

Pregledni rad

USKLAĐENOST HRVATSKOG ZAKONODAVSTVA S PROPISIMA EUROPSKE UNIJE KOJIMA SE REGULIRA RADIOLOŠKA I NUKLEARNA SIGURNOST

Dragan KUBELKA¹, Nikša SVILIČIĆ¹, Ivana KRALIK¹, Nera BELAMARIĆ¹ i Dario FAJ²

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost, Zagreb¹, Klinički bolnički centar Osijek, Osijek², Hrvatska

Primljeno u lipnju 2010.

Prihvaćeno u kolovozu 2010.

Zakonom o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti koji je stupio na snagu 2010. godine područje zaštite od ionizirajućeg zračenja i nuklearne sigurnosti potpuno je usklađeno s pravnom stečevinom Europske Unije. Sukladno prihvaćenom Zakonu, osniva se jedinstveno regulatorno tijelo, Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost i osigurava se njegova neovisnost te administrativna i stručna kapacitiranost. Zakonskim prijedlogom uređene su mjere sigurnosti, zaštite od ionizirajućeg zračenja i fizičkog osiguranja pri obavljanju nuklearnih djelatnosti i djelatnosti s izvorima ionizirajućeg zračenja u cilju omogućavanja primjerene zaštite pojedinaca, društva i okoliša, za sadašnje i buduće naraštaje. Osnovu za provođenje mjera zaštite od ionizirajućeg zračenja čine zakonski propisi, a njihova usklađenost s europskim i međunarodnim normama osigurava da provođenjem tih normi zaštita pojedinca, kao i okoliša bude učinkovita.

Učinkovitost zaštite od ionizirajućeg zračenja može se pratiti prema raznim parametrima, a sigurno je jedan od neposrednijih pokazatelja ozračenost pojedinca. U ovome radu pratilo se ozračenje izloženih radnika tijekom perioda od deset godina. Stupanj vanjskog ozračenja izloženih radnika praćen je na osnovi rezultata mjerenja koja su rađena filmskim dozimetrima, odnosno termoluminiscentnim dozimetrima. Za svakog izloženog radnika bilježe se mjesečne efektivne doze procijenjene temeljem Hp (10) u mikrosivertima. Izloženi su radnici razvrstani u razrede s obzirom na primljenu dozu i podijeljeni su prema djelatnosti. Dobiveni podaci upućuju na to da je do poboljšanja zaštite, ako je promatramo s obzirom na sniženje kolektivne doze, došlo i zbog primjene standarda zaštite od ionizirajućeg zračenja koji su se počeli usklađivati s europskim, odnosno međunarodnim standardima, kao i zbog uspostave učinkovitijih administrativnih mjera.

KLJUČNE RIJEČI: *ionizirajuće zračenje, izloženost, radiološka zaštita, standardi, učinkovitost*

Kod uspostave sustava radiološke zaštite moramo se voditi činjenicom da smo, bez obzira gdje se nalazili, stalno izloženi ionizirajućem zračenju iz prirodnih i umjetnih izvora. Zbog toga svaki sustav zaštite od zračenja, a da bi se mogao provoditi te da bi bio učinkovit, mora jasno odrediti područje primjene, odnosno definirati područja ljudske aktivnosti na koja se ne primjenjuje. Također, pri određivanju osnovnog okvira radiološke zaštite, uz znanstvene i socijalni čimbenici moraju biti uzeti u razmatranje. Time će se, bez pretjeranog ograničavanja korisnih djelatnosti pri

kojima može doći do povećanog ozračivanja, osigurati odgovarajući standardi zaštite za čovjeka.

