

# DARBA AIZSARDZĪBAS PRASĪBAS DARBĀ AR JONIZĒJOŠO STAROJUMU



## IEVADS

Cilvēki un citas dzīvās būtnes vienmēr ir bijušas pakļautas dažāda starojuma iedarbībai – daudzi no tiem ir mūsu ikdienas sastāvdaļa. Piemēram, lai redzētu, nepieciešama gaisma, kas ir elektromagnētisko viļņu spektra redzamā daļa, savukārt infrasarkanais starojums jeb sil-tums nodrošina mums nepieciešamo temperatūru. Tomēr dabā sastopami arī tādi starojumi, no kuriem cilvēkam jāuzmanās, piemēram, ultravioletā starojuma spektra viena daļa var radīt ādas apdegumus un izraisīt ādas vēzi. Plaši zināma arī jonizējošā starojuma kaitīgā iedarbība – gan tā, kas kā kosmiskā starojuma daļa sasniedz Zemi neitronu un gamma starojuma veidā, gan tā, ko uz Zemes jonizējošā starojuma alfa, beta un gamma radiācijas veidā izstaro zemē esošie radioaktīvie elementi (urāns, torijs, rādijs) vai kas nonāk gaisā un ūdenī no rādija un tā sabrukšanas produktiem. Arī paša cilvēka ķermenī var veidoties jonizējošais starojums, jo cilvēka organismā ir sastopams radioaktīvais kālijs. Šie dabiskie jonizējošā starojuma avoti līdz pat 19. gadsimta beigām bija vienīgie jonizējošā starojuma avoti, kuru ietekmei bija pakļauti cilvēki. Pēc tam, kad 1895. gadā Vilhelms Rentgens (*Wilhelm Röntgen*) atklāja rentgenstarus, bet 1896. gadā – Anri Bekerels (*Henri Becquerel*) – radioaktivitāti, abi šie atklājumi aizsāka mākslīgo (jeb cilvēku radīto) jonizējošā starojuma avotu izmantošanu.

Ja 20. gadsimta sākumā jonizējošo starojumu izmantoja tikai medicīniskajā diagnostikā un ļaundabīgo audzēju terapijā, tad gadsimta otrajā pusē notika kodolenerģijas attīstība. Cilvēces pieaugošais elektrības patēriņš licis pievērsties izdevīgam, bet nosacīti bīstamam enerģijas ieguves veidam – kodolenerģijai. Mūsdienās jonizējošā starojuma izmantošana ir ieņēmusi paliekošu vietu cilvēces attīstībā, un daudzās nozarēs tā nav aizvietoama. Arī nākotnes tehnikas un tehnoloģijas attīstība ir saistīta ar kodolprocesu un jonizējošā starojuma izmantošanu, jo kodolsintēzes radītā enerģija ir svarīgākais alternatīvās enerģijas avots nākotnē. Tomēr jonizējošā starojuma un radioaktivitātes izmantošana var būt bīstama dzīviem organismiem, jo apstarošana ar jonizējošo starojumu kaitē veselībai. Normālos apstākļos cilvēka saņemtās starojuma dozas ir ļoti mazas un tām nav klīniski novērojamas ietekmes uz audiem, tomēr iespējams, ka šī ietekme izpaudīsies vēlāk, izraisot vēzi. Zinātniskie pētījumi liecina, ka šādai starojuma radītai ietekmei nav dozas robežvērtības – jebkura apstarošana, lai cik vāja tā būtu, dzīves gaitā var kļūt par vēža cēloni. Tāpat izpētīts, ka vēlākas ietekmes izpausmes varbūtība ir proporcionāla dozas lielumam.

Darba vidē tas liek pievērst īpašu uzmanību nodarbināto aizsardzībai pret jonizējošo starojumu, balstoties uz trim – pamatojuma, optimizācijas un dozas ierobežošanas – principiem, kas ir aizsardzības sistēmas stūrakmeņi. Sistēmu jau pirms vairākām desmitgadēm izveidoja Starptautiskā preradiācijas aizsardzības komisija (*ICRP*). Šie principi kalpo par pamatu arī mūsdienās noteiktajām prasībām nodarbināto aizsardzībai pret jonizējošo starojumu.

*Šī materiāla mērķis ir informēt par to, kas ir radioaktivitāte un jonizējošais starojums, kā arī par to, kādas darba aizsardzības prasības jāievēro, ja darba vidē iespējama saskare ar jonizējošo starojumu.*

Šajā informatīvajā materiālā ietvertā informācija galvenokārt attiecas uz t. s. mākslīgo jonizējošo starojumu, jo tieši tas rada lielāko risku nodarbināto veselībai darbavietās, kā arī uz vienu no dabīgās radioaktivitātes veidiem – uz radona radīto jonizējošo starojumu.

## KAS IR RADIOAKTIVITĀTE UN JONIZĒJOŠAIS STAROJUMS?

Radioaktīvie elementi ir tādi elementi, kuriem ir raksturīgi nestabili atomi – to sabrukšanas procesā mainās arī elementu kodoli. Šādu elementu īpašību sauc par radioaktivitāti. Atomu sabrukšanas gaitā veidojas jauni elementi ar mazāku kodola masas skaitli, bet lielā enerģija izdalās siltuma un radioaktīvā jeb jonizējošā starojuma veidā. Radioaktīvais jeb jonizējošais starojums var izpausties dažādi (t. s. alfa, beta, gamma staru, kā arī rentgenstarojuma, neitronu un elektriski lādētu daļiņu plūsmas veidā). Iemesls, kāpēc šo starojumu mēdz saukt par jonizējošo starojumu, ir tas, ka, jebkurai elektriski lādētai daļiņai (arī rentgena un gamma starojuma radītajiem kvantiem) ienesot atomā lielu enerģijas impulsu, kāds no ārējās atoma orbītas elektroniem tiek izsviests ārpus atoma un tajā vairs neatgriežas. Šo parādību sauc par **jonizāciju**, un tā devusi visaptverošu terminu, kurā dēvē visus šos starojuma veidus.

Radioaktīvās sabrukšanas procesā izdalīto enerģiju mēra elektronvoltos (eV). Elektronvolts ir kinētiskās enerģijas daudzums, ko iegūst elektrons, pārvietojoties starp lauka punktiem, kuru potenciālu starpība ir viens volts. Kodolreakcijās elektronu un citu daļiņu enerģija parasti ir ļoti liela, tāpēc tās mērīšanai lieto tūkstoš reižu lielāku vienību – kiloelektronvoltage (keV) – vai miljons reižu lielāku vienību – megaelektronvoltage (MeV), kas atbilst  $1,6 \cdot 10^{-6}$  ergiem jeb  $3,8 \cdot 10^{-14}$  kalorijām, vai pat miljards reižu lielāku vienību – gigaelektronvoltage (GeV).

Lai varētu noteikt un salīdzināt dažādos procesos radušos radioaktīvo elementu aktīvitāti, tiek izmantotas speciālas mērvienības. Mērīšanas pamatā ir sakarība, ka sabrūkošo atomu skaits laika vienībā ir atkarīgs no kopējā nestabilo atomu skaita elementā attiecīgajā brīdī. Zinot laika vienībā sabrūkošo atomu skaitu elementā, var spriest par elementa radioaktivitāti jeb kopējo nestabilo atomu skaitu attiecīgajā brīdī.

Sākotnēji aktivitātes mērvienība bija **kirī** (Ci), ko reizēm joprojām lieto radioaktīvā starojuma avota aktivitātes mērīšanai. Viens kirī ir aktivitāte, kas rodas, ja vienā sekundē sabrūk  $3,7 \cdot 10^{10}$  atomu. Šāda radioaktivitāte ir līdzvērtīga radioaktīvajam starojumam, ko izraisa viens grams rādija ( $^{226}\text{Ra}$ ). Kopš 1960. gada pasaulē ieviesta Starptautiskā mērvienību sistēma (SI), aktivitātes mērvienība ir **bekerels** (Bq). Vienu bekerelu liela aktivitāte ir tādām radioaktīvā starojuma avotam, kurā vienā sekundē sabrūk viens atoms. Mērvienība nosaukta franču fiziķa Anrī Bekerela (1852–1908) vārdā. Latvijā praksē gan joprojām lieto gan SI, gan arī ārpussistēmas (CGS) mērvienības.

