

# Obvladovanje tveganja zaradi izpostavljenosti ionizirajočemu sevanju

Ionizirajoče sevanje uporabljamo v številnih dejavnostih v medicini, industriji ali raziskovanju. Poleg široke uporabnosti pa je ionizirajoče sevanje škodljivo in povzroča raka ali druge učinke, kot so opekline, sterilnost ali slepota. Zato hočemo, da so doze, ki jih prejmejo delavci ali prebivalci, kar najmanjše. V članku opisujemo sistem, s katerim dosežemo, da so škodljivi učinki sevanja majhni.



**Slika 1:** Merjenje nivoja tekočine v pločevinkah pijače (Vir: Arhiv ZVD)

## **Avtor:**

dr. Gregor Omahen, univ.  
dipl. fiz., predstojnik Centra za  
fizikalne meritve  
ZVD Zavod za varstvo pri delu d. d.  
Chengdujska cesta 25  
1260 Ljubljana Polje

## **1 Uvod**

Ionizirajoče sevanje uporabljamo na številnih področjih v medicini, industriji in pri raziskovanju. Oddajajo ga radioaktivne snovi in električne naprave, kot so rentgenski aparati. Od vseh sevanj, ki jih poznamo, je ionizirajoče sevanje edino, ki lahko razbija atome na manjše delce, ker ima namreč edino dovolj veliko energijo. Zaradi tega, ker lahko ionizirajoče sevanje razbija tudi atome v človeškem telesu in tako povzroča škodo v celicah, je za človeka škodljivo. Zato se želimo izogniti izpostavljenosti ionizirajočemu sevanju, kar pa vedno ni mogoče. Če na primer potrebujemo pre-

iskavo z rentgenskim aparatom, ker imamo zlomljeno roko, se sevanju ne bomo izognili, ampak bomo zaradi diagnostike pripravljeni sprejeti tudi škodljivo dozo. V nadaljevanju bomo namesto izraza ionizirajoče sevanje uporabljali le izraz sevanje.

## **2 Uporaba virov sevanja**

Vire sevanja uporabljamo v različnih vejah industrije. V polnilnicah pijač jih uporabljamo za merjenje nivoja tekočine v pločevinkah in steklenicah (slika 1).

Sevanje se uporablja tudi za merjenje debeline papirja, premazov ali tkanine, v cestogradnji za določanje zbitosti cestišč ali za ugotavljanje napak v materialih, ceveh, ulitkih (slika 2). Zadnji dejavnosti rečemo tudi industrijska radiografija in je zaradi zelo aktivnih virov, ki se uporabljajo, in zaradi dokaj grobega načina uporabe med bolj tveganimi dejavnostmi z viri sevanja.

V medicini uporabljamo sevanje za odkrivanje bolezni (slika 3). Z rentgenskimi žarki presevammo pacienta in zaradi različnih gostot tkiva dobimo na filmu oziroma sprejemniku različno temna polja. V onkologiji se sevanje uporablja za zdravljenje. Pri tem skušamo z dovolj veliko dozo sevanja uničiti rakavo tkivo in ob tem čim manj prizadeti zdravo tkivo.



**Slika 2:** Zaščitni vsebnik z radioaktivnim virom za izvajanje industrijske radiografije (Vir: Arhiv ZVD)

V jedrski industriji sevanja ne uporabljamo, ampak je stranski produkt proizvodnje toplote. Ob jedrski reakciji poleg toplote nastanejo radioaktivne snovi, ki predstavljajo nevarnost za delavce in prebivalce, če pride do jedrske nesreče in uhajanja teh snovi v okolje.

### 3 Osnovna načela varstva pred sevanji

Uporaba virov sevanja je zelo raznolika, prav tako pa so viri seva-

nja zelo različni, ali skoraj nenevarni ali pa izjemno nevarni. Ob vsej različnosti je treba imeti sistem, ki zagotavlja obvladovanje tveganja pri delu z viri sevanja. Sistem temelji na korakih upravičenosti, optimizacije in meja doz. Če se pri načrtovanju dejavnosti z viri sevanja držimo omenjenih načel, bodo doze obvladljive, razumno nizke in bodo predstavljale zanemarljivo tveganje.

