

# ANALIZA UČINKOVITOSTI I USKLAĐENOSTI S EU PROPISIMA ZAKONODAVSTVA KOJIM SE REGULIRA RADIOLOŠKA I NUKLEARNA SIGURNOST

*Dragan Kubelka<sup>1</sup>, Nikša Sviličić<sup>1</sup>, Ivana Kralik<sup>1</sup>, Nera Belamarić<sup>1</sup>,  
Dario Faj<sup>2</sup>, Nevenka Novosel<sup>1</sup>, Vanja Vukić<sup>1</sup> i Zdravka Tečić<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost, Zagreb

<sup>2</sup>Klinički bolnički centar Osijek, Osijek

[dragan.kubelka@dzrns.hr](mailto:dragan.kubelka@dzrns.hr)

## UVOD

Međunarodna agencija za atomsku energiju (IAEA), temeljem svog statuta ima zadaću da u zajedništvu s Ujedinjenim narodima i drugim organizacijama koje teže istim ciljevima uspostavi sigurnosne standarde za zaštitu zdravlja ljudi i svede na minimum opasnosti po njihov život. Vijeće Guvernera IAEA 1960. godine odobrilo je mjere sigurnosti i zaštite [1] koje su bile temeljene, koliko je god bilo moguće na preporukama Međunarodne komisije za radiološku zaštitu (ICRP). Vijeće guvernera po prvi puta je odobrilo "Osnovne sigurnosne standarde" 1962. godine [2]. Treća revidirana verzija je publicirana u suradnji sa Svjetskom organizacijom rada (ILO) i Svjetskom zdravstvenom organizacijom (WHO) [3]. Vrlo važan korak prema međunarodnoj harmonizaciji zaštite od ionizirajućeg zračenja napravljen je 1990. godine kada je uspostavljen Među-agencijski odbor za radiološku sigurnost (IACRS) u cilju suradnje između međunarodnih organizacija. U okviru te suradnje, institucije su uspostavile zajedničko tajništvo za pripremu Međunarodnih osnovnih sigurnosnih standarda za zaštitu od ionizirajućeg zračenja i za sigurnost izvora ionizirajućeg zračenja [4]. Standard se oslanja na Preporuke Međunarodne komisije za zaštitu od zračenja iz 1990. godine [5]. ICRP je nevladina znanstvena organizacija osnovana 1928. godine u cilju uspostave osnovnih principa i preporuka za zaštitu od ionizirajućeg zračenja. Komisija tijesno surađuje sa sestrinskim tijelom Međunarodnom komisijom za radijacijske jedinice (ICRU) i ima službene odnose s WHO i IAEA. Vrlo je važna i suradnja s ILO i tijelima UN-a, a posebno treba naglasiti Znanstveni odbor Ujedinjenih naroda za učinke atomskog zračenja (UNSCEAR) i program UN-a za okoliš, EU, te Međunarodnom udrugom za zaštitu od zračenja (IRPA).

Sistem zaštite koji predlaže Komisija je rađen s namjerom da bude općenit koliko je moguće, dijelom zbog dosljednosti, a dijelom da se izbjegnu promjene koje bi rezultirale iz razgraničenja različitih situacija. Predloženi sustav radiološke zaštite bazira se na tri načela: načelo ograničenja, opravdanosti i optimizacije. Granice doza treba utvrditi za razne skupine ljudi, kao što su radnici, vježbenici, studenti i pučanstvo.

U provedbi ovih načela, jedan od bitnih čimbenika je uspostava nadzora kvalitete, kao i program ispitivanja i inspekcije koji trebaju provoditi nadležna tijela kako bi se zaštita od zračenja osigurala na odgovarajući način.

Novo znanstvene spoznaje do kojih se došlo u međuvremenu uvjetovale su promjene u pristupu i suštini zaštite od ionizirajućeg zračenja. Pregled ovih spoznaja, kao i novi pristup zaštiti u obliku preporuka objavila je ICRP u svojoj publikaciji broj 60 [5]. Na osnovi ovih preporuka pokazalo se pogodnim napraviti promjene temeljnih standarda zaštite u EU, kao i donošenje istih u novom propisu. S tim u vezi, donesena je Direktiva 96/29/Euratom kojom se utvrđuju osnovni sigurnosni standardi za zaštitu zdravlja radnika i pučanstva u cjelini u odnosu na opasnosti od ionizirajućeg zračenja [6]. Nadopuna ove smjernice data je Direktivom 97/43/Euratom [7], u smislu uređenja općih načela zaštite od zračenja pojedinaca od ionizirajućeg zračenja pri medicinskom izlaganju s ciljem propisivanja mjera za zaštitu osoba koje se dragovoljno i dobrovoljno izlažu ionizirajućem zračenju i pomažući bolesniku.

