

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

ZBORNIK RADOVA

**XXVI SIMPOZIJUM DZZ SCG
Tara
12-14. oktobar 2011.**

**Beograd
2011.god**

ZBORNIK RADOVA
XXVI SIMPOZIJUM DZZSCG
12.10-14.10.2011.god

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-Bjelac

ISBN 978-86-7306-105-4

© Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Tehnička obrada: Aleksandra Milenković

Štampa: Štamparija Instituta za nuklearne nauke „Vinča“, Beograd

Tiraž: 100 primeraka

Štampa završena septembra 2011.

XXVI SIMPOZIJUM DRUŠTVA
ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
SRBIJE I CRNE GORE
Tara 12.10. do 14.10.2011.god

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
Ištvan Bikit
Tomislav Anđelić
Dragoslav Nikezić
Vera Spasojević-Tišma
Snežana Dragović
Gorijan Sesartić
Danijela Arandić
Đorđe Lazarević

Redakcioni odbor:

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

Organizaciju su pomogli:

Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije

Institut za nuklearne nauke "Vinča"

Knauf Zemun d.o.o.

Canberra Packard Central Europe GmbH

Ovaj Zbornik je zbirka radova saopštenih na XXVI Simpozijumu Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore koji je održan od 12.10. do 14.10.2011. godine na Tari. 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

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

502:504.5]:539.16(082)
614.875/.876(082)
539.16.04(082)
539.1.074/.08(082)
577.1:539.1(082)

ДРУШТВО за заштиту од зрачења Србије и Црне
Горе (Београд). Симпозијум (26 ; 2011 ;
Тара)

Zbornik radova / XXVI simpozijum DZZSCG
[Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne
Gore], Tara, 12-14. oktobar 2011. ;
[organizatori] Društvo za zaštitu od zračenja
Srbije i Crne Gore [i] [Institut za nuklearne
nauke Vinča, Laboratorija za zaštitu od
zračenja i zaštitu životne sredine "Zaštita"
; urednik Olivera Ciraj-Bjelac]. - Beograd :
Institut za nuklearne nauke "Vinča" : Društvo
za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore,
2011 (Beograd : Jovanović). - 380 str. :
ilustr. ; 24 cm

Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tekst ćir. i
lat. - Tiraž 110. - Abstracts. -
Bibliografija uz većinu radova. - Registar.

ISBN 978-86-7306-105-4 (Vinča)

1. Друштво за заштиту од зрачења Србије и
Црне Горе (Београд) 2. Институт за нуклеарне
науке "Винча" (Београд). Лабораторија за
заштиту од зрачења и заштиту живе средине
Заштита

а) Заштита од јонизујућег зрачења -
Зборници б) Животна средина - Загађење
радиоактивним материјама - Зборници с)
Радиоактивно зрачење - Штетно дејство -
Зборници д) Нејонизујуће зрачење - Штетно
дејство - Зборници е) Радиобиологија -
Зборници ф) Дозиметри - Зборници
COBISS.SR-ID 186512652

RADIJACIONI DEFEKTI USLED APSORPCIJE GAMA ZRAČENJA U TITANIJUMSKIM LEGURAMA

**Srboljub J. STANKOVIĆ^{1*}, Radovan D. ILIĆ¹, Miloš ŽIVANOVIĆ¹,
Boris LONČAR², Miloš DAVIDOVIĆ¹, Aleksandra MILENKOVIĆ¹**

1) Institut za nuklearne nauke "VINČA", Beograd, Srbija

2) Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

**srbas@vinca.rs*

SADRŽAJ

Legure titanijuma su vremenom pronašle brojne primene u tehnologijama koje su vezane kako za industriju, tako i za programe istraživanja u radijacionom okruženju. Kako je između ostalog, X-zračenje važan deo i kosmičkog zračenja, u ovom radu su sprovedene numeričke simulacije transporta fotona kroz različite materijale od titanijumskih legura u cilju razmatranja veze između broja radijacionih defekata i apsorbovane energije gama zračenja. Korišćen je softver FOTELP-2K10 za Monte Karlo simulacije transporta fotona za određivanje apsorbovane energije zračenja u titanijumskim uzorcima. Numerički rezultati pokazuju izraženu zavisnost apsorpcije zračenja od različitih kombinacija komponenata u leguri. Rezultati dobijeni na ovaj način su značajni kada je u pitanju optimizacija strukture legura u cilju poboljšanja njihovih svojstava koja se odnose na zaštitu od jonizujućeg zračenja.

