

MODEL ZA PROCENU POVRŠINSKE KONTAMINACIJE RADIONUKLIDOM ^{210}Pb U ZATVORENOM PROSTORU USLED PRISUSTVA RADONA

Dušan MRĐA, Ištvan BIKIT, Sofija FORKAPIĆ

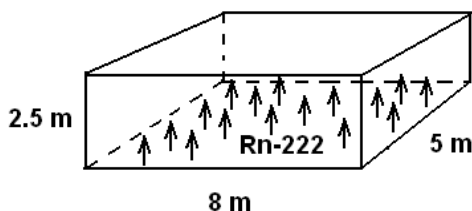
Departman za fiziku, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad, Srbija, mrdjad@im.ns.ac.yu

SADRŽAJ

Model je baziran na tome da na promenu koncentracije radona koji periodično ulazi u prostoriju utiče samo radioaktivni raspad i ubačena količina radona pri svakom impulsu, ali ne i njegova difuzija napolje, odnosno bekstvo iz prostorije. Cilj modela je da se proceni površinska kontaminacija prostorije radionuklidom ^{210}Pb .

1. Uvod

U radu se posmatra idealizovan slučaj zatvorene prostorije koja se ne provetrava i u koju gas radon periodično ulazi u odgovarajućem zadatom iznosu. Osnova za ovakavu pretpostavku periodičnog ulaska radona su publikovani rezultati [1] o varijacijama u merenim koncentracijama (satne, dnevne, mesečne) u zatvorenoj prostoriji usled promene spoljne i unutrašnje temperature i atmosferskoog pritiska. U modelu se radi jednostavnosti podrazumevaju nagli (trenutni) ulasci radona u vidu periodičnih “impulsa”, te da se radon zatim raspada dajući preko svojih potomaka radionuklid ^{210}Pb . Prostorija koja se u modelu razmatra ima unutrašnje dimenzije 8m x 5m x 2.5m (Sl.1a), što znači da je njena zapremina 100 m³, a ukupna površina (pod, zidovi, plafon) 145 m². Analiziran je slučaj u kome se pri svakom ubacivanju radona u prostoriju unese ukupna aktivnost ^{222}Rn od 5000 Bq, što znači da se svaki put unosi u prostoriju 50 Bq/m³ ovog radioaktivnog gasa. Na Sl.1b prikazan je put raspada ^{222}Rn do radionuklida ^{210}Pb .



Radionuklid	$T_{1/2}$
Rn-222	3.823 dan
α	
(0.02 %) β^-	
Po-218	3.05 min.
α (99.98 %)	
At-218 ~ 2 s	
α	
Pb-214	26.8 min.
β^-	
Bi-214	19.9 min.
β^-	
Po-214	164 μs
α	
Pb-210	22.3 god.

Sl.1. a) Dimenzije prostorije b) Raspad ^{222}Rn i postradonskih radionuklida

2. Model

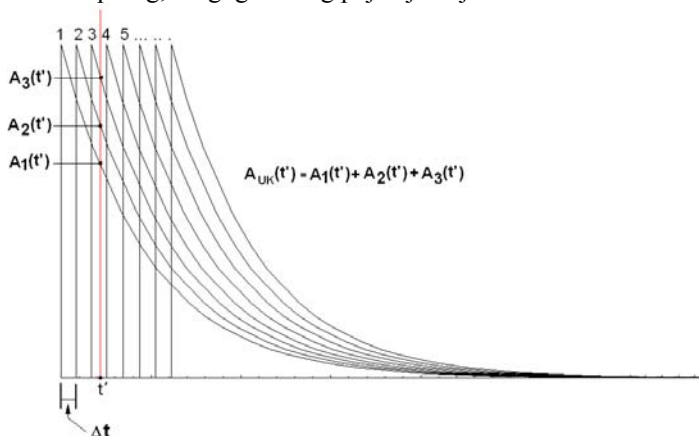
Ukoliko je u početnom trenutku ($t=0$) po jedinici zapremine vazduha prisutno N_0' jezgara ^{222}Rn , bez prisustva jezgara potomaka, tada se zavisnost aktivnosti ^{210}Pb po jedinici zapremine od vremena može izraziti kao:

