

Predrag KUZMANOVIĆ<sup>1,2</sup>, Sofija FORKAPIĆ<sup>1</sup>, Jovana KNEŽEVIĆ<sup>1</sup>, Dušan MRĐA<sup>1</sup>, Jan HANSMAN<sup>1</sup>

1) Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za fiziku, Novi Sad, Srbija, [predrag.kuzmanovic@df.uns.ac.rs](mailto:predrag.kuzmanovic@df.uns.ac.rs), [sofija@df.uns.ac.rs](mailto:sofija@df.uns.ac.rs), [jovana.knezevic@df.uns.ac.rs](mailto:jovana.knezevic@df.uns.ac.rs), [mrdjad@df.uns.ac.rs](mailto:mrdjad@df.uns.ac.rs), [jan.hansman@df.uns.ac.rs](mailto:jan.hansman@df.uns.ac.rs)

2) Akademija strukovnih studija Šabac, Odsek za medicinske i poslovno-tehnološke studije, Laboratorija za fiziku, Šabac, Srbija, [predrag.kuzmanovic@vmpts.edu.rs](mailto:predrag.kuzmanovic@vmpts.edu.rs)

## UVOD

U Srbiji se velika količina električne energije dobija iz rezervi uglja (lignita). Tom prilikom se od sagorevanja lignita nagomilavaju ogromne količine pepela, koji u sebi može sadržati povećan sadržaj pojedinih radioaktivnih elemenata. Njegovim odlaganjem na deponijama se u znatnoj meri može kontaminirati životna sredina. Jedan od rudnika lignita u Srbiji je rudnik „Vreoci“ odakle se snabdevaju pojedine termoelektrane u Srbiji. Procenjuje se da u svetu nastane oko 750 miliona tona otpadnog pepela, dok se u Srbiji godišnje sagori oko 32 miliona tona lignita i proizvede preko šest miliona tona pepela, a vrlo se mala količina iskoristi u građevinarstvu i cementnoj industriji. Pepeo obično sadrži povećan sadržaj  $^{226}\text{Ra}$  u odnosu na prosečnu vrednost u građevinskim materijalima, što umnogome može ograničiti njegovu upotrebu u građevinskoj industriji, imajući u vidu da se ljudi potencijalno mogu izložiti višim dozama zračenja koje potiču od gama zračenja i radona ( $^{222}\text{Rn}$ ). Cilj ovog rada je ispitivanje sadržaja radioaktivnih elemenata ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  i  $^{40}\text{K}$ ) u otpadnom pepelu od sagorevanja lignita nastalog u jednom individualnom ložištu u Srbiji, merenje emanacije radona iz uzorka aktivnom metodom u dve različite merne komore i određivanje vrednosti koeficijenta emanacije radona.

