

# ЗБОРНИК РАДОВА



## XXXI Симпозијум Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе



**06-08. октобар 2021.  
Београд, Србија**

**ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА  
СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ**



# **ЗБОРНИК РАДОВА**

**XXXI СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ  
Београд  
06-08. октобар 2021.**

**Београд  
2021.**

**RADIATION PROTECTION SOCIETY OF  
SERBIA AND MONTENEGRO**



**PROCEEDINGS**

**XXXI SYMPOSIUM RPSSM  
Belgrade  
6<sup>th</sup> - 8<sup>th</sup> October 2021**

**Belgrade  
2021**

ЗБОРНИК РАДОВА

XXXI СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ

06-08.10.2021.

Издавачи:

Институт за нуклеарне науке „Винча“  
Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

За извршног издавача:

Проф. Др Снежана Пајовић

Уредници:

Др Ивана Вуканац  
Др Милица Рајачић

e-ISBN 78-86-7306-161-0

©Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:

Милица Рајачић, Милош Ђалетић, Наташа Сарап

Електронско издање:

Институт за нуклеарне науке „Винча“, Мике Петровића Аласа 12-14, 11351  
Винча, Београд, Србија

Година издања:

Октобар 2021.



Овај Зборник као и сви радови у њему подлежу лиценци:  
Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International  
License, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Ова лиценца дозвољава само преузимање и дистрибуцију дела, ако/док се правилно назначавача име аутора, без икаквих промена дела и без права комерцијалног коришћења дела.

**PRIMENA ZAKONSKE REGULATIVE PRI KORIŠĆENJU IZVORA  
JONIZUJUĆIH ZRAČENJA U INDUSTRIJI**

**Zorica OBRADOVIĆ<sup>1</sup>, Mirjana ĐURAŠEVIĆ<sup>1</sup> i Katarina RAJKOVIĆ<sup>2</sup>**

1) *Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke "Vinča", Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Beograd, Srbija, [zoobradovic71@gmail.com](mailto:zoobradovic71@gmail.com), [mirad@vin.bg.ac.rs](mailto:mirad@vin.bg.ac.rs)*

2) *Akademija strukovnih studija Šumadija, Odsek Kruševac, [katar1970@yahoo.com](mailto:katar1970@yahoo.com)*

**SADRŽAJ**

*Razvoj industrije doveo je do sve veće primene izvora jonizujućih zračenja, bilo da su to zatvoreni radioaktivni izvori u okviru mernih uređaja ili generatori jonizujućih zračenja. Važeća zakonska regulativa zahteva da svi koji rukuju sa izvorima jonizujućih zračenja moraju pre početka rada u zoni zračenja proći odgovarajuću obuku kako bi stekli potrebna znanja o samim izvorima jonizujućih zračenja, rizicima njihove primene i merama zaštite od jonizujućih zračenja u situacijama planiranog ili vanrednog izlaganja. Centar za permanentno obrazovanje je deo Instituta za nuklearne nauke „Vinča” koji se dugi niz godina bavi dopunskim i stručnim obučavanjem i osposobljavanjem izloženih radnika i lica odgovornih za sprovođenje mera zaštite od jonizujućih zračenja. U ovom radu su prikazani rezultati koje je ostvario Centar za permanentno obrazovanje u okviru edukacije izloženih radnika i lica odgovornih za sprovođenje mera zaštite od jonizujućih zračenja u oblasti industrije u periodu od 2011. godine do 2020. godine. Analizom tih rezultata može se pratiti uspešnost primene najnovije zakonske regulative u sprovođenju mera zaštite pri korišćenju izvora jonizujućih zračenja u industriji.*

**1. Uvod**

Mnogobrojna otkrića iz oblasti radioaktivnosti kao i razvoj industrije doveli su do značajnijeg korišćenja izvora jonizujućih zračenja u industriji. Široka primena radioizotopa u industrijske svrhe počela je kada se razvojem nuklearnih reaktora i akceleratora omogućila masovna i jeftina proizvodnja radioaktivnih materijala. Sa druge strane, otkriće rendgenskog X zračenja i razvoj rendgen uređaja doveo je do njihove sve veće primene u industriji. Gde god je bilo moguće, radioaktivni izvori su zamenjeni sa rendgen uređajima iz razloga veće bezbednosti i sigurnosti.

