

POKLICNA IZPOSTAVLJENOST ZDRAVSTVENEGA OSEBJA IONIZIRAJOČEMU SEVANJU

OCCUPATIONAL EXPOSURE TO IONIZING RADIATION FOR MEDICAL WORKERS

Andreja Vendramin¹, Marjan Bilban²

Prispelo: 22. 3. 2011 – Sprejeto: 7. 11. 2011

Izvorni znanstveni članek
UDK 616-057:539.12

Izvleček

Izhodišča: Zdravstveni delavci so pri nekaterih diagnostičnih in terapevtskih postopkih izpostavljeni nizkim dozam ionizirajočega sevanja. Kronična izpostavljenost nizkim dozam sevanja ima lahko veliko negativnih posledic na zdravje človeka, kot je pojav katarakte, med najresnejšimi pa je povečano tveganje za obolevnost za nekaterimi vrstami raka. Smernice za varnost pri delu z viri sevanja in zakonodaja imajo za cilj zmanjšati izpostavljenost delavcev ionizirajočemu sevanju do take mere, kot je to mogoče doseči z uporabo razumnih ukrepov. Članek je usmerjen v prikaz in diskusijo učinkovitih letnih doz obdobja 2006–2010, ki so jih prejeli slovenski zdravstveni delavci, ki delajo z umetnimi viri ionizirajočega sevanja.

Metode: Pridobili smo podatke osebne dozimetrije od leta 2006 do leta 2010, ki jih zbira Uprava RS za varstvo pred sevanji (URSVS).

Rezultati: V Sloveniji je mejna učinkovita letna doza postavljena pri 20 mSv. Letne doze, ki so jih prejeli zdravstveni delavci, niso bile v nobeni skupini višji od 9,99 mSv, v večini skupin delavcev je bilo nad 95 % doz v doznom območju pod 1 mSv (v nuklearni medicini in brahiterapiji okoli 80 %). Povprečne doze za obdobje od leta 2006 do leta 2010 so 0,47 mSv za nuklearno medicino, 0,19 mSv za interventno radiologijo, 0,09 mSv za preostalo radiologijo, 0,10 mSv za brahiterapijo, 0,07 mSv za teleradioterapijo, 0,05 mSv za dentalno medicino in 0,02 mSv za druge zaposlene v zdravstvu.

Zaključki: V Sloveniji so zdravstveni delavci v zadnjih petih letih prejeli nekaj desetkrat nižje učinkovite letne doze od zakonsko predpisane omejitve, kar je primerljivo z razvitim svetom.

Ključne besede: ionizirajoče sevanje, medicina dela, rak

Original scientific article
UDC 616-057:539.12

Abstract

Background: Health workers in some diagnostic and therapeutic procedures are exposed to low doses of ionizing radiation. Chronic exposure to low doses of radiation can have many negative consequences on the human health, such as cataracts and, among the most serious consequences, the increased risk of morbidity for certain types of cancer. Guidelines for the safety of working with radiation sources and the legislation aim to reduce workers' exposure to ionizing radiation to the lowest as reasonably achievable. This article focuses on the presentation and discussion of the effective annual doses for the period from 2006 to 2010 received by Slovenian health care workers exposed to the artificial sources of ionizing radiation.

Methods: We obtained personal dosimetry data from 2006 to 2010 collected by the Slovenian Radiation Protection Administration (SRPA).

Results: The effective annual dose limit in Slovenia is 20 mSv. The annual dose received by health workers did not exceed 9.99 mSv in any group and in most groups, more than 95 % of doses were in the dose area below 1 mSv (in nuclear medicine and brachytherapy, around 80 %). The average doses for the period from 2006 to 2010 are 0.47 mSv for nuclear medicine, 0.19 mSv for interventional radiology, 0.09 mSv for other radiology, 0.10 mSv

¹Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Vrazov trg 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

²ZVD Zavod za varstvo pri delu d. d., Chengdujska cesta 25, 1260 Ljubljana-Polje, Slovenija
Kontaktne naslov: e-pošta: vendramin.andreja@gmail.com

for brachytherapy, 0.07 mSv for teloradiotherapy, 0.05 mSv for dental medicine and 0.02 mSv for other employees in medicine.

Conclusions: In the last five years, health workers in Slovenia received some ten times less effective annual doses than the effective annual dose limit prescribed by law, which is comparable to the developed world.