1. Uvod

Razvoj modernih nuklearnih nauka i tehnologije u oblasti nuklearne energetike, kao i dalji proboji u istraživanju kosmičkog zračenja su u mnogome ograničeni istraživanjima metalnih materijala namenjenih za razne funkcionalne primene. Ove primene zahtevaju pouzdanost tokom eksploatacije, ekonomsku efikasnost i minimalni mogući uticaj na životnu sredinu. Uspešna realizacija ovih zahteva u mnogome zavisi od primene metala i legura okarakterisanih visokom otpornošću na zračenje i ubrzanog opadanja indukovane radioaktivnosti [1]. Uspešna implementacija legura u praksi zavisi od sposobnosti da se proširi spektar njihove primene, a da se pritom racionalno smanje troškovi koliko god je to moguće. Da bi se ovo postiglo, neophodno je da se omogući razvoj, ispitivanje i proizvodnja legiranih metalnih komponenti različitog oblika i minijaturnih dimenzija. Pri tome, iskristalo se mišljenje da je od posebnog značaja ispitivanje karakteristika TiAl legure [2]. Primera radi, u tom cilju je razvijena metoda radioskopske detekcije u realnom vremenu kao nedestruktivni test preciznih varova od titanijumskih legura sa kompleksnom strukturom. Pozicija malih defekata je određena tako što su analizirani snimci detekcije varova X-zračenjem i geometrijski odnosi komponenata preciznih varova, pa se razmatrala formula koja omogućava izračunavanje distribucije defekata po dubini materijala [3].

Mehanički delovi koji su napravljeni od titanijumske legure Ti-13Nb-13Zr su idealni za ugradnju u savremenim funkcionalnim sistemima koji se koriste u radijacionom kosmičkom okruženju pre svega zbog kombinacije velike specifične čvrstoće na sobnoj i blago povišenoj temperaturi i odlične otpornosti na koroziju. Pored ovoga upotreba titanijumskih legura u motorima i konstrukcijama vazduhoplova je ograničena cenom [4]. Da bi se u legurama bolje predvidela segregacija radijacionih defekata izazvanih zračenjem, razvijaju se složeni modeli koji u osnovi koriste energije interakcije parova mikročestica, energije struktura i lokalne atomske konfiguracije radi izračunavanja

difuzionih parametara i distribucije radijacionih defekata[5]. Stoga su u ovom radu sprovedene numeričke simulacije transporta fotona kroz različite materijale od titanijumskih legura u cilju razmatranja veze između broja radijacionih defekata i apsorbovane energije gama i X-zračenja.

2. Teorija

Kada atom u metalu ili leguri u interakciji sa pokretnom česticom primi energiju jednaku ili veću od neke granične vrednosti E_T (reda veličine 20 eV do 40 eV), atom biva dislociran iz svoje pozicije u kristalnoj rešetci. U zavisnosti od kinetičke energije primarno izbijenog atoma E_K , koja je uglavnom određena tipom i intenzitetom upadnog zračenja, potom prirodom ozračene mete, kao i kristalografskim pravcem i uglom pod kojim je došlo do sudara, mogu se javiti razne konfiguracije i strukture radijacionih defekata. Postoji mogućnost pojavljivanja izolovanih tačkastih defekata - vakancija i intersticija (Frenkelovih parova), ali i prostornih zona oštećenja karakterisanih vrlo komplikovanim strukturama defekata. Defekti koji su nastali u elementarnoj interakciji čestica sa materijom obično spadaju u primarne radijacione defekte. Potonja kinetička evolucija radijacionih oštećenja unutar strukture je određena procesima prostornog preklapanja zapremina primarnih oštećenja i/ili difuzijom slobodno migrirajućih tačkastih defekata. Teorijska analiza stvaranja primarnih radijacionih defekata se izvodi pomoću dva različita pristupa: izračunavanjem uz korišćenje jednostavne teorije binarnih sudara i modifikovanog Kinčin - Pis (Kinchin - Pease) modela, kao i kompjuterskim modelovanjem na osnovu molekularno dinamičkog modela[1].