Primena svih izvora jonizujućih zračenja zasniva se na interakciji jonizujućeg zračenja sa materijom. U industrijskim primenama najviše su zastupljene metode kod kojih se na osnovu apsorpcije ili rasejanja jonizujućeg zračenja omogućava merenje, kontrola i automatska regulacija debljine i gustine određenih proizvoda, kao i nivo popunjenosti posuda različitim proizvodima. U poseban deo primene spada i otkrivanje nepravilnosti u strukturi proizvoda i kontrola kvaliteta proizvoda. Određivanje pomenutih veličina ili praćenje njihove promene u toku nekog industrijskog procesa zasniva se na merenju intenziteta propuštenog ili reflektovanog snopa jonizujućeg zračenja posle njegove interakcije sa ispitivanim predmetom [1, 2].

Svaka primena izvora jonizujućih zračenja podrazumeva i potrebu za odgovarajućim merama zaštite, merama sprečavanja vanrednog događaja i merama saniranja posledica vanrednog događaja. Kako bi se smanjilo nepotrebno izlaganje radnika u okviru planiranog korišćenja izvora jonizujućih zračenja ili usled mogućeg vanrednog

dogadaja, važeća zakonska regulativa u ovoj oblasti prepoznaje situaciju planiranog izlaganja. Situacija planiranog izlaganja je situacija izlaganja koja nastaje usled planiranog korišćenja izvora zračenja ili usled ljudske aktivnosti kojom se menja put izlaganja što može da izazove normalno izlaganje ili potencijalno izlaganje ljudi ili životne sredine. Normalno izlaganje je izlaganje koje se može dogoditi tokom obavljanja delatnosti i predviđenih operativnih događaja, dok potencijalno izlaganje može nastati u određenim neregularnim situacijama primene izvora jonizujućih zračenja, a čija se verovatnoća pojave može unapred proceniti [3, 4].

Vanredni događaj je bilo koji neočekivani događaj koji može da dovede do izlaganja pojedinca iznad odobrenih nivoa izlaganja, ili do odstupanja uslova rada od odobrenih uslova rada [3]. Pošto vanredni događaj obuhvata događaje koji mogu dovesti do slučajnog i neplaniranog izlaganja radnika koji rade sa izvorima zračenja, od izuzetnog značaja je da se u okviru Izveštaja o sigurnosti izvrši procena mogućih vanrednih događaja, mere za njihovo sprečavanje, ublažavanje kao i sanacija stanja u koliko se vanredni događaj desi.

Imenovana odgovorna lica u svakoj ustanovi koja koristi izvore jonizujućih zračenja treba da obezbede preventivne mere da do ovih potencijalnih izlaganja ne dođe, striktnom primenom odgovarajućih Uputstava datim u Izveštaju o sigurnosti i Programu zaštite od jonizujućih zračenja koji izrađuju pravna lica ovlašćena od strane Direktorata za radijacionu i nuklearnu sigurnost i bezbednost Srbije.

Kada je reč o planiranom korišćenju izvora zračenja zaštita se postiže kroz osnovna načela zaštite od jonizujućih zračenja (opravdanost, optimizaciju i ograničavanje individualnih doza i rizika), koji su uvedeni kroz publikacije Međunarodne komisije za zaštitu od zračenja (ICRP) [5].

Optimizacija izlaganja izloženih radnika podrazumeva da se izlaganje smanji na najmanji mogući nivo (ALARA princip- *As Low As Reasonably Achievable*) i u suštini se ostvaruje na dva načina.

Jedan način je kroz dizajn uređaja, gde se samim dizajnom uređaja obezbeđuje optimalno planirano izlaganje i optimalni rizik od mogućeg izlaganja jonizujućem zračenju usled korišćenja izvora zračenja.

Tamo gde se dizajnom uređaja ne mogu obezbediti dovoljno niski nivoi izlaganja za izložene radnike, neophodno je primeniti mere zaštite (što kraće vreme izlaganja, što veće rastojanje od izvora zračenja i upotreba zaštitnih ekrana) [5]. U takvim uslovima je i veća mogućnost za pojavu vanrednog događaja, pa je tada ključna uloga edukacije izloženih radnika i prisustvo edukovanih lica odgovornih za sprovođenje mera zaštite od jonizujućih zračenja.

Centar za permanentno obrazovanje Instituta za nuklearne nauke „Vinča” je ovlašćeno pravno lice za dopunsko obučavanje i osposobljavanje izloženih radnika i lica odgovornih za sprovođenje mera zaštite od jonizujućih zračenja u industriji. Uloga Centra je da onima koji koriste izvore zračenja u industriji približi zakonsku regulativu i značaj uloge imenovanih odgovornih lica u implementaciji sistema zaštite od jonizujućih zračenja. Praćenjem postignutih rezultata u okviru edukacija koje Centar sprovodi, mogu se pratiti trendovi u primeni i razvoju zaštite od jonizujućih zračenja. Cilj ovog rada je da se kroz analizu održanih kurseva u periodu od 2011 do 2020. godine izvrši evaluacija edukacije o zaštiti od jonizujućih zračenja za izvore zračenja koji se primenjuju u industriji.