Navedene odredbe sadržane u direktivama osiguravaju osnovnu zaštitu od izvora ionizirajućeg zračenja. No, kako radioaktivni izvori visokih aktivnosti unatoč tome imaju značajan potencijalni rizik po zdravlje ljudi i za okoliš, a u cilju osiguranja još strože kontrole nad njima, i to od trenutka proizvodnje pa do predavanja u ovlašteno postrojenje za dugoročno skladištenje ili odlaganje, donesena je Direktiva 03/122/Euratom [8].

U postupku usklađivanja domaćeg zakonodavstva s pravnom stečevinom Europske unije, vezano uz poglavlje 15. Energetika, za područje nuklearne sigurnosti i zaštite od ionizirajućeg zračenja dana su mjerila koja trebaju biti ispunjena. Ona se odnose na jačanje i optimiziranje administrativnih kapaciteta iz područja nuklearne sigurnosti i zaštite od ionizirajućeg zračenja te na usvajanje nacionalne strategije postupanja s radioaktivnim otpadom i istrošenim nuklearnim gorivom.

Zakonom o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti [9], područje zaštite od ionizirajućeg zračenja i nuklearne sigurnosti potpuno je usklađeno s pravnom stečevinom Europske unije. Sukladno usvojenom Zakonu [9],

osniva se jedinstveno regulatorno tijelo, Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost i osigurava se njegova neovisnost, administrativna i stručna kapacitiranost te se postavljaju osnove za sustavnu provedbu, praćenje i reviziju Strategije zbrinjavanja radioaktivnog otpada i istrošenog nuklearnog goriva.

Zakonom o izmjenama i dopunama Kaznenog zakona [10], izrada, posjedovanje, prijevoz, opskrba ili uporaba oružja, eksploziva, nuklearnog ili radioaktivnog materijala je kazneno djelo ako se ne obavlja u skladu sa zakonskim odredbama.

Osnovu za provođenje mjera zaštite od ionizirajućeg zračenja čine propisi, a njihova usklađenost s europskim i međunarodnim normama osigurava da provođenjem tih normi zaštita pojedinca, kao i okoliša, bude učinkovita. Kao što je ranije navedeno, postoje razni parametri kroz koje se može pratiti učinkovitost zaštite od ionizirajućeg zračenja, a sigurno je jedan od neposrednijih pokazatelja izloženost pojedinca.

## **MATERIJAL I METODE**

U ovome radu pratila se izloženost ionizirajućem zračenju izloženih radnika kroz period od deset godina. Stupanj izloženosti vanjskom ozračenju izloženih radnika praćen je na osnovu rezultata mjerenja koja su rađena film dozimetrima, odnosno termoluminiscentnim dozimetrima, a provode ih ovlaštene stručni tehnički servisi. Za svakog izloženog radnika bilježe se mjesečne efektivne doze koje se procjenjuju temeljem osobnog doznog ekvivalenta  $H_p(10)$ .

Dozimetrijski sustav za mjerenje osobnih doza u području izloženosti mora osigurati razinu povjerenja od 95 % s faktorom nesigurnosti koji nije veći od 1,5, a ako su efektivne doze niže od 4 mSv, faktor nesigurnosti mora biti manji od 2. Najmanja doza koju sustav mora pouzdano izmjeriti iznosi 0,17 mSv za  $H_p(10)$ . Nesigurnost uključuje pogreške mjerenja zbog promjenjive osjetljivosti dozimetra o energiji zračenja i smjeru upada te pogreške u umjeravanju dozimetra.