Key words: ionizing radiation, occupational medicine, cancer

1 UVOD

Dandanes je znaten delež zaposlenih v medicini in dentalni medicini pri različnih diagnostičnih, terapevtskih, interventnih in pri nuklearnomedicinskih posegih izpostavljen ionizirajočemu sevanju. Poročilo Znanstvenega komiteja Združenih narodov o vplivih ionizirajočih sevanj (UNSCEAR – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) iz leta 2008 navaja rezultate opazovanja delavcev, ki so poklicno izpostavljeni umetnim virom ionizirajočega sevanja. Prejeli so podatke za skupno 9,9 milijona delavcev, od tega je bilo 7,4 milijona zaposlenih v medicini, 660.000 v proizvodnji virov sevanja, 870.000 v industriji in 330.000 v vojski. Izračunane povprečne letne efektivne doze za zdravstvene delavce so bile 0,5 mSv, za delavce v proizvodnji virov sevanja 1,0 mSv, za zaposlene v industriji 0,3 mSv in za tiste v vojski 0,1 mSv. Vseh poklicno izpostavljenih delavcev virom ionizirajočega sevanja, naravnega in tudi umetnega, ki so jih zajeli v poročilo, je bilo 22,9 milijona ljudi. Ob tako velikem številu prebivalstva, izpostavljenega sevanju, in trendu naraščanja uporabe sevanja v medicini narašča tudi pomembnost raziskovanja posledic, ki jih ima poklicna izpostavljenost sevanju na zdravje, in zmanjševanja obsevanosti z ustreznimi ukrepi (1). V naslednjem besedilu so v sklopu uvoda opisani biološki učinki, ki jih ima ionizirajoče sevanje na človeka, in pregled zakonodaje in smernic za varstvo pri delu s sevanji. Glede na dandanašnje poznavanje negativnih posledic ionizirajočega sevanja nas je zanimalo, v kolikšni meri se v Sloveniji spoštujejo zakonodaja in upoštevajo smernice za varstvo pri delu s sevanji. V ta namen smo pridobili podatke osebne dozimetrije, ki jih pridobiva Uprava Republike Slovenije za varstvo pred sevanji (URSVS).

V članku je omenjenih več količin: absorbirana, ekvivalentna, efektivna in kolektivna doza ionizirajočega sevanja. Absorbirana doza je energija, absorbirana na enoto mase, in pomeni dozo, povprečno na tkivo ali organ. Osnovna enota za absorbirano dozo je gray (Gy). Ekvivalentna doza je absorbirana doza v tkivu ali organu, utežena glede na vrsto in kakovost sevanja. Osnovna enota za ekvivalentno dozo je sievert (Sv). Efektivna doza je vsota uteženih ekvivalentnih doz

od notranjega in zunanjega obsevanja po vseh tkivih in organih telesa. Osnovna enota za efektivno dozo je sievert (Sv). Kolektivna efektivna doza je vsota efektivnih doz, ki so jih ali bi jih prejeli posamezniki določene populacije ljudi zaradi izpostavljenosti ionizirajočim sevanjem. Osnovna enota za skupinsko dozo je človek sievert (čl·Sv oz. manSv) (2).

1.1 Biološki učinki ionizirajočega sevanja

Poznamo več vrst ionizirajočega sevanja: alfa-, beta-, gama- in rentgenski (x) žarki ter nevtronsko sevanje (3). Glede na vrsto posledic, ki jih ima sevanje na organizem, ločimo deterministične in stohastične učinke sevanja. Deterministični učinki sevanja so odvisni od prejete doze – pojavijo se, če doza presega določen prag. Doza, pod katero se poškodbe tkiv in organov klinično ne izrazijo, je 100 mGy (2). Resnost učinka sevanja je odvisna od prejete doze pa tudi od časa izpostavljenosti in radiosenzitivnosti tkiva (2, 3). Poškodbe tkiv in organov, ki nastanejo zaradi determinističnih učinkov sevanja, se lahko manifestirajo takoj, v urah ali dneh, kot zgodnje tkivne reakcije. To so npr. supresija hematopoeze, mukozitis, epilacija, eritem kože. Te poškodbe se tudi popravijo v kratkem času, če doze niso previsoke (2, 4). Lahko pa se manifestirajo kot pozne tkivne reakcije, po več mesecih ali letih, kot npr. kronični aktinični dermatitis, katarakta, reproduktivne motnje, teratogeni učinek na zarodek in plod (2, 4). Stohastični učinki sevanja so tisti učinki sevanja, ki so neodvisni od praga doze. Z dozo narašča tudi verjetnost za pojav posledic sevanja. Te lastnosti imajo proces maligne transformacije in dedni učinki ionizirajočega sevanja (5).

1.1.1 Dolgotrajna izpostavljenost nizkim dozam sevanja

Delavci, ki delajo z naravnimi in umetnimi viri ionizirajočega sevanja, so pri svojem delu dolgotrajno izpostavljeni nizkim dozam sevanja. Najpomembnejše tveganje pri takšni izpostavljenosti je proces maligne transformacije. Kolikšno je tveganje za obolevnost za določeno vrsto raka pri izpostavljenosti določeni dozi sevanja, raziskujemo z epidemiološkimi študijami (5). Največji vir podatkov so študije preživelih japonskih žrtev eksplozije atomske bombe. Vključevale so

osebe obeh spolov, vseh starosti in z opredeljenimi domnevnimi dozami, usmerjene pa so bile v opazovanje incidence primarnih solidnih rakov ter levkemij in limfomov. Omenjena populacija je bila pri enkratnem dogodku izpostavljena visokim dozam sevanja in primarne solidne tumorje so opažali že pri dozah od 200 do 500 mSv (6). Za lažjo primerjavo: delavci, ki delajo z umetnimi viri sevanja, po podatkih epidemioloških študij prejmejo v celotni delovni dobi povprečne efektivne doze do 100 mSv (7).