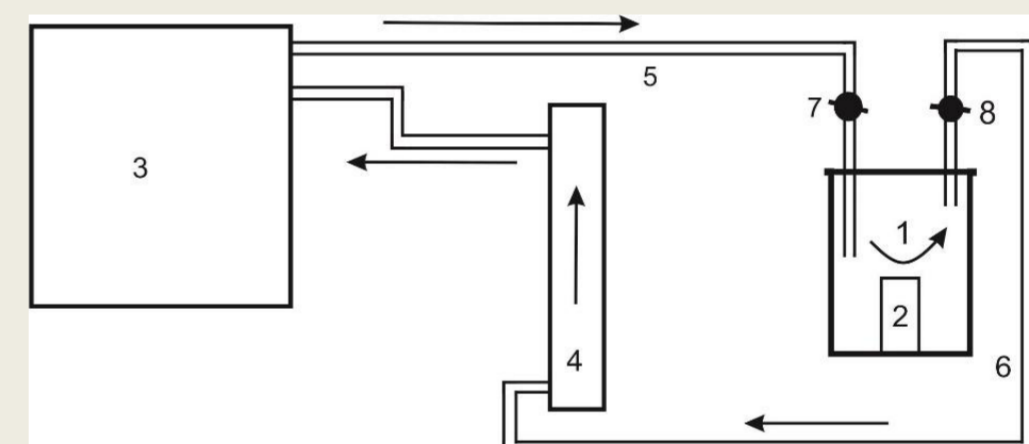
## MATERIJAL I METODE

U ovom radu analiziran je uzorak pepela iz jednog individualnog ložišta uglja koji je poreklom iz rudnika „Vreoci“ u Srbiji. Uzorak je sušen 8 h na  $105\text{ }^\circ\text{C}$ , nakon čega je prebačen u cilindričnu plastičnu posudu i zapečaćen teflon trakom. Ovako pripremljen uzorak je meren metodom gamaspektrometrije kako bi se odredile koncentracije aktivnosti  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  i  $^{40}\text{K}$ .

Određivanje koeficijenta emanacije radona ( $\epsilon$ , relacija 1) iz uzorka pepela izvršeno je aktivnim uređajem RAD7 pomoću aparature prikazane na Slici 1.

$$\epsilon = \frac{C_{\text{eq}} \cdot V_{\text{eff}}}{C_{\text{Ra}} \cdot m} \quad (1)$$

Uzorak pepela je smešten u posebnu komoru od debelog stakla sa metalnim zatvaračem i dve staklene slavine koje služe za puštanje radonskog gasa u merni sistem. Sistem za merenje je zatvorenog tipa gde vazduh sa radonom zajedno kruži kroz sistem brzinom  $0,7\text{ l min}^{-1}$  uz pomoć pumpe koja je sastavni deo uređaja RAD7.



Slika 1. Postavka korišćena za određivanje koeficijenta emanacije radona iz uzorka pepela

## REZULTATI I DISKUSIJA

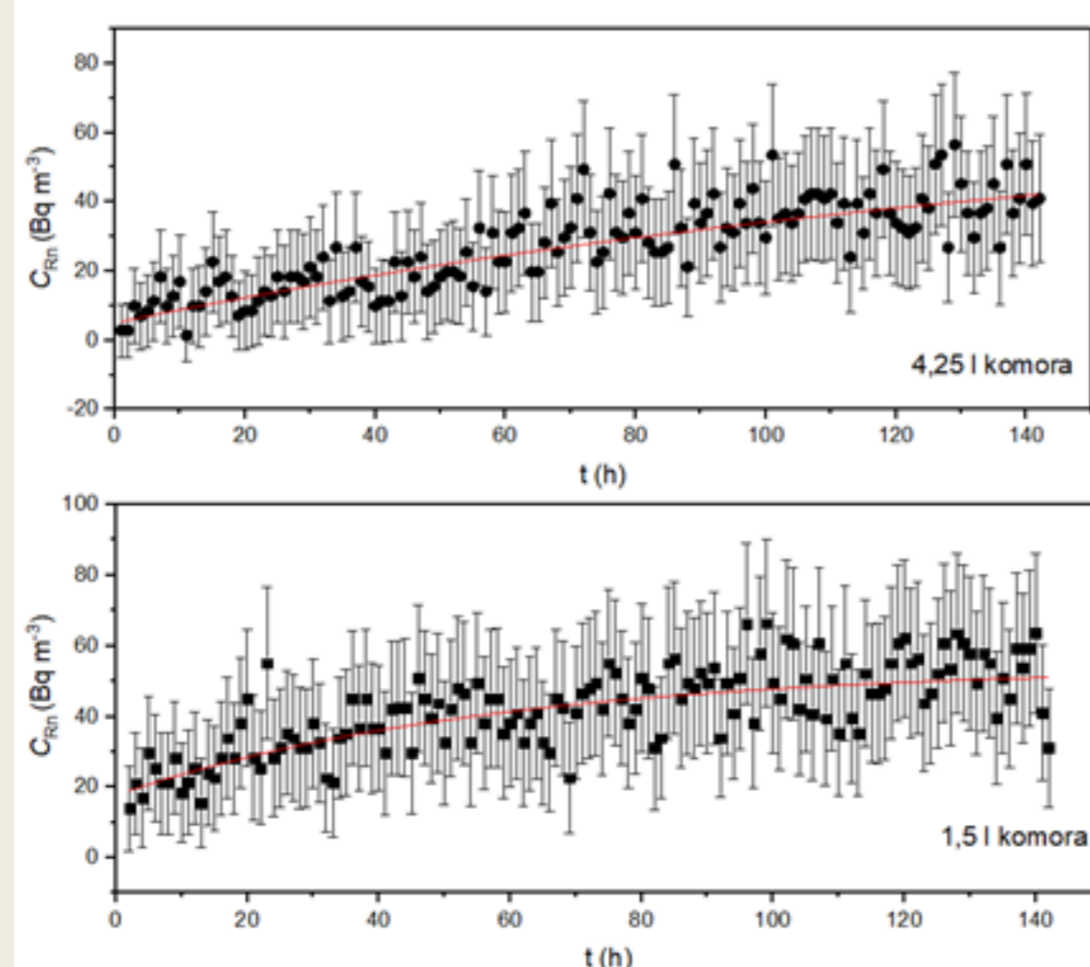
Izmerene vrednosti koncentracija aktivnosti  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  i  $^{40}\text{K}$  u analiziranom uzorku pepela prikazane su u Tabeli 1.