## **REZULTATI**

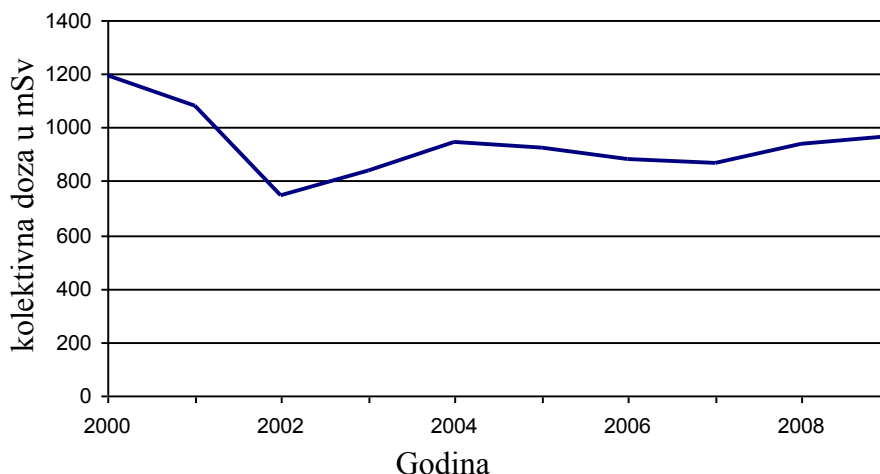
Izloženi radnici su razvrstani u razrede obzirom na primljenu dozu, bez obzira na vrstu izvora ionizirajućeg zračenja čijem zračenju su bili izloženi. (Tablica 1).

Tablica 1: Kolektivne doze u mSv, razvrstane po razredima za pojedine godine

Godišnja doza (mSv)	2000.		2001.		2002.		2003.		2004.	
	Broj osoba	Kolektivna doza	Broj osoba	Kolektivna doza	Broj osoba	Kolektivna doza	Broj osoba	Kolektivna doza	Broj osoba	Kolektivna doza
	3352	14,325	3641	19,957	4001	22,915	4116	22,139	4133	22,477
0,1 - 0,99	1190	431,75	999	313,185	649	208,7	665	201,996	736	214,882
1,0 - 1,99	109	149,5	91	121,96	70	100,9	90	121,068	80	110,273
2,0 - 2,99	40	96,72	34	82,12	29	68,84	25	61,725	43	102,131
3,0 - 3,99	19	65	17	57,59	16	55,53	18	59,595	12	43,455
4,0 - 4,99	9	39,77	13	57,39	9	38,865	14	59,38	7	32,7
5,0 - 9,99	30	205,91	34	259,37	24	174,225	25	182,177	17	117,605
10,0 - 14,99	7	82,36	3	35,67	6	75,36	9	112,39	14	164,39
15,0 - 19,99	0	0	1	18,33	0	0	1	16,89	4	71,911
20,0 - 24,99	0	0	3	68,82	0	0	0	0	0	0
25,0 - 29,99	0	0	0	0	0	0	0	0	1	26,71
30,0 - 34,99	2	66,45	0	0	0	0	0	0	0	0
40,0 - 44,99	1	41,33	1	42,75	0	0	0	0	1	40,59
<b>Ukupno</b>	<b>4759</b>	<b>1193,12</b>	<b>4837</b>	<b>1077,14</b>	<b>4804</b>	<b>745,34</b>	<b>4963</b>	<b>837,36</b>	<b>5048</b>	<b>947,12</b>

Godišnja doza (mSv)	2005		2006		2007		2008		2009	
	Broj osoba	Kolektivna doza	Broj osoba	Kolektivna doza	Broj osoba	Kolektivna doza	Broj osoba	Kolektivna doza	Broj osoba	Kolektivna doza
	4177	28,981	4315	26,9	4091	59,011	4580	29,595	3984	31,445
0,1 - 0,99	723	228,795	707	223,909	1220	319,064	992	279,469	1713	433,555
1,0 - 1,99	95	129,15	98	131,665	86	121,057	68	91,92	64	86,72
2,0 - 2,99	21	51,128	39	94,755	35	88,918	27	66,52	37	93,595
3,0 - 3,99	18	62,23	18	62,345	20	70,031	21	71,91	25	85,765
4,0 - 4,99	13	57,955	9	39,755	10	46,287	16	72,71	11	49,4
5,0 - 9,99	21	143,11	30	229,481	17	122,32	28	207,075	18	121,495
10,0 - 14,99	13	155,115	5	55,55	2	23,69	9	102,065	2	22,36
15,0 - 19,99	2	33,535	1	17,21	1	18,55	1	17,2	1	16,91
20,0 - 24,99	0	0	0	0	0	0	0	0	1	22,9
35,0 - 39,99	1	36,28	0	0	0	0	0	0	0	0
40,0 - 44,99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Ukupno</b>	<b>5084</b>	<b>926,28</b>	<b>5222</b>	<b>881,57</b>	<b>5482</b>	<b>868,93</b>	<b>5742</b>	<b>938,46</b>	<b>5856</b>	<b>964,15</b>

Na Slici 1 prikazane su kolektivne doze za period od deset godina. Kolektivna doza najviša je u skupini radnika koji rade u zdravstvu i doprinosi 85,93 % ukupnoj kolektivnoj dozi svih izloženih radnika u Republici Hrvatskoj, dok je najniža u veterini.



