

**DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
SRBIJE I CRNE GORE**

ZBORNİK RADOVA

**XXV SIMPOZIJUM DZZSCG
Kopaonik 2009,
30.9 do 2.10.2009**

**Beograd
2009**

ZBORNİK RADOVA
XXV SIMPOZIJUM DZZSCG
30.9-2.10.2009

Izdavači:

Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Društvo za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore

Za izvršnog izdavača:

Dr Jovan Nedeljković

Urednik:

Dr Olivera Ciraj

ISBN

© Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Tehnička obrada: Sesartić Gorijan

Štampa: Štamparija Jovanović

Tiraž: 110 primeraka

Štampa završena septembra 2009.

XXV SIMPOZIJUM DRUŠTVA
ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
SRBIJE I CRNE GORE
Kopaonik 30.9 do 2.10.2009

Organizatori:

DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA SRBIJE I CRNE GORE

INSTITUT ZA NUKLEARNE NAUKE „VINČA“

Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine „Zaštita“

Organizacioni odbor:

Predsednik: Olivera Ciraj-Bjelac

Članovi:

Milojko Kovačević
Perko Vukotić
Snežana Milačić
Olivera Marinković
Ištvan Bikit
Tomislav Anđelić
Vladan Ljubenov
Dragoslav Nikezić
Vera Spasojević-Tišma
Snežana Dragović
Gorijan Sesartić
Danijela Arandić

Redakcioni odbor:

Dr Gordana Joksić
Dr Dragana Todorović
Dr Marko Ninković
Mr Gordana Pantelić

Organizaciju su pomogli:

Ministarstvo za nauku Republike Srbije
Institut za nuklearne nauke "Vinča"

Ovaj Zbornik je zbirka radova saopštenih na XXV Simpozijumu Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore koji je održan od 30.9. do 2.10.2009. godine na Kopaoniku. Radovi su razvrstani po sekcijama. Mada su svi radovi u Zborniku recenzirani od strane Redakcionog odbora za sve iznesene tvrdnje i rezultate odgovorni su sami autori.

Organizacioni odbor se zahvaljuje svim autorima radova na uloženom trudu. Posebno se zahvaljujemo sponzorima koji su pomogli održavanje Simpozijuma i štampanje Zbornika.

Organizacioni odbor

UGAONA DISTRIBUCIJA SPEKTRALNE GUSTINE NEUTRONA PRILIKOM INTERAKCIJE SNOPA PROTONA ENERGIJE 50 MeV SA DEBELOM METOM OD BAKRA

Srboljub J. STANKOVIĆ, Radovan ILIĆ, Milojko KOVAČEVIĆ, Mladen VUKČEVIĆ, Dragomir DAVIDOVIĆ, Đorđe LAZAREVIĆ, Miloš DAVIDOVIĆ

Institut za nuklearne nauke "VINČA", Beograd

Sažetak

U praksi projektovanja zaštite od zračenja na nuklearnim instalacijama (akceleratori, nuklearni reaktori, instalacije za protonsku terapiju u medicini, itd.) od interesa je proračun prinosa sekundarnih neutrona u odnosu na njihov energetski spektar i ugaonu distribuciju. Pored eksperimentalnog pristupa kada je u pitanju pre svega provera kvaliteta projektovane zaštite, tome prethodi izbor i primena odgovarajuće metode proračuna zaštite za definisani incidentni snop čestica i materijal mete. U ovom radu razmatra se ugaona distribucija spektralne gustine neutrona prilikom interakcije snopa protona energije 50 MeV sa debelom metom od bakra.

1. Uvod

Karakteristike zaštitnih zidova i lokalne zaštite na nuklearnim instalacijama (akceleratori, nuklearni reaktori, instalacije za protonsku terapiju u medicini, itd.) određuju se u odnosu na nivoe fluensa sekundarnih neutrona. Proračun zaštite je moguće ostvariti empirijskim ili numeričkim metodama. U drugom slučaju neophodno je poznavanje prinosa sekundarnih neutrona u odnosu na njihov energetski spektar i ugaonu distribuciju.