Tabela 1. Izmerene vrednosti koncentracija aktivnosti radionuklida u uzorku pepela.

Koncentracija aktivnosti ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )		
$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$	$^{40}\text{K}$
$183 \pm 4$	$124 \pm 4$	$242 \pm 11$

Izmerene vrednosti akumuliranih koncentracija aktivnosti radona iz uzorka pepela u dve različite merne komore tokom 142h merenja aktivnim uređajem RAD 7 prikazane su na Slici 2.

Neusaglašenost između dobijenih vrednosti koeficijenta emanacije za dve različite merne komore je direktna posledica izraženih efekata curenja i povratne difuzije u obe merne komore. Sa Slike 2 se može videti da je i statistika samih odbroja bila prilično razuređena oko fitovane krive akumulacije radona sa velikim mernim nesigurnostima



Slika 2. Vrednosti koncentracija aktivnosti radona iz uzorka pepela u dve merne komore zapremina 1,5 l i 4,25 l

## ZAKLJUČAK

Izmerene vrednosti  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{232}\text{Th}$  su nekoliko puta više od prosečnih vrednosti za građevinske materijale u svetu. Dobijene vrednosti koeficijenta emanacije su niske, manje od 3% i izrazito zavise od vrednosti zapremine merne komore. Uočene su varijacije koeficijenta emanacije radona koje su direktna posledica efekata curenja i povratne difuzije, ali i strukture i hemijskog sastava samog pepela koji su uticali na statistiku odbroja. Može se zaključiti da je pored minimiziranja efekata curenja i povratne difuzije u mernim sistemima potrebno obezbediti i zadovoljavajuću statistiku odbroja uz prihvatljive merne nesigurnosti, te se može reći da je izbor mernog sistema od izuzetne važnosti za pouzdanost dobijenih rezultata. Imajući u vidu dobijene rezultate, kao i to da se pepeo obično koristi kao dodatak drugim sirovinama u proizvodnji građevinskih materijala, može se reći da na osnovu dobijene male vrednosti koeficijenta emanacije pepeo ne predstavlja naročitu opasnost i pretnju od prekomerne izloženosti radonu iz potencijalnog građevinskog materijala.

## ZAHVALNICA

Istraživanja je finansiralo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Ev. br. 451-03-9/2021-14/200125).