Osnovni koncept zaštite od ionizirajućeg zračenja

Međunarodna agencija za atomsku energiju (International Atomic Energy Agency, krat. 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 za njihov život. Vijeće guvernera IAEA još 1960. odobrilo je mjere sigurnosti i zaštite (1, 2) koje su bile temeljene, koliko je god bilo moguće, na preporukama Međunarodne komisije za radiološku zaštitu (International Commission on Radiological Protection, krat. ICRP). Vijeće guvernera prvi put je odobrilo "Osnovne sigurnosne standarde" 1962. (3). Treća, revidirana verzija publicirana je u suradnji sa Svjetskom organizacijom rada (International Labour Organisation, krat. ILO) i Svjetskom zdravstvenom organizacijom (World Health Organisation, krat. WHO) (4). Vrlo važan korak prema međunarodnoj harmonizaciji zaštite od zračenja napravljen je 1990. godine kada je uspostavljen Međuagencijski odbor za radiološku sigurnost (Inter-Agency Committee on Radiation Safety, krat. IACRS) u cilju suradnje između međunarodnih organizacija. U okviru te suradnje institucije su uspostavile zajedničko tajništvo za pripremu osnovnih sigurnosnih standarda za zaštitu od ionizirajućeg zračenja i za sigurnost izvora zračenja (5). Standard se oslanja na Preporuke ICRP iz 1990. godine (6). ICRP je nevladina znanstvena organizacija osnovana 1928. godine u cilju uspostave osnovnih principa i preporuka za zaštitu od ionizirajućeg zračenja. Komisija blisko surađuje sa sestrinskim tijelom Međunarodnom komisijom za radijacijske jedinice (International Commission on Radiation Units and Measurements, krat. ICRUM) i ima službene odnose s WHO i IAEA. Vrlo je važna i suradnja s ILO i tijelima Ujedinjenih naroda (UN), a posebno treba naglasiti Znanstveni odbor Ujedinjenih naroda za učinke atomskog zračenja (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, krat. UNSCEAR) i program UN-a za okoliš, EU, te Međunarodnom udrugom za zaštitu od zračenja (International Radiation Protection Association, krat. IRPA).

Proces koji uzrokuje ljudsku izloženost ionizirajućem zračenju ICRP drži za mrežu događaja i okolnosti, pri čemu svaki dio te mreže polazi od izvora. Pri tome izvor izloženosti ne mora biti samo izvor u fizikalnom smislu. Tako za izvor zračenja u bolnici držimo rendgenski uređaj, a ne anodu, što bi s fizikalnog aspekta bilo točnije, kao što je izvor zračenja kompletna odvodna instalacija kroz koju se radioaktivni materijal ispušta u okoliš kao otpad, a ne sam radioaktivni materijal koji kroz nju prolazi.

Radioaktivni materijal koji se nalazi u okolišu prolazi kroz razne putove od kojih neki mogu biti zajednički za mnoge različite izvore. Pri tome veliki broj pojedinaca može biti izložen ionizirajućem zra-

čenju iz jednog izvora, odnosno doza koju je primio pojedinac može biti posljedica zračenja iz više izvora. Ako su pri procjeni stupnja izloženosti uzeti u obzir i prirodni izvori, svi su pojedinci izloženi zračenju iz više od jednog izvora.

Procjena učinkovitosti zaštite od zračenja može se pratiti s obzirom na izvor koji pridonosi povišenju doze ili s obzirom na individualnu dozu koju je osoba primila od svih relevantnih izvora.

Kada se zaštita od ionizirajućeg zračenja provodi mjerama koje se odnose na izvor, vodi se računa o visini doze, vjerojatnosti da netko bude izložen, kao i o broju osoba koje mogu biti izložene iz tog izvora. Pritom je lako procijeniti jesu li poduzeti svi raspoloživi koraci koji imaju za cilj smanjenje izloženosti i broja izloženih osoba. To omogućuje procjenu kolika je vjerojatnost da korist od upotrebe izvora bude veća od štete koju će on prouzročiti ili može prouzročiti. Pri tome je teško procijeniti dodatni doprinos ukupnoj dozi za pojedinca iz drugih izvora, kako bismo odredili da li kod neke osobe postoji velika vjerojatnost nastanka stohastičkog efekta i da li bilo koja individualna doza doseže jedan od pragova za determinističke efekte.

Preporuke polaze od činjenice da postoji prag za determinističke efekte, dok vjerojatnost pojave stohastičkih efekata nije moguće svesti na nulu (7). Stoga zaštita od ionizirajućeg zračenja ima za cilj onemogućiti nastanak determinističkih učinaka te osigurati da su poduzeti svi razboriti koraci kako bi se mogućnost pojave stohastičkog efekta svela na minimum.

Za ljudske aktivnosti koje uzrokuju povećanje izloženosti ionizirajućem zračenju, kao što je rad s postojećim izvorima, uvođenjem novih izvora, mijenjanjem putova ili mreže putova od postojećih izvora do čovjeka, ICRP rabi izraz "djelatnost". Za radnje koje se poduzimaju u cilju smanjenja izloženosti koristi se izraz "intervencija". Koraci koji su potrebni da bi smanjili izloženost pojedinca, bilo kontrolom "djelatnosti" ili "intervencijama" mogu biti postignute primjenom radnji na bilo kojem mjestu u mreži koja povezuje izvor i pojedinca. Radnje se mogu odnositi na izvor, okoliš ili pojedinca.