Slika 1. Kolektivna doza za radnike izložene ionizirajućim zračenjima

Najviša kolektivna doza za sve izložene radnike iznosila je 1193 mSv i zabilježena je u 2000. godini. U periodu 2001./2002. godine zabilježen je nagli pad, kada je kolektivna doza iznosila 1077 mSv, odnosno 745 mSv. Nakon 2002. godine, u razdoblju do 2010. godine, kolektivna doza se kretala između 837 mSv i 964 mSv, bilježeći blagi rast koji odgovara porastu broja izloženih radnika (Slika 1).

Najviša godišnja doza zabilježena je 2000. godine kada je jedan izloženi radnik primio dozu od 41,33 mSv. Također je zabilježena i godišnja doza od 40,59 mSv u 2004. godini.

U središnjem registru vode se podaci za dva izložena radnika kod kojih su u desetom mjernom razdoblju 2009. godine zabilježene doze od 81,08 mSv i 19,6 mSv. Obzirom da je prema izvješću ovlaštenog stručnog tehničkog servisa opravdano zaključiti da je došlo do ozračenja dozimetara, a da pri tome izloženi radnici nisu ozračeni, rezultati ovih mjerenja nisu uzeti u obzir.

## ZAKLJUČAK

Uspostava modernog sustava zaštite od ionizirajućeg zračenja na načelima europskih direktiva kojima se regulira ovo područje te usvajanje osnovnih standarda sadržanih u Međunarodnim osnovnim sigurnosnim standardima za zaštitu od ionizirajućeg zračenja i za sigurnost izvora zračenja [4] započela je sredinom devedesetih godina. Prvi značajni koraci k tom cilju, napravljeni su 1999. godine stupanjem na snagu Zakona o zaštiti od ionizirajućih zračenja [11] te uspostavom i početkom rada Hrvatskog zavoda za zaštitu od zračenja, institucije koja je imala osnove regulatornog tijela. Time se osiguralo prikupljanje i vođenje relevantnih podataka vezanih uz izvore ionizirajućeg zračenja koji se koriste u zdravstvu, industriji, veterini i znanstvenoistraživačkim djelatnostima. Značajna novina bila je uspostava središnjeg registra izloženih radnika te prikupljanje dozimetrijskih podataka o njihovom ozračenju. Na taj način je osigurano da se lako mogu analizirati ukupne doze koje prima pojedinac bez obzira radi li kod više poslodavaca i koji ovlašteni stručni tehnički servis obavlja dozimetrijsku procjenu ozračenja. Iz tako dobivenih podataka može se zaključiti da ni u jednom slučaju nije došlo do prekoračenja zakonom propisane doze od 100 mSv u pet uzastopnih godina, odnosno da ni u jednoj godini petogodišnjeg razdoblja nije dosegnuta doza od 50 mSv. Tek je pet izloženih radnika primilo dozu veću od 30 mSv, što su ujedno i najviše zabilježene doze u promatranom razdoblju. Doze su zabilježene kod djelatnika koji rade s uređajima za kontrolu zavara te inženjera medicinske radiologije i liječnika u intervencijskoj radiologiji. Najviša kolektivna doza zabilježena je 2000. godine, dok je u 2002. godini iznosila 745,34 mSv, što je znatno smanjenje kolektivne doze obzirom na prethodnu. Nakon 2002. godine, kolektivna doza pokazuje izvjestan porast da bi se kroz daljnjih 7 godina zadržala u granicama između 837 mSv i 964 mSv.

Navedeni podaci mogu ukazati na to da je do poboljšanja zaštite od ionizirajućeg zračenja, ako je promatramo kroz smanjenje kolektivne doze, došlo i zbog primjene standarda koji su se počeli usklađivati s europskim, odnosno međunarodnim, kao i zbog uspostave učinkovitijih administrativnih mjera.