Otra praksē svarīga mērvienība, kas rāda radioaktīvās sabrukšanas ātrumu, ir **pussabrukšanas periods** ( $T_{1/2}$ ). Tas ir laiks, kurā radioaktīvā elementa kodolu skaits samazinās divas reizes. Dažādu radioaktīvo elementu pussabrukšanas periods var būt ļoti dažāds; piemēram, radonam ( $^{222}\text{Rn}$ ) tas ir 3,8 dienas, rādijam ( $^{226}\text{Ra}$ ) – 1622 gadi, bet urānam ( $^{238}\text{U}$ ) –  $4,5 \cdot 10^9$  gadi. Mēdz uzskatīt, ka radioaktīvais elements ir savu mūžu beidzis un pārvērties stabilā elementā, ja pagājuši 10 pussabrukšanas periodi, tomēr tas atkarīgs no sākotnējās aktivitātes. Jāatzīmē arī, ka visu radioaktīvo rindu sabrukšanas galarezultāts ir stabilie elementi svins vai bismuts.

Kā jau iepriekš minēts, sastopama gan dabiska, gan mākslīga – cilvēka radīta – radioaktīvā sabrukšana, kas rada jonizējošo starojumu. Šāds dalījums gan ir nosacīts, jo radioaktīvā sabrukšana kā fizikāls process dabiskas vai mākslīgas radioaktivitātes gadījumā neatšķiras. Dalījums vairāk atkarīgs no tā, kādas izcelsmes (dabiski vai mākslīgi radīti) ir radionuklīdi.

**Dabiska radioaktīvā sabrukšana**, kas rada jonizējošo starojumu, ir radioaktīvo elementu spontāna sabrukšana bez papildu enerģijas pievadišanas. Šāda veida radioaktīvā sabrukšana var radīt dažādu jonizējošo starojumu dažādās dozās.

Dabiskās radioaktivitātes piemēri:

- gamma starojums, ko izstaro augsne, ieži, klintis, celtniecības materiāli. Cilvēki tiek pakļauti šim apstarojumam gan iekšējās, gan ārējās, un vidējā saņemtā starojuma doza gadā ir 350  $\mu\text{Sv}$ ;
- kosmiskais starojums, ko rada no kosmosa nākošās daļiņu plūsmas (no Saules nākošās protonu, elektronu, neitronu u. c. daļiņu plūsmas), kā arī gamma un rentgena starojums. Tas var izspiesties cauri lidmašīnu korpusam un ēku sienām. Vidējais starojums gadā uz Zemes ir 260  $\mu\text{Sv}$ ;
- radioaktīvais starojums, ko cilvēks uzņem ar radioaktīvajām vielām, kas ir pārtikas produktos un dzērienos; vidēji gadā cilvēks šādā veidā saņem aptuveni 300  $\mu\text{Sv}$  lielu dozu;
- radona gāzes, kas izdalās no zemē esošā rādija. Ārējā vidē radons ātri izkliedējas, tāpēc tā līmenis ir zems, bet, ja ēka uzcelta uz radonu saturošas zemes (augšnes), koncentrācija iekšējās var būt augsta.

**Svarīgi atcerēties**, ka apmēram 70% no ikgadējās vidējās jonizējošā starojuma dozas iedzīvotājiem (un attiecīgi arī nodarbinātajiem) rada tieši dabiskās radiācijas avoti. Saņemtā starojuma doza ir atkarīga gan no augstuma virs jūras līmeņa (1,5 km augstumā virs jūras līmeņa saņemtā doza dubultojas), gan arī no dzīves vietas platuma grādiem – ziemeļos iedzīvotāji saņem lielāku kosmiskās radiācijas dozu nekā dienvidos dzīvojošie (piemēram, Skotijas iedzīvotāji saņem par 20% lielāku kosmiskā starojuma dozu nekā Grieķijas iedzīvotāji).

Savukārt **mākslīgā radioaktivitāte** ir saistīta ar mākslīgi radītām pārmaiņām atomu kodolos. Šīs kodolu pārvērtības sauc par kodolreakcijām. Pretēji ķīmiskajām reakcijām, kas notiek ar elektronu starpniecību, kodolreakcijās pārmaiņām pakļauts pats atoma kodols. Jonizējošais starojums, tāpat kā siltums, pavada jebkuru pārvērtību atoma kodolā.

Pēc radioaktīvā starojuma un tā izcelsmes veida, kā arī pēc dažām citām īpatnībām izdala piecus galvenos radioaktīvo kodolu sabrukšanas tipus:

- alfa sabrukšanu;
- beta sabrukšanu un beta+ sabrukšanu;
- elektronu satveršanu;
- izomērisko pāreju;
- spontāno kodolu dalīšanos.

Šie kodola sabrukšanas tipi dabā ne vienmēr ir krasi nošķirti un radioaktīvās sabrukšanas rezultātā var būt gan viens, gan vienlaicīgi arī vairāki starojuma veidi. Praksē to svarīgi zināt tāpēc, ka par potenciāli bīstamāko darba vidē tiek uzskatīts **gamma starojums**, kurš rodas izomēriskās pārejas rezultātā. Gamma starojums pēc savas būtības ir elektromagnētiskie viļņi, kas izplatās vidē elektromagnētisko kvantu vai fotonu veidā. To bīstamība ir saistīta ar to, ka šī starojuma caurspiešanās spēja ir daudz lielāka nekā citiem starojuma veidiem. Gamma starojums rodas arī alfa vai beta sabrukšanas rezultātā, jo liekā enerģija izdalās tieši kā gamma starojums. Tieši gamma starojums arī būtu saucams par “starojumu”, tomēr labākas

uzskatāmības dēļ arī alfa un beta radioaktīvās sabrukšanas tipus apzīmē par starojumiem. Praksē gamma starojums tiek izmantots galvenokārt medicīnā. Tas ir scintigrāfijas metodes pamatā, kad pacienta ķermenī tiek ievadīta radioaktīva viela, bet speciāla kamera uztver no pacienta nākošo radioaktīvo gamma starojumu, pārvēršot to attēlā.

Runājot par jonizējošo starojumu, noteikti jāpiemin arī **rentgena starojums** (angļu literatūrā un praksē reizēm saukts arī par “X” starojumu). Tas tiek ļoti plaši izmantots medicīnā dažādu diagnostisku manipulāciju veikšanai. Arī rentgena starojums ir elektromagnētiskais starojums (ar viļņu garumu robežās no 10 nm līdz 100 pm). Atšķirībā no gamma stariem, rentgena stariem ir zemāka enerģija. Turklāt rentgena starojuma iegūšana notiek mākslīgi – ierosinot elektronu pārvietošanos un tad tos bremzējot vielā vai elektromagnētiskajā laukā. Tātad rentgena starojums, atšķirībā no citiem jonizējošā starojuma veidiem, kurus izraisa radioaktīvie elementi (radionuklīdi), beidzas, izslēdzot rentgena iekārtu. Šo īpašību dēļ rentgena starojumu dēvē arī par neizotopisko jonizējošo starojumu, t. i., tādu, kuru neizraisa radionuklīdi.

Medicīniskās diagnostikas pamatā ir rentgena starojuma spēja izraisīt fotofilmas nomelņēšanu; ņemot vērā to, ka dažādi audi atšķirīgi absorbē starojumu, uz fotofilmas veidojas attēls, kuru var izmantot diagnostikai. Mūsdienās rentgena iekārtas, kurās tiek izmantotas fotofilmas, izmanto arvien retāk un retāk, jo tās aizstāj elektroniskas starojuma fiksācijas iekārtas, kas ļauj samazināt izmantotā starojuma daudzumu (tātad – samazināt dozu, kuru saņem pacients), kā arī paātrināt datu apstrādi.