Prinos i ugaonu raspodelu sekundarnih čestica pri protonskom bombardovanju meta od ugljenika (^{12}C), bakra (^{64}Cu) i aluminijuma (^{27}Al) su ispitali A.Faso i M. Hofert[1]. Ugaona raspodela neutrona, koja ima poseban značaj u zaštiti od zračenja, je određena aktivacionim detektorima za četiri energetske grupe (pragovi nuklearnih reakcija su na energijama $E_p^{(r)}$ od 3 MeV za $^{32}\text{S}(n,p)^{32}\text{P}$, 8 MeV za $^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$ i 26 MeV za $^{12}\text{C}(n,2n)^{11}\text{C}$). Rezultati eksperimenata su potom upoređeni sa semiempirijskom formulom Alsmilera. Pokazalo se da je slaganje veoma dobro za uglove manje od 60° u odnosu na pravac snopa protona. Slična ispitivanja na većem broju meta različitih materijala su sprovedli T.Nakamura, M.Jošida i K.Šin[2], pri čemu se zasebno razmatrala i ugaona raspodela gama zračenja. Pomenuti eksperimenti se relativno lako izvode i za druge mete koje su od praktičnog interesa u proizvodnji radioizotopa. U ovom radu razmatra se ugaona distribucija spektralne gustine neutrona prilikom interakcije snopa protona energije 50 MeV sa debelom metom od bakra.

2. Teorija

Ugaona distribucija neutrona $Q_n^{(r)}(\Omega)$ ($\text{cm}^2\text{srad}^{-1}$) koja se određuje r-tom nuklearnom reakcijom, a odnosi se na energije neutrona $E_n > E_p^{(r)}$, prikazuje se kao:

$$Q_n^{(r)}(\Omega) = (1/S_p) \cdot \int_E \frac{d^2 N_n}{dE d\Omega} \cdot \sigma_n^{(r)}(E) dE \quad (1)$$

Između aktivnosti $A^{(r)}$ aktivacionog detektora za r -tu nuklearnu reakciju, koji je pozicioniran prostornim uglom Ω u odnosu na debelu metu, i ugaone distribucije neutrona $Q_n^{(r)}(\Omega)$ može se uspostaviti relacija:

$$Q_n^{(r)}(\Omega) = \frac{R^2 \cdot t \cdot A^{(r)}(\Omega)}{S_p \cdot \Omega_0 \cdot N_j^{(r)}} \quad (2)$$

u kojoj je: R (cm) rastojanje aktivacionog detektora od mete; t (s) vreme ozračivanja aktivacionog detektora; S_p ukupan broj protona koji je u toku vremena t interagovao sa metom; Ω_0 (srad) jedinični prostorni ugao; $N_j^{(r)}$ broj jezgara mete izložen protonskom zračenju. U eksperimentima sa aktivacionim detektorima koji imaju ukupno r energetskih pragova za nuklearne reakcije moguće je definisati ukupno $r+1$ grupa neutrona za jedan prostorni ugao Ω , odakle se iz razlike $Q_n^{(r)}(\Omega) - Q_n^{(r+1)}(\Omega)$ određuje odgovarajuća ugaona raspodela spektralne gustine neutrona.

Funkcija ugaone raspodele spektralne gustine neutrona $K(E, \Omega)$, u skladu sa izgledom podintegralne funkcije u relaciji (1), je:

$$K(E, \Omega) = \frac{d^2 N(E, \Omega)}{dE d\Omega} \quad (3)$$

Eksperimentalno određene vrednosti za $Q_n^{(r)}(\Omega)$ se sada mogu iskoristiti za procenu srednje vrednosti funkcije $K(E_{pr}^{(r)} \leq E \leq E_1; \Omega)$ gde $E_1 = \max E_n$. Kada se procenjuje srednja vrednost za $(r+1)$ -vu neutronska grupu u energetskom smislu $K(E_{pr}^{(r)} \leq E \leq E_{pr}^{(r+1)}; \Omega)$ neophodno je odrediti razliku $Q_n^{(r)}(\Omega) - Q_n^{(r+1)}(\Omega)$. Takođe, za $r > 4$ relacija (1) se može svesti na specijalni oblik Fredholmove integralne jednačine druge vrste [3, 4] po nepoznatoj funkciji $K(E, \Omega)$:

$$\int_{E_A}^{E_B} K(E, \Omega) \cdot \sigma_n^{(r)}(E) dE = Q_n^{(r)}(\Omega) \cdot S_p \quad (4)$$

pri čemu su $E_A = \min E_{pr}^{(r)}$; $E_B = \max E_n$. Na osnovu eksperimentalnih podataka za tri reakcije sa pragom [5, 6], iz relacije (4) proizilazi:

$$K(E_{pr}^{(r)} \leq E \leq E_1; \Omega) \cdot \sigma_n^{(r)}(E_{pr}^{(r)} \leq E \leq E_1) \cdot \Delta E_1^{(r)} = Q_n^{(r)}(\Omega) \cdot S_p \quad (5)$$

Neka je $E_1 = E_{pr}^{(r+1)}$, $r=1,2,3$, za metu od bakra cilindričnog oblika (dimenzije: dužina 6 cm, dijametar 2 cm), na čije baze upravno pada snop protona energije 50 MeV, srednjeg intenziteta I (broj protona u jedinici vremena). Koristeći eksperimentalne rezultate [1] moguće je ostvariti sledeću procenu srednje vrednosti $K(E_{pr}^{(r)} \leq E \leq E_{pr}^{(r+1)}; \Omega(\theta))$ ($\text{MeV}^{-1} \text{srad}^{-1}$) prema relaciji :

$$K(E_{pr}^{(r,r+1)}; \Omega(\theta)) = S_p \times \left[\frac{Q_n^{(r)}(\Omega(\theta))}{\Delta E_1^{(r)} \cdot \sigma_n^{(r)}} - \frac{Q_n^{(r+1)}(\Omega(\theta))}{\Delta E_1^{(r+1)} \cdot \sigma_n^{(r+1)}} \right] \quad (6)$$

gde je $\Delta E_1^{(r)} = E_{nmax} - E_{pr}^{(r)}$, $r=1,2,3$, a $\sigma_n^{(r)}$ se u analizi rezultata merenja sa aktivacionim detektorima nazivaju još i efektivne vrednosti efikasnog preseka za nuklearnu reakciju sa energijom praga $E_{pr}^{(r)}$. Kako je pogodno odrediti i totalnu spektralnu gustinu $G(E_{pr}^{(r)} \leq E \leq E_{pr}^{(r+1)}; \Delta\Omega(\theta_k, \theta_{k+1}))$ koja odgovara razlici spektralnih gustina u prostorni ugao za azimutalne uglove θ_k i θ_{k+1} , odnosno ukupan broj neutrona uočene energetske grupe koji se emituje u prostorni ugao $\Delta\Omega(\theta_k, \theta_{k+1})$, može se definisati za $k=1, \dots, 9$:

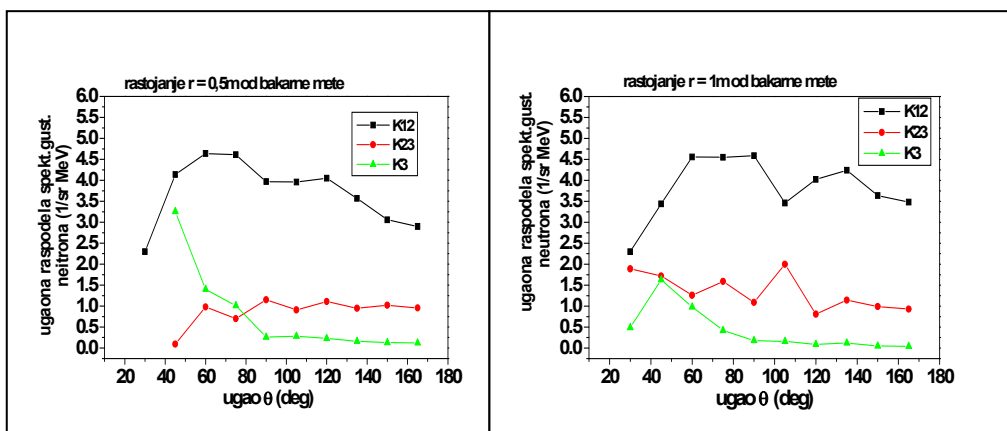
$$G(E_{pr}^{(r,r+1)}; \Delta\Omega_{k,k+1}) = K(E_{pr}^{(r,r+1)}; \Omega_k) \Delta\Omega_{k,k+1/2} + K(E_{pr}^{(r,r+1)}; \Omega_{k+1}) \Delta\Omega_{k+1/2,k+1} \quad (7)$$

