

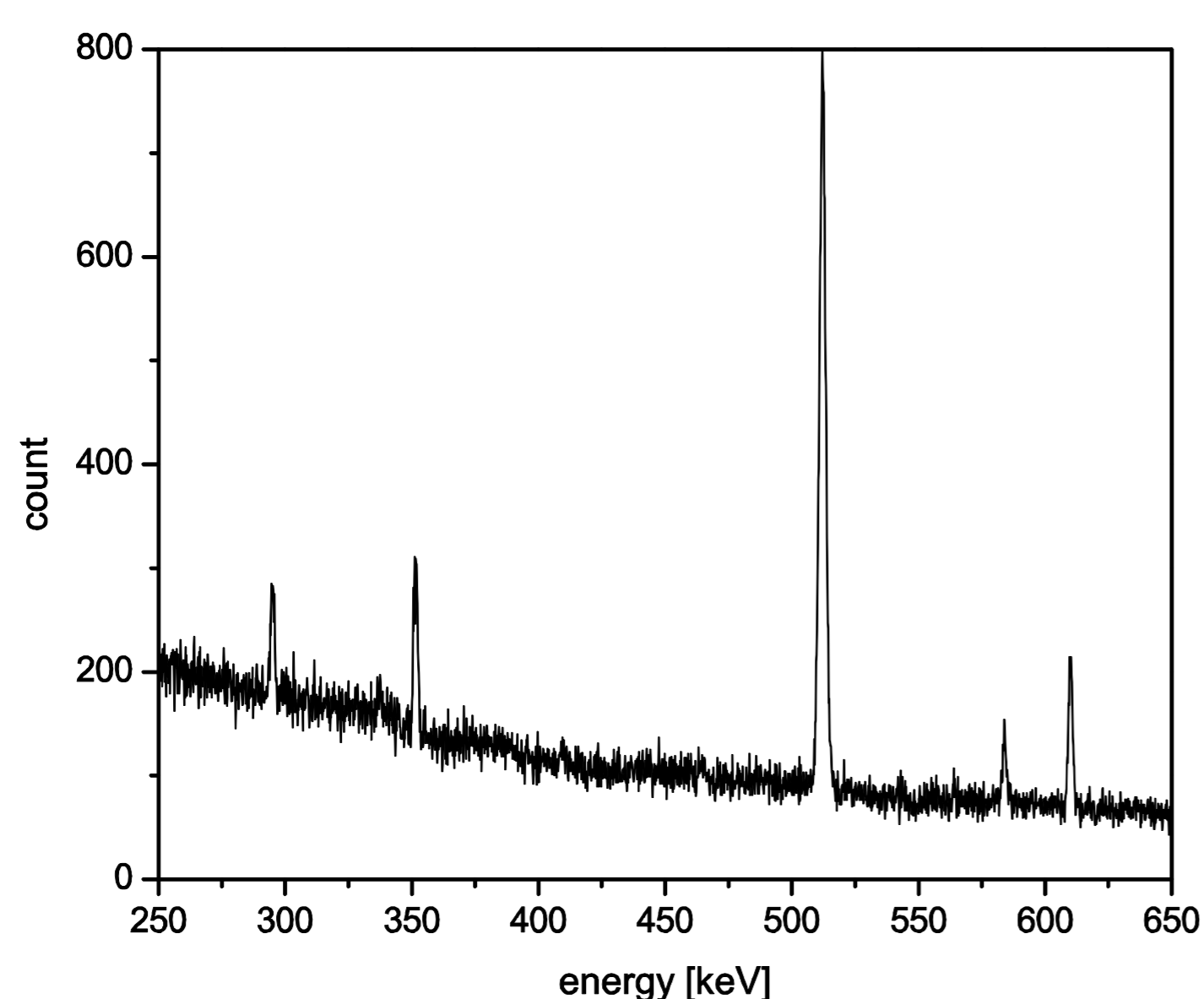
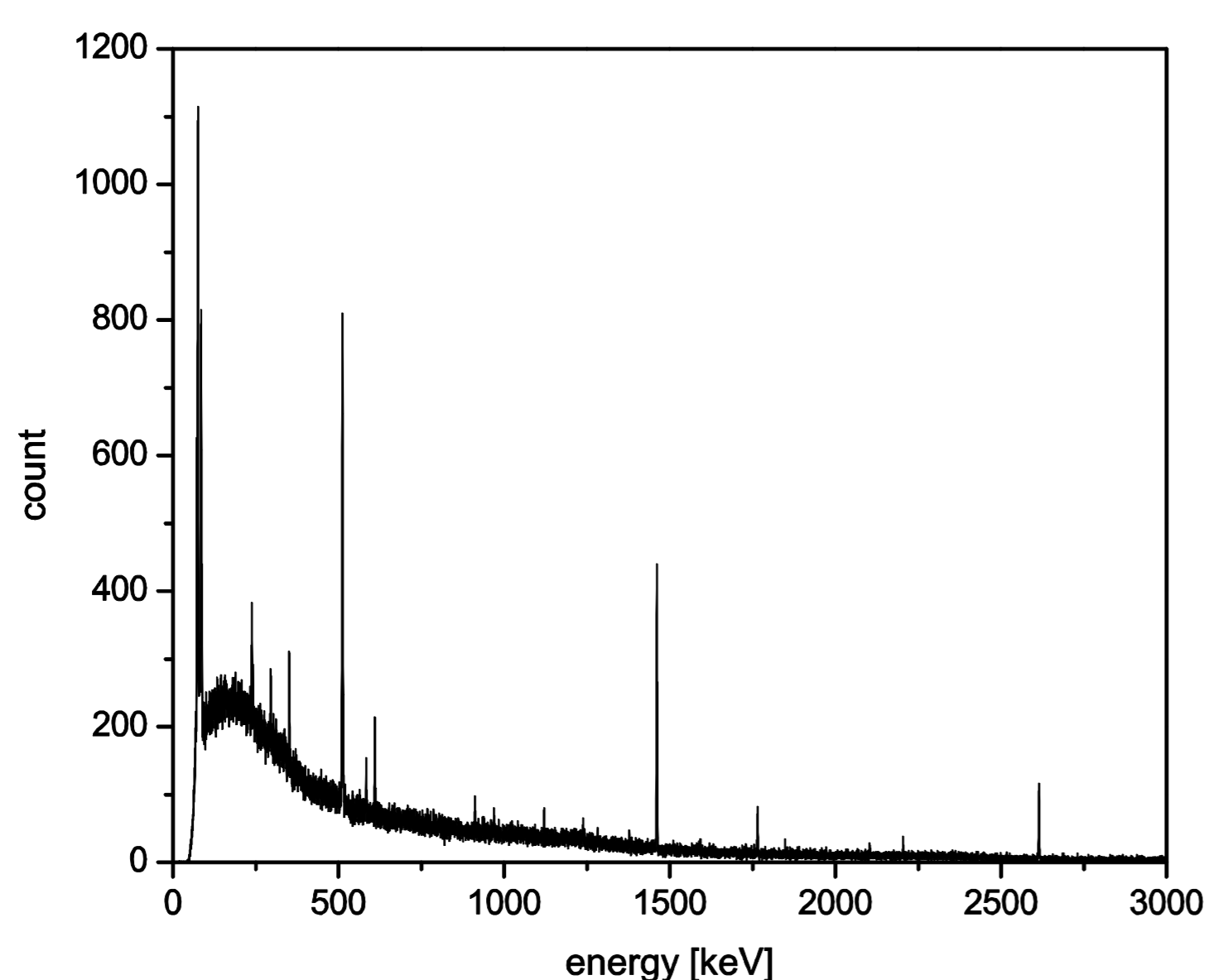
Monte Carlo simulacija za procenu radonske aktivnosti unutar olovne zaštite germanijumskih detektora