**Svarīgi atcerēties**, ka jonizējošajam starojumam piemērotais enerģijas daudzums ir lielāks par 100 eV. Visi pārējie starojuma veidi tiek saukti par nejonizējošiem (tā, piemēram, redzamā gaisma ir nejonizējošs starojums, jo tai piemērošā enerģija ir mazāka par 100 eV).

## JONIZĒJOŠĀ STAROJUMA IEDARBĪBAS UN DOZAS RAKSTUROJUMS

Saņemtā starojuma daudzumu var novērtēt pēc tā jonizācijas efekta un apstarotajai videi atdotās enerģijas. Jonizējošā starojuma avotu raksturo tā **aktivitāte** un **apstarošanas doza**, ko saņem viela (ķermenis), uz kuru krit starojums. Radioaktivitātes SI sistēmas vienība ir **bekerels (Bq)**. Vienu bekerelu liela aktivitāte ir tādām radioaktīvā izotopa avotam, kurā ik sekundi sabrūk viens atoms. Šo radioaktivitātes mērvienību izmanto radioaktīvā piesārņojuma noteikšanai.

Jāatceras, ka jonizējošā starojuma iedarbības raksturošanai paralēli tiek lietotas vairākas mērvienības un termini. No darba aizsardzības speciālistu viedokļa svarīgākais termins ir **doza**. (Jāatzīmē, ka literāri pareizāks termins būtu “deva”, bet, tā kā normatīvajos dokumentos tiek lietots termins “doza”, skaidrības labad to lietojam arī šajā materiālā.) Doza ir enerģijas daudzums, kas absorbēts cilvēka vai vides punktā uz masas vienību. Dozas mērījumu vienība ir **grejs (Gy)**, kas atbilst vienam džoulam uz vienu kilogramu (J/kg).

**Ekspozīcijas (apstarojuma) doza  $D_{\text{eks}}$** . SI sistēmā ekspozīcijas dozas mērvienība ir kulons uz kilogramu (C/kg), bet novecojusi ārpussistēmas mērvienība ir rentgens (R), turklāt šo dozu attiecina tikai uz rentgena vai gamma starojumu.  $D_{\text{eks}}$  lieto, lai izvērtētu dozas lauka sadalījumu dažādos attālumos no starotāja avota.

Fotonu un dažādu korpuskulāro starojumu bioloģiskais efekts ir atšķirīgs, jo abiem starojumu veidiem ir ļoti atšķirīgs jonizācijas blīvums un enerģija. Šo efektu novērtē ar bezdimensionālu koeficientu – **kvalitātes faktoru Q** jeb KF, kas parāda, cik reīzu jonizējošais

starojums ir bioloģiski efektīvāks par fotonu (visas enerģijas) starojumu. Rentgenstarojumam un gamma starojumam, elektroniem  $Q = 1$ , bet piemēram, alfa starojumam, smagajiem kodoliem  $Q = 20$ , protoniem  $Q = 5$ , bet neitronu  $Q = 5$  līdz 20 atkarībā no to enerģijas.

**Absorbētā doza** ir enerģija, ko noteikts radiācijas tips (R) atdod apstarotā materiāla masas vienībai, un to apzīmē ar  $D_{T,R}$ . Absorbētās dozas mērvienību sauc par greju (Gy), kas atbilst vienam džoulam uz kilogramu ( $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$ ). (Praksē iepriekš lietotā mērvienība bija rads (rad);  $1 \text{ rad} = 0,01 \text{ Gy}$ .)

**Ekvivalentā doza** ir absorbētā doza kādā atsevišķā orgānā vai audos atbilstoši jonizējošā starojuma veidam (R) un enerģijas diapazonam. Kad apstarotā vide ir orgāns vai bioloģiskie (piemēram, cilvēka) audi (T), ir interesanti iegūt vidējās absorbētās dozas vērtību, ko apzīmē ar  $D_{T,R}$ . Ekvivalentās dozas mērvienība ir ziverts (Sv), kas atbilst vienam džoulam uz kilogramu ( $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$ ).

Ekvivalento dozu aprēķina, izmantojot formulu:

$$H_{T,R} = w_R \times D_{T,R}$$

kur  $D_{T,R}$  – attiecīgā veida jonizējošā starojuma (R) radītā absorbētā doza bioloģiskā materiālā (T);

$w_R$  – attiecīgā veida jonizējošā starojuma (R) ietekmes faktors attiecīgajam enerģijas diapazonam.

**Efektīvā doza** (E) ir visu ķermeņa audu un orgānu ārējās un iekšējās apstarošanas ekvivalento dozu summa, ņemot vērā jonizējošā starojuma ietekmes faktoru uz audiem.

Efektīvo dozu (E) aprēķina, izmantojot šādu formulu:

$$E = H_T \times w_T$$

kur  $H_T$  – audos vai orgānā T absorbētā ekvivalentā doza;

$w_T$  – audu ietekmes faktors audiem vai orgānam T.

Efektīvās dozas maksimāli pieļaujamo lielumu sauc par **pamatlimitu**. No normatīvo aktu viedokļa uzmanība jāpievērš arī pakārtotajiem limitiem. **Pakārtotie limiti** rāda maksimāli pieļaujamo ekvivalento dozu atsevišķām ķermeņa daļām, piemēram, acs lēcai vai viena kvadrātcimetra lielai ādas virsmai (sk. 1. tabulu).

1. tabula. JONIZĒJOŠĀ STAROJUMA DOZU LIMITI IEDZĪVOTĀJIEM UN NODARBINĀTAJIEM, KAS DARBA VIDĒ IR PAKĻAUTI JONIZĒJOŠĀ STAROJUMA IEDARBĪBAI

Dozas limits	Iedzīvotājiem (mSv/gadā)	Nodarbinātajiem (mSv/gadā)	Mācekļiem vai studentiem (mSv/gadā)
Efektīvās dozas pamatlimits	1	20	6
Ekvivalentā doza acs lēcai	15	150	50
Ekvivalentā doza jebkurai 1 cm <sup>2</sup> lielai ādas virsmai	50	500	150
Ekvivalentā doza plaukstām, apakšdelmiem, pēdām un potītēm	50	500	150

Vienas un tās pašas absorbētās dozas vērtības radītais efekts atkarībā no tā, vai radiācijas doza saņemta ilgākā vai īsākā laika periodā, atšķiras no momentāni saņemtās dozas efekta. Lai būtu iespējams salīdzināt, nepieciešams atsaukties uz vienādiem laika periodiem, kuru salīdzināšanai izmanto t. s. **absorbētās dozas jaudas** ( $P$ ) jēdzienu, ko definē kā absorbēto dozu uz laika vienību ( $P = D/t$ ; šo lielumu var izteikt arī kā  $R/h$ ,  $Gy/h$  vai  $Gy/s$ ,  $mSv/s$  u. tml.).

### Piemērs saņemtā jonizējošā starojuma dozas aprēķināšanai

Nodarbinātais saņem absorbēto dozu: 0,1 Gy plaušām no ielopotajām  $\alpha$  (alfa) daļiņām, 0,5 Gy ādai no ārējās  $\beta$  (beta) radiācijas un 0,2 Gy visam ķermenim no ārējās  $\gamma$  (gamma) radiācijas.

Kāda ir nodarbinātā saņemtā efektīvā doza?

- No  $\alpha$  daļiņām saņemtā ekvivalentā doza ir  $20 \times 0,1 = 2$  Sv
- No  $\beta$  radiācijas saņemtā ekvivalentā doza ir  $1 \times 0,5 = 0,5$  Sv
- No  $\gamma$  radiācijas saņemtā ekvivalentā doza ir  $1 \times 0,2 = 0,2$  Sv

Efektīvā doza ir visu audu un orgānu koriģēto ekvivalento dozu summa.