### **2. Primena izvora jonizujućih zračenja u industriji i rizici od izlaganja**

Direktorat za radijacionu i nuklearnu sigurnost i bezbednost Srbije je regulatorno telo koje kroz Zakon o radijacionoj i nuklearnoj sigurnosti i bezbednosti Srbije i odgovarajuća podzakonska akta sprovodi implementaciju međunarodnih standarda (*Basic Safety Standards*) [3, 6, 7]. Jedan od zadataka Direktorata je i da definiše kategorizaciju radijacionih delatnosti. Uslovi za kategorizaciju radijacionih delatnosti određeni su prema kriterijumima za procenu rizika i odnose se na uticaj radijacione delatnosti na zdravlje izloženih radnika i pojedinaca, stanovništva i životnu sredinu kao i na vrstu delatnosti (radijacione delatnosti niskog, umerenog i visokog rizika) [8].

Radijacione delatnosti niskog rizika u industriji su uglavnom delatnosti u kojima se koriste rendgen aparati kao izvori jonizujućih zračenja (XRF, EDXRF, XRD, kontrola kvaliteta proizvoda, tuneli za skeniranje proizvoda..). Kod takvih delatnosti je dizajnom uređaja postignut nizak nivo izlaganja izloženih radnika i mala verovatnoća za pojavu vanrednog događaja.

Kada je reč o zatvorenim izvorima zračenja kategorizacija radijacionih delatnosti po riziku je daleko složenija i zavisi od kategorije samog izvora [8, 9].

Radijacione delatnosti visokog rizika gde je najveći nivo izlaganja izloženih radnika i najveća verovatnoća za pojavu vanrednog događaja su u oblasti industrijske radiografije i karotažnih merenja. Imenovana odgovorna lica za sprovođenje mera zaštite od jonizujućih zračenja moraju da brinu o bezbednosti izvora jonizujućih zračenja i sigurnosti izloženih radnika kroz praćenje primene odgovarajućih Upustava i procedura datih u Izveštaju o sigurnosti i Programu zaštite od jonizujućih zračenja.

### **3. Edukacija izloženih radnika i lica odgovornih za sprovođenje mera zaštite u industriji**

Centar za permanentno obrazovanje je deo Instituta za nuklearne nauke „Vinča” koji se već 60 godina bavi dopunskim stručnim obrazovanjem. Kursevi koji se organizuju u Centru, a pokrivaju oblast jonizujućeg zračenja, namenjeni su stručnjacima multidisciplinarnih profila koji rade u industriji, medicini i naučnoistraživačkoj oblasti i koji u svom svakodnevnom radu koriste radioaktivne materijale i generatore jonizujućih zračenja. Najvažniji zadatak svakog kursa jeste da se polaznicima približe osnovni principi i mere zaštite od jonizujućih zračenja.

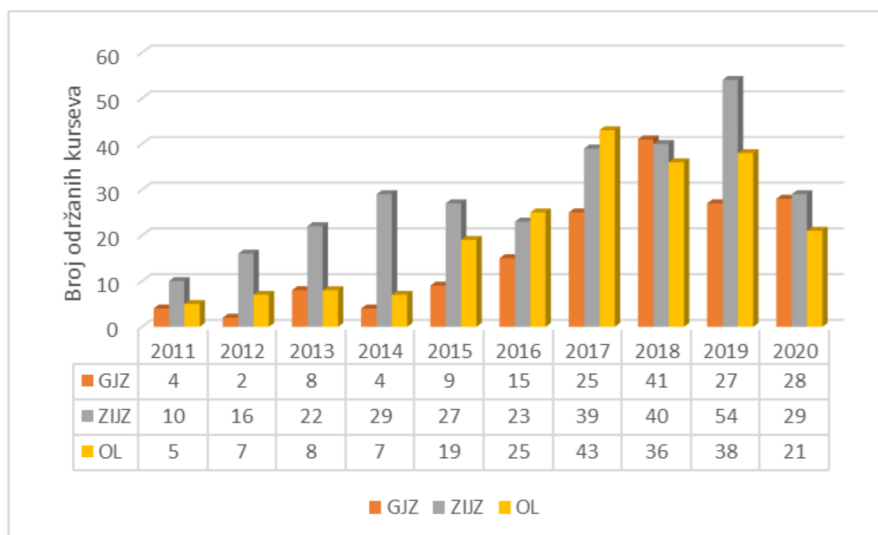
U oblasti industrije mogu se izdvojiti tri značajne oblasti kurseva koji se održavaju. To su kursevi koji se odnose na:

- korišćenje generatora jonizujućih zračenja,
- korišćenje zatvorenih izvora jonizujućih zračenja i
- osposobljavanje lica odgovornih za sprovođenje mera zaštite od jonizujućih zračenja.