Pri opazovanju incidence primarnih solidnih tumorjev so pri japonskih žrtvah eksplozije atomske bombe opazili povečano tveganje za solidne tumorje na splošno, predvsem pa za raka želodca, debelega črevesa, pljuč, dojke, jajčnika, sečnega mehurja, ščitnice in žlez slinavk ter raka jeter in nemelomski kožni rak. V študiji se je incidenca solidnih rakov izkazala za linearno dozno odvisno in se je manjšala z višanjem starosti izpostavljenosti (6).

V zvezi z levkemijo in limfomi so opazili povečano tveganje za akutno limfocitno levkemijo (ALL), akutno mieloično levkemijo (AML) in kronično mieloično levkemijo (KML) ter za limfom pri moških (8).

Iz podatkov študij preživelih žrtev eksplozije atomske bombe se z linearno ekstrapolacijo na manjše doze določa tveganje za raka pri dolgotrajni izpostavljenosti nizkim dozam sevanja. Ker so delavci v delovni dobi izpostavljeni zelo nizkim posamičnim dozam, moramo upoštevati celične reparacijske mehanizme. ICRP pri izračunu tveganja za zboleznost za rakom iz incidenčnega tveganja preživelih japonskih žrtev priporoča deljenje s faktorjem 2. Dejanskega obnašanja celic, izpostavljenim zelo nizkim dozam sevanja, še vedno ne poznamo dobro. Realne incidence, pridobljene iz epidemioloških študij poklicno izpostavljenih delavcev, se večkrat ne ujemajo s tem izračunom. Mogoči vzrok za razlike med izračuni in realnimi incidencami je v prezgodnjem opravljanju epidemioloških študij in neupoštevanja latentne dobe za nekatere vrste raka, v večini študij pa to, da ne vključujejo drugih dejavnikov tveganja za raka (9, 10).

Od epidemioloških študij, opravljenih na delavcih, poklicno izpostavljenih sevanju, imajo najdaljšo tradicijo študije na skupinah radiologov in radioloških inženirjev, saj ta poklicna profila delata z umetnimi viri sevanja že od leta 1896 (7). Leta 1902 je bila v ZDA uvedena prva dozna omejitev za poklicno izpostavljenost na 30 Sv letno. Od takrat so se z naraščanjem znanja o negativnih učinkih ionizirajočega sevanja mejne vrednosti doznih omejitev zniževale: v 20. letih se je omejitev znižala na 700 mSv letno, leta 1930 na 300 mSv letno in leta 1949 na 150 mSv letno (11).

Epidemiološke študije kažejo devetkrat višjo incidenco levkemije pri radiologih in radioloških inženirjih, zaposlenih do leta 1930, kot med zdravstveni delavci istega obdobja, ki niso bili izpostavljeni sevanju. Glede smrtnosti pa na splošno velja, da daljša kot je bila delovna doba delavcev v obdobju do leta 1950, večja je bila smrtnost zaradi levkemije. Poleg tega je bila večja incidenca levkemije med tistimi, ki so se zaposlili že pri 20–25 letih. V obdobju od leta 1920 do leta 1950 je bila višja tudi incidenca solidnih rakov, posebej zvišana smrtnost pa za raka želodca, jeter, debelega črevesa, dojke, kože in melanoma (7).

Leta 1950 je bila uvedena osebna dozimetrija (7), leta 1958 pa je Mednarodna komisija za varstvo pred sevanji (International Commission on Radiological Protection – ICRP) s posebnim priporočilom znižala dozno omejitev na 50 mSv letno. To priporočilo je leta 1990 ICRP dopolnila z dodatno omejitvijo maksimalne povprečne letne doze na 20 mSv z maksimalno enoletno dozo še vedno 50 mSv, in sicer pod pogojem, da skupna doza v petih letih ne preseže 100 mSv (11).

V populaciji zaposlenih po letu 1950 se v epidemioloških študijah opaža zmanjšanje incidence za vse vrste raka solidnih tkiv, zmanjšana incidenca malignejših oblik kožnega raka (brez melanoma), prav tako levkemije. Za levkemijo so tudi opazili skladnost incidence za prejeto kumulativno dozo z incidenco levkemije v populaciji japonskih žrtev eksplozije atomske bombe, ki so prejele enako enkratno dozo (7).

Dolgotrajna izpostavljenost nizkim dozam ionizirajočega sevanja poleg tveganja za kancerogene in mutagene pojave povečuje tudi tveganje za nekatere druge bolezni. Epidemiološke študije v zadnjem času izpostavljajo povečano tveganje za srčna obolenja, bolezni prebavil in dihal, vendar so podatki še nepopolni (2).