Aprēķins:

$$\text{Plaušas } 0,12 \times 2 \text{ Sv} = 0,24 \text{ Sv}$$

$$\text{Āda } 0,01 \times 0,5 \text{ Sv} = 0,05 \text{ Sv}$$

$$\text{Viss ķermenis } 1 \times 0,2 \text{ Sv} = 0,2 \text{ Sv}$$

$$\text{Summa} = 0,49 \text{ Sv}$$

Atbilde: saņemtā efektīvā doza ir 0,49 Sv.

*Piezīme: Efektīvajai dozai, ko rada ārējā  $\gamma$  radiācija visam ķermenim, ir tāda pati skaitliskā vērtība kā absorbētajai dozai un ekvivalentajai dozai, jo gan radiācijas, gan audu ietekmes faktoru vērtība ir 1 (viens).*

**Kolektīvā doza** rāda iedzīvotāju vai nodarbināto grupas kopējo apstarojuma dozu, un to izsaka cilvēkzīvertos (cv-Sv jeb man-Sv). Šo dozu aprēķina vienam gadam, summējot iekšējā un ārējā starojuma dozas, kuras konkrētā nodarbināto grupa ir saņēmusi šajā laika vienībā.

### JONIZĒJOŠĀ STAROJUMA MĒRĪŠANA (DOZIMETRIJA)

Lai novērtētu jonizējošā starojuma ietekmi uz nodarbināto veselību, tas jāizmēra; šo procesu tad arī sauc par dozimetriju – jonizējošā starojuma kvalitatīvu un kvantitatīvu reģistrēšanu. Dozimetrija var būt gan t. s. **kvalitatīvā dozimetrija** – korpuskulārā vai viļņveida starojuma veidu un to enerģētisko spektru noteikšana, gan arī **kvantitatīvā dozimetrija** – starojuma dozas (daudzuma) noteikšana.

Dozimetrijas princips balstīts uz jonizējošā starojuma un apkārtējās vides mijiedarbības efektu reģistrēšanu. Nedzīvajā matērijā šie efekti parasti ir **fizikāli** un **ķīmiski**, bet jonizējošā starojuma iedarbībai cilvēka audos ir trīs cits citam sekojoši pamatposmi:

- 1) fizikālais (atomu ierosinājums, jonizācija);
- 2) ķīmiskais (red/oks reakcijas);
- 3) bioloģiskais (ķīmiski agresīvu starojumu iedarbība uz biostruktūrām un sistēmām).

Jonizējošā starojuma reģistrācijai izmanto virkni metožu:

1) **fizikālās** metodes:

- jonizācijas (arī gāzes izlādes);
- scintilācijas (luminiscences);
- termoluminiscences;
- pusvadītāju;
- kalorimetriskās;

2) **ķīmiskās** metodes:

- fotogrāfijas;
- ķīmisko sistēmu izmantošanas metodes;

3) **bioloģiskās** metodes:

- funkcionāli morfoloģisko un histoķīmisko pārmaiņu noteikšana audos;
- hromosomu aberāciju skaita noteikšana audos (parasti sarkanajās kaulu smadzenēs).

Patlaban Latvijā galvenokārt tiek izmantoti termoluminiscentie dozimetri, ko parasti lieto kā individuālos dozimetrus jonizējošā starojuma absorbētās vai ekspozīcijas dozas noteikšanai visam ķermenim vai lokālām ķermeņa daļām. Šobrīd lietojamie termoluminiscentie dozimetri ir tablešu veida dozimetri, kuros kā aktīvā viela tiek izmantots litija fluorīds.

## **JONIZĒJOŠĀ STAROJUMA IETEKME UZ VESELĪBU**

Jonizējošais starojums ietekmē katru no mums, jo pasaulē vidēji katrs cilvēks gadā saņem apmēram 2,4 mSv apstarojuma dozu no kosmiskā, Saules starojuma, un radionuklīdiem dabā un paša organismā. Atsevišķos gadījumos šī starojuma doza var būt augstāka (piemēram, dzīvojot augstkalnu apstākļos, bieži lidojot u. tml.) vai arī zemāka (piemēram, dzīvojot Latvijā), tomēr no šī starojuma izvairīties praktiski nav iespējams. Savukārt darba vidē saņemto jonizējošā starojuma dozu var ietekmēt, lai tas pēc iespējas mazāk iespaidotu nodarbināto veselību.

Jonizējošā starojuma bioloģiskās iedarbības diapazons ir visai plašs – no gandrīz nekaitīgas līdz nāvējošai.

Jonizējošā starojuma izraisītie bojājumi iedalāmi divās lielās grupās – stohastiskos un nestohastiskos bojājumos.

**Stohastiskie bojājumi** jeb pārmaiņas apstarotajos audos rodas pēc nelielām apstarojuma devām, kad no starojuma cieš tikai dažas audu šūnas vai to daļas. Stohastiskajiem bojājumiem nav robežvērtības. Bojājumu rašanās varbūtība ir atkarīga no apstarojuma dozas, bet bojājumu pakāpe ar dozas lielumu nav saistīta. Tas izskaidrojams ar jebkuras bioloģiskās sistēmas daudzajiem determinējošajiem faktoriem, kuru ietekmes dēļ sākotnējais nelielais radiācijas izraisītais bojājums var gan pastiprināties, gan samazināties atkarībā no šūnas un ārējās vides stāvokļa. Piemēram, hromosomu aberāciju skaits šūnā ir atkarīgs no dozas, bet šūnas turpmākais liktenis – no ārējās vides faktoriem. Par stohastiskiem bojājumiem uzskata kancerogēnas, ģenētiskas un citas strukturālas pārmaiņas šūnā.

**Nestohastiskie bojājumi** rodas pēc organisma vai audu apstarošanas ar lielākām jonizējošā starojuma dozām. Bojāto šūnu skaits šajā gadījumā ir liels, un organisma reparācijas sistēmas šos bojājumus novērš nespēj. Nestohastisko bojājumu rašanās varbūtība un to smaguma pakāpe ir atkarīga no starojuma dozas. Nestohastiskie bojājumi ir viegli un



neklūdīgi konstatējami un tiem ir noteiktas robežvērtības. Ja starojums ir mazāks par tām, tas bojājumus nerada. Starojuma dozai palielinoties virs noteiktās drošās dozas robežas, starojuma efekts krasi palielinās. Nestohastiskie bojājumi ir, piemēram, katarakta, asinsrades sistēmas atrofija, neauglība.

Tomēr jāatzīst, ka, lai arī **jonizējošā starojuma iedarbība** ir ļoti daudz pētīta, starojuma bioloģiskajā iedarbībā uz organismu vēl ir daudz neskaidrību. Jonizējošā starojuma iedarbību pretrunīgāku padara tas, ka cilvēka organisms var tikt pakļauts gan ārējam, gan iekšējam jonizējošajam starojumam.

Jonizējošā starojuma iedarbība uz cilvēka organismu norisinās trīs posmos.

**Primārā iedarbība** ir saistīta ar to, ka jonizējošā starojuma enerģija ir lielāka par molekulu un atomu iekšējo saišu enerģiju, tāpēc starojuma daļiņas, nokļūstot molekulās, pārrauj vājākās saites un izraisa molekulu jonizāciju. Rodas brīvie radikāļi, un sākas radioķīmiskas pārvērtības. Visu šo procesu rezultātā var rasties gēnu un hromosomu mutācijas.

**Ietekme uz šūnām**, kuru rada brīvo radikāļu un dažādu molekulu mijiedarbības ietekmē radušies peroksīdi un intensīvi noritošās oksidācijas reakcijas. Šī posma laikā novērojamas daudzveidīgas hromosomu aberācijas (pārrāvumi, fragmentācija u. c.), kas maina šūnas ģenētisko informāciju, kavē DNS un specifisko olbaltumu sintēzi, traucē vielmaiņas procesus. Starojums var izraisīt šūnas bojāeju vai arī kavēt tās dalīšanās procesu, un šūnas laika gaitā var transformēties ļaundabīgā audzēja šūnās. Ja jonizējošā starojuma doza ir liela, šūnas iet bojā.