Gdje je moguće, treba dati prednost kontroli nad izvorom, poboljšavajući njegove karakteristike, zaštitu i smještajući ga u sigurno okruženje. Radnje koje se mogu primijeniti na izvor izazvat će najmanje poremećaja. One će imati utjecaj duž cijelog puta od izvora do pojedinca kojeg povezujemo s tim izvorom. U ekstremnim slučajevima bit će katkada potrebno razmotriti i svrhovitost upotrebe izvora.

Radnje vezane uz okoliš, poboljšanje ventilacije, dodatna zaštita pojedinca zahtijevanjem posebnih radnih postupaka, uporabom zaštitne odječe i sredstava mogu imati socijalne nedostatke, od kojih je neke teško predvidjeti. Njihova će učinkovitost biti ograničena jer se odnosi samo na neke od putova i osoba.

Izloženost ionizirajućem zračenju može se podijeliti u tri osnovne kategorije: profesionalna izloženost, medicinska izloženost te izloženost stanovništva. Profesionalna uključuje rad i uglavnom je posljedica rada. Medicinska je izloženost posljedica izlaganja u svrhu dijagnoze ili terapije. Izloženost stanovništva obuhvaća svu ostalu izloženost.

U svakodnevnom radu, kao i pri intervencijama, u većini slučajeva možemo s velikom sigurnošću predvidjeti da će doći do izloženosti. Međutim, u nekim slučajevima, premda je moguće da do izloženosti dođe, vjerojatnost za to je malena. Ako postoji mogućnost ozračenja, ali je vjerojatnost da do nje dođe malena, govorimo o "potencijalnoj izloženosti".

Kod kontrole profesionalne izloženosti obično je moguće primijeniti kontrole na izvor, okoliš i pojedinca. Ako je izloženo stanovništvo, kontrola se treba bazirati na izvoru. Samo ako to nije moguće, kontrola mora biti primijenjena na okoliš ili pojedince.

U radiološkoj zaštiti moguće je formalizirati i kvantificirati pojedine postupke, što u znatnoj mjeri pomaže u procjeni koristi nasuprot štete, na čemu se temelji najveći broj odluka vezan uz čovjekove aktivnosti. Pri ovakvoj procjeni pozornost ne treba usmjeriti samo na ukupnu dobrobit ili štetu za društvo nego i na pojedinca. Također, treba uzeti u obzir da sadašnje aktivnosti mogu imati za posljedicu ozračenje u dogleđnoj, kao i dalekoj budućnosti. Ove buduće doze trebaju biti uzete u obzir u zaštiti populacije, kao i pojedinaca.

Vjerojatnost da će doći do izloženosti važna je kao i sama izloženost. Sadašnja djelatnost može pridonijeti povećanju vjerojatnosti, ali to ne znači da će se i povećati broj slučajeva.

Odgovarajuće mjere također ovise o tome da li se primjenjuju u rutinskom radu, "djelatnosti", pri kojoj dolazi do povišenja doze ili se primjenjuju s ciljem sniženja doze, "intervenciji".

Nova se djelatnost može prihvatiti, razmotriti uz prijedlog promjena ili potpuno odbaciti.

Postojeća djelatnost može biti razmatrana u svjetlu nove informacije, mogu se promijeniti standardi zaštite pa čak je i opozvati, ali izvor i putovi koje uključuje mogu ostati. Bilo koja daljnja promjena zatim zahtijeva intervenciju. Akcident nakon što je

do njega došlo, dovodi do situacije u kojoj je jedina prihvatljiva radnja "intervencija".

Sistem zaštite koji predlaže Komisija rađen je s namjerom da bude općenit koliko je moguće, dijelom zbog dosljednosti, a dijelom da se izbjegnju promjene koje bi rezultirale iz razgraničenja različitih situacija. Predloženi sustav radiološke zaštite zasniva se na tri načela: načelu ograničenja, opravdanosti i optimizacije.

Europska legislativa

Sukladno sporazumu o osnivanju Europske zajednice za atomsku energiju, po prethodno pribavljenom mišljenju skupine stručnjaka iz pojedinih zemalja članica, sukladno mišljenju Europskog parlamenta i Gospodarsko-socijalnog odbora, a u svrhu ispunjenja svoje obveze, EU je prvi put donio osnovne standarde za zaštitu od ionizirajućeg zračenja 1959. godine.

Nove znanstvene spoznaje do kojih se došlo u međuvremenu uvjetovale su promjene u pristupu i biti zaštite od ionizirajućeg zračenja. Pregled ovih spoznaja, kao i novi pristup zaštiti u obliku preporuka objavio je ICRP u svojoj publikaciji broj 60 (6). 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 od opasnosti od ionizirajućeg zračenja (10).