1.2 Normativi za varovanje delavcev, poklicno izpostavljenih sevanju v Sloveniji

Slovenska zakonodaja za varstvo pred sevanji temelji na priporočilih ICRP, Mednarodne agencije za atomsko energijo IAEA in na direktivah EURATOM. Po teh zakonih oz. priporočilih efektivne doze obsevanih posameznikov ne smejo presegati mejnih doz. V Sloveniji je za poklicno izpostavljenost določena mejna efektivna letna doza 20 mSv. Ta meja velja za vsoto zunanjih in notranjih obsevanj, pri čemer se upošteva samo poklicno izpostavljenost (12).

Ne glede na velikost efektivne doze, ki jo prejme izpostavljeni delavec, je mejna ekvivalentna doza za roke, podlahti, stopala in gležnje 500 mSv letno, za

očesne leče 150 mSv letno in za kožo 500 mSv letno (12).

Pri izjemnih načrtovanih nalogah so meje doz postavljene višje. Efektivna doza za delavce, ki izvajajo izjemne načrtovane naloge v normalnih delovnih razmerah, lahko presega mejno efektivno dozo, če preseganje odobri pristojni upravni organ in če efektivna doza ni večja od 50 mSv v posameznem letu in 100 mSv v obdobju zaporednih petih let. Poleg tega mora biti izpolnjen pogoj, da ni alternativnih delovnih postopkov, ki bi povzročili manjšo obsevanost, da ti niso na voljo ali jih ni mogoče uporabiti. Zgornja določba ne velja za ženske v reproduktivni dobi. Za te vedno velja mejna efektivna letna doza 20 mSv. Mejna ekvivalentna doza za nerojenega otroka noseče ženske v času do konca nosečnosti je 1 mSv (12).

Izvajalec sevalne dejavnosti je dolžen delovne postopke optimizirati tako, da bodo doze ionizirajočega sevanja, ki jih prejmejo delavci, tako nizke, kot je mogoče doseči z uporabo razumnih ukrepov (angleško: as low as reasonably achievable – ALARA) (13). Zato mora pri delu z viri sevanj izvajalec sevalne dejavnosti izbrati vir, ki omogoča doseganje ustreznih rezultatov ob čim manjši izpostavljenosti delavcev in prebivalstva. Pri delu lahko prejeto dozo učinkovito zmanjšamo z omejitvijo časa izpostavljenosti, z delom na čim večji razdalji od vira, z uporabo ščitov, ki oslabijo sevanje, ter osebne varovalne opreme (zaščitna oblačila, zaščitne predpasnike, rokavice, ščite za posamezne organe in oprema za zaščito dihal) (14).

2 METODE

Zunanje obsevanje merimo s pasivnimi termoluminiscentnimi dozimetri (TLD), ki jih imajo delavci pri delu pripete na zgornjem delu telesa. Dozimetre odčitavajo pooblaščen izvajalci dozimetrije. V Sloveniji so to Zavod za varstvo pri delu (ZVD), Institut Jožef Stefan (IJS) in Nuklearna elektrarna Krško (NEK). Vsi omenjeni med drugim posredujejo mesečno odčitane podatke Upravi RS za varstvo pred sevanji (URSVS), ki vodi centralno evidenco osebnih doz sevanja (CEOD) (13).

V nadaljnjem besedilu so predstavljeni podatki osebne dozimetrije zdravstvenih delavcev, ki so bili pridobljeni iz Uprave RS za varstvo pred sevanji (URSVS). Poleg podatkov za zdravstvo (nuklearna medicina, interventna radiologija, preostala radiologija, brahiterapija, radioterapija, dentalna medicina in drugi zaposleni v zdravstvu) so bili pridobljeni še podatki za delovno področje veterine, delavce NEK in za delavce

v industriji, ki služijo za primerjavo. Za del delavcev, zaposlenih v nuklearni medicini, interventni radiologiji, preostali radiologiji, in za druge zaposlene v zdravstvu ter v industriji izvaja meritve ZVD, za drugi del pa IJS. ZVD je poleg tega izvajalec dozimetrije še za dentalno medicino in veterino, medtem ko brahiterapija in teleradioterapija sodita pod IJS. NEK, kot že omenjeno, izvaja dozimetrijo za svoje delavce sam.

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

Analiza podatkov je bila usmerjena v obdobje petih let, od leta 2006 do leta 2010. Podatki so obsegali povprečne in kolektivne doze za posamezne dejavnosti ter število izpostavljenih delavcev na posamezni dozni interval. Dozni intervali so bili od 0 mSv do ravni detekcije (ND), od ND do 0,99 mSv, intervali širine 5 mSv od 1 mSv do 30 mSv ter interval nad 30 mSv. ND pomeni vrednost, pod katero dozimeter doze ne zazna več in se ta upošteva kot 0 mSv. ND je različen glede na izvajalca meritev. Pri ZVD je to 0,04 mSv, pri IJS je 0,001 mSv, s tem da je pri njih nedoločeno ozadje 0,01 mSv/mesec, pri NEK pa ND 0,01 mSv.

Leta 2010 je URSVS v analizo vključil 5.881 delavcev, izpostavljenih zunanjim virom sevanja, od tega je bilo 3.369 delavcev zaposlenih v zdravstvu, in sicer 171 v nuklearni medicini, 200 v interventni radiologiji, 2.411 v radiologiji (preostala področja ali preostala radiologija), 24 v brahiterapiji, 159 v radioterapiji, 358 v dentalni medicini, 46 pa drugih zaposlenih v zdravstvu (raziskovalne enote itn.).