Savukārt starojuma **ietekme uz organismu** ir ilgtermiņa process, tā ir atkarīga no starojuma dozas, jo pastāv attiecīgi dozu intervāli, kuros bioloģiskais efekts mainās tikai kvantitatīvi.

Tas dod iespēju cilvēkiem nozīmīgās apstarojuma dozas grupēt četrās lielās grupās:

- 1) ļoti lielas apstarojuma dozas – vairāk nekā 20 Gy;
- 2) lielas apstarojuma dozas – 6–20 Gy;
- 3) vidējas apstarojuma dozas – 1–6 Gy;
- 4) mazas apstarojuma dozas – mazāk nekā 1 Gy.

Katrai no šīm dozu grupām ir tai raksturīgi bioloģisko bojājumu kompleksi un bioloģiskās reakcijas laiks. Ļoti lielas un lielas apstarojuma dozas izraisa noteiktus starojuma sindromus, kuru dēļ organisms īsā laikā iet bojā. Vidējas apstarojuma dozas rada akūtu vai hronisku staru slimību, bet mazas apstarojuma dozas iedarbojas tikai uz jutīgākajām organisma sistēmām un bieži ir organisma vēlino pārmaiņu cēlonis. Katras apstarojuma dozas svarīgākie efekti atspoguļoti 2. tabulā.

No darba aizsardzības speciālista viedokļa svarīgākie simptomi ir t. s. lokālā starojuma sekas vai jonizējošā starojuma iedarbība uz acīm, jo tieši šie ir simptomi, kuri, visticamāk, iespējami gadījumos, kad notikusi apstarošanās darba vietā.

Lokālus ādas apdegumus var radīt rentgenstaru, neitronu vai citu daļiņu starojuma iedarbība. Jonizējošā starojuma izraisīto ādas apdegumu simptomi attīstās lēnāk nekā termālo apdegumu simptomi, tāpēc cietušais var nezināt par jonizējošā starojuma iedarbību kā apdegumu izraisīto faktoru. Darba vietās biežāk iespējamā doza varētu radīt ādas apsārtumu – eritēmu (pirmās pakāpes apdegumu – gadījumos, kad starojuma doza ir 4–6 Gy) vai transepidermālu apdegumu (otrās pakāpes apdegumu – gadījumos, kad starojuma doza ir 10–20 Gy).

Jāatceras, ka acīm nav dabisku anatomisko barjeru, tāpēc nelaiemes gadījumos, kas saistīti ar jonizējošo starojumu, var rasties dažāda acu patoloģija – sākot no plakstiņu apsārtuma līdz pat tūskai, radzenes iekaisumam un keratītam.

## 2. tabula. KLĪNISKĀS PARĀDĪBAS PĒC DAŽĀDĀM APSTAROJUMA DOZĀM

Klīniskās parādības	Doza (Gy)				
	1–2	2–6	6–10	10–20	> 20
Vemšana	5–35%	100%	100%	100%	100%
Galvenais bojātais orgāns	Asinsrades sistēma	Kuņģa un zarnu trakts	CNS		
Pirmās reakcijas parādīšanās laiks	Pēc 3 stundām	Pēc 2 stundām	Pēc 1 stundas	Pēc 30 minūtēm	
Raksturīgie simptomi	Leikopēnija	Izteikta leikopēnija, hemorāģijas, epilācija	Caureja, augsta temperatūra	Krampji, ataksija	
Kritisko pārmaiņu laiks	—	4–6 nedēļas	5–14 dienas	1–48 stundas	
Prognoze	Labvēlīga	Neskaidra	Slikta	Bezcerīga	Bezcerīga
Izveļošanās laiks	Dažas nedēļas	1–12 mēneši	Ļoti ilgi	—	—
Letalitāte	0%	~ 40%	~ 90%	100 %	100%
Nāves iestāšanās laiks	—	Pēc 3–8 nedēļām	Pēc 2 nedēļām	Pēc 2 dienām	
Nāves cēlonis	—	Hemorāģijas	Kuņģa un zarnu trakta un CNS sindroms		

### KĀDĀS DARBA VIETĀS VAR BŪT JONIZĒJOŠAIS STAROJUMS?

Lielāko risku nodarbināto veselībai var radīt mākslīgais jonizējošais starojums. Protams, darba aizsardzības speciālistiem ir jāņem vērā arī atsevišķi dabiskā starojuma avoti, ja to ietekme uz nodarbināto veselību var būt būtiska, piemēram, radona ietekme atsevišķās darba vietās.

Svarīgākās nodarbināto grupas, kas var tikt pakļautas jonizējošajam starojumam, ir:

- kodolrūpniecībā (kodoldegvielas ražošanā un pārstrādē, enerģijas ražošanā atom-elektrostacijās u. c.) nodarbinātie;
- veselības un sociālajā aprūpē nodarbinātie (rentgenologi, radiologi, stomatologi u. c.);
- veterinārajā medicīnā nodarbinātie;
- zinātnē nodarbinātie;
- rūpniecībā (radioaktīvo medikamentu ražošanā, transportēšanā u. c.) nodarbinātie;
- nodarbinātie, kuri izmanto jonizējošo starojumu dažādu specifisku operāciju veikšanai, piemēram, kvalitātes kontrolei, materiālu sastāva vai kvalitātes noteikšanai u. c.;
- citi nodarbinātie, kas nepieder nevienai no iepriekšējām grupām, piemēram, muižā, policijā, lidostā u. c. strādājošie.

Visumā Latvijā nav daudz darba vietu, kurās nodarbinātie saskaras ar jonizējošo starojumu, tā lietošana vairāk ir sporādiska. Latvijā ir tikai divi lielaudas jonizējošā starojuma avoti – elektronu paātrinātājs un eksperimentālā radioaktīvā kobalta (<sup>60</sup>Co) iekārta. Toties ievērojami plašāk izplatītas ir rentgendiagnostikas (tai skaitā datortomogrāfijas) un scintigrāfijas iekārtas.

Vērtējot proporcionāli, pieejamie dati liecina, ka no tiem nodarbinātajiem, kas reģistrēti kā jonizējošajam starojumam pakļauti, 61% strādā medicīnā (t. sk. 41% – medicīniskajā diagnostikā, 19% – zobārstniecībā un 1% – terapijā), 15% – zinātnē, 11% – rūpniecībā un 13% – dažādās citās darba vietās.

No darba drošības viedokļa jāatceras, ka rentgena starojums ir neizotopisks jonizējošais starojums – tā kā starojumu neizraisa radioaktīvo elementu sabrukšana, to iespējams kontrolēt, izslēdzot to ģenerējošo iekārtu.

## **DARBA AIZSARDZĪBAS PRASĪBAS DARBĀ AR JONIZĒJOŠO STAROJUMU**

Ņemot vērā jonizējošā starojuma iedarbības potenciālo bīstamību un jonizējošā starojuma kā darba vides riska faktora īpatnības (atšķirībā no trokšņa vai vibrācijas, tas nav redzams vai sajūtam), ir noteikta virkne ar darba aizsardzību saistītu prasību darba vietās, kurās ir iespējama nodarbināto saskare ar jonizējošo starojumu.

Darba aizsardzības prasības darbā ar jonizējošo starojumu Latvijā ir noteiktas, balstoties uz vairākām starptautiskām rekomendācijām un Eiropas Savienības (ES) direktīvām (sk. literatūras un normatīvo dokumentu sarakstu materiāla beigās). Jāatzīmē, ka materiāla sagatavošanas brīdī ES notiek darbs pie jaunas direktīvas “*Direktīva, ar ko nosaka drošības pamatstandartus aizsardzībai pret jonizējošā starojuma radītajiem draudiem*” projekta, kas apvienos vairāku līdz šim spēkā esošo direktīvu projektus.