#### 3.1 Upravičenost

Dejavnost z viri sevanj je upravičena, če z njo naredimo več koristi kot povzročimo škode. Vsaka uporaba virov sevanja pomeni dozo za delavca, prebivalca ali okolje. Seveda želimo, da je ta škoda kar najmanjša in uporaba sevanja nadzorovana. Zato mora vsako podjetje, ki namerava vpejlati dejavnost z viri sevanja, v postopku pridobivanja dovoljenj za delo z viri sevanja dokazati, da je uporaba sevanja upravičena. V medicinski uporabi virov sevanja so koristi zaradi uporabe številne

odkrite bolezni, zaradi katerih bi pacienti sicer umrli ali imeli močno poslabšano kakovost življenja. Po drugi strani pa vsaka doza, tudi tista, ki jo dobi pacient, povečuje tveganje za pojav raka. Pri vstavljanju žilne opornice zaradi zamašene koronarne arterije rešujemo življenje človeku, saj obstaja zelo velika verjetnost, da bi se sicer žila zamašila in bi človek umrl zaradi srčnega infarkta. Tveganje, da bi pacient umrl v relativno kratkem času, je pri nezdravljeni bolezni zelo veliko. Pri vstavljanju žilne opornice si zdravniška ekipa pomaga s sevanjem, da vidi, kje je zoženje v žili in kam vstaviti žilno opornico. Doze sevanja, ki jih ob tem prejme pacient, so med večjimi v medicini. Verjetnost, da bi tak pacient pozneje, vsaj deset let ali še več po operaciji, umrl zaradi raka, ki ga je povzročila doza, je okoli 0,1-odstotna. To je vsekakor zelo majhna verjetnost v primerjavi z zanesljivo smrtjo, če se posega s sevanjem ne izvede.

Pri upravičenosti ne presojamo le koristi zaradi reševanja življenj in zdravja z uporabo sevanja, ampak lahko gledamo tudi na finančne ali druge koristi. Sam nakup vira sevanja, pridobivanje dovoljenja in reden nadzor virov sevanja je dolgotrajen proces, ki terja veliko dela in izpolnjevanje zahtev zakonodaje iz varstva pred ionizirajočimi sevanji. Če se namerava vir sevanja uporabljati le občasno, enkrat na mesec ali še redkeje, je smiseln razmislek, ali je taka uporaba upravičena.



**Slika 3:** CT-aparat za diagnostiko (Vir: Arhiv ZVD)

Poleg lastnika ali upravljavca podjetja mora razmisliti o upravičenosti dela z viri sevanja narediti tudi delavec. Vsak od nas, ki dela z viri sevanj, bi moral, verjetno že dolgo tega, preden je sploh začel delati z viri sevanj, vedeti, ali je to zanj sprejemljivo. Ali je tveganje, ki ga bo povzročila doza in s tem povezana verjetnost za obolenje za rakom, dovolj nizko, da bo delal z viri sevanja, ali pa se mu zdi previsoko in hoče v zameno za delo s sevanjem ugodnosti v obliki dopusta, višje plače ali krajšega delavnika. Odločitev za delo z viri sevanja je svobodna izbira posameznika in največkrat se delavci za delo z viri sevanja odločajo brez razmisleka o nevarnostih. To pride na vrsto pozneje, ko zberejo več informacij.

### 3.2 Optimizacija

Ko upravičimo dejavnost z viri sevanj, je treba zaposliti delavce, ki bodo delali z virom sevanja. Ker je sevanje škodljivo, moramo delavce ustrezno zaščititi. Pri tem želimo, da bi bila doza delavcev optimalna, tj., da je tako nizka, kot je to še mogoče doseči z razumnimi ukrepi in stroški. V zaščiti ne pretiravamo, saj doze 0 ne moremo doseči. Vsako delo z viri ionizirajočih sevanj bo za delavca pomenilo dozo. Ta je lahko zelo zelo nizka, praktično nemerljiva, a še vedno je delavec izpostavljen sevanju in še vedno obstaja zelo zelo majhna verjetnost za pojav raka. Kakšna je še sprejemljiva doza, je odvisno od vira sevanja, ki ga uporabljamo, in