V Tabeli 1 sta prikazana pregled števila delavcev za posamično panogo, in sicer za vsako leto posebej od leta 2006 do leta 2010, in mediana petih let.

Največje število spremljanih delavcev zajemajo zaposleni v preostali radiologiji, v povprečju 2.198 delavcev letno (Tabela 1). Delavcev v nuklearni medicini je pribl. 14-krat manj, v povprečju 152 delavcev letno, v brahiterapiji pa jih je najmanj, povprečno 18 delavcev letno.

Najvišje povprečne letne doze v zdravstvu dosegajo delavci, zaposleni v nuklearni medicini (glej Graf 1). Naslednji po vrsti glede na višino povprečnih letnih doz so delavci v interventni radiologiji, tem pa sledijo delavci v brahiterapiji (Graf 1). Povprečne letne doze so v nuklearni medicini dvakrat večje kot pri interventni radiologiji in štirikrat večje kot pri brahiterapiji (mediana petih let za nuklearno medicino znaša 0,47 mSv, interventno radiologijo 0,19 mSv in za brahiterapijo 0,10 mSv). Pri nuklearni medicini se kaže trend postopnega naraščanja povprečnih letnih doz, od 0,45 mSv leta

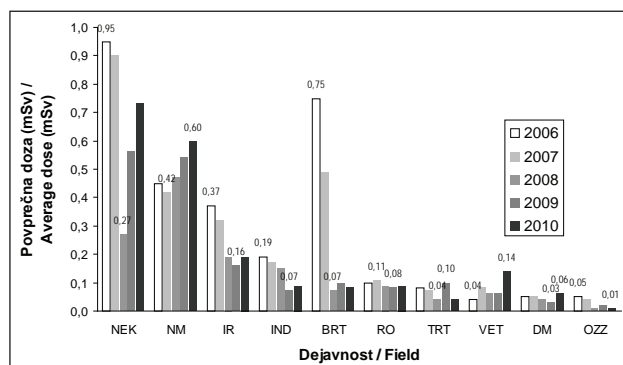
2006 do 0,60 mSv leta 2010, pri brahiterapiji pa trend upadanja povprečne letne doze, ki je bila leta 2006 0,75 mSv, leta 2007 0,49 mSv, leta 2010 pa 0,08 mSv. Domnevno gre pri nuklearni medicini omenjene podatke pripisati uvedbi novih diagnostičnih postopkov

(uvedba PETa – pozitronske emisijske tomografije) in porastu števila opravljenih diagnostičnih preiskav, pri brahiterapiji pa uporabi novih aparatov in načinov dela (uporaba avtomatskih injektorjev).

Tabela 1. Število delavcev, zajetih v izvajanje dozimetrije v letih 2006-2010, razvrščenih glede na dejavnost (NM = nuklearna medicina; IR = interventna radiologija; RO = radiologija – preostalo; BRT = brahiterapija; TRT = teleradioterapija; DM = dentalna medicina; OZZ = ostali zaposleni v zdravstvu; VET = veterina; NEK = Nuklearna elektrarna Krško; IND = industrija) (Vir: URSVS).

Table 1. The number of workers covered by the implementation of dosimetry for the years 2006 to 2010, broken down by field. (NM = nuclear medicine; IR = interventional radiology; RO = radiology – other; BRT = brachytherapy; TRT = teleradiotherapy; DM = dental medicine; OZZ = other employees in medicine; VET = veterinary; NEK = Krško Nuclear Power Plant; IND = industry) (Source: SRPA).

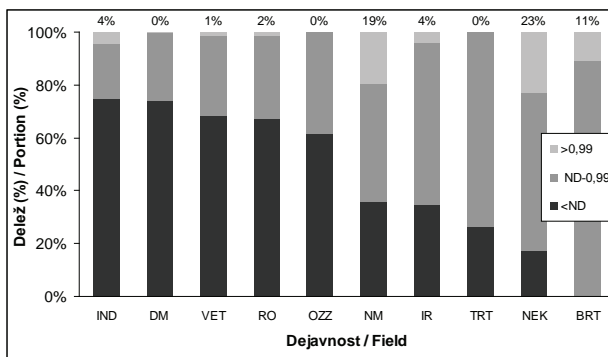
Št.delavcev	2006	2007	2008	2009	2010	Mediana
RO	1842	2039	2198	2297	2411	2198
NEK	902	985	582	1157	1105	985
IND	381	469	495	457	457	457
DM	323	340	356	357	358	356
IR	232	215	242	240	200	232
NM	141	145	152	160	171	152
TRT	116	119	129	141	159	129
VET	58	68	67	66	65	66
OZZ	80	75	49	52	46	52
BRT	18	18	17	18	24	18



Graf 1. Povprečne doze v letih 2006-2010 po dejavnosti. Pri vsaki dejavnosti sta navedeni najvišja in najnižja doza (NM = nuklearna medicina; IR = interventna radiologija; RO = radiologija – preostalo; BRT = brahiterapija; TRT = teleradioterapija; DM = dentalna medicina; OZZ = preostali zaposleni v zdravstvu; VET = veterina; NEK = Nuklearna elektrarna Krško; IND = industrija) (Vir: URSVS).