Vēl viena svarīga atšķirība starp jonizējošo starojumu un vairumu citu darba vides riska faktoru ir tā spēja turpināt savu iedarbību arī ārpus tiešās darba vietas, tāpēc dažādas drošības prasības attiecībā uz jonizējošā starojuma avotiem ir noteiktas visam tā “dzīves ciklam” – gan tā iepakojšanai, marķēšanai, transportēšanai, reģistrēšanai u. tml. Īpaša uzmanība tiek veltīta arī nodarbināto veselības stāvokļa uzraudzībai (monitoringam), jo, kā iepriekš minēts, daudzi no jonizējošā starojuma iedarbības riskiem ir ilgtermiņa un grūti pamanāmi.

Raugoties tieši no darba aizsardzības speciālista un darba vides riska novērtējuma viedokļa, svarīgākais darba vides riska novērtējuma laikā ir:

- konstatēt, vai šāda veida bīstamība vispār pastāv vai ir iespējama;
- noteikt, kāda ir reālā vai iespējamā jonizējošā starojuma doza, kurai ir vai var tikt pakļauti nodarbinātie;
- novērtēt, vai esošie darba aizsardzības pasākumi, t. sk. darba organizācija, kā arī monitoringa un kontroles pasākumi attiecībā uz nodarbināto veselību, ir efektīvi;
- sagatavot pārdomātus un efektīvus preventīvos pasākumus darba vides riska novēršanai vai samazināšanai.

Vispārējās prasības (materiāla gatavošanas brīdī) drošībai, saskaroties ar jonizējošo starojumu, ir noteiktas likumā “Par radiācijas drošību un kodoldrošību” (pieņemts 07.11.2000.) un tam pakļautajos normatīvajos dokumentos. Pilns normatīvo aktu saraksts radiācijas drošības un kodoldrošības jomā ir pieejams Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrijas tīmekļa vietnē: <http://www.varam.gov.lv>.

## **JONIZĒJOŠĀ STAROJUMA IESPĒJAMĪBAS NOTEIKŠANA DARBA VIETĀS**

Normatīvo dokumentu prasības nosaka, ka jebkuram jonizējošā starojuma avotam (JSA) un darbībām ar to (t. sk. darba vietās) ir jābūt reģistrētām noteiktā kārtībā. Darbības ar JSA ir ne tikai JSA ražošana, transportēšana, iegāde, izmantošana, pārdošana, bet arī remontēšana un glabāšana, piemēram, demontētas rentgena iekārtas uzglabāšana.

Jāatceras, ka ekspozīcijas risks nodarbinātajiem var rasties, gan nokļūstot tiešā kontaktā ar jonizējošā starojuma avotu, gan arī ieelpojot ar radioaktīviem putekļiem piesārņotu gaisu, uzņemot caur gremošanas sistēmu vai arī caur ādu (piemēram, caur kādu brūci). Ekspozīcija var būt gan akūta (piemēram, nepareizi organizēta darba procesa vai avārijas laikā), gan arī hroniska.

Darbībām ar jonizējošā starojuma avotiem jāsaņem speciāla atļauja (licence) vai atļauja. Par attiecīgās atļaujas īpašnieku var būt gan fiziska, gan juridiska persona (operators). Šo atļauju (licenci) vai atļauju katrā valstī izdod speciāla institūcija, kuras kompetencē ir radiācijas drošības un kodoldrošības valsts uzraudzība un kontrole. Latvijā šāda institūcija ir Valsts vides dienesta Radiācijas drošības centrs (RDC).

## **JONIZĒJOŠĀ STAROJUMA DOZAS NOTEIKŠANA**

Darba vides riska novērtēšanai būtiskākais ir informācija par nodarbinātā reāli saņemto jonizējošā starojuma dozu. Veicot jebkurus darbus ar JSA, operatora pienākums ir veikt nodarbināto apstarošanas kontroli ar individuālās dozimetrijas palīdzību, kā arī saņemto jonizējošā starojuma dozu aprēķināšanu noteiktam laikposmam. Operatora pienākums ir nodrošināt, lai kontrolētajā zonā neviens nodarbinātais neatrastos bez individuālā dozimetra.

Svarīgākais no darba aizsardzības viedokļa ir nepieļaut efektīvās dozas limita pārsniegšanu – tā ir noteikta 20 mSv gadā. Papildus šim pamatlimitam ir noteikti arī šādi pakārtotie limiti:

- pieļaujamā ekvivalentā doza acs lēcai ir 150 mSv;
- pieļaujamā ekvivalentā doza 1 cm<sup>2</sup> lielai ādas virsmai ir 500 mSv;
- pieļaujamā ekvivalentā doza plaukstām, apakšdelmiem, pēdām un potītēm ir 500 mSv.

Atsevišķos gadījumos ir pieļaujama t. s. īpaši sankcionētā apstarošana – tā var notikt gan plānoti (piemēram, īslaicīgu, specifisku darbību veikšanai), gan avārijas situācijās.

## **SVARĪGĀKIE DARBA AIZSARDZĪBAS PASĀKUMI DARBA VIETĀS**

### **Darba ar JSA organizēšana**

Saskaņā ar normatīvo dokumentu prasībām, jebkuri darbi ar JSA ir jāveda speciāli norīkotam darba vadītājam ar atbilstošu kvalifikāciju. Darba vadītāja atbildība ir nodrošināt radiācijas drošības prasību ievērošanu kontrolētajā zonā, nodarīnāto informēšanu par drošām darba metodēm un radiācijas drošības un kodoldrošības kvalitātes nodrošināšanas programmas prasībām, kā arī rīcību ārkārtas situācijās.

Vēl viena svarīga prasība drošai darba organizēšanai ir atbilstošas kvalifikācijas radiācijas drošības eksperta iesaiste, lai novērtētu jonizējošā starojuma dozas, radiācijas drošību, kodoldrošību, kā arī lai veiktu nepieciešamos mērījumus.

Svarīgākais dokuments, kuram jābūt katrā darba vietā, kur iespējama saskare ar jonizējošo starojumu, ir t. s. radiācijas drošības un kodoldrošības kvalitātes nodrošināšanas programma jonizējošā starojuma avota testēšanai, lietošanai, uzglabāšanai un pārbaudei.

## Drošības zonu noteikšana

Visas darba telpas un vietas, kurās notiek darbs ar JSA, ir jāierobežo un jāapzīmē, skaidri norādot, ka iespējama saskare ar jonizējošo starojumu. Atbilstoši noteikumu prasībām ir noteiktas divas pamata zonas atbilstoši iespējamai starojuma dozi:

- 1) **kontroles zona** – teritorija operatora kontrolētajā zonā, kurā jonizējošā starojuma doza var pārsniegt 2 mSv gadā;
- 2) **pārraudzības zona** – teritorija ārpus kontroles zonas, kurā jonizējošā starojuma doza var pārsniegt efektīvās dozas pamatlimitu 1 mSv/gadā.

Kontroles zona ir paredzēta, lai kontrolētu apstarošanu, novērstu radioaktīvo piesārņojumu un novērstu vai ierobežotu paredzamo apstarošanu, savukārt pārraudzības zonā kontrolē radioaktīvo piesārņojumu un jonizējošo starojumu, lai novērtētu kvalitātes nodrošināšanas programmas efektivitāti un paredzamo apstarošanu radiācijas avārijas gadījumā.

Ja nepieciešams, operators kontroles zonā var izveidot vairākas apakšzonas, papildus norādot, piemēram, augstas vai ļoti augstas radiācijas teritorijas.

Vietu kontroles zonā, kur lieto vai glabā radioaktīvo materiālu, marķē ar atbilstošu darba drošības zīmi – t. s. radiācijas brīdinājuma zīmi (radiācijas simbols un vārds “Radioaktīva viela vai jonizējošs starojums”).



