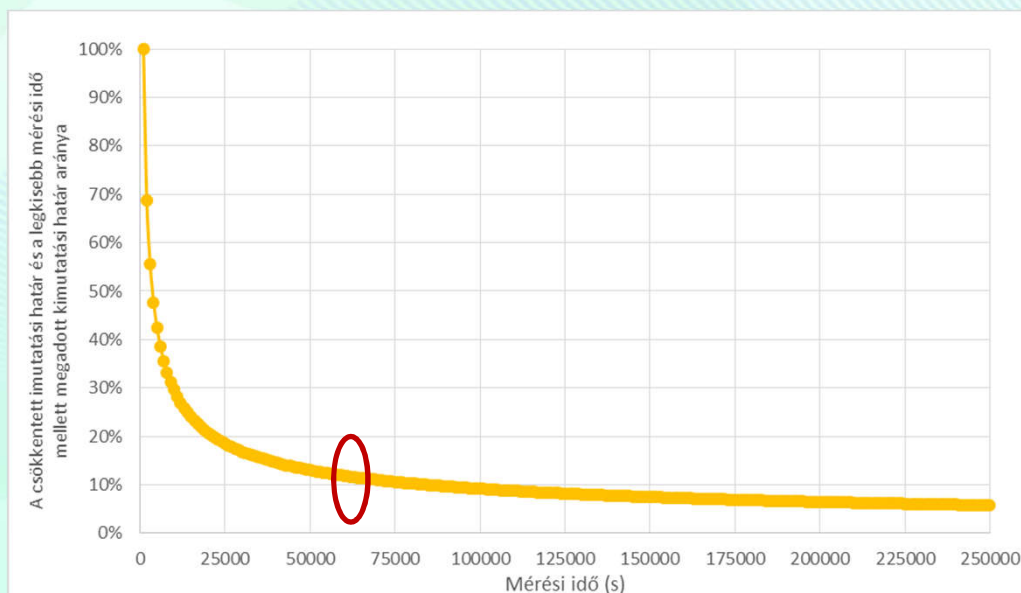
**A pihentetési idő növelésével
nő az egy hét alatt kihullott
minimálisan kimutatható
aktivitás**



Mérési adatok kiértékelésének vizsgálata IX.

- A bomláskorrekciós számítások segítséget nyújthatnak egyes paraméterek elemzésénél
 - Mérési idő (t_c) hatásának meghatározása – bomláskorrekció, kimutatási határ

A mérési idő növelésével jelentősen csökkenthető az adott mérési időhöz tartozó kimutatási határ értéke



Következtetések, javaslatok

- Léggöri kihullás mintákban mérendő nuklidok: ^{137}Cs , ^7Be , ^{125}I , ^{131}I
- A sugárzási szintek változásának monitorozására alkalmas módszer
- Javasolt, hogy a léggöri kihullás minták mérése kis energiájú izotópok kimutatására is alkalmas detektoron legyen rendszeresítve.
- A kihullott aktivitás meghatározásánál egyenletes kihullásra számított bomláskorrekció javasolt, mivel az eredményezi a legkisebb eltérést a tényleges kihulláshoz képest – **megfelel** a jelenlegi gyakorlatnak
- A ^{131}I esetében heti (7 napos) mintavételi periódust követően már az egyenletes kihullás feltételezésével történő számítás is nagy hibát eredményezhet, heti mintavételnél hosszabb periódus nem javasolt
- ^{137}Cs , ^7Be , ^{125}I esetében a havi (35 napos) mintavételi periódust követően már nem csökkenthető szignifikánsan a min. kimutatható mennyiség, havi mintavételnél hosszabb periódus nem indokolt
- Potenciális ^{131}I -kibocsátás helyén (6-os állomás) heti, egyéb mérőállomásokon (1-es, 2-es, 5-ös állomás) havi mintavétel javasolt – **megfelel** a jelenlegi gyakorlatnak

További feladatok

- A párhuzamos mérések közötti eltérések meghatározása
- Az optimális mérési idő számszerű megadása a befolyásoló paraméterek (t_c , t_d , t_s) együttes hatásának figyelembevételével



Köszönöm a megtisztelő figyelmet!