$$a_{Pb}(t) = N_0' (c_1 e^{-\lambda_1 t} + c_2 e^{-\lambda_2 t} + c_3 e^{-\lambda_3 t} + c_4 e^{-\lambda_4 t} + c_5 e^{-\lambda_5 t} + c_6 e^{-\lambda_6 t}) \quad (1)$$

Ovde se konstante raspada $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6$ odnose na $^{222}\text{Rn}, ^{218}\text{Po}, ^{214}\text{Pb}, ^{214}\text{Bi}, ^{214}\text{Po}$ i ^{210}Pb respektivno, dok su konstante c_m ($m=1,2,\dots,6$) date kao

$$c_m = \frac{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4 \lambda_5 \lambda_6}{(\lambda_1 - \lambda_m)(\lambda_2 - \lambda_m)(\lambda_3 - \lambda_m)(\lambda_4 - \lambda_m)(\lambda_5 - \lambda_m)(\lambda_6 - \lambda_m)} \quad (2)$$

U prethodnom izrazu za c_m se u imeniocu izostavlja ona razlika u zagradi u kojoj oba člana razlike imaju isti indeks, tj. kada je $i=m$. Pretpostavljena je pojava ^{222}Rn na svakih $\Delta t=24$ h (Sl.2). Kao što se vidi aktivnost ^{222}Rn po jedinici zapremine u odabranom trenutku t' predstavlja zbir aktivnosti koje potiču od prvog, drugog i trećeg pojavljivanja ^{222}Rn .



Sl.2. Periodičan ulazak radona u prostoriju

Generalno, aktivnost ^{222}Rn po jedinici zapremine u trenutku n -tog ulaska radona ($t=n \Delta t$) može se izraziti kao

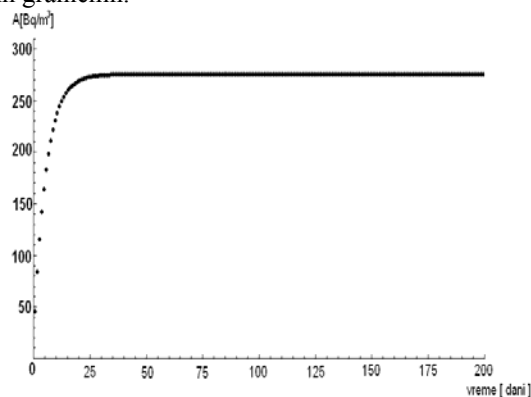
$$a(t = n \Delta t) = \lambda_1 N'_{UL} (e^{-\lambda_1 n \Delta t} + e^{-\lambda_1 (n-1) \Delta t} + e^{-\lambda_1 (n-2) \Delta t} + e^{-\lambda_1 (n-3) \Delta t} + \dots + e^{-\lambda_1 \Delta t} + 1) \quad (3)$$

pri čemu N'_{UL} predstavlja broj unesenih jezgara ^{222}Rn u prostoriju po jedinici zapremine, pri svakom ulasku radona, koji odgovara aktivnosti od 50 Bq/m^3 ($N'_{UL} = 2.3826543 \times 10^7 \text{ m}^{-3}$). Kao mera koncentracije ^{222}Rn u prostoriji uzimana je aktivnost po jedinici zapremine na sredini vremenskog intervala između n -tog i $n+1$ -og ulaska radona u prostoriju, što se može dobiti ako