*Brīdinājuma zīme “Radioaktīva viela vai jonizējošs starojums”*

## Svarīgākās prasības darba telpām, kurās tiek veikts darbs ar JSA

Darbā ar JSA ir jāievēro virkne vispārīgu prasību attiecībā uz telpu iekārtošanu un darba vietu nodrošināšanu. Konkrētas un specifiskas prasības darba telpu un darba vietu iekārtošanai būs atkarīgas no izmantotajiem radionuklīdiem, darba rakstura un veicamajiem uzdevumiem.

Darba telpas, kurās notiek darbs ar JSA, jānodrošina:

- ar atbilstošu, efektīvu ventilācijas sistēmu, kas attīra darba telpu gaisu no radioaktīviem aerosoliem;
- ar ūdens padevi un kanalizācijas sistēmu;
- ar gludām, viegli dezaktivējamām darba virsmām (piemēram, pārklātām ar teflonu vai līdzīgu materiālu);
- ar gludām un viegli kopjamām grīdām un sienām (pārklātām ar viegli dezaktivējamu, ķīmiski izturīgu materiālu);
- ar radioaktīvo atkritumu savākšanas (uzglabāšanas) vietām;

- ar inventāru, kas nepieciešams radioaktīvu vielu pārvietošanai un uzglabāšanai (konteineriem, distanču instrumentiem, paplātēm, pincetēm, seifiem, pudelēm utt.);
- ar mēriekārtām, kas dod iespēju novērtēt radiācijas un kodoldrošību darba telpās;
- ar individuāliem aizsardzības līdzekļiem (spectērpjiem, gumijas cimdiem, brillēm, respiratoriem u. c.) un kolektīviem aizsardzības līdzekļiem, ja tas nepieciešams;
- ar parastiem mazgāšanas un dezaktivācijas līdzekļiem, kurus izvēlas, zinot attiecīgo radioaktīvu vielu ķīmiskās īpašības.

### **Svarīgāko vispārējo preventīvo principu ievērošana**

Veicot darba vides riska novērtējumu, noteikti jāizvērtē arī tas, vai darbā ar JSA tiek ievēroti vispārējie preventīvie principi, lai samazinātu ārējās apstārošanas riskus. Šie preventīvo pasākumu principi ir balstīti uz to, ka iespējams samazināt JSA iedarbības laiku, palielināt attālumu līdz tam un lietot piemērotus aizsardzības materiālus JSA ekranēšanai.

Svarīgākie preventīvo pasākumu veidi ir:

- aizsardzība ar attālumu (piemēram, palielinot attālumu līdz JSA divas reizes, saņemtā doza samazinās četras reizes);
- aizsardzība ar laiku (piemēram, samazinot uzturēšanās laiku JSA tuvumā divas reizes, saņemtā doza samazinās divas reizes);
- aizsardzība ar aizsargmateriālu (piemēram, svinu).

Citi svarīgākie preventīvie pasākumi, kuri jāveic, lai samazinātu jonizējošā starojuma risku:

- atbilstoša darba vietas sagatavošana un pareiza materiālu izvēle – tiem jābūt viegli dekontaminējamiem un iepakojamiem, ja tos paredzēts utilizēt;
- tikai tādu darbarīku ienešana kontroles zonā, kuri reāli tiks lietoti, kā arī visu potenciāli piesārņoto darbarīku atbilstoša glabāšana, lai novērstu radioaktīvā piesārņojuma izplatīšanos;
- aizsargtērpu un elpošanas aizsardzības līdzekļu lietošana un pareiza novilkšana, lai izvairītos no ādas vai iekšējā piesārņojuma (piemēram, nobirstot putekļiem, pieskarties atklātai ādai u. tml.);
- stingra personīgās higiēnas ievērošana (piemēram, aizliegums smēķēt, dzert, kā arī pieskarties sejai, mutei, acīm, ausīm utt. ar rokām u. tml.);
- pareiza darba beigšana ar JSA (radioaktīvu vielu novietošana tām paredzētā vietā, atkritumu savākšana un iepakošana, darba vietas sakārtošana, virsmu piesārņojuma pārbaude u. c.).

### **Nodarbināto veselības monitoringa**

Nodarbināto veselības stāvokļa monitoringam ir būtiska loma agrīnā veselības traucējumu diagnostikā un ilgtermiņa veselības traucējumu novēršanā, tāpēc regulāri jāveic obligātās veselības pārbaudes.

Atkarībā no saņemtās starojuma dozas nodarbinātie tiek dalīti divās kategorijās:

- A kategorija (efektīvā doza var pārsniegt 6 mSv gadā);
- B kategorija (efektīvā doza nepārsniedz 6 mSv gadā).

A kategorijā iekļautajiem nodarbinātajiem obligātās veselības pārbaudes jāapmeklē katru gadu, kamēr B kategorijai pakļautiem nodarbinātajiem tas jā dara katru otro gadu.

## RADONS DARBA VIDĒ

Radona radītais starojums ir vienīgais no dabiskās radioaktivitātes radītajiem starojumiem, kura ietekme tieši darba vidē var būt būtiska. Radons ir viens no urāna-rādija rindas elementu sabrukšanas produktiem, kurš būtībā nepārtraukti veidojas tajās vietās, kur urānu saturošie ieži atrodas augsnes virspusē. Protams, tā daudzums atkarīgs no konkrētās ģeogrāfiskās vietas, un, piemēram, Somijā vai Skotijā tā koncentrācija ir īpaši augsta, jo tur tuvu zemes virskārtai izvietoti granīta ieži. Visā Eiropā, arī Latvijā, pusi dabiskās radiācijas fona rada tieši radons.

Pats radons ir cēlgāze, tā atomu kodoli sabrūk līdz radona sabrukšanas izotopiem – radioaktīviem metāla joniem, kuri atbrīvojas uzreiz pēc izveidošanās. Tiem piemīt tieksme pielipt pie putekļiem un citām daļiņām, kas atrodas gaisā vai uz cietām virsmām. Tādējādi, jo putekļaināks gaiss ir telpā, jo lielāka radona sabrukšanas produktu daļa pielips pie putekļiem gaisā. Tāpat jāatceras, ka radons ir vairākas reizes smagāks par gaisu, tāpēc tas uzkrājas zemākajās telpas vietās. Radona un tā sabrukšanas produktu koncentrāciju mēra bekerelos uz kubikmetru ( $Bq/m^3$ ). Tas nozīmē, ka katrā kubikmetrā gaisa katru sekundi sabrūk viens radona atoms. Radons labi šķīst ūdenī un cilvēka organismā nokļūst ar ūdeni un gaisu. Turpmākajā sabrukšanas gaitā tas izstaro alfa starus. Parasti radona daudzums gaisā virs augsnes ir aptuveni  $50 Bq/m^3$ .



*Pazemē esoši gaitenji un darba telpas var saturēt veselībai bīstamu daudzumu radona*



Bīstamību darba vidē rada tieši radona spēja uzkrāties iekštelpās, īpaši, ja tās būvētas no laukakmeņiem – šāda tipa ēkās radona daudzums vietām var sasniegt un pārsniegt pat 1000 Bq/m<sup>3</sup>, savukārt labi vēdināmās koka mājās tā daudzums var būt aptuveni 40 Bq/m<sup>3</sup>.

Sākotnēji galvenā uzmanība tika pievērsta radonam, ko paaugstinātā koncentrācijā konstatēja dažādās raktuvēs (piemēram, urāna, alvas, dzelzs), taču šobrīd par aktuālu problēmu ir atzīts arī radona līmenis darba telpās, īpaši, ja tās izvietotas pazemē. Sabrūkot rādija izotopiem (<sup>226</sup>Ra un <sup>224</sup>Ra), kuri ietilpst visu iežu sastāvā, atbrivojušies radona atomi pa iežu mikroporām difundē uz zemes virskārtu un izdalās gaisā. Ja telpas ir slēgtas vai netiek nodrošināta pietiekama ventilācija, radons uzkrājas telpu gaisā. Ieelpotais radons un tā sabrukšanas produkti uzkrājas elpceļos (galvenokārt bronhos un bronhu dalīšanās vietās) un rada iekšēju plaušu apstarošanu ar alfa daļiņām, ko izdala daļa ieelpoto radionuklīdu, kā arī ar beta daļiņām un gamma kvantiem. Alfa starojums kairina šūnas, kas klāj elpceļus, un tādējādi var attīstīties plaušu vēzis.