$$\Delta\Omega_{k,k+1/2} = 2\pi \cdot \int_{\theta_k}^{\theta_k + \Delta\theta_{k,k+1/2}} \sin \theta d\theta \quad (8a)$$

$$\Delta\theta_{k,k+1/2} = (\theta_{k+1} - \theta_k) / 2 \quad (8b)$$

3. Diskusija rezultata

Pri proračunavanju je uzeto da su energetske pragovi $E_{pr}^{(r)}, r=1,2,3$, 3 MeV (za ^{32}S), 8 MeV (za ^{27}Al) i 26 MeV (za ^{12}C) respektivno. Debela meta od bakra bila je bombardovana sa $3.03 \cdot 10^{15}$ protona [1]. Uz usvojenu E_{nmax} od 45 MeV, efektivni efikasni preseki $\sigma_n^{(r)}$, koji se koriste u proračunima, iznose 308 mb, 110 mb [5][6], i 49 mb [7]. Poznati numerički generisani podaci za funkciju diferencijalnog emisijonog spektra predstavljeni su u formi baze podataka za materijale od ^{12}C , ^{14}N , ^{16}O , ^{27}Al , ^{28}Si , ^{40}Ca , ^{56}Fe , ^{184}W i ^{208}Pb [8]. Sistematizacija baze podataka je izvršena uz korišćenje fortranskog programa CHICRU [9]. Pošto za metu od bakra nisu bili dostupni odgovarajući podaci za energetske opseg neutrona $10^{-9} \text{ MeV} \leq E \leq 3 \text{ MeV}$, na osnovu ovde navedenog metoda nije bilo moguće izvršiti proračune za ovaj energetske opseg, kako za vrednosti angularne raspodele spektralne gustine neutrona u jediničnom prostornom uglu, tako i za vrednosti spektralne gustine neutrona u definisanom prostornom uglu.



Slike 1. i 2. Ugaone raspodele $K(E_{pr}^{(r)} \leq E \leq E_{pr}^{(r+1)}; \Omega(\theta))$, $r=1,2,3$ za rastojanja $r=0,5$ m i $r=1$ m od bakarne debele mete.

Na slikama 1. i 2. prikazane su vrednosti ugaone raspodele spektralne gustine neutrona u jedinični ugao za različita rastojanja od debele mete. Uočava se da na pravcima svih uglova, u spektru dominiraju neutroni energija do 8 MeV. Za neutrone energija većih od 26 MeV i za promenu rastojanja od 0.5m konstatuje se inverzija u trendu promene vrednosti fluensa pri promeni ugla pravca detekcije od 40^0 do 80^0 . Za oba rastojanja od centra debele mete, u pravcima detekcije za uglove iznad 90^0 najniži nivoi udela u spektru pripadaju neutronima energija iznad 26 MeV. Po svim pravcima detekcije, odnosno za sve azimutalne uglove, pojedinačni nivoi udela u spektru neutrona energija između 8 MeV i 26 MeV (K_{23}), i 26 MeV i 45 MeV (K_3), su ispod vrednosti udela neutrona energija između 3 MeV i 8 MeV (K_{12}).

U tabeli 1. i na slikama 1. i 2., indeksi 1, 2 i 3, za ma koju veličinu raspodele, se odnose za energije neutrona veće ili jednake od 3 MeV, 8 MeV, 26 MeV respektivno. Ukoliko se razmatraju veličine raspodele unutar intervala energije između susednih energetskih pragova, tada su indeksi 12 i 23.