Donošenjem novih propisa te nakon uspostave neovisnog i učinkovitog regulatornog tijela unutar kojeg će biti uspostavljena i inspekcija, može se pretpostaviti da će doći do daljnjeg smanjenja kolektivne doze. Smanjenju kolektivne doze doprinjet će i uvođenje sustava kontrole kvalitete u dijagnostičkim postupcima. Smanjenje doze pacijenta također će doprinjeti smanjenju doze izloženih radnika.

## LITERATURA

- [1] International Atomic Energy Agency (IAEA). Agency's Health and Safety Measures. INFCIRC/18. Vienna: IAEA; 1960.
- [2] International Atomic Energy Agency (IAEA). Basic Safety Standards for Radiation Protection. Safety Series No. 9. Vienna: IAEA; 1960.
- [3] International Atomic Energy Agency (IAEA). Basic Safety Standards for Radiation Protection (1982 Edition). Safety Series No. 9. Vienna: IAEA; 1982.
- [4] International Atomic Energy Agency (IAEA). International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. Safety Series No. 115. Vienna: IAEA; 1996.
- [5] International Commission on Radiological Protection (ICRP). Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 60. Oxford: Pergamon Press; 1990.
- [6] EURATOM. Council Directive 96/29/Euratom of 13 May 1996 laying down basic safety standards for the protection of the health of workers and the general public against the dangers arising from ionizing radiation. Dostupno na: [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/doc/legislation/9629\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/doc/legislation/9629_en.pdf).
- [7] EURATOM. Council Directive 97/43/Euratom of 30 June 1997 on health protection of individuals against the dangers of ionizing radiation in relation to medical exposure. Dostupno na: [http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/doc/legislation/9743\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/doc/legislation/9743_en.pdf)
- [8] EURATOM. Council Directive 2003/122/Euratom of 22 December 2003 on the control of high-activity sealed radioactive sources and orphan sources. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:346:0057:0064:EN:PDF>
- [9] Zakon o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti. Narodne novine 28/2010.
- [10] Zakon o izmjenama i dopunama Kaznenog zakona. Narodne novine 152/2008.
- [11] Zakon o zaštiti od ionizirajućih zračenja. Narodne novine 27/1999.

## **ANALYSIS OF EFFICACY AND CONFORMITY WITH THE EU *ACQUIS COMMUNAUTAIRE* OF THE RADIATION PROTECTION AND NUCLEAR SAFETY LEGISLATIVE**

*Dragan Kubelka<sup>1</sup>, Nikša Sviličić<sup>1</sup>, Ivana Kralik<sup>1</sup>, Nera Belamarić<sup>1</sup>,  
Dario Faj<sup>2</sup>, Nevenka Novosel<sup>1</sup>, Vanja Vukić<sup>1</sup> and Zdravka Tečić<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>State Office for Radiological and Nuclear Safety, Zagreb, Croatia

<sup>2</sup>Clinical Hospital Centre Osijek, Osijek, Croatia

[dragan.kubelka@dzrns.hr](mailto:dragan.kubelka@dzrns.hr)

Regulatory framework for the radiation protection has been fully harmonised with the EU *acquis communautaire* by the Act on Radiological and Nuclear Safety passed in 2010. Pursuant to the Act, a unique regulatory body, the State Office for Radiological and Nuclear Safety is established and its independence, administrative and expert capacities ensured. Provisions of the Act regulate measures for the safety, protection against ionising radiation and physical security related to nuclear practices and practices involving sources of ionising radiation with the aim to provide appropriate protection of the individuals, society and environment for present and future generations. Legal provisions constitute the basis for implementation of the radiation protection measures. Their compliance with EU and international norms guarantees implementation of those norms, providing effective protection of individuals and the environment. Effectiveness of the radiation protection can be assessed through various indicators, of which one of the most direct is exposure of individuals. In this paper, exposure to ionising radiation of exposed workers through the period of ten years is analysed. The level of exposure to external radiation is based on recorded results of measurements performed by film or thermoluminescent dosimeters. For each exposed worker, monthly effective doses, estimated using  $H_p(10)$  personal dose equivalent and regularly recorded, were used. The results indicate that the improvement of protection, when observed through decrease of the collective dose, is coincident with and can reasonably be attributed to the development of the radiation protection legislative, its harmonisation with EU and international standards and establishing of more effective administrative measures.