

A ^{222}Rn aktivitásáram-sűrűségének mérése talajfelszínen gyűjtőedényes módszerrel

Csige István

MTA Atommagkutató Intézete, 4026 Debrecen, Bem tér 18/c.

csige@atomki.hu

Title and Abstract – Measurement of ^{222}Rn activity flux density on soil surfaces with accumulation chamber method. In this work I have developed a method is to measure ^{222}Rn exhalation rate on soil surfaces using an ionization chamber radon monitor (AlphaGUARD PQ2000, Genitron Instruments GmbH, Frankfurt, Germany) in passive-diffusion mode. First, the response function of the radon monitor to a linear and to a step-function change of the external radon concentration was determined. A mathematical model is developed to describe the response of the instrument. Then, this model was applied to measurements of ^{222}Rn concentration in an accumulation chamber. Based on the model, a formula is given to extract free radon exhalation rate from the experimental data.

Keywords- ^{222}Rn activity flux; accumulation chamber method; ionization chamber

Kivonat – Ebben a munkában kifejlesztettem egy módszert a radonexhaláció gyűjtőedényes módszerrel való mérésének pontosítására (AlphaGUARD PQ-2000) ionizációs kamrás radonmérő műszer alkalmazása esetén. A mérőműszernek a radonkoncentráció ugrásszerű megváltozására adott válaszát alapul véve elméleti számításokkal meghatároztam a mérőműszernek a gyűjtőedényben a mérés alatt időben változó radonkoncentrációra adott válaszát. A konkrét mérések esetén az így kapott válaszfüggvény paramétereit a mérési adatokhoz illesztve becsülöm a radonexhaláció értékét.

Kulcsszavak – ^{222}Rn -exhaláció; gyűjtőedényes módszer, ionizációs kamrás radonmonitor

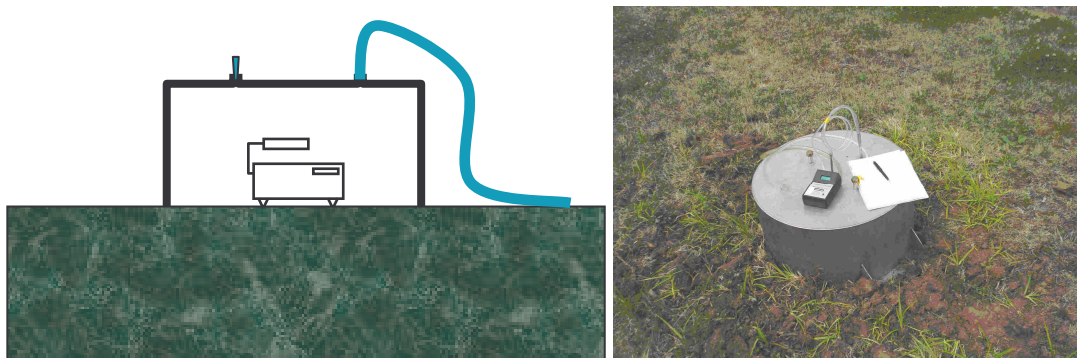
BEVEZETÉS

A lakosság természetes forrásokból eredő sugárterhelésének legnagyobb része a lakások légterében lévő radon gáz bomlástermékeinek belégzéséből származik. Ez a sugárterhelés szerepet játszik a tüdőrák kialakulásában. A radon elleni hatékony védelem egyik eszköze, hogy a jövőben felépülő épületek esetében már az épület tervezése, építése során figyelemmel legyünk arra, hogy a majdani épület radon szempontjából is biztonságos legyen. Mivel a kiemelkedően magas radontartalomért az esetek nagy többségében a talajból az épületbe áramló radon gáz a felelős, ezért az építési terület radonveszélyességének jellemzése céljából az egyik legközvetlenebb információt a ^{222}Rn -nak a talajfelszínen való aktivitásáram-sűrűségének a megmérése adja. A gyűjtőedényes módszerrel történő ^{222}Rn aktivitásáram-sűrűség mérése azonban több szempontból is jelentős bizonytalanságokkal terhelt, amelyeknek a figyelmen kívül hagyása hibás mérési eredményekhez vezethet. Ebben a munkában kifejlesztettem egy módszert a radonexhaláció gyűjtőedényes módszerrel való mérésének pontosítására integráló típusú (AlphaGUARD PQ-2000) ionizációs kamrás radonmérő műszer alkalmazása esetén. A mérőműszernek a radonkoncentráció ugrásszerű megváltozására adott válaszát alapul véve elméleti számításokkal meghatároztam a mérőműszernek a gyűjtőedényben a mérés alatt időben változó radonkoncentrációra adott

válaszát. A konkrét mérések esetén az így kapott válaszfüggvény paramétereit a mérési adatokhoz illesztve becsülöm a radonexhaláció értékét.

ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

A talajfelszínen való ^{222}Rn -fluxussűrűség mérésére AlphaGUARD PQ2000 [1] ionizációs kamrás radonmérő műszert használtam. A műszert a talaj felszínére helyezük, majd lefedjük egy zárt gyűjtőedénnyel (1. ábra). Az edény peremét 5 cm mélyen a talajba nyomjuk és a talajt a mérőedény falánál jól megnyomkodjuk, hogy ott minél kisebb legyen a szellőzése. A mérőedény talajba nyomásakor a kivezető nyílások nyitva vannak, hogy a gyűjtőedényben túlnyomás ne alakulhasson ki. Miután a gyűjtőedényt végleges helyzetébe hoztuk, a kivezető nyílásokat lezárjuk. A mérés ideje alatt a mérőedényben egy 0,5 W teljesítményű ventilátort üzemeltettünk a levegő egyenletes elkeverése céljából.



1. ábra. ^{222}Rn -exhaláció mérése talajfelszínen gyűjtőedényes módszerrel. A ^{222}Rn -aktivitáskoncentráció mérésére szolgáló AlphaGUARD típusú műszer a mérőedény alatt található.

A mérőedény felhelyezését mindig úgy választottuk meg, hogy az pontosan egybeessen az AlphaGUARD egy 10 perces mérési ciklusának kezdetével. A mérés minimum 6 mérési cikluson keresztül tartott. A ^{222}Rn -fluxussűrűséget a mérési adatokhoz legjobban illeszkedő modellszámításokból kaptuk. Az illesztéshez az alábbi mérési modellt dolgoztam ki.

A MÉRÉS MODELLJE

Tegyük fel, hogy a mérőedény alatt a mérés ideje alatt a Φ ($\text{Bqm}^{-2}\text{s}^{-1}$) ^{222}Rn -fluxussűrűség időben állandó. Legyen v (s^{-1}) a mérőedény szellőzési sebessége. Akkor a ^{222}Rn aktivitáskoncentrációja a mérőedényben közelítőleg a következő egyenlet szerint változik:

$$C_E(t) = C_{E0} + \frac{\Phi}{vh}(1 - e^{-vt}),$$

ahol C_{E0} a ^{222}Rn aktivitáskoncentrációja a mérőedényben $T = 0$ -ban, és h a mérőedény magassága. A ^{222}Rn az AlphaGUARD ionizációs kamrájába diffúzióval jut be. Az ionizációs kamrában való változását az alábbi differenciálegyenlettel közelíthetjük:

$$\frac{dC_I(t)}{dt} = k(C_E(t) - C_I(t)),$$

ahol k (s^{-1}) egy átviteli tényező. Megoldva ezt a differenciálegyenletet az exhalációmérés problémájára eredményül a következő kifejezést kapjuk:

$$C_I(t) = C_{E0} + \frac{\Phi}{vh} \left(1 - \frac{k}{k-v} e^{-vt} \right) + \left(C_{I0} - C_{E0} + \frac{\Phi}{h(k-v)} \right) e^{-kt},$$

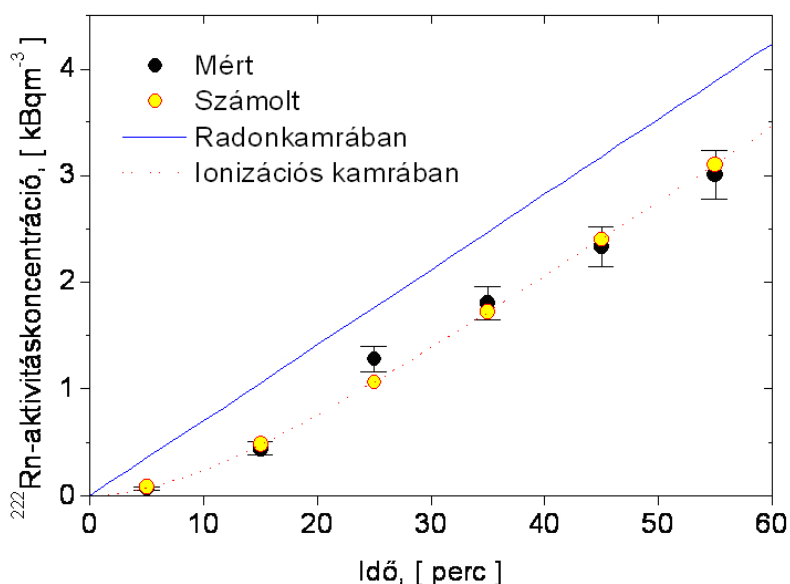
ahol C_{I0} a ^{222}Rn aktivitáskoncentrációja az ionizációs kamrában $T=0$ -an. Az AlphaGUARD az i -edik mérési ciklusban az ionizációs kamrájában lévő átlagos ^{222}Rn aktivitáskoncentrációt méri:

$$\bar{C}_{Ii} = C_{E0} + \frac{\Phi}{vh} + \frac{\Phi}{v^2 h T} \frac{k}{k-v} (1 - e^{vT}) e^{-vT} - \frac{1}{kT} \left(C_{I0} - C_{E0} + \frac{\Phi}{h(k-v)} \right) (1 - e^{kT}) e^{-kT},$$

ahol T (s) a mérési ciklus hossza. Legyenek y_i -k az i -edik mérési ciklusban mért ^{222}Rn aktivitáskoncentrációk és σ_i -k ezek mérési bizonytalanságai. Akkor a Φ, v, C_{E0} paraméterek értékét a következő súlyozott négyzetösszeg minimalizálásából kaphatjuk:

$$S(\Phi, v, C_{E0}) = \sum_i \frac{(y_i - \bar{C}_{Ii})^2}{\sigma_i^2}.$$

Az AlphaGUARD k átviteli tényezőjét egy radonkamrában (140 literes műanyagborda) végzett mérésekkel határoztam meg. Az AlphaGUARD-ot és az állandó erősségű ^{222}Rn -forrást a borda helyeztem, és egy mérési ciklus kezdetekor a bordát lezártam. A mérések szerint a fentihez nagymértékben hasonló modellel kiválóan le lehetett írni az AlphaGUARD által a bordában mért ^{222}Rn idősort (2. ábra).



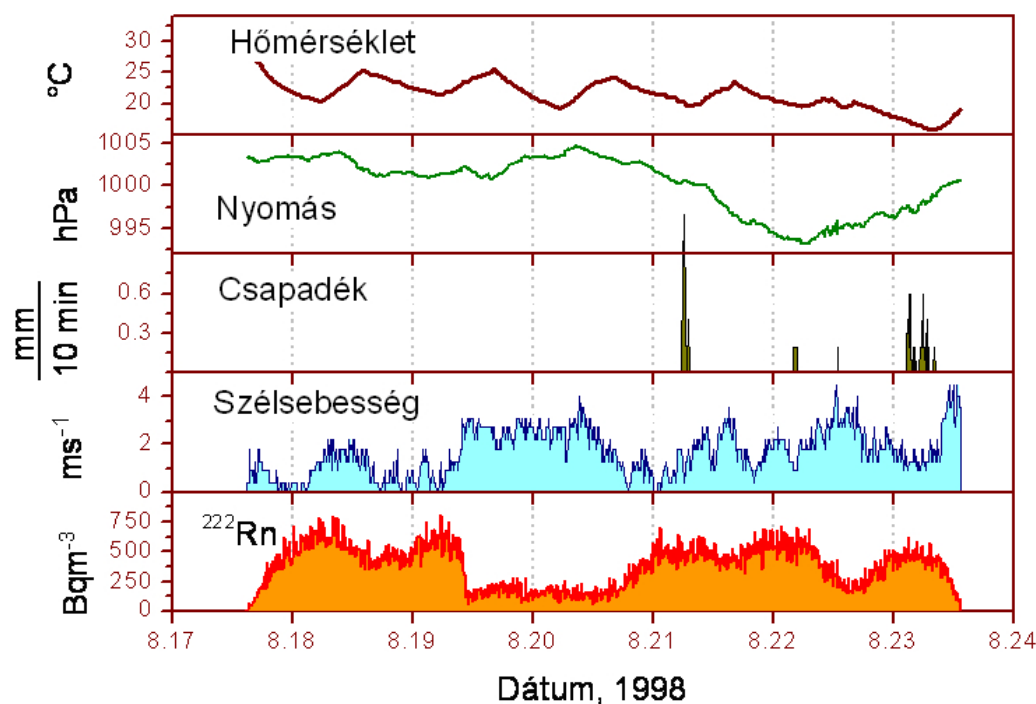
2. ábra. A ^{222}Rn -aktivitáskoncentráció változása a radonkamrában (felső görbe) és a mérőműszer érzékeny térfogatában (alsó szaggatott görbe). A műszer a kamrájában lévő átlagos ^{222}Rn -aktivitáskoncentrációt méri 10 perces integrálási időket alkalmazva. A fekete pöttyök a műszer által mért értékek, az üres (sárga) körök a mérést leíró matematikai modell alapján illesztéssel meghatározott értékek.