Figure 1. Average doses from 2006 to 2010 by field. For each field, the maximum and minimum dose is also indicated. (NM = nuclear medicine; IR = interventional radiology; RO = radiology – other; BRT = brachytherapy; TRT = teleradiotherapy; DM = dental medicine; OZZ = other employees in medicine; VET = veterinary; NEK = Krško Nuclear Power Plant; IND = industry) (Source: SRPA).

V Grafu 2 so prikazani povprečni deleži delavcev v doznih intervalih od 0 do ND, od ND do 0,99 mSv in v intervalu nad 0,99 mSv. Pri skupini dentalna medicina, veterina, preostala radiologija in drugi zaposleni v zdravstvu več kot polovica delavcev prejme doze, ki so pod ravnjo detekcije. Pri dentalni medicini je 74 % takih delavcev, pri veterini 68 %, pri radiologiji preostalo 67 %, pri drugih zaposlenih v zdravstvu pa 62 %. Preostali zaposleni v zdravstvu in dentalni medicini dejansko tudi ne dosežajo doz nad 0,99 mSv kakor tudi ne delavci v teleradioterapiji. Brahiterapija v povprečju petih let nima delavcev, ki bi dosegali doze pod ravnjo detekcije, 89 % pa jih je v intervalu do 0,99 mSv. Delavci v nuklearni medicini dosežajo najvišje povprečne doze v zdravstvu in imajo tudi največji delež posameznikov z dozami nad 0,99 mSv, in sicer je bilo povprečno 19 % doz nad to vrednostjo. Pod ravnjo detekcije pa je bilo v povprečju 36 % izmerjenih doz.

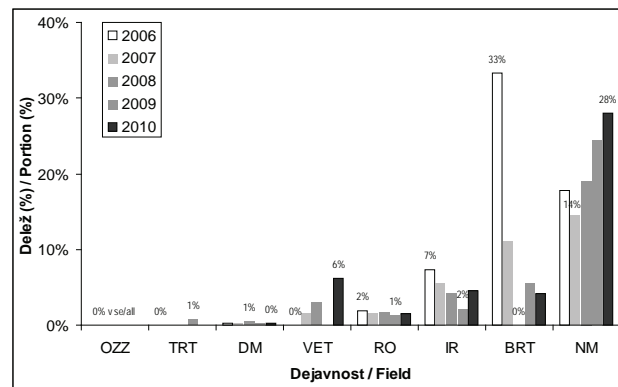


Graf 2. Povprečni 5-letni delež delavcev s prejetimi letnimi dozami pod ND, od ND do 0,99 mSv in nad 0,99 mSv (NM = nuklearna medicina; IR = interventna radiologija; RO = radiologija – preostalo; BRT = brahiterapija; TRT = teleradioterapija; DM = dentalna medicina; OZZ = preostali zaposleni v zdravstvu; VET = veterina; NEK = Nuklearna elektrarna Krško; IND = industrija) (Vir podatkov: URSVS).

Figure 2. The average 5-year portion of workers that received annual doses below the limit of detection (LOD, between LOD and 0.99mSv and above 0.99 mSv. (NM = nuclear medicine; IR = interventional radiology; RO = radiology – other; BRT = brachytherapy; TRT = teleradiotherapy; DM = dental medicine; OZZ = other employees in medicine; VET = veterinary; NEK = Krško Nuclear Power Plant; IND = industry) (Source: SRPA).

V Grafu 3 so po posameznih letih od leta 2006 do leta 2010 prikazani deleži delavcev v zdravstvu in veterini, ki dosežajo doze nad 0,99 mSv. V brahiterapiji se

kaže oster padec s 33 % delavcev v letu 2006 na 11 % delavcev v letu 2007 in na 0 % delavcev v letu 2008. V nuklearni medicini pa se zaznava trend postopnega naraščanja deleža delavcev z dozami nad 0,99 mSv, vendar z deležem 28 % delavcev še vedno ne dosežajo deleža delavcev v brahiterapiji v letu 2006.



Graf 3. Delež delavcev v zdravstvu in veterini s prejetimi letnimi dozami nad 0,99 mSv. Pri vsaki dejavnosti sta navedena najvišji in najnižji delež. (NM = nuklearna medicina; IR = interventna radiologija; RO = radiologija – preostalo; BRT = brahiterapija; TRT = teleradioterapija; DM = dentalna medicina; OZZ = drugi zaposleni v zdravstvu; VET = veterina) (Vir: URSVS).

Figure 3. The portion of workers in medicine and veterinary medicine that received annual doses above 0.99 mSv. For each field, the maximum and minimum portion is also indicated. (NM = nuclear medicine; IR = interventional radiology; RO = radiology – other; BRT = brachytherapy; TRT = teleradiotherapy; DM = dental medicine; OZZ = other employees in medicine; VET = veterinary) (Source: SRPA).