U okviru postavki teorije binarnih sudara, ukupni broj Frenkelovih parova (F_P) stvorenih kada upadne čestice energije E_{IN} predaju energiju E_K primarno dislociranim atomima dat je jednačinom (1):

$$F_P(E_{IN}) = \int_{E_T}^{E_{MAX}} dE_K \frac{d\sigma(E_{IN}, E_K)}{dE_K} F_P(E_K). \quad (1)$$

U jednačini (1), $d\sigma(E_{IN}, E_K)/dE_K$ je diferencijalni efikasni presek za transfer energije primarno dislociranom atomu od strane čestice sa energijom u opsegu od E_K do $E_K + dE_K$. Nadalje, $F_P(E_K)$ je broj Frenkelovih parova stvoren preko izbijenih atoma sa energijom u navedenom opsegu, dok je E_T je granična energija dislociranja, i E_{MAX} je maksimalna energija koju čestica može preneti primarno dislociranom atomu.

Kako postoji funkcionalna zavisnost maksimalne energije E_{MAX} i apsorbovane energije zračenja to se za definisanu geometriju i materijalni sastav uzorka legure postavlja problem izračunavanja distribucije deponovane energije zračenja u uzorku legure. U našem slučaju sproveden je proračun promene deponovane energije zračenja u elementu zapremine ($\Delta E_D/\rho S \Delta z$ u jedinicama MeV cm²/g) uzorka legure sa gustinom ρ i površinom poprečenog preseka S u ravni koji je normalna na izabrani preferentni pravac duž z -ose. Ovim pristupom, radijacioni defekti kojima se utvrđuju karakteristike legura kao apsorbera zračenja su definisane preko makroskopske veličine - deponovane energije u elementarnoj zapremini uzorka legure sa određenom masom, odnosno preko apsorbovane energije zračenja.

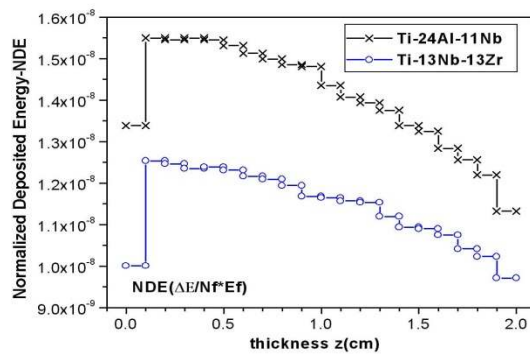
U našim numeričkim eksperimentima, pratio se transport fotona gama zračenja kroz materijal uzorka u formi paralelopipeda dimenzija 2 cm x 2 cm x 2 cm. Materijalni sastavi uzorka metesu bile sledeće titanijumske legure: legura Ti-24Al-11Nb sa 64% Ti, 24% Al, 11% Nb i 1% V; i legura Ti-13Nb-13Zr sa 62,65% Ti, 22,09% Nb, 15,26% Zr. Odgovarajuća geometrijska forma uzorka legure je definisana u skladu sa zahtevima

softvera FOTELP-2K10 koji koristi RFG modul za opis geometrijske konfiguracije ozračivanja uzorka[6][7].