Tabela 1. Ugaona raspodela spektralne gustine neutrona u definisanom prostornom uglu za rastojanje od debele bakarne mete $r=1$ m

$\theta_k \leq \theta < \theta_{k+1}$	$G_1 \cdot 10^{-10}$	$G_2 \cdot 10^{-10}$	$G_3 \cdot 10^{-10}$	$G_{12} \cdot 10^{-10}$	$G_{23} \cdot 10^{-10}$
$30 \leq \theta < 45$	5.82	2.90	1.11	2.92	1.795
$45 \leq \theta < 60$	8.84	3.59	1.68	5.24	1.92
$60 \leq \theta < 75$	10.11	3.21	1.05	6.90	2.16
$75 \leq \theta < 90$	10.09	2.66	0.49	7.44	2.17
$90 \leq \theta < 105$	9.34	2.78	0.28	6.56	2.50
$105 \leq \theta < 120$	8.00	2.34	0.19	5.66	2.15
$120 \leq \theta < 135$	6.76	1.39	0.13	5.37	1.26
$135 \leq \theta < 150$	5.12	1.16	0.087	3.96	1.08
$150 \leq \theta < 165$	2.88	0.63	0.029	2.24	0.61

4. Zaključak

Sa aspekta zaštite od zračenja na nuklearnim instalacijama, urađeni proračuni za incidentni snop protona od 50 MeV mogu doprineti boljem sagledavanju problema dopunske zaštite. To znači da se može izvršiti procena neutronskog zračenja na kritičnim mestima razmatranjem interakcije snopa protona sa jednim konstrukcionim elementom većih dimenzija kao interakcije snopa sa više elemenata koji imaju odgovarajuće dimenzije debele mete. Istovremeno, stvorena je mogućnost poređenja rezultata ovakvog proračuna, zasnovanog na korišćenju baze eksperimentalnih podataka, sa rezultatima numeričkih proračuna sprovedenih korišćenjem softverskih paketa baziranih na simulaciji transporta čestica metodom Monte Karlo.

5. Literatura

- [1] Fasso A., Hofert M., Distributions of Secondary Particles Around Various Targets Exposed to 50 MeV Protons, Nucl.Instr.andMeth. 133(1976),p.213-218.
- [2] Nakamura T., Yoshida M., Shin K., Spectral Measurements of Neutrons and Photons from Thick Targets of C, Fe, Cu and Pb by 52 MeV protons, Nucl.Instr.andMeth. 151(1978),p.493-503.
- [3] Wood J., Computational Methods in Reactor Shielding, Moments Method, Pergamon Press,1982, p.396-421.
- [4] Stanković S., Vukčević M., Momentni metod u transportnoj teoriji, Seminarski rad, ETF, sept. 1993.
- [5] I.Mirić, P.Mirić, M.Prokić, P.Marković, Određivanje karakteristika aktivacionih detektora za dozimetriju neutrona, IBK – 364.
- [6] I.Mirić, M.Prokić, D.Veličković, Procena fluksa neutrona pomoću aktivacionih detektora, IBK– 775.
- [7] Dimbylow P.J., Neutron Cross-Section Calculations in the energy Range 20 – 50 MeV for Elements of Biomedical Importance, Neutron Physics and Nuclear Data, Proceedings of an Inter.Confer., Harwell, sept.1978. p.636-641.
- [8] Chadwick M.B., Young P.G. and all., Data ICRUTAB.TAR from <ftp://t2.lanl.gov/> 1998, LANL,USA.
- [9] Ilić R., CHICRU – Fortranski program za pripremu preseka i raspodela za modelovanje neelastičnih nuklearnih reakcija protona, 1990, Beograd.