V Tabeli 2 je razvidno, da v nobeni dejavnosti delavci, zaposleni v zdravstvu in veterini, ne prejmejo letnih doz, večjih od 9,99 mSv. Delavci v nuklearni medicini, v kateri je največji delež delavcev, izpostavljenih dozam nad 0,99 mSv, ne prejmejo letnih doz, večjih od 4,99 mSv. To velja tudi za preostale dejavnosti v preglednici, razen za delavce v veterini in druge zaposlene v zdravstvu, kjer prejete letne doze ne presegajo 0,99 mSv. Doze od 5 mSv do največ 9,99 mSv prejmejo le posamezni delavci v preostali radiologiji. Mogoč vzrok za neobičajno visoke doze v tej dejavnosti so lahko napake, ko je obsevan le dozimeter, ne pa tudi delavec (npr. pozabljen dozimeter v diagnostičnem prostoru, dozimeter, ki se delavcu neopazno sname in pade v obsevano področje).

Tabela 2. Povprečna kolektivna doza prek let po posameznih doznih intervalih (manj mSv) (NM = nuklearna medicina; IR = interventna radiologija; RO = radiologija – preostalo; BRT = brahiterapija; TRT = teleradioterapija; DM = dentalna medicina; OZZ = drugi zaposleni v zdravstvu; VET = veterina) (Vir: URSVS).

Table 2. The average annual collective dose over the years for each of the dose intervals (man mSv). (NM = nuclear medicine; IR = interventional radiology; RO = radiology – other; BRT = brachytherapy; TRT = teleradiotherapy; DM = dental medicine; OZZ = other employees in medicine; VET = veterinary) (Source: SRPA).

	ND - 0,99 mSv	1 - 4,99 mSv	5 - 9,99 mSv	10 - 14,99 mSv	15 - 19,99 mSv	≥20 mSv
RO	126,94	58,03	5,22	0	0	0
IR	35,61	15,35	0	0	0	0
NM	25,65	45,52	0	0	0	0
DM	12,85	1,21	0	0	0	0
TRT	7,82	0	0	0	0	0
VET	3,66	1,26	0	0	0	0
BRT	1,17	1,19	0	0	0	0
OZZ	1,11	0	0	0	0	0

Predstavljeni podatki obsegajo le zadnjih pet let kot predstavitev trenutnega stanja doz zdravstvenih delavcev. Poleg tega pred letom 2006 interventna radiologija ni bila izločena kot posebna skupina, ampak je bila del radiologije.

Pridobljeni in analizirani podatki so rezultat meritev s termoluminiscentnimi dozimetri. Osebnih elektronskih dozimetri se v Sloveniji redno uporabljajo v nuklearni medicini in brahiterapiji. Po podatkih Onkološkega inštituta in ZVD se ti uporabljajo v brahiterapiji in nuklearni medicini, ko so sevanju v največji meri izpostavljene roke. V nuklearni medicini nosijo elektronske prstane radiofarmaceuti, radiološki inženirji in medicinske sestre, to so osebe, ki izdelujejo oz. aplicirajo radiofarmake. V brahiterapiji po podatkih Onkološkega inštituta nosijo elektronske dozimetre v obliki zapestnice medicinske sestre in radiološki inženirji. Povprečna ekvivalentna letna doza, ki jo je medicinska sestra (srednja in diplomirana) v brahiterapiji prejela v roke v letu 2009, je bila manj kot 1 mSv. Leta 1997 je bila ekvivalentna doza rok srednje medicinske sestre na istem področju od 5,8 do 10,6 mSv, višje medicinske sestre pa od 2,0 do 4,0 mSv.

V nuklearni medicini so na Onkološkem inštitutu za pripravo radiofarmaka leta 2009 zaznali povprečno ekvivalentno letno dozo 1,1 mSv, za aplikacijo radiofarmaka pa 4,3 mSv.

Podatki o dozah posameznih delov telesa pri posegih, kot je npr. koronarografija, kjer so dozne hitrosti najvišje, niso redno ugotovljani (15). Iz navedb UNSCEAR so pri posamični koronarografiji doze na čelu od 0 do 0,82 mSv, pri čemer povprečna doza znaša 0,14 mSv, na levi roki pa doze od 0 do 3,88 mSv, pri čemer povprečna doza znaša 0,38 mSv (1).