Numerički proračun apsorbirane doze zračenja, odnosno deponovane energije zračenja usled transporta fotona, elektrona i pozitrona kroz uzorak legure su izvršavani pomoću softverskog paketa FOTELP-2K10[6][7]. Ovaj softverski paket za specijalne namene je razvijen za sprovođenje numeričkih eksperimenata na bazi metode Monte Karlo za rešavanje praktičnih i teorijskih problema transporta čestica jonizujućeg zračenja kroz izabrane materijale u oblastima dozimetrije i zaštite od zračenja, proučavanja radijacionih oštećenja, za planiranje radijacione terapije, u radiološkoj dijagnostici, za dizajniranje elektronskih komponenti i naprava, kao i u drugim važnim tematikama od naučno-tehničkog i tehnološkog značaja. Monte Karlo kodom u okviru softverskog paketa FOTELP-2K10 prati se, preko numeričkih simulacija, transportna istorija fotona, elektrona i pozitrona kroz materijalne zone posmatranog uzorka. Matematički aparat kojim se opisuje fizički model je složen, tako da se u pojednostavljenom opisu, u osnovnim stavkama, sastoji u sledećem. U toku svoje istorije, čestice gube energiju u sudarima, a sekundarne čestice se stvaraju u skladu sa verovatnoćom njihovog pojavljivanja. Istorija čestica se prati od rasejanja do rasejanja na atomskom nivou, koristeći pritom odgovarajuću inverznu distribuciju između dva sudara, tip mete, tip sudara, tip sekundarnih čestica u sudaru, kao i njihove energije i uglove rasejanja, da bi se generisala trajektorija čestice. Uopšteno, prilikom interakcije fotona sa materijalom razmatraju se koherentno rasejanje, nekoherentno rasejanje, fotoelektrična apsorpcija, produkcija parova pozitron-elektron, kao i doplerovo širenje kod Komptonovog rasejanja. Pored ovoga, primenjeni Monte Karlo metod se koristi i za simulaciju pozitrona i elektrona kao sekundarnih čestica. Istorije sekundarnih čestica uključuju zakono zračenje i pozitron – elektron anihilaciju. Elektron (ili pozitron) gubi energiju putem neelastičnih elektron – elektron (e^- , e^-) i elektron – pozitron (e^- , e^+) sudara i preko zakono zračenja. Problem fluktuacija gubitka energije je rešen pomoću Landauove ili Blank – Vestfalove distribucije sa 9 Gausijana. Sekundarni fotoni koji prate uz istoriju transporta elektrona i pozitrona, iznova se uključuju sa svojim istorijama u kojima se razmatraju produkcija parova, Komptonov i fotoelektrični efekat. Sekundarni pozitroni, nastali kao posledica produkcije parova, su takođe uključeni u proračun. Uzimajući u obzir aktuelne podatke vezane za interakciju čestica sa atomima Monte Karlo simulacija elektrona i pozitrona je proširena tako da tretira atom- jon relaksaciju posle fotoefekta, kao i sudarne jonizacije. Verodostojnost fizičkog modela kojim se opisuje priroda transportnih procesa čestica se poboljšava tako što se koriste najbolji dostupni efikasni preseki za sve tipove interakcija[8], kao i vrlo brze rutine unutar softvera za uzorkovanje nasumičnih vrednosti iz njihovih raspodela. Na taj način se u datom momentu utvrđuje i koristi najkompletniji fizički model za opisivanje transporta i produkcije foton/elektron/pozitron kaskade od 100 MeV sve do 1 keV.

3. Rezultati i diskusija

U numeričkim eksperimentima, snop fotona pada duž ose koja je normalna na ravan prednje strane uzorka legure. Distribucija deponovane energije duž uzorka, je proračunata Monte Karlo simulacijom upadnog zračenja koje emituje ^{60}Co , sa fotonima koji imaju energiju 1.25 MeV. Simulacije su izvršene sa jednim milionom transportnih istorija incidentnih fotona.



Slika 1. Normalizovane vrednosti deponovane energija u funkciji debljine uzoraka za incidentni broj fotona po jednoj simulaciji $N_f = 10^6$, i energiju fotona $E_f = E_{IN} = 1,25$ MeV.

Na slici 1.su prikazane distribucije deponovane energije duž materijalne zone uzorka za dve različite legure titanijuma. Uzimajući u obzir da je uticaj zračenja veći na Ti-24Al-11Nb nego na Ti-13Nb-13Zr, može se očekivati pod datim uslovima i da je ukupni broj radijacionih defekata u formi Frenkelovih parova veći kod legure sa aluminijumom nego kod legure sa cirkonijumom.

4. Zaključak

U radu su uz pomoć FOTELP-2K10 koda sprovedene numeričke simulacije interakcija snopa fotona gama zračenja sa uzorcima od titanijumskih legura različitog sastava. Razmatrana je relacija kojom se može odrediti ukupni broj radijacionih defekata u formi Frenkelovih parova koji nastaju kada upadne čestice predaju energiju primarno dislociranim atomima materijala mete. Pritom je određena distribucija deponovane energije zračenja duž materijalne zone uzorka tako da se ovim pristupom može sprovoditi karakterizacija titanijumskih legura kao apsorbera zračenja. Numerički rezultati pokazuju izraženu zavisnost osobina aporbera zračenja od kombinacija komponenata u leguri. Dobijeni rezultati ukazuju na mogućnosti i prednosti ovakvog pristupa u sprovedenju metoda analize i optimizacije strukture legura, koji imaju za cilj poboljšavanje osobina relevantnih za njihovo korišćenje u okruženju sa povećanom radijaciom.