od načina uporabe in varnostne kulture v podjetju. V nekaterih podjetjih se zavedajo škodljivosti sevanja in namenjajo veliko pozornost ustrezni zaščiti, so pa tudi podjetja, v katerih je varstvo pred sevanji nebodigatreba in samo dodaten strošek za lastnika. Ob tem je treba opozoriti tudi na pretiravanje pri varstvu pred sevanjem. Nemogoče je doseči, da delavec, ki dela z viri sevanja, ne bi prejel doze. Zato je vlaganje sredstev v zaščito od določene meje dalje nesmiselno in neupravičeno.

### 3.3 Dozne omejitve

Če izvedemo koraka upravičenosti in optimizacije, bodo doze delavcev nizke in delo z viri varno. Seveda se lahko zgodi, da so v nekaterih dejavnostih, predvsem v jedrski industriji, delavci bolj izpostavljeni in njihove doze visoke. Da bi se tudi za take delavce zagotovilo ustrezno varstvo, je v zakonodaji, v Uredbi o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih<sup>1</sup>, predpisana največja doza, ki jo delavec lahko prejme pri delu z viri sevanja. V enem letu sme delavec pri delu z viri sevanj prejeti dozo 20 mSv. To je približno 10-krat več, kot znaša letna doza sevanja naravnega ozadja. Če bi delavec vseh 40 let delal z viri sevanj in vsako leto prejel dozo 20 mSv, bi bila verjetnost, da bo umrl zaradi raka, ki ga povzroči ta doza, 4-odstotna. Je to velika verjetnost? Za primerjavo naj povemo, da je že sicer verjetnost, da človek umre

zaradi rakavega obolenja, približno 25-odstotna.

Poleg doznih omejitev, ki jih predpisuje zakonodaja, obstajajo tudi strožje, operativne meje. Te so določene za točno določen vir sevanja in točno določeno dejavnost s tem virom sevanja. Primer je lahko dejavnost slikanja pljuč po zdravstvenih domovih v Sloveniji. V vseh zdravstvenih domovih izvajajo slikanje pljuč, morda uporabljajo celo enake rentgenske aparate. Doze, ki jih prejmejo delavci, pa so lahko zelo različne, tudi za nekajkrat, a so vse še vedno pod dozno omejitvijo 20 mSv. Kako v takem primeru izboljšati zaščito? Tako da se za dejavnost slikanja pljuč postavi tako imenovano operativno mejo. To je običajno največja doza, ki je še sprejemljiva za določeno dejavnost z virom sevanja. Za slikanje pljuč nikakor ni sprejemljivo, da bi kateri koli delavec prejel dozo 20 mSv, zato neodvisni pooblaščenec izvedenec na osnovi poznavanja vira in dejavnosti predlaga nižjo omejitev, ki jo pozneje v dovoljenju potrdi upravni organ, Uprava RS za varstvo pred sevanji. Operativne meje so običajno kar omejitve mesečne doze delavca. Glede na dejavnost znašajo 0,5 mSv, 1 mSv ali 1,6 mSv na mesec. Če delavec v enem mesecu preseže operativno mejo, mora prenehati z delom, obvestiti je treba Upravo RS za varstvo pred sevanji in poiskati razloge, zakaj je prišlo do preseganja operativne meje, in preprečiti nadaljnja obsevanja.



**Slika 4:** Osebna varovalna oprema, ki preprečuje kontaminacijo  
(Vir: Arhiv ZVD)

#### 4 Zaščita

Delavec bo pri delu z viri sevanja prejel dozo, za katero želimo, da bi bila kar najmanjša. To skušamo doseči s časom, razdaljo in uporabo zaščitnih sredstev.