A mérés modelljében a borda térfogatában a ^{222}Rn aktivitáskoncentráció időben kezdetben lineárisan nő. A mérőműszer válasza (10 perces időszakonként adott diszkrét mérési eredményei) kiszámíthatóak, aminek alapján illesztéssel meghatározható a radonkamra térfogatában időben növekvő ^{222}Rn -aktivitáskoncentráció meredeksége. A k átviteli tényezőre $k = 0.0015 \text{ s}^{-1}$ értéket kaptam.

Eredményeinket 1997-ben az IRPA Prágában rendezett regionális találkozóján mutattuk be. Az érdeklődő szakemberek élesen bírálták a javasolt módszert, felhívva a figyelmet a módszer lehetséges hibáira, elsősorban a mérőedény peremén fellépő szellőzés

esetlegességére. Ezzel együtt is azonban elismerték, hogy az így adódó durván 2-es faktor bizonytalanság még mindig lényegesen kisebb, mint a radonpotenciál térképezésekor szokásosan használt áteresztőképesség és pillanatnyi talajgáz ^{222}Rn -tartalom mérésekben fellépő néha nagyságrendnyire is felmenő bizonytalanságok. A módszer alkalmazásával nyert eredményeinket később több konferencián és közleményben is bemutattuk [2][3][4].

Hosszabb távon a gyűjtőedényes módszer alkalmas lehet a meteorológiai hatásoknak a felszinközei Rn-transzportra gyakorolt hatásának a vizsgálatára. Mivel a rendszer viszonylag egyszerű, így a modellszámítások számára is viszonylag jól leírható, és a számítások jól egybevetethetők a mérési eredményekkel. Az alábbi 3. ábra egy több napos időtartamra mutatja a ^{222}Rn -aktivitáskoncentrációnak a gyűjtőedényben való változását néhány meteorológiai paraméterrel egyetemben. Jól megfigyelhető például, hogy a gyűjtőedényben a ^{222}Rn -aktivitáskoncentráció csökkenését leginkább a szél okozhatja.



3. ábra. A ^{222}Rn -aktivitáskoncentráció változását a gyűjtőedényben hosszabb távon leginkább a szélsebesség befolyásolja.

A radonexhaláció jelentős területi és időbeli változékonyságokat mutat, ezért a mérések tervezésekor és értékelésekor ezekre tekintettel kell lenni. A mérések minden esetben egy véges nagyságú területen az átlagos radonexhalációra vonatkoznak, illetve a mérések időtartama alatti változások is befolyásolhatják a mért eredményt. A mérések bizonytalanságának csökkentése megkívánja, hogy minél kisebb legyen a vizsgált terület, és minél rövidebb időtartamú a mérés. A mérésre használt műszerek érzékenysége azonban meghatározza, hogy azokkal milyen pontosságú mérések milyen időfelbontással végezhetőek.

IRODALOM

- [1] Genrich V. (1993) AlphaGUARD PQ2000 / MC50. Multiparameter Radon Monitor. Characterisation of its physical properties under normal climatic and severe environmental conditions. Genitron Instruments GmbH, D-60488 Frankfurt, Germany
- [2] Csige I., Hakl J., Várhegyi A. (2000a) ^{222}Rn flux density measurements on soil surfaces. Proceedings of IRPA Regional Congress on Radiation Protection in Central Europe, August 22-27, 1999, Budapest, Hungary. pp. 623-627.
- [3] Csige I., Hakl J., Várhegyi A., Hunyadi I. (2000b) Radon flux density measurements on soil surfaces. Proceedings of Radon in the Living Environment, 19-23 April 1999, Athens, Greece. National Technical University of Athens, Nuclear Engineering Section, Greece, pp. 1429-1431.
- [4] Szerbin P., L. Juhász., Csige I., Várhegyi A., Vincze J., Szabó T., Maringer F. J. (2004) Remediation case study of a coal fired power plant tailings pond. 7th International Symposium on the Natural Radiation Environment. NRE-VII. Rhodes, Greece, 20-24 May, 2002. Proceedings. Eds: J.P. McLaughlin, E.S. Simopoulos, F. Steinhausler. London, Elsevier. (The Natural Radiation Environment 7) Radioactivity in the Environment, 7. pp. 1071-1080.

A pályamű a SOMOS Alapítvány támogatásával készült