RADIOEKOLOGIJA

7

MERENJE FAKTORA RAVNOTEŽE KRATKOŽIVEĆIH RADONOVIH POTOMAKA TRAG DETEKTORIMA.....	9
AKTIVNOSTI ^{137}CS I ^{40}K U JEDINKAMA VRSTE CIPOLA (MUGILIDAE) LIZA AURATA IZ JUŽNOG JADRANSKOG MORA.....	20
NIVOI AKTIVNOSTI ^{137}CS U GLJIVAMA SRBIJE I CRNE GORE OD 2003. DO 2008. GODINE	25
RADIOEKOLOŠKA PRIMENA "ENVIRONMENTAL FRIENDLY" MATERIJALA ALUMOSILIKATNOG POREKLA.....	30
UKUPNA ALFA I BETA AKTIVNOST VAZDUHA I PADAVINA U BEOGRADU OD 2006. DO 2008. GODINE.....	35
RADIONUKLIDI U BILJKAMA U URBANIM SREDINAMA.....	39
UTICAJ IZLAGANJA POPULACIJE PRIRODNOM RADIONUKLIDU RADIJUMU NA POVEĆANJE RIZIKA ZA RAZVIJANJE TUMORA UNOŠENJEM RODITELJSKOG RADIONUKLIDA URANIJUMA PUTEM INHALACIJE ILI INGESTIJE	43
NORM U OKOLINI TE „NIKOLA TESLA“ B - EKSPERIMENTALNI REZULTATI	47
RADIOAKTIVNOST MINERALNIH VODA ŠIREG PODRUČJA BUKULJE.....	53
RADIOHEMIJSKA SEPARACIJA I ALFA-SPEKTROMETRIJSKO ODREĐIVANJE AMERICIJUMA U RAZLIČITIM MATRIKSIMA.....	57
PREDNOSTI MERENJA UZORAKA NISKIH AKTIVNOSTI U NISKOFONSKOJ LABORATORIJI.....	61
АКУМУЛАЦИЈА ^{137}CS У ДИВЉИМ ПЕЧУРКАМА: УЗОРЦИ ИЗ РАЗЛИЧИТИХ ДЕЛОВА МАКЕДОНИЈЕ.....	66
LOKACIJE U CRNOJ GORI SA VISOKIM FONOM GAMA-ZRAČENJA	70
RADIOAKTIVNOST VAZDUHA NA LOKACIJI KUMODRAŽ U PERIODU JANUAR – JUN 2009.GODINE	74
MODEL ZA PROCENU POVRŠINSKE KONTAMINACIJE RADIONUKLIDOM ^{210}PB U ZATVORENOM PROSTORU USLED PRISUSTVA RADONA.....	79
ANALIZA UTICAJA FAKTORA NA KONCENTRACIJU AKTIVNOSTI RADONA U ZATVORENIM PROSTORIJAMA	84
ANALIZA DIFUZIJE RADONA KROZ GRAĐEVINSKE MATERIJALE	89
MERENJE KONCENTRACIJE AKTIVNOSTI RADONA KAO METODA ZA PREDVIĐANJE ZEMLJOTRESA?	94
PROMENA AKTIVNOSTI SINAPTOZOMALNIH EKTO-5'-NUKLEOTIDA ZA NAKON JONIZUJUĆEG ZRAČENJA.....	99
SIMULTANA MERENJA KONCENTRACIJE ATMOSFERSKIH BRZIH JONA I AKTIVNOSTI RADONA U NISKOFONSKOJ LABORATORIJI U ZEMUNU	103
КОНТРОЛА РАДИОАКТИВНОСТИ СЕДИМЕНТА РЕКА У СРБИЈИ.....	108
ODREĐIVANJE UKUPNE ALFA AKTIVNOSTI VODE METODOM KOPRECIPITACIJE.....	114