Direktivom 96/29/Euratom uređuju se djelatnosti ili ljudske radnje koje mogu dovesti do značajnijeg ozračenja radnika i pučanstva. Takve djelatnosti ne smiju se započeti prije nego što se pribavi odobrenje za njihovo obavljanje. U nekim slučajevima mogu biti zabranjene, a u cilju što bolje kontrole moraju biti podvrgnute sustavu izvješćivanja.

Sam sustav zaštite od ionizirajućeg zračenja za te djelatnosti mora biti utemeljen na načelima opravdanosti ozračenja, optimizacije i ograničenja doza. Granice doza treba utvrditi za razne skupine ljudi, kao što su radnici, vježbenici, studenti i pučanstvo.

Mjere zaštite na radnim mjestima moraju uključiti i prethodnu procjenu opasnosti, razvrstavanje radnih mjesta i radnika u pojedine kategorije, nadzor prostora, radnih uvjeta, kao i zdravstveni nadzor.

Posebnu skupinu čine radna mjesta na kojima se ne rabe izvori ionizirajućeg zračenja, ali na kojima može doći do povišenog ozračenja radnika od izvora ionizirajućeg zračenja koji se nalaze u prirodi. Zemlje članice moraju poduzeti posebne mjere zaštite na ta-

kvim radnim mjestima, odnosno pri obavljanju radnji koje se na njima provode.

U cilju zaštite pučanstva u normalnim uvjetima, potrebno je uspostaviti sustav nadzora radi praćenja izloženosti stanovništva i provjere poštivanja i učinkovitosti osnovnih standarda.

Direktiva propisuje da zemlje članice moraju biti pripravne za odgovor na moguće radijacijske nezgode na svom teritoriju i moraju surađivati s ostalim zemljama članicama i s trećim zemljama u cilju lakšeg odgovora i rukovođenja u takvim situacijama.

Opća načela zaštite pojedinaca od ionizirajućeg zračenja pri medicinskom izlaganju s ciljem propisivanja mjera za zaštitu osoba koje se dobrovoljno izlažu ionizirajućem zračenju pomažući bolesniku propisana su Direktivom 97/43/Euratom (11).

Direktiva 97/43/Euratom razrađuje odgovarajuće zahtjeve potrebne za primjenu načela opravdanosti i optimizacije u okviru ove direktive. S tim u vezi moraju se odrediti odgovornosti za primjenu zračenja u medicini i propisati odgovarajuća obuka osoblja.

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 osigurala zaštita od zračenja na odgovarajući način.

Temeljem ove direktive potrebno je propisati posebne mjere za obavljanje posebnih djelatnosti, kao i rad trudnica i dojilja te dobrovoljnih sudionika u istraživanjima.

Navedene odredbe sadržane u direktivama osiguravaju osnovnu zaštitu od izvora ionizirajućeg zračenja. No, kako radioaktivni izvori visokih aktivnosti unatoč tomu nose značajan potencijalni rizik za 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 u cilju prevencije radioloških akcidenata i ozljeda (12).

Kako bi se postigao ovaj cilj, potrebno je uspostaviti strogi nadzor nad visoko aktivnim zatvorenim radioaktivnim izvorima i izvorima bez posjednika tako da je u svakom trenutku poznato mjesto na kojem se oni nalaze. Promjene kao što su vlasništvo, mjesto smještaja ili uporabe, moraju se prijaviti i evidentirati.

Nadalje, treba biti svjestan činjenice da uza sve poduzete mjere i njihovu djelotvornost, postoje izvori bez posjednika iz djelatnosti u prošlosti za koje se ne znaju ili ne postoje vlasnici. Temeljem odredbi sadržanih u ovoj direktivi zahtijeva se poduzimanje specifičnih

postupaka kako bi i ovi izvori bili zbrinuti. U tom cilju potrebno je osigurati pronalaženje takvih izvora, njihovo identificiranje, označavanje i evidentiranje. Potrebne mjere za postizanje ovog cilja uključuju i specifičnu izobrazbu te informiranje svih osoba koje su uključene u djelatnosti s tim izvorima ili na bilo koji način mogu doći u dodir s njima. Direktiva predviđa i međunarodnu suradnju i izmjenu informacija.

S obzirom na to da u većini slučajeva vlasnik nije poznat ili, ako je i poznat, ne može osigurati sredstva za zbrinjavanje radioaktivnog izvora, potrebno je osigurati određena financijska sredstva koja bi se rabila u takvim slučajevima.