Nekatera dela je treba izvesti v bližini vira sevanja in tedaj je čas edini faktor, ki vpliva na zmanjšanje doze. Zveza med dozo in časom izpostavitve je linearna: v dveh minutah izpostavljeni delavec prejme dvakrat večjo dozo kot v eni minuti. Nekatera dela, ki jih je treba izvajati v neposredni bližini vira sevanja, so operacije v medicini, kjer z uporabo RTG-sevanja zdravnik spremlja potek operacije, ali vzdrževalna dela v jedrski industriji na komponentah, ki so močno kontaminirane z radioaktivnimi snovmi.

Če se le da, skušamo dela v polju sevanj izvajati čim dlje od vira. Ve-

lja kvadratni zakon zmanjševanja doze od vira sevanja. Če razdaljo od vira povečamo z enega metra na dva, se doza zmanjša za štirikrat. Če razdaljo povečamo za trikrat, se doza zmanjša za devetkrat.

Mnogokrat upoštevanje časa in razdalje ni dovolj, da bi bila doza delavcev dovolj nizka, zato uporabljamo tudi ščite. Če zaščitimo prostor, v katerem je vir sevanja, tako da naredimo dovolj debele stene, vstavimo okna iz svinčene stekla in v vrata vložimo svinčeno folijo, preprečimo, da bi sevanje doseglo sosednje prostore in povzročilo dozo ljudem, ki so v teh prostorih. Zaščitni prostora rečemo strukturna zaščita. Poznamo pa tudi osebno zaščito oziroma osebna varovalna sredstva, ki jih uporabljajo delavci, ki morajo vstopati v prostore, v katerih je

več sevanja. Taki delavci si oblečejo svinčene plašče ali svinčene predpasnike, uporabljajo očala s svinčnimi stekli, svinčene rokavice itd. Vse to so sredstva, s katerimi zmanjšamo dozo zunanjega sevanja, to je sevanja, ki ga povzroča vir, ki je zunaj telesa. Nekateri delavci pa delajo z radioaktivnimi snovi, ki so v obliki tekočin, praškov ali plinov. Pri njih obstaja velika verjetnost, da bodo radioaktivno snov dobili na kožo ali jo vnesli v telo oziroma se kontaminirali. V tem primeru ne moremo narediti ničesar za zmanjšanje doze. Zato je zaščita pri delavcih, ki delajo z radioaktivnimi snovmi v obliki tekočin, praškov ali plinov, namenjena preprečevanju vnosa radioaktivnih snovi v telo. Odvisno od okolja, v katerem delajo, in količine radioaktivne snovi, delavci uporabljajo rokavice, halje, prevleke za čevlje, zaščitne pajace, zaščito dihalnih poti (plinske maske) itd. (slika 4).

#### 5 Doze delavcev v Sloveniji

Doze delavcev, ki delajo z viri sevanj v Sloveniji, so večinoma nizke. V tabeli (tabela 1) podajamo letne doze delavcev za leto 2013, za tiste delavce, za katere ZVD Zavod za varstvo pri delu izvaja osebno dozimetrijo.

Koda dejavnosti	Št. delavcev	Kolektivna doza (man mSv)	Povprečna doza (mSv)	Dejavnost (koda UNSCEAR)
DR	2460	220,1	0,09	Diagnostična radiologija (2000)
ZR	310	10,2	0,03	Stomatologija – zobni RTG (2200)
NM	140	68,9	0,49	Nuklearna medicina (2300)
IR	218	156,1	0,72	Industrijska radiografija (3200)
I	197	5,8	0,03	Industrija – ostalo (3700)
VET	80	10,6	0,13	Veterina (6200)
O	280	16,2	0,06	Ostalo (2500, 6100, 6300)
Skupaj	3685	487,9	0,13	

Število delavcev v posameznih doznih intervalih							
mSv	< 0,5	0,5–0,99	1,00–4,99	5,00–9,99	10,0–14,99	15,0–19,99	> 20
DR	2349	72	38	1	0	0	0
ZR	305	4	1	0	0	0	0
NM	91	18	31	0	0	0	0
IR	190	1	19	4	2	0	2
I	195	2	0	0	0	0	0
VET	74	1	5	0	0	0	0
O	268	7	5	0	0	0	0