5. Reference

- [1] L.I. Ivanov, Yu.M. Platov, Radiation Physics of Materials and its Applications, Cambridge (UK) 2004.
- [2] D. Banerjee, MRS Bull. 26, No.3, (2001)
- [3] T. Gang, D.H. Shi, Y. Yuan, S.Y. Yang, J.Phys., Conf.Series 48, 1341 (2006).
- [4] V.A.R. Henriques, P.P. de Campos, C.A.A. Cairo, J.C. Bressiani, Mater. Res. 8, 443 (2005).
- [5] T.R. Allen, G.S. Was, Acta Mater. 46, 3679.
- [6] FOTELP-2K6, Photons, Electrons and Positrons Transport in 3D by Monte Carlo Techniques, IAEA-1388, <http://www.nea.fr/tools/abstract/detail/iaea1388>.
- [7] FOTELP-2K10, <http://www.vinca.rs/%7Erasa/doc/FOTPEN10.PDF>
- [8] XCOM: Photon Cross Sections Database, (2010), <http://physics.nist.gov/PhysRefData/Xcom/html/xcom1.html>

ABSTRACT

RADIATION ABSORPTION CHARACTERISTICS OF TITANIUM ALLOYS

**Srboljub J. STANKOVIĆ^{1*}, Radovan D. ILIĆ¹, Miloš ŽIVANOVIĆ¹,
Boris LONČAR², Miloš DAVIDOVIĆ¹, Aleksandra MILENKOVIĆ¹**

1) Institut za nuklearne nauke "VINČA", Beograd, Srbija

2) Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

**srbas@vinca.rs*

Titanium alloys have found numerous applications in space research, and nuclear industry and research. Since X-rays constitute an important part of the space radiation environment, numerical simulations of radiation absorption characteristics of titanium alloys were studied in this paper. The photon transport Monte Carlo software was used for determining the energy deposited in titanium samples. The numerical results show the pronounced dependence of radiation absorption properties of different combinations of components in alloy. The results obtained are encouraging in respect of optimization of structure of alloys regarding their required features in radiation shielding.

Sadržaj

AKREDITACIJA I ZAŠTITA OD ZRAČENJA – TROŠAK ILI MANJE DOZE I POUZDANI REZULTATI.....	9
KOREKCIJA LJUSKE ZA ZAUSTAVNU MOĆ ZA NISKOENERGETSKE JONE	14
REFLEKSIJA ELEKTROMAGNETNOG ZRAČENJA OD ZAŠTITINIH MATERIJALA.....	19
ZAŠTITA OD LASERSKOG ZRAČENJA.....	24
EKSPERIMENTALNO ODREĐIVANJE ATENUACIONIH SVOJSTAVA PLOČASTIH MATERIJALA NA BAZI GIPSA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA U DIJAGNOSTIČKOJ RADIOLOGIJI	29
RADIJACIONI DEFEKTI USLED APSORPCIJE GAMA ZRAČENJA U TITANIJUMSKIM LEGURAMA	33
MODUL ZA PROCENU EKVIVALENTNE DOZE INTERNOG I EKSTERNOG IZLAGANJA U MATEMATIČKOM MODELU ZA RASPROSTIRANJE RADIONUKLIDA KROZ GRANIČNI SLOJ ATMOSFERE U OKOLINI NUKLEARNOG OBJEKTA.....	41
AKTIVNOST ¹⁴ C U ATMOSFERI I BILJU U OKOLICI NUKLEARNE ELEKTRANE KRŠKO 2006. – 2010.....	45
RADIOAKTIVNOST UZORKA SEDIMENTA JONSKOG MORA	51
VIŠE BILJKE KAO BIOMONITORI RADIONUKLIDA U URBANOM VAZDUHU	55
SADRŽAJ PRIRODNIH RADIONUKLIDA U UZORCIMA SA ISTORIJSKIH LOKALITETA U SVETU.....	60
KONCENTRACIJA PRIRODNIH RADIONUKLIDA U DUVANU.....	65
ODREĐIVANJE TRICIJUMA U VODI – POREĐENJE METODA	69
АКТИВНОСТ РАДИОНУКЛИДА У АЛГАМА РЕКЕ ДУНАВА У ПЕРИОДУ ОД 2003-2007. ГОДИНЕ	74
ODREĐIVANJE KONCENTRACIJE AKTIVNOSTI TRICIJUMA U DUNAVU TEČNIM SCINTILACIONIM DETEKTOROM	78
ODREĐIVANJE UKUPNE ALFA I BETA AKTIVNOSTI U PIJAĆIM VODAMA METODOM TEČNOG SCINTILACIONOG BROJANJA.....	83
ODNOSI AKTIVNOSTI IZOTOPA PLUTONIJUMA I ¹³⁷ CS ZA ZEMLJIŠTE U CRNOJ GORI.....	88