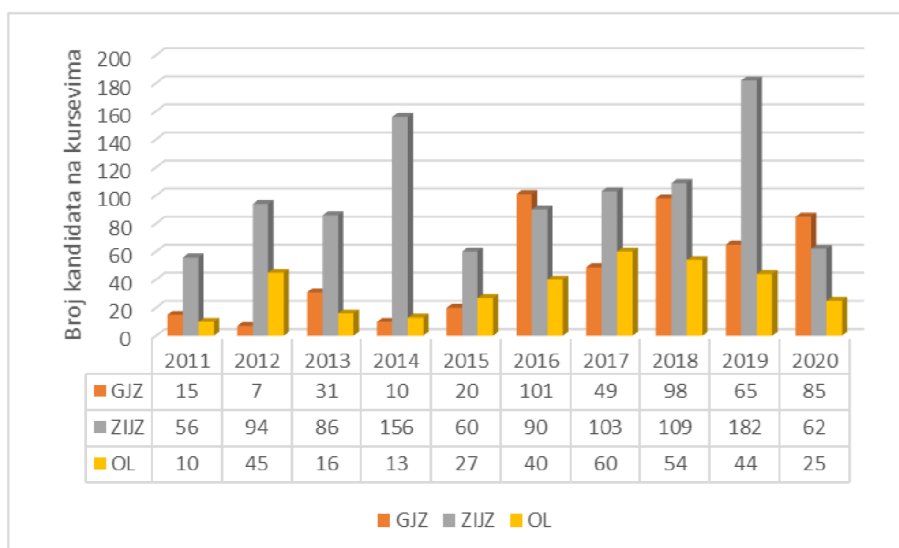
Na slikama 1. i 2. su prikazani grafikoni koji se odnose na broj održanih kurseva i broj kandidata na ovim kursevima razvrstano po ovim oblastima. Svi podaci su dati za period od 2011. godine do 2020. godine, zato što se u Centru od 2011. godine vodi baza podataka svih održanih kurseva i svih polaznika ovih kurseva. Ukupan broj svih kurseva održanih u Centru u ovom periodu koji se odnose na primenu izvora jonizujućih zračenja u industriji je 661, a ukupan broj kandidata je 1813.

Sa prikazanih grafikona može se videti da od 2011. postoji trend rasta u sve tri oblasti kurseva, što ukazuje na porast uticaja zakonske regulative u implementaciji predviđenih zakonskih obaveza u sistemu zaštite od jonizujućih zračenja. Takođe se može uočiti da je još uvek veći broj kurseva i veći broj kandidata u oblasti koja se odnosi na korišćenje

zatvorenih izvora jonizujućih zračenja u odnosu na broj kurseva i broj kandidata koji se odnosi na korišćenje generatora jonizujućih zračenja, mada je evidentan broj porasta ovih kurseva u zadnjih nekoliko godina. Kada govorimo o kursevima za odgovorna lica, više nego očigledan je doprinos veće primene zakonske regulative u sistemu zaštite od jonizujućih zračenja od strane korisnike izvora jonizujućih zračenja u industriji.



**Slika 1. Broj kurseva održanih u Centru u oblasti industrije u periodu 2011 – 2020. godine. GJZ su kursevi koji se odnose na korišćenje generatora jonizujućih zračenja. ZIJZ su kursevi koji se odnose na korišćenje zatvorenih izvora jonizujućih zračenja. OL su kursevi koji se odnose na odgovorna lica u industriji.**



**Slika 2. Broj polaznika na kursevima u Centru u oblasti industrije u periodu 2011-2020. godine. GJZ su kursevi koji se odnose na korišćenje generatora jonizujućih zračenja. ZIJZ su kursevi koji se odnose na korišćenje zatvorenih izvora jonizujućih zračenja. OL su kursevi koji se odnose na odgovorna lica u industriji.**