Država članica mora utvrditi pravila za kažnjavanje u slučaju kršenja uvjeta iz ove direktive i osigurati da se ona primjenjuje. Narečene kazne moraju biti učinkovite, razmjerne prekršaju i destimulirajuće.

Nacionalna legislativa

Zakonom o zaštiti od ionizirajućeg zračenja i sigurnosti izvora ionizirajućeg zračenja iz 2006. godine (13) određuju se načela i mjere zaštite od ionizirajućeg zračenja, sigurnosne mjere za izvore ionizirajućeg zračenja, postupanje u izvanrednim događanjima, način skladištenja i zbrinjavanja radioaktivnog otpada te nadzor nad provedbom mjera zaštite od ionizirajućeg zračenja, a sve radi osiguranja i smanjivanja rizika za život i zdravlje ljudi te okoliš za sadašnje i buduće naraštaje.

Zakon o nuklearnoj sigurnosti (14) određuje mjere sigurnosti i zaštite pri uporabi nuklearnih materijala i posebne opreme, odnosno pri obavljanju nuklearnih djelatnosti.

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 donošenje nacionalne strategije postupanja s radioaktivnim otpadom i istrošenim nuklearnim gorivom.

Zakonom o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti (15) područje zaštite od ionizirajućeg zračenja i nuklearne sigurnosti usklađeno je s pravnom stečevinom Europske unije. Sukladno donesenom Zakonu (15), 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.

Važećim Zakonom (15) uređuju se mjere sigurnosti, zaštite od ionizirajućeg zračenja i fizičkog osiguranja pri obavljanju nuklearnih djelatnosti i djelatnosti s izvorima ionizirajućeg zračenja, a sve u cilju omogućavanja primjerene zaštite pojedinaca, društva i okoliša, za sadašnje i buduće naraštaje, od štetnih posljedica ionizirajućeg zračenja i omogućavanja sigurnog obavljanja djelatnosti s izvorima ionizirajućeg zračenja, nuklearnih djelatnosti, upravljanja radioaktivnim otpadom i fizičkog osiguranja izvora ionizirajućeg zračenja i nuklearnih objekata.

Zakon (15) se ne odnosi na prirodnu razinu ionizirajućeg zračenja podrijetlom iz svemira, Zemljine kore ili ljudi ako nije promijenjena ljudskom djelatnošću. Nadalje, njegove se odredbe ne odnose se na hranu i njezin sastav, što određuju posebni propisi. Isto tako, njegove se odredbe ne odnose na uvoz i izvoz lijekova (15).

Zakonom o izmjenama i dopunama Kaznenog zakona (16) izrada, posjedovanje, prijevoz, opskrba ili uporaba oružja, eksploziva, nuklearnog ili radioaktivnog materijala kazneno je djelo ako se ne obavlja u skladu sa zakonskim odredbama.

Osnovu za provođenje mjera zaštite od ionizirajućeg zračenja čine pozitivni zakonski 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 s pomoću kojih se može pratiti učinkovitost zaštite od ionizirajućeg zračenja, a jedan od neposrednijih pokazatelja jest izloženost pojedinca.

Prikaz podataka o profesionalnoj izloženosti ionizirajućem zračenju u RH

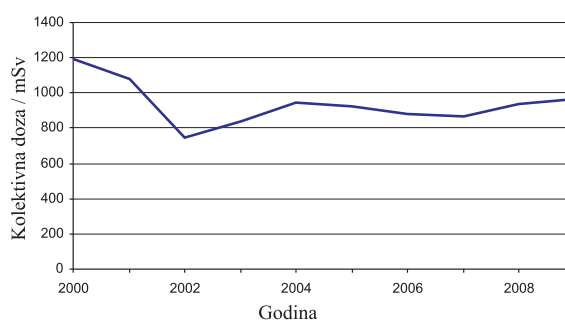
U ovome radu pratila se izloženost ionizirajućem zračenju izloženih radnika u razdoblju od deset godina.

Stupanj izloženosti vanjskom ozračenju izloženih radnika praćen je na osnovi rezultata mjerenja koja su rađena filmskim dozimetrima, odnosno termoluminescentnim dozimetrima, a provode ih ovlaštene stručne tehničke servisi. Za svakog izloženog radnika bilježene su mjesečne efektivne doze koje se procjenjuju temeljem osobnoga doznog ekvivalenta *Hp* (10).