Kolektivna doza po posameznih doznih intervalih (man mSv)							
mSv	< 0,5	0,5–0,99	1,00–4,99	5,00–9,99	10,0–14,99	15,0–19,99	> 20
DR	102,6	50,2	62,0	5,3	0,0	0,0	0,0
ZR	5,5	3,2	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0
NM	7,7	13,3	48,0	0,0	0,0	0,0	0,0
IR	3,0	0,9	102,2	28,2	21,8	0,0	53,0
I	4,7	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VET	1,7	0,5	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0
O	4,7	4,7	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela 1: Dozna statistika za leto 2013 (Vir: Baza ZVD)

Delavci so razdeljeni v več kategorij glede na to, s katerimi viri sevanja delajo. Leta 2013 je bila povprečna letna doza delavca 0,13 mSv, kar je 5 % letne doze naravnega ozadja v Sloveniji. Največ delavcev dela z rentgenskimi aparati v medicini, najbolj obre-

menjujoča dejavnost pa je industrijska radiografija, kjer delavec v povprečju prejme 6-krat večjo dozo, kot je sicer povprečna letna doza delavca v Sloveniji.

Leta 2013 je 9 delavcev prejelo dozo, večjo od 5 mSv, od tega sta dva presegla letno omejitvev 20

mSv. Preseganje letne omejitve je bilo posledica izrednega dogodka in ne rednega dela z viri sevanj.

## 6 Zaključek

Ionizirajoče sevanje uporabljamo na številnih področjih v medicini.

ni, industriji in pri raziskovanju. V Sloveniji z viri sevanj dela okoli 4500 delavcev, od tega največ, več kot 50 %, v medicini. Ker je ionizirajoče sevanje škodljivo, moramo delavce ustrezno varovati, da so njihove doze nizke in tveganje zaradi izpostavljenosti ionizirajočemu sevanju zanemarljivo. To dosežemo z upoštevanjem načel upravičenosti (ali je uporaba sevanja upravičena), optimizacije doze (doza delavca naj bo čim nižja ob izvedbi razumnih

ukrepov) in upoštevanjem doznih meja. Povprečna doza delavca leta 2013, za katerega je ZVD Zavod za varstvo pri delu izvajal osebno dozimetrijo, je bila 0,13 mSv, kar je približno 5 % naravnega ozadja v Sloveniji ali le 0,65 % letne dozne omejitve za izpostavljene delavce (20 mSv). Lahko rečemo, da so doze delavcev v Sloveniji nizke, raven varstva visoka, delavci in delodajalci pa poučeni in ozaveščeni o nevarnostih sevanja.

## 7 Literatura

1 Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih. Uradni list Republike Slovenije 2004, št. 49.

## OPTIČNO SEVANJE

in Uredba o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti umetnim optičnim sevanjem (Uradni list RS, št.: 34/2010)

### Ponujamo vam paket storitev za obvladovanje optičnega sevanja:

- ocena nevarnosti za posamezna delovna mesta, kjer so prisotni viri umetnih optičnih sevanj,
- izvedba meritev optičnega sevanja na delovnih mestih, kjer je to smiselno in potrebno,
- označevanja naprav z opozorilnimi znaki za nevarnost optičnega sevanja (SIST EN 12198),
- izdelava oz. revizija ocene tveganja na delovnem mestu z opredeljenim tveganjem zaradi prisotnosti umetnih optičnih sevanj,
- izvedba strokovnega usposabljanja za delavce, ki delajo na delovnih mestih v prisotnosti umetnih virov optičnega sevanja,
- preventivni in periodični zdravstveni pregledi za delavce, ki delajo v okolju s povečanim tveganjem.

### Kontaktne osebe:

**Tom Zickero** T: 01 585 51 63 M: 041 674 007  
**Andraž Tancek** T: 01 585 51 96 M: 051 671 809

E: tom.zickero@zvd.si  
 E: andraz.tancek@zvd.si

# ZVD

ZVD Zavod za varstvo pri delu d.d.

Chengdujska cesta 25  
 1260 Ljubljana Polje  
 T: 01 585 51 00  
 F: 01 585 51 01  
 W: www.zvd.si  
 E: info@zvd.si



**Z NAMI JE VARNEJE**