PREGLED RAČUNARSKIH MODELA KRETANJA POLUTANATA KROZ ATMOSFERU SA POSEBNIM OSVRTOM NA RADIOPOLUTANTE.....	92
ЕФЕКТИ ЕОЛСКЕ ЕРОЗИЈЕ МЕРЕНИ ДИСТРИБУЦИЈОМ ^{137}CS И ПРИРОДНИХ РАДИОНУКЛИДА	96
ODREĐIVANJE SIMETRIČNOG INDEKSA ZA ^3H U REČNIM VODAMA.....	101
UTICAJ TRASERA NA ISPITIVANJE SADRŽAJA ^{90}SR U UZORCIMA REČNIH VODA I ZEMLJIŠTA.....	105
SISTEMATSKO ISPITIVANJE RADIOAKTIVNOSTI U ŽIVOTNOJ SREDINI U SRBIJI.....	109
I-131 PONOVO U ŽIVOTNOJ SREDINI.....	113
КОНТРОЛА РАДИОАКТИВНОСТИ ВАЗДУХА У БЕОГРАДУ	120
РАДИОАКТИВНОСТ МЛЕКА У СРБИЈИ У 2011. ГОДИНИ	124
КОНТРОЛА РАДИОАКТИВНОСТИ ВАЗДУХА У БЕОГРАДУ- ПОСЛЕДИЦЕ ФУКУШИМЕ	129
КОНТРОЛА РАДИОАКТИВНОСТИ НАКОН ФУКУШИМА АКЦИДЕНТА	133
RADIOAKTIVNOST BANJSKIH VODA U SRBIJI	137
KONCENTRACIONI FAKTORI ^{226}RA KOD VRSTE CIPOLA <i>LIZA AURATA</i>	141
MERENJE RADONA U PIJAĆIM VODAMA.....	145
RASPODELA KONCENTRACIJE AKTIVNOSTI RADONA I TORONA U KUĆAMA NA KOSOVU I METOHIJI.....	150
PERIODIČNOST KONCENTRACIJE RADONA U NISKOFONSKOJ PODZEMNOJ LABORATORIJU U BEOGRADU	155
ISTRAŽIVANJE RADONA U RUDNIKU MRKOG UGLJA "ĐURĐEVİK"	160
PRIMJENA AKTIVNE METODE MJERENJA KONCENTRACIJE RADONA U ŠKOLAMA GRADA BANJE LUKE, REPUBLIKA SRPSKA.....	164
MERENJA KONCENTRACIJE AKTIVNOSTI RADONA U STAMBENIM PROSTORIJAMA U RURALNIM SREDINAMA NA KOSOVU I METOHIJI.....	169
KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI RADONA U VAZDUHU U NEKIM BANJSKIM CENTRIMA SRBIJE	174