### 4. Zaključak

I pored toga što je najveća primena izvora jonizujućih zračenja u medicini, nikako se ne sme zapostaviti i njihova primena u industriji. Primena izvora jonizujućih zračenja u industriji odnosi se na korišćenje zatvorenih izvora zračenja ili generatora jonizujućih zračenja u industrijskim procesima. U tehnologijama koje su se nekada koristile dominiralo je korišćenje zatvorenih izvora zračenja što podrazumeva veće mere bezbednosti izloženih radnika i sigurnosti izvora zračenja. Novije tehnologije, gde god je to moguće, zamenjuju zatvorene izvore zračenja sa generatorima jonizujućih zračenja, gde su dizajnom uređaja postignuti niski nivoi izlaganja izloženih radnika i manja verovatnoća za pojavu vanrednog događaja. I u jednom i u drugom slučaju veoma važnu ulogu u sistemu zaštite ima lice odgovorno za sprovođenje mera zaštite od jonizujućih zračenja, koje u sistemu neophodnih edukacija dobija sva potrebna znanja koja se odnose na sistem zaštite od jonizujućih zračenja. Tamo gde su velika izlaganja izloženih radnika (industrijska radiografija i karotažna merenja) neophodno je odgovarajućim edukacijama odgovornih lica pospešivati adekvatnu i neophodnu primenu odgovarajućih procedura, kako bi se smanjila postojeća izlaganja i verovatnoća za pojavom vanrednih događaja. Takav pristup je u skladu sa najnovijom zakonskom regulativom, jer se na taj način utiče i na smanjenje izlaganja opšte populacije i zaštitu životne sredine.

### 5. Zahvalnica

Rad je finansijski podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Aneks ugovora, evidencioni broj: 451-03-9/2021-14/ 200017).

### 6. Literatura

- [1] A. Milojević, V. Urošević, M. Kurepa, *Principi i metode primene radioaktivnih izotopa u industriji*, Naučna knjiga, Beograd, 1963
- [2] *Industrial Applications of Sealed Radioactive Sources*, IAEA, Vienna, 2000.
- [3] *Zakon o radijacionoj i nuklearnoj sigurnosti i bezbednosti*, Sl. Gl. RS br. 95/2018 i 10/2019.
- [4] *Pravilnik o granicama izlaganja jonizujućim zračenjima i merenjima radi procene nivoa izlaganja jonizujućim zračenjima*, Sl. Gl. RS br. 86/2011 i 50/2018.
- [5] *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, ICRP Publication 103, International Commission on Radiological Protection (ICRP), Elsevier, 2007.
- [6] *Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards*, IAEA SAFETY STANDARDS, General Safety Requirements Part 3, IAEA, Vienna, 2014.
- [7] *Establishing the Infrastructure for Radiation Safety*, Specific Safety Guide No. SSG-44, IAEA, Vienna, 2018.
- [8] *Pravilnik o uslovima za kategorizaciju radijacionih delatnosti*, Sl. Gl. RS br. 94/19.
- [9] *Dangerous quantities of radioactive material (D-values)*, IAEA, Vienna, 2006.

**APPLICATION OF LEGISLATION REGARDING THE USE OF RADIATION  
SOURCES IN INDUSTRY**

**Zorica OBRADOVIĆ<sup>1</sup>, Mirjana ĐURAŠEVIĆ<sup>1</sup> and Katarina RAJKOVIĆ<sup>2</sup>**

1) *University of Belgrade, Vinča Institute of Nuclear Sciences, Institute of national importance for the Republic of Serbia, Belgrade, Serbia, [zoobradovic71@gmail.com](mailto:zoobradovic71@gmail.com), [mirad@vin.bg.ac.rs](mailto:mirad@vin.bg.ac.rs),*

2) *Shumadia Academy of Professional Studies - Department of Krusevac, Serbia, [katar1970@yahoo.com](mailto:katar1970@yahoo.com)*

**ABSTRACT**

The industry development has led to the increasing industrial application of radiation sources, as closed radiation sources or radiation generators. They have been widely used by various industries to improve the quality of product, optimize processes, save energy and materials. Any application of radiation sources implies the need for appropriate radiation protection in order to reduce unnecessary exposure of people who work with radiation sources in the situation of planned and emergency exposure. International commission of radiation protection (ICRP) suggested general principles of radiation protection in terms of three key words: justification, optimization and dose limit. Center for permanent education (CPE) of the “Vinča“ Institute of nuclear sciences is a unique educational institution in Serbia. The main objective of the CPE is an additional and complementary education of various profiles of specialists who use sources of ionizing radiation in their everyday work. The results of the CPE in the education of exposed workers and radiation protection officers in the industry application for the period from 2011 to 2020 are presented in this paper. The analysis of these results shows the success of the application of regulations in industrial usage of radiation sources.