D. Joković¹, J. Nikolov², R. Banjanac¹, V. Udovičić¹, D. Maletić¹, A. Dragić¹, B. Grabež¹

¹Institut za fiziku, Univerzitet u Beogradu

²Departman za fiziku, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Novom Sadu

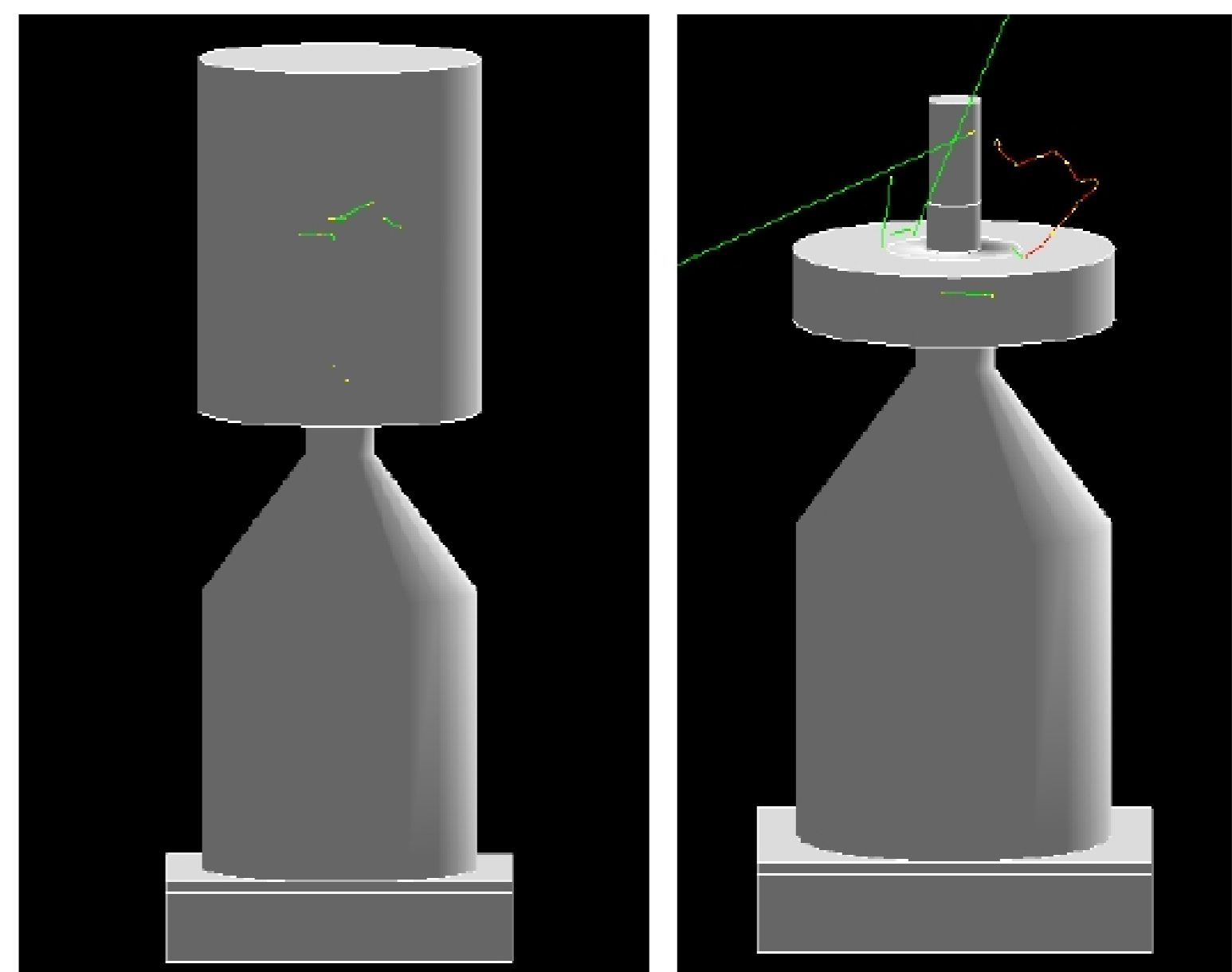
U podzemnoj niskofonskoj laboratoriji u Institutu za fiziku, ukopanoj na dubini od 12 m (25 m.w.e), za gama spektrometrijska merenja koristi se HPGe detektor aktivne zapremine 148,9 cm³ i relativne efikasnosti 35% (ORTEC, model GEM30). Podzemna lokacija detektora, zajedno sa olovnom zaštitom debljine 12 cm, omogućuje veoma dobru redukciju prirodnog fona gama zračenja, sa brzinom odbroja manjom od 0,5 s⁻¹ (~0,6 s⁻¹·kg⁻¹) u opsegu 40-3000 keV. Glavni doprinos fonu detektora potiče od radona i njegovih potomaka. Koncentracija radona održava se na niskom nivou od ~15 Bq/m³ upotrebom ventilacionog sistema sa dvostrukim filtriranjem (mehanički i aktivnim ugljem). Karakteristične linije iz raspada potomaka radona ²¹⁴Bi i ²¹⁴Pb jasno se mogu videti u fonskom spektru detektora.