MERENJE RADONSKE RAVNOTEŽE U VAZDUHU	178
AKTIVACIONE DOZE KOD 15 MV MEDICINSKIH LINEARNIH AKCERELATORA.....	185
НЕУТРОНИ МЕРЕНИ У ОКОЛИНИ ТЕРАПИЈСКОГ ЛИНЕАРНОГ АКЦЕЛЕРАТОРА	190
PROCENA DOZE ZA STANOVNIŠTVO IZLAGANJA U NUKLEARNOJ MEDICINI U SRBIJI.....	194
INTERKOMPARACIJA MERENJA PERSONALNOG DOZNOG EKVIVALENTA HP(10) U POLJIMA FOTONSKOG ZRAČENJA U SRBIJI I CRNOJ GORI.....	200
PHYSICAL AND TECHNICAL ASPECTS OF QUALITY ASSURANCE IN MAMMOGRAPHY IN THE REPUBLIC OF SRPSKA.....	206
SNIMANJE DECE U CT DIJAGNOSTICI: PACIJENTNE DOZE U DEČJIM KLINIKAMA U SRBIJI.....	211
RADIATION DOSE AND RISK ASSESSMENT IN HYSTEOSALPINGOGRAPHY.....	217
RASPODELA SPECIFIČNE ENERGIJE BETA ZRAČENJA UNUTAR ĆELIJE	224
USPOSTAVLJANJE STANDARDNIH KVALITETA SNOPI U SSDI ZA PRIMENU U OBLASTI DIJAGNOSTIČKE RADIOLOGIJE.....	229
PRSTEN DOZIMETRI ZA EKSTREMITETE	234
UREĐAJ ZA KONTINUALNO MERENJE JAČINE DOZE GAMA ZRAČENJA U ŽIVOTNOJ SREDINI.....	238
PROFESIONALNA EKSPOZICIJA RADIONUKLIDIMA -PRIKAZ SLUČAJA-	246
HRONIČNA LIMFOCITNA LEUKEMIJA POD UTICAJEM NEJONIZUJUĆEG ZRAČENJA-PRIKAZ SLUČAJA.....	254
COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MICRONUCLEI INCIDENCE OF PERSONS OCCUPATIONALLY EXPOSED TO IONISING RADIATION IN SERBIA AND CROATIA	257
UTJECAJ POLIMORFIZAMA GENA ZA POPRAVAK DNA NA OŠTEĆENJA GENOMA LIMFOCITA UZROKOVANIMA KRONIČNOM IZLOŽENOŠĆU IONIZIRAJUĆEM ZRAČENJU NAKON IZLAGANJA DOZI OD 4 GY	264
INFLUENCE OF AN HIGH-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS TO THE MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF ENDOCRINE PANCREAS IN WISTAR SPP. RATS.....	269

PROFESIONALNI MULTIPNI MIJELOM – PRIKAZ SLUČAJA	274
PROFESIONALNI RAK ŠTITNE ŽLJEZDE – PRIKAZ SLUČAJA	278
MORBIDITET ZAPOSLENIH U ZONI JONIZUJUĆEG ZRAČENJA	282
MEDICINSKI NALAZI OSOBA KOJE SU BORAVILE U JAPANU U TOKU AKCIDENTA U NUKLEARNOJ ELEKTRANI FUKUŠIMA 1.....	287
ADSORPCIJA URANIJUMA NA PRIRODNOM I MODIFIKOVANOM SEPIOLITU	294
UPOTREBA IKP METODE U KINETIČKOM ISPITIVANJU NEIZOTERMNOG RAZLAGANJA NaHCO_3	298
PRIMENA DETEKTORA CR-39 U DETEKCIJI I DOZIMETRIJI NEUTRONA	306
MONTE KARLO SIMULACIJA APSOLUTNE EFIKASNOSTI DETEKCIJE LINIJE OD 46.5 KEV ZA ODREĐIVANJE KONCENTRACIJE PB-210 U POSTOJEĆOJ OLOVNOJ ZAŠTITI HPGE DETEKTORA	311
PROVERA STABILNOSTI KALIBRACIONIH STANDARD KORIŠĆENIH U GAMA SPEKTROMETRIJI	316
RADIOMETRIJSKI REŽIM SPEKTROMETRA PRIPJAT	321
ТЕРМОЛУМИНЕСЦЕНТНИ СИСТЕМ СА ДВЕ ВРСТЕ ТРАПОВА	326
DOGAĐAJI GENERISANI NEUTRONSKIM INTERAKCIJAMA U AKTIVNOJ ZAPREMINI GE DETEKTORA	330
SEMIEMPIRIJSKA SIMULACIJA PRIRODNOG FONA SENDVIČ DETEKTORA	335
PROGRAM ZA PRORAČUN PARAMETARA ETALONSKIH POLJA GAMA ZRAČENJA	340
REALIZACIJA DVA POJAČAVAČA NA BAZI INTEGRACIONOG POJAČANJA ZA MERENJE NISKIH NIVOVA JEDNOSMERNIH STRUJA U DOZIMETRIJSKIM APLIKACIJAMA	344
REALIZACIJA DVA POJAČAVAČA NA BAZI TRANSIMPEDANSNOG POJAČANJA ZA MERENJE NISKIH NIVOVA JEDNOSMERNIH STRUJA U DOZIMETRIJSKIM APLIKACIJAMA	349
DALJINSKO UPRAVLJANJE ATOMTEX 1125 DETEKTOROM	354
EKOLOŠKI PROBLEMI I EKONOMSKA ANALIZA EKOLOŠKIH PROBLEMA	364