Runājot tieši par Latviju, ilgāku laiku valdīja priekšstats, ka Latvijā radons darba vidē nav uzskatāms par problēmu, tomēr 2002. gadā veiktie pētījumi par radona koncentrāciju pazemes darba vietās parādīja, ka vairāk nekā pusē no šāda tipa darba vietām (29 gadījumos no 52 jeb 56% apsekoto darba vietu) tika konstatēta paaugstināta radona koncentrācija (vairāk nekā 400 Bq/m<sup>3</sup>), turklāt maksimālā novērotā koncentrācija bija 4780 Bq/m<sup>3</sup>, kas vairāk nekā 10 reizi pārsniedz pieļaujamo daudzumu.

Darba aizsardzības speciālistiem veicot darba vides riska novērtēšanu, svarīgi ņemt vērā arī šo aspektu – pievēršot uzmanību tam, vai nodarbinātie neveic savu darbu pazemē esošās darba vietās. MK noteikumi Nr. 149 “Noteikumi par aizsardzību pret jonizējošo starojumu” (pieņemti 09.04.2002.) nosaka, ka situācijās, kad virszemes un pazemes darba vietās radona vidējā aktivitāte ir lielāka par 400 Bq/m<sup>3</sup> gadā, darba devējiem ir jānodrošina aizsardzības pasākumi radona kaitīgās ietekmes samazināšanai, tāpat nedrīkst pieļaut grūtnieču nodarbināšanu minētajās darba vietās, turklāt visā grūtniecības laikā.

Svarīgākie no preventīvajiem pasākumiem šādās situācijās ir pietiekamas ventilācijas nodrošināšana šādās telpās un to regulāra tīrīšana. Jāņem vērā, ka gadījumos, kad nodarbinātie šādās telpās darbu veic epizodiski un ventilācija nestrādā visu laiku, tā noteikti jāieslēdz pirms darba uzsākšanas šajās telpās, un darbu drīkst sākt tikai pēc telpas izvēdināšanas. Tāpat iespējams saīsināt darba laika ilgumu šādās darba telpās.

## **RĪCĪBA ĀRKĀRTAS SITUĀCIJĀS**

Ņemot vērā jonizējošā starojuma potenciālo iedarbības risku ne tikai darba vietās, bet arī ievērojami plašākās teritorijās, Latvijā ir noteikta stingra kārtība rīcībai situācijās, kas saistītas ar potenciālu radioaktīvo vielu noplūšanu.

Galvenā atbildīgā institūcija, kas atbild par rīcību šādos gadījumos, ir Radiācijas drošības centra inspekcijas nodaļas Operatīvās brīdināšanas grupa, kura nodrošina operatīvo gatavību kodolnegadījumu izziņošanai 24 stundu laikā un arī sakaru punkta funkcijas. RDC nodrošina iespēju jebkurā diennakts stundā saņemt konsultācijas radiācijas drošības jautājumos un vajadzības gadījumos organizē RDC operatīvās reaģēšanas vienības izsaukšanu. Vides un reģionālās attīstības ministrijas mājas lapā ir pieejams “Vides ministrijas algoritms radioaktīvo vielu noplūdei”, kurā pieejama visa aktuālā kontaktinformācija par rīcību šādās situācijās.



## LITERATŪRA PAPILDU INFORMĀCIJAI

1. Černobiļa arvien mūsu atmiņā: [krājums]. – Rīga: Jumava, 2011. – 115. lpp.
2. Darba higiēna. – Rīga: Latvijas Brīvo arodbiedrību savienība, 2010; par jonizējošo starojumu sk. 143.–159. lpp.
3. Dundurs J. Vides fizikālais piesārņojums // Vides veselība / Sast. M. Eglīte. – Rīga: Rīgas Stradiņa universitāte, 2008. – 385.–434. lpp.
4. Eglīte M. Darba medicīna. – Rīga: Rīgas Stradiņa universitāte, 2012; par jonizējošo starojumu sk. 463.–505. lpp.
5. Kaļķis V., Roja Ž. Darba vides riski: Rokasgrāmata. – Rīga: Latvijas Universitāte, 2003.
6. Ozoliņš R. A. Civilās un darba aizsardzības pamati: Mācību materiāls – lekciju konspekti. – Rīga: Latvijas Universitātes Medicīnas fakultāte, 2004.
7. Radiācijas drošības rokasgrāmata speciālistiem / Dehtjars J., Mironova-Ulmane Ņ., Salmiņš A. u. c. Rīga: [Radiācijas drošības centrs], 2004.
8. Clavesjō B., Åkerblom G. Radona grāmata. – Rīga: SIA Apgāds Jāņa sēta, 1997. – 119 lpp.
9. ICRP Publication 60.7990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection // Annals of the ICRP, Vol. 21, No. 1–3, Pergamon Press, Oxford, 1991.



RĪGAS STRADIŅA  
UNIVERSITĀTE



DARBA DROŠĪBAS un  
VIDES VESELĪBAS INSTITŪTS  
RSU aģentūra

NR. 117-2012

#### PAPILDU INFORMĀCIJA

##### VALSTS VIDES DIENESTA RADIĀCIJAS DROŠĪBAS CENTRĀ

Rūpniecības ielā 23, Rīgā, LV-1045

Tālrunis: 67084306, e-pasts: [pasts@rdc.vvd.gov.lv](mailto:pasts@rdc.vvd.gov.lv)

[www.vvd.gov.lv](http://www.vvd.gov.lv)

**Operatīvās brīdināšanas grupa** (kontaktainformācija 24 stundas diennakti)

Tālrunis: 67084306, 67084307, 26565626

##### LABKLĀJĪBAS MINISTRIJAS DARBA ATTIECĪBU UN DARBA AIZSARDZĪBAS POLITIKAS DEPARTAMENTĀ

Skolas ielā 28, Rīgā, LV-1010

Tālrunis: 67021526

[www.lm.gov.lv](http://www.lm.gov.lv)

##### VALSTS DARBA INSPEKCIJĀ

K. Valdemāra ielā 38, k-1, Rīgā, LV-1010

Tālrunis: 67186522, 67186523

[www.vdi.gov.lv](http://www.vdi.gov.lv)

##### LATVIJAS DARBA DEVĒJU KONFEDERĀCIJĀ

Baznīcas ielā, 25-3, Rīgā LV-1010

Tālrunis: 67225162

[www.lddk.lv](http://www.lddk.lv)

##### LATVIJAS BRĪVO ARODBIEDRĪBU SAVIENĪBĀ

Bruņinieku ielā 29/31, Rīgā, LV-1001

Tālrunis: 67270351, 67035960

[www.lbas.lv](http://www.lbas.lv)

##### RSU DARBA DROŠĪBAS UN VIDES VESELĪBAS INSTITŪTĀ

Kurzemes prosp. 3c, LV-1007

Tālrunis: 67409139

[www.rsu.lv/ddvvi](http://www.rsu.lv/ddvvi)

**PAR DARBA AIZSARDZĪBAS JAUTĀJUMIEM** – [www.osha.lv](http://www.osha.lv)



LATVIJAS REPUBLIKAS  
LABKLĀJĪBAS MINISTRIJA



VALSTS SOCIĀLĀS APMOŠINĀŠANAS AĢENTŪRA



VALSTS DARBA INSPEKCIJA

Šis materiāls ir izdots ar Valsts Sociālās apdrošināšanas aģentūras atbalstu kā daļa no Darba aizsardzības preventīvo pasākumu plāna.

Materiālu sagatavoja: Rīgas Stradiņa universitātes Darba drošības un vides veselības institūts sadarbībā ar Valsts vides dienesta Radiācijas drošības centru, 2012.

Bez maksas izdevums.