Dozimetrijski sustav za mjerenje osobnih doza u području izloženosti mora osigurati razinu pouzdanosti 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. Najniža doza koju sustav mora pouzdano izmjeriti iznosi 0,17 mSv za *Hp* (10). Nesigurnost uključuje pogreške mjerenja zbog promjenjive osjetljivosti dozimetra, različitih energija zračenja i smjerova upada te moguće pogreške u umjeravanju dozimetra.

Izloženi radnici razvrstani su u razrede obzirom na primljenu dozu i podijeljeni prema djelatnosti, bez obzira na vrstu izvora ionizirajućeg zračenja kojemu su bili izloženi. Jednu skupinu čine izloženi radnici koji rade u zdravstvenim ustanovama, drugu radnici u industriji, treću u veterini, a četvrtu radnici u znanstvenoistraživačkim ustanovama (tablica 1). Na slici 1 prikazane su kolektivne doze za razdoblje od deset godina.



Slika 1 Kolektivna doza za radnike izložene ionizirajućim zračenjima u razdoblju od 2000. do 2009.

Kolektivna doza najviša je u skupini radnika koji rade u zdravstvu i pridonosi 85,93 % ukupnoj kolektivnoj dozi svih izloženih radnika u Republici Hrvatskoj, dok je najniža u veterini.

Najviša kolektivna doza za sve izložene radnike iznosila je 1193 mSv i zabilježena je u 2000. godini. U razdoblju 2001./2002. zabilježen je nagli pad, kada je kolektivna doza iznosila 1077, odnosno 745 mSv. Nakon 2002. godine, u razdoblju do 2010. godine, kolektivna se doza 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 desetome kontrolnom razdoblju 2009. godine zabilježene doze od 81,08 mSv i 19,6 mSv. S obzirom na to da je prema izvještaju ovlaštenoga stručnog tehničkog servisa opravdano zaključiti da je došlo do ozračenja dozimetara, a da

Tablica 1 Kolektivne doze razvrstane po razredima i djelatnostima za razdoblje 2000. do 2009.

DJELATNOST	Godišnja doza / mSv	2000.		2001.		2002.		2003.		2004.		
		Broj osoba	Kolektivna doza / mSv	Broj osoba	Kolektivna doza / mSv	Broj osoba	Kolektivna doza / mSv	Broj osoba	Kolektivna doza / mSv	Broj osoba	Kolektivna doza / mSv	
GOSPODARSTVO		544	0,91	583	1,21	521	1,46	582	1,177	590	1,001	
	0,1 do 0,99	71	31,85	64	21,87	54	20,08	31	10,56	41	13,111	
	1,0 do 1,99	12	16,11	8	9,26	2	3,26	6	8,26	7	10,02	
	2,0 do 2,99	4	9,01	4	9,06	2	4,4			1	3,85	
	3,0 do 3,99	3	10,69	1	3,02							
	4,0 do 4,99							1	4			
	5,0 do 9,99	1	9,73	3	17,5	3	25,985	1	5,03			
	10,0 do 14,99			1	14,81	1	12,62					
	15,0 do 19,99											
	20,0 do 24,99			2	45,22							
	25,0 do 29,99											
	30,0 do 34,99	2	66,45									
VETERINA	40,0 do 44,99	1	41,33	1	42,75							
		44	0,1	40	0	35	0,01	41	0,07	47	0,08	
ZDRAVSTVO	0,1 do 0,99	4	1,78	12	4,75	16	6,31	15	4,78	6	3,7	
	1,0 do 1,99	3	4,17	1	1,04	2	2,65			2	2,05	
		2627	10,885	2906	16,807	3298	19,145	3341	17,592	3344	18,276	
	0,1 do 0,99	1073	384,11	874	273,975	566	180,32	589	180,406	653	190,601	
	1,0 do 1,99	93	127,82	81	110,41	65	93	84	112,808	70	96,893	
	2,0 do 2,99	36	87,71	30	73,06	27	64,44	25	61,725	41	95,531	
	3,0 do 3,99	16	54,31	16	54,57	16	55,53	18	59,595	12	43,455	
	4,0 do 4,99	8	35,45	13	57,39	9	38,865	13	55,38	7	32,7	
	5,0 do 9,99	29	196,18	31	241,87	21	148,24	24	177,147	17	117,605	
	10,0 do 14,99	7	82,36	2	20,86	5	62,74	9	112,39	13	153,21	
	15,0 do 19,99			1	18,33			1	16,89	4	71,911	
	20,0 do 24,99			1	23,6							
	25,0 do 29,99									1	26,71	
	30,0 do 30,99											
	35,0 do 39,99											
	40,0 do 44,99										1	40,59
	ZNANOST		137	2,43	112	1,94	147	2,3	152	3,3	152	3,12
0,1 do 0,99		42	14,01	49	12,59	13	1,99	30	6,25	36	7,47	
1,0 do 1,99		1	1,4	1	1,25	1	1,99			1	1,31	
2,0 do 2,99										1	2,75	
3,0 do 3,99												
4,0 do 4,99		1	4,32									
5,0 do 9,99												
10,0 do 14,99									1	11,18		
Ukupno		4759	1193,115	4837	1077,142	4804	745,335	4963	837,36	5048	947,124	

pri tome izloženi radnici nisu bili ozračeni, rezultati ovih mjerenja nisu uzeti u obzir.