4 ZAKLJUČKI

Zdravstveni delavci so pri svojem delu kronično izpostavljeni nizkim dozam ionizirajočega sevanja. V Sloveniji so povprečne doze za obdobje 2006–2010 za nuklearno medicino znašale 0,47 mSv, interventno radiologijo 0,19 mSv, preostalo radiologijo 0,09 mSv, brahiterapijo 0,10 mSv, teleradioterapijo 0,07 mSv, dentalno medicino 0,05 mSv in za preostale zaposlene v zdravstvu 0,02 mSv. Delovni področji, na katerih delavci v največji meri dosežejo doze 1 mSv ali več, sta nuklearna medicina in brahiterapija. Trende naraščanja prejetih doz je mogoče povezati s podatki o povečanju števila nekaterih diagnostičnih, terapevtskih ali interventnih storitev, trende upadanja pa z novimi, varnejšimi načini dela (1). Do razlik med posameznimi delovnimi področji prihaja zaradi izpostavljenosti različnim hitrosti sevanja, različne časovne izpostavljenosti sevanju, različne oddaljenosti od vira sevanja pri delu in zaradi različne zaščite (osebna zaščita, izvajanje posega v ločenem prostoru). Delavci v nuklearni medicini, brahiterapiji in v interventni radiologiji (v primerjavi z diagnostično radiologijo, teleradioterapijo ter z rentgenom v dentalni medicini in veterini) večkrat delajo neposredno ob viru sevanja.

Kronična izpostavljenost nizkim dozam ima za posledico kancerogene in mutagene učinke na organizem. Verjetnost nastanka teh učinkov narašča z dozo in po do zdaj sprejeti teoriji ni doznega praga, pod katerim ni kancerogenih in mutagenih učinkov. Zato je pomembno, da so doze, ki so jim delavci izpostavljeni, čim nižje, da delavci poznajo varnostne ukrepe in da imajo ustrezen dozimetrični monitoring ter redne zdravstvene preglede pri pooblaščenih specialistih

medicine dela. V Sloveniji smo pri zmanjševanju doz, ki so jim izpostavljeni delavci, uspešni in glede na podatke UNSCEAR primerljivi z razvitim svetom.

Zahvale

Zahvaljujem se mag. Urbanu Zdešarju, univ. dipl. fiz. za koristne nasvete in pomoč pri iskanju ustrezne literature, doc. dr. Gaju Vidmarju za pomoč pri prikazu podatkov in Urošu Čotarju, univ. dipl. fiz. za podatke in koristne nasvete.

Literatura

1. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation – UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly, with scientific annexes. Pridobljeno 15. 2. 2011 s spletne strani: http://www.unscear.org/unscear/en/publications/2008_1.html.
2. 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Pridobljeno 6. 7. 2011 s spletne strani: [http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103%20\(Users%20Edition\)](http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20103%20(Users%20Edition))
3. Šarić M, Žuškin E. Medicina rada i okoliša. Medicinska naklada, Zagreb 2002.
4. LaDou J. Current occupational & environmental medicine. New York: McGraw-Hill, 2007.
5. Serša G. Biološki učinki ionizirajočega sevanja. Ljubljana: ZVD – Zavod za varstvo pri delu, 2004.
6. Thompson DE, Mabuchi K, Ron E, Soda M, Tokunaga M, Ochikubo S. et al. Cancer incidence in atomic bomb survivors. Part II: solid tumors, 1958-1987. Radiat Res. 1994; 137 (Suppl 2): S17-67.
7. Yoshinaga S, Mabuchi K, Sigurdson AJ, Doody MM, Ron E. Cancer Risks among Radiologists and Radiologic Technologists: Rev Epidem Stud¹. Radiology 2004; 233: 313-321.
8. Preston DL, Kusumi S, Tomonaga M, Izumi S, Ron E, Kuramoto A. et al. Cancer incidence in atomic bomb survivors. Part III: leukemia, lymphoma and multiple myeloma, 1950-1987. Radiat Res 1994; 137 (Suppl 2): S68-97.
9. Gilbert ES. Ionising radiation and cancer risks: what have we learned from epidemiology? Int J Radiat Biol 2009; 85: 467-82.
10. Jacob P, Rühm W, Walsh L, Blettner M, Hammer G, Zeeb H. Is cancer risk of radiation workers larger than expected? Occup Environ Med 2009; 66:789-96.
11. Inkret WC, Meinhold CB, Taschner JC. Radiation and risk: a hard look at the data-protection standards. Los Alamos Sci 1995; 23: 117-124.
12. Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih; Ur.l. RS, št. 49/2004. Pridobljeno 15. 2. 2011 s spletne strani: http://www.uradni-list.si/files/RS_-2004-049-02278-OB-P001-0000.PDF.
13. Letno poročilo o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti v Republiki Sloveniji leta 2009. Pridobljeno 15. 2. 2011 s spletne strani: http://www.uvps.gov.si/fileadmin/us.gov.si/pageuploads/Zakonodaja_in_dokumenti/Ionizirajoca_sevanja/Letna_porocila/2009/LetnoPorocilo2009Slo.pdf.
14. Koželj M. Delo z viri sevanj (1. izd.). Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava RS za jedrsko varnost, 2006. Pridobljeno 15. 2. 2011 s spletne strani: <http://www.ujv.gov.si/fileadmin/ujv.gov.si/pageuploads/si/medijsko-sredisce/knjiga-delo-z-viri-sevanj.pdf>.
15. Kim KP, Miller DL. Minimising radiation exposure to physicians performing fluoroscopically guided cardiac catheterisation procedures: a review. Radiat Prot Dosimetry 2009; 133: 227-33.