RADIOTOKSIKOLOGIJA	119
UPOREĐIVANJE EFIKASNOSTI AFCF I KLINOPTILOLITA POSLE JEDNOKRATNE KONTAMINACIJE FAZANA ¹³⁷ CS.....	121
ZAŠTITA OD ZRAČENJA U MEDICINI	127
НЕУТРОНСКА ДОЗА НА УЛАЗНИМ ВРАТИМА ТЕРАПИЈСКЕ ПРОСТОРИЈЕ СА 15 MEV-СКИМ АКЦЕЛЕРАТОРОМ.....	129
DOZIMETRIJSKI ASPEKTI I ZAŠTITA OD ZRAČENJA U INTERVENTNOJ KARDIOLOGIJI.....	133
УСПОСТАВЉАЊЕ ПРОГРАМА КОНТРОЛЕ КВАЛИТЕТА ДИГИТАЛНОГ МАМОГРАФА	137
SNIMANJE DECE U CT DIJAGNOSTICI: NIVO SVESTI MEDICINSKOG OSOBLJA O POTENCIJALNOM RIZIKU ZA PACIJENTE	142
DOZIMETRIJA	149
UGAONA DISTRIBUCIJA SPEKTRALNE GUSTINE NEUTRONA PRILIKOM INTERAKCIJE SNOPA PROTONA ENERGIJE 50 MEV SA DEBELOM METOM OD BAKRA	151
RADIOHEMIJSKA SEPARACIJA I PROCJENA EFEKTIVNE DOZE OD UNOSA ⁹⁰ SR INGESTIJOM.....	156
RAČUNANJE DOZNIH KONVERZIONIH KOEFICIJENATA ZA SERIJE ORNL FANTOMA U ZATVORENIM PROSTORIJAMA OD PRIRODNIH RADIONUKLIDA U GRAĐEVINSKIM MATERIJALIMA.....	160
RADIOAKTIVNI CEZIJUM U HRANI I VODI ZA PIĆE SA PROCJENOM EFEKTIVNE DOZE U FBiH	164
MONTE KARLO PRORAČUN PRIMLJENE DOZE OD PRIRODNOG URANIJUMA UNETOG INGESTIJOM I INHALACIJOM	168
ГАМА И БЕТА ДОЗЕ У ЉУДСКИМ ОРГАНИМА ИЗАЗВАНЕ РАДОНОВИМ ПОТОМЦИМА НАТАЛОЖЕНИМ У ПЛУЋИМА.....	172
KARAKTERISTIKE PROGRAMA TLD.....	177
PROCENA DODATNE DOZE USLED AKTIVACIJE MATERIJALA U LINEARNIM AKCELERATORIMA U RADIOTERAPIJI.....	182
МЕРЕЊЕ ШУМА И КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА ПЕРФОРМАНСИ МАМОГРАФСКОГ СИСТЕМА СА FFD ДЕТЕКТОРСКОМ ТЕХНОЛОГИЈОМ..	187
BIDOZIMETRIJA	191
CITOGENETSKE ANALIZE ZA PROCENU DOZE I EFEKTA RADIJACIJE U RADNIKA NUKLEARNE MEDICINE.....	193
ZNAČAJ ANALIZE BIOMARKERA EKSPLOZICIJE JONIZUJUĆEM ZRAČENJU I HEMATOLOŠKIH ANALIZA U OCENI RADNE SPOSOBNOSTI-PRIKAZ SLUČAJA	200
ZEMLJA-BILJKA TRANSFER FAKTOR U OKOLINI TERMOELEKTRANA.....	205