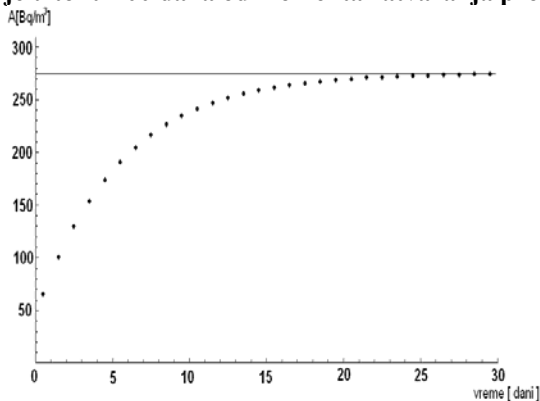
prethodnu relaciju za n -ti ulazak pomnožimo članom $e^{-\lambda_1 \Delta t / 2}$, tj.

$$a(t = n \Delta t + \Delta t / 2) = \lambda_1 N'_{UL} (e^{-\lambda_1 n \Delta t} + e^{-\lambda_1 (n-1) \Delta t} + e^{-\lambda_1 (n-2) \Delta t} + e^{-\lambda_1 (n-3) \Delta t} + \dots + e^{-\lambda_1 \Delta t} + 1) e^{-\lambda_1 \Delta t / 2} \dots \quad (4)$$

Primenom programskog paketa MATHEMATICA, dobijena je zavisnost aktivnosti ^{222}Rn po jedinici zapremine od vremena, za $n=200$ ulazaka ^{222}Rn u prostoriju, što odgovara ukupnom vremenu od $200 \times 24\text{h}$, tj. 200 dana u toku kojih se posmatra promena aktivnosti ^{222}Rn po jedinici zapremine u prostoriji (Sl.3). Dobijena je saturaciona vrednost koncentracije radona od 275 Bq/m^3 , koja se kao što je već pomenuto, odnosi na sredinu vremenskog intervala između dva sukcesivna ulaska radona. Na Sl.3b uočava se da je ova saturaciona vrednost praktično već dostignuta nakon 30 dana od trenutka kada se javlja prvi ulazak radona u prostoriju (tj. od momenta zatvaranja prostorije, odnosno prestanka provetravanja). Treba istaći da će pri prethodno zadatim uslovima u modelu, koncentracija radona ustvari varirati u odnosu na vrednost na sredini vremenskog intervala između dva sukcesivna ulaska radona (n -tog i $n+1$ -og) približno unutar granica $a(t=n\Delta t + \Delta t/2) \pm 25 \text{ [Bq/m}^3]$, u zavisnosti od toga da li posmatramo koncentraciju radona baš u momentu n -tog ulaska radona ili neposredno pred $n+1$ ulazak, ili neki trenutak između ovih graničnih.



Sl.3a. Vremenska zavisnost promene koncentracije Rn-222 u prostoriji - promena koncentracije u toku 200 dana od momenta zatvaranja prostorije,



Sl.3. Vremenska zavisnost promene koncentracije Rn-222 u prostoriji - promena koncentracije tokom prvih 30 dana

Posmatran je zatim porast aktivnosti ^{210}Pb po jedinici zapremine vazduha, sve dok broj ulazaka ^{222}Rn nije dostigao vrednost $n=5 \times 10^5$, što odgovara ukupnom posmatranom vremenu od 5×10^5 dana, odnosno 1370 godina. U ovoj fazi modela račun izvodimo tako kao da je sva generisana aktivnost ^{210}Pb ostala u vazduhu. Imajući u vidu relaciju (1), koncentracija ^{210}Pb (Bq/m^3) u trenutku n -tog ulaska radona ($t=n \Delta t$) može se izraziti kao

$$a_{Pb}(t = n\Delta t) = N'_{UL} \sum_{k=1}^n (c_1 e^{-\lambda_1 k \Delta t} + c_2 e^{-\lambda_2 k \Delta t} + c_3 e^{-\lambda_3 k \Delta t} + c_4 e^{-\lambda_4 k \Delta t} + c_5 e^{-\lambda_5 \Delta t} + c_6 e^{-\lambda_6 k \Delta t}) \quad (5)$$

Ovde je N'_{UL} broj jezgara ^{222}Rn po jedinici zapremine vazduha koji se u prostoriju unese tokom jednog ulaska radona, a odgovara aktivnosti ^{222}Rn po jedinici zapremine od $50 \text{ Bq}/\text{m}^3$.