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Uspostava modernog sustava zaštite od ionizirajućeg zračenja na načelima europskih direktiva kojima se regulira ovo područje te donošenje osnovnih standarda sadržanih u Međunarodnim osnovnim sigurnosnim standardima za zaštitu od ionizirajućeg zračenja i za sigurnost izvora zračenja (5) započela

je sredinom devedesetih godina. Prvi važni koraci k tom cilju napravljeni su 1999. godine stupanjem na snagu Zakona o zaštiti od ionizirajućih zračenja (17) 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 rabe u zdravstvu, industriji, veterini i znanstvenoistraživačkim djelatnostima. Važna novina bila je uspostava središnjeg registra izloženih radnika te prikupljanje dozimetrijskih podataka o njihovu ozračenju. Na taj

Tablica 1 *Nastavak*

DJELATNOST	Godišnja doza / mSv	2005.		2006.		2007.		2008.		2009.	
		Broj osoba	Kolektivna doza / mSv	Broj osoba	Kolektivna doza / mSv	Broj osoba	Kolektivna doza / mSv	Broj osoba	Kolektivna doza / mSv	Broj osoba	Kolektivna doza / mSv
GOSPODARSTVO		560	1,04	553	1,355	479	5,161	498	1,035	391	1,275
	0,1 do 0,99	47	18,236	43	16,89	75	18,02	78	24,43	125	41,2
	1,0 do 1,99	7	9,23	12	16,98	8	13,81	13	16,55	12	15,82
	2,0 do 2,99	1	2,05	6	13,86	8	20,92	6	14,33	9	22,355
	3,0 do 3,99	2	6,58	3	9,6	5	17,79	4	13,74	5	17,85
	4,0 do 4,99					3	13,94	3	13,88	2	8,94
	5,0 do 9,99			2	15,11	8	58,58	4	29,67	8	53,51
	10,0 do 14,99	1	10,3			1	13,66	4	45,86	1	12,05
	15,0 do 19,99					1	18,55				
	20,0 do 24,99										
	25,0 do 29,99										
	30,0 do 34,99										
	40,0 do 44,99										
VETERINA		49	0,05	54	0,3	37	0,92	49	0	32	0
ZDRAVSTVO	0,1 do 0,99	7	2,64	5	1,12	21	4,13	7	1,42	30	4,81
	1,0 do 1,99					1	1,13				
		3394	24,901	3511	22,625	3381	48,87	3834	24,25	3357	25,61
	0,1 do 0,99	639	201,124	641	202,459	1096	289,714	870	245,739	1525	380,705
	1,0 do 1,99	87	118,89	84	111,595	76	104,777	54	74,13	52	70,9
	2,0 do 2,99	20	49,078	33	80,895	27	67,998	21	52,19	27	68,51
	3,0 do 3,99	16	55,65	15	52,745	14	48,531	17	58,17	20	67,915
	4,0 do 4,99	13	57,955	9	39,755	7	32,347	13	58,83	8	35,96
	5,0 do 9,99	20	136,48	27	207,341	9	63,74	24	177,405	10	67,985
	10,0 do 14,99	12	144,815	5	55,55	1	10,03	5	56,205	1	10,31
	15,0 do 19,99	2	33,535	1	17,21			1	17,2	1	16,91
	20,0 do 24,99									1	22,9
	25,0 do 29,99										
	30,0 do 30,99										
	35,0 do 39,99	1	36,28								
40,0 do 44,99											
ZNANOST		174	2,99	197	2,62	194	4,06	199	4,31	204	4,56
	0,1 do 0,99	30	6,795	18	3,44	28	7,2	37	7,88	33	6,84
	1,0 do 1,99	1	1,03	2	3,09	1	1,34	1	1,24		
	2,0 do 2,99									1	2,73
	3,0 do 3,99					1	3,71				
	4,0 do 4,99									1	4,5
	5,0 do 9,99	1	6,63	1	7,03						
10,0 do 14,99											
Ukupno		5084	926,279	5222	881,57	5482	868,928	5742	938,464	5856	964,145

je način osigurano da se lako mogu analizirati ukupne doze koje prima pojedinac bez obzira na to radi li kod više poslodavaca i koji ovlaštenu 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 višu od 30 mSv, što su ujedno i najviše zabilježene doze u promatranom razdoblju. Doze su zabilježene kod

radnika 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 zabilježeno znatno smanjenje kolektivne doze s obzirom na prethodnu. Nakon 2002. godine, kolektivna doza pokazuje stanovit porast, da bi se u daljnjih 7 godina zadržala u granicama između 837 mSv i 964 mSv.