ZDRAVSTVENI RIZIK ZAPOSLENIH PRI RADU SA RAZLIČITIM IZVORIMA JONIZIJUĆIH ZRAČENJA.....	208
KOMPARATIVNA CITOGENETSKA ANALIZA HROMOZOMSKIH ABERACIJA I PREVREMENE CENTROMERNE DEOBE U LICA PROFESIONALNO EKSPONOVANIH RADIONUKLIDIMA.....	215
UČESTALOST MIKRONUKLEUSA I PREVREMENE CENTROMERNE DEOBE KOD LICA PROFESIONALNO IZLOŽENIH RADIONUKLIDIMA.....	221
REZULTATI OCENE RADNE SPOSOBNOSTI LICA ZAPOSLENIH U ZONI JONIZUJUĆIH ZRAČENJA.....	227
RADIOAKTIVNI OTPAD	231
ODREĐIVANJE TERMODINAMIČKIH PARAMETARA KOJI KARAKTERIŠU SORPCIJU JONA CO ²⁺ ŽIVOTINJSKIM KOSTIMA.....	233
¹³⁷ CS LEACHING THROUGH CEMENT-RADWASTE MATRIX.....	238
IZLUŽIVANJE JONA CS ⁺ I CO ²⁺ IZ CEMENTNOG MATRIKSA.....	242
DEKONTAMINACIJA	249
PROCENA EFIKASNOSTI RADIOLOŠKE DEKONTAMINACIJE ALKIDNIH I EPOKSI-POLIURETANSKIH SISTEMA PREMAZA.....	251
MERNA INSTRUMENTACIJA	257
КАЛИБРАЦИЈА ГЕРМАНИЈУМСКИХ ДЕТЕКТОРА ЗА МЕРЕЊЕ АЕРОСОЛА.....	259
FON U RAZLIČITIM ENERGETSKIM OPSEZIMA I RAZLIČITIM REŽIMIMA RADA SPEKTROMETRA PRIPJAT-2M.....	264
DETEKCIJA ¹³⁷ CS I ⁴⁰ K SPEKTROMETROM PRIPJAT-2M.....	269
SIMULACIJA ODGOVORA CR-39 DETEKTORA NA OZRAČIVANJE NEUTRONIMA IZ AM-BE IZVORA.....	274
MOGUĆNOST PROCENE PRISUSTVA NEUTRONA U OKRUŽENJU NISKOFONSKOG GAMA SPEKTROMETRA.....	279
UTICAJ GAMA ZRACENJA NA STATISTIČKU RASPODELU VREDNOSTI NAPONA PRAGA MOS TRANZISTORA.....	284
ПОРЕЂЕЊЕ ВРЕДНОСТИ ЈАЧИНЕ ДОЗЕ ГАМА ЗРАЧЕЊА У ВАЗДУХУ МЕРЕНИХ ГМ-БРОЈАЧИМА, ЈОНИЗАЦИОНИМ КОМОРАМА И ТЕРМОЛУМИНЕСЦЕНТНИМ ДОЗИМЕТРИМА.....	289
PRVI TEST TEČNOG SCINTILACIONOG BROJAČA QUANTULUS – ODREĐIVANJE SADRŽAJA TRICIJUMA U VODI DUNAVA.....	293
REGULATIVA, EDUKACIJA I JAVNO INFORMISANJE	299
SINGLE WINDOW FOR ISSUING LICENSES FOR EXPORT AND IMPORT OF IONIZING RADIATION SOURCES AND TRANSIT OF RADIOACTIVE SOURCES.....	301
MONITORING RADIOAKTIVNOSTI ŽIVOTNE SREDINE-EVROPSKA REGULATIVA I PRAKSA.....	306

ANGAŽOVANJE NA USAGLAŠAVANJU ZAKONA O BEZBEDNOSTI NA RADU I PRAVILNIKA O STRUČNOJ SPREMI I ZDRAVSTVENIM USLOVIMA LICA KOJA RADE SA IZVORIMA JONIZUJUĆIH ZRAČENJA	311
NEJONIZUJUĆE ZRAČENJE	315
RADIOPROTEKTIVNI UČINAK PČELINJEG OTROVA OD OKSIDATIVNOG OŠTEĆENJA MOLEKULE DNA UZROKOVAN MIKROVALNIM ZRAČENJEM .	317
UTICAJ MOBILNOG TELEFONA NA ORGANIZAM I ZAKONSKA REGULATIVA .	321
NIVOI ELF MAGNETSKOG POLJA U NASELJIMA U OKOLINI ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA.....	327
MERENJE ZRAČENJA MOBILNOG TELEFONA U DALEKOM POLJU.....	331
DETEKCIJA TERMIČKOG EFEKTA MOBILNOG TELEFONA NA ORGANIZAM	336
SLOBODNE TEME	343
PARAMETRI JAKOBIJEVOG MODELA U PROSTORIJI PRI TURBULENTNOM KRETANJU VAZDUHA	345
INDEX AUTORA	351
SADRŽAJ	357