3. Rezultati

U Tabeli 1. date su koncentracije ^{210}Pb (treća kolona) i ukupna aktivnost ^{210}Pb ($A_{UK}=a_{Pb} \cdot V$, četvta kolona) u prostoriji u funkciji vremena. Kao što vidimo, u sledećem koraku pretpostavljamo da će se ukupna aktivnost ^{210}Pb ravnomerno rasporediti na ukupnu unutrašnju površinu prostorije, dajući odgovarajuću površinsku kontaminaciju

Tabela 1.

n	t [godina]	a_{Pb} [Bq/m^3]	A_{UK} [Bq]	A_{UK}/P [Bq/m^2]
5	0.0137 (5 dana)	0.0463	4.63	0.032
10	0.0274 (10 dana)	0.135	13.5	0.093
50	0.137 (50 dana)	1.053	105.3	0.726
100	0.27 (100 dana)	2.22	222	1.53
200	0.55 (200 dana)	4.54	454	3.13
300	0.82 (300 dana)	6.84	684	4.72
400	1.10	9.12	912	6.29
500	1.37	11.38	1138	7.85
600	1.64	13.62	1362	9.39
700	1.92	15.84	1584	10.92
800	2.19	18.05	1805	12.45
900	2.46	20.23	2023	13.95
1000	2.74	22.40	2240	15.45
1500	4.11	32.96	3296	22.7
2000	5.48	43.08	4308	29.7
3000	8.22	62.07	6207	42.8
4000	10.96	79.51	7951	54.8
5000	13.70	95.53	9553	65.9
6000	16.44	110.2	11020	76.0
7000	19.18	123.7	12370	85.3
8000	21.92	136.2	13620	93.9
9000	24.66	147.6	14760	101.8

10000	27.40	158.0	15800	109.0
15000	41.10	198.8	19880	137.1
20000	54.80	225.5	22550	155.5
30000	82.20	254.3	25430	175.4
40000	109.60	266.6	26660	183.9
50000	137.0	271.9	27190	187.5
60000	164.38	274.1	27410	189.0
70000	191.8	275.1	27510	189.7
80000	219.2	275.5	27550	190.0
90000	246.6	275.6	27560	190.0
100000	274.0	275.7	27570	190.1
150000	411.0	275.8	27580	190.2
200000	547.9	275.8	27580	190.2
300000	821.9	275.8	27580	190.2
500000	1370.9	275.8	27580	190.2

Primena modela omogućuje da se na bazi merenja površinske kontaminacije radionuklidom ^{210}Pb izvrši procena koncentracije ^{222}Rn unutar prostorija koje su tokom dugog vremenskog perioda bile zatvorene, odnosno slabo provetravane.

4. Literatura

- [1] Lucia Sesana and Stefania Begnini, Hourly indoor radon measurements in a research house, *Radiation Protection Dosimetry* (2004) Vol.112, No.2, pp.277-286

ABSTRACT

MODEL FOR THE ASSESSMENT OF SURFACE RADIONUCLIDE ^{210}Pb CONTAMINATION INDOORS DUE TO PRESENCE OF RADON

Dušan MRĐA, Ištvan BIKIT, Sofija FORKAPIĆ

Departman za fiziku, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad, Srbija, mrdjad@im.ns.ac.yu

The model is based on the fact that the change of indoor radon concentration, which periodically enters the room, affects only on radioactive decay and the inserted amount of radon in each impact, but not on its diffusion out, i.e. escape from the room. The aim of the model is to assess the surface contamination of the room by lead ^{210}Pb .