Navedeni podaci pokazuju da je do poboljšanja zaštite, ako je promatramo s obzirom na sniženje 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 sniženja kolektivne doze. Sniženju kolektivne doze pridonijet će i uvođenje sustava kontrole kvalitete u dijagnostičkim postupcima. Sniženje doze pacijenta također će pridonijeti sniženju 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). The Agency's Safety Standards and Measures. INFCIRC/18/Rev. 1. Vienna: IAEA; 1976.
3. International Atomic Energy Agency (IAEA). Basic Safety Standards for Radiation Protection. Safety Series No. 9. Vienna: IAEA; 1962.
4. International Atomic Energy Agency (IAEA). Basic Safety Standards for Radiation Protection. Safety Series No. 9. Vienna: IAEA; 1982.
5. 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.
6. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 60. Oxford: Pergamon Press; 1990.
7. Fry RJM. Deterministic effects. *Health Phys* 2001;80:338-43.
8. Pierce DA, Shimizu Y, Preston DL, Vaeth M, Mabuchi K. Studies of the mortality of atomic bomb survivors. Report 12, Part I. Cancer: 1950-1990. *Radiat Res* 1996;146:1-27.
9. Shimizu Y, Pierce DA, Preston DL, Mabuchi K. Studies of the mortality of atomic bomb survivors. Report 12, Part II. Noncancer mortality: 1950-1990. *Radiat Res* 1999;152:373-89.
10. 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 [pristup 21. lipnja 2010.]. Dostupno na http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/doc/legislation/9629_en.pdf.
11. 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 [pristup 21. lipnja 2010.]. Dostupno na http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/doc/legislation/9743_en.pdf.
12. Council Directive 2003/122/Euratom of 22 December 2003 on the control of high-activity sealed radioactive sources and orphan sources [pristup 21. lipnja 2010.]. Dostupno na <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:346:0057:0064:EN:PDF>.
13. Zakon o zaštiti od ionizirajućeg zračenja i sigurnosti izvora ionizirajućeg zračenja. Narodne novine 64/2006.
14. Zakon o nuklearnoj sigurnosti. Narodne novine 173/2003.
15. Zakon o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti. Narodne novine 28/2010.
16. Zakon o izmjenama i dopunama Kaznenog zakona. Narodne novine 152/2008.
17. Zakon o zaštiti od ionizirajućih zračenja. Narodne novine 27/1999.

Summary

IMPLEMENTATION OF RADIATION PROTECTION AND NUCLEAR SAFETY REGULATIONS IN CROATIA AND HARMONISATION WITH THE EU *ACQUIS COMMUNAUTAIRE*

Croatian regulatory framework for radiation protection has fully been harmonised with the EU *acquis communautaire* with the passing of the 2010 Act on Radiological and Nuclear Safety. This Act establishes an independent regulatory body, the State Office for Radiological with administrative and expert capacities. The Act regulates protection measures against ionising radiation, nuclear safety practices, and practices involving sources of ionising radiation. Its compliance with European and international standards warrants effective protection of individuals and the environment.

How effective implementation of the radiation protection measures is can be assessed through a number of indicators, including individual exposure. This paper presents the findings of occupational exposure of healthcare, industry, veterinary medicine, and research workers to ionising radiation from 2000 to 2009. Exposure to external radiation was measured using film or thermoluminescent (TLD) dosimeters. We analysed monthly effective doses for each individual, estimated using the Hp (10) personal dose equivalent. The results indicate that the decrease in the collective dose coincides with and can reasonably be attributed to the development of radiation protection legislative, its harmonisation with the EU and international standards, and to more effective administrative measures.

KEY WORDS: *film dosimeters, ionising radiation, occupational exposure, standards, thermoluminescent dosimeters*

CORRESPONDING AUTHOR:

Dragan Kubelka
Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost
Frankopanska 11, 10000 Zagreb
E-mail: dragan.kubelka@dzzz.hr