Monte Carlo simulacija, zasnovana na simulacionom paketu Geant4 [1], napravljena je za određivanje odziva germanijumskih detektora, sa ciljem da na što bolji način reprodukuje eksperimentalni spektar detektora u širokom spektru primena u gama spektrometrijskim merenjima [2,3,4]. U ovom slučaju, simulacija je korišćena za procenu koncentracije radona unutar olovne zaštite detektora iz intenziteta postradonskih linija u eksperimentalnom fonskom spektru.

U simulaciji, HPGe detektor je konstruisan prema detaljnim tehničkim podacima. Aktivna cilindrična geometrija kristala germanijuma ima prečnik 58,5 mm i dužinu 56,4 mm, dok šupljina u kristalu ima prečnik 9 mm i dužinu 42,9 mm; neaktivni sloj kristala je 0,7 mm. Ge kristal se nalazi unutar magnezijumskog kućišta. Ovako konstruisan detektor smešten je unutar olovne zaštite debljine 12 cm; rastojanje kape detektora od gornjeg sloja olova je 10 cm.

Primarni fotoni generisani su u vazduhu koji okružuje detektor (komora unutar olovne zaštite), sa ravnomerno slučajno izabranim pozicijama i pravcima u celom prostoru (4π srad). Početne energije fotona su energije postradonskih linija od 295, 352 i 609 keV. Svi elektromagnetni procesi uključeni su u simulaciju, pri čemu je korišćen paket za niskoenergetske procese (dataset G4EMLOW6.32, model G4EmLivermorePhysics). Raspodela deponovanih energija fotona u aktivnoj zapemini detektora daje spektralni odziv detektora, tj. simulirani spektar.



Iz simuliranog spektra dobijeni su intenziteti linija, i na taj način određene su simulirane efikasnosti detektora za datu energiju, iz odnosa intenziteta i ukupnog broja događaja. Sa ovako izračunatim efikasnostima i sa izmerenim intenzitetima linija u eksperimentalnom fonskom spektru, određena je koncentracija radona. Koncentracija je dobijena iz formule:

$$A = \frac{I}{\text{eff} \cdot p \cdot V},$$

gde su: I eksperimentalni intenzitet linije za datu energiju, eff simulirana efikasnost, p verovatnoća emisije i V zapremina komore unutar olovne zaštite ($V=6,2 \text{ dm}^3$).

E [keV]	I [$\times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$]	p	eff	A [Bq/m ³]
295	0,428	0,19	0,0247	15(3)
352	0,906	0,36	0,0212	19(4)
609	0,654	0,47	0,013	17(4)

Koncentracije radona dobijene iz ovog semiempirijskog modela upoređene su sa vrednostima izmerenim radonskim monitorom, koji daje srednju koncentraciju radona od 13(5) Bq/m³. Veće vrednosti radonske aktivnosti dobijene iz fonskog spektra HPGe detektora posledica su deponovanja potomaka radona na zidove olovne zaštite i kućišta detektora. Procena aktivnosti ovih deponovanih izotopa je ~1/4 od ukupne radonske aktivnosti.

[1] S. Agostinelli et al. Nucl. Instrum. Meth. A 506 (2003) 250-303.

[2] D. R. Joković et al. Appl. Radiat. Isotopes 67 (2009) 719-722.

[3] M. Krmar et al. Nucl. Instrum. Meth. A 709 (2013) 8-11.

[4] R. Banjanac et al. arXiv:1305.2572