

Kiirgustöötajate isikudooside arvestuse juhend intraoraalse ja panoraam- (2D) ning kolju külgülesvõtete puhul

1. Juhendi eesmärk

Vastavalt kehtivale Kiirgusseadusele (edaspidi KiS) [1] peab kiirgustegevusloa omaja tagama kiirgustöötaja efektiiv- ja ekvivalentdooside seire.

Kiirgustöötaja mõiste on defineeritud KiS § 10. Kiirgustöötajad on jaotatud kahte kategooriasse (A- ja B-kategooria) vastavalt KiS § 50. Kiirgustegevusloa omaja kohustus on korraldada kiirgustöötajate isikudooside seiret ning seireandmete esitamist doosiregistrisse. Kui A-kategooria kiirgustöötajate isikudooside seire töökohal peab olema pidev ja isikudooside seireandmete kontrollimine toimub vähemalt üks kord kuus, siis B-kategooria kiirgustöötajate isikudooside seire peab olema piisav näitamaks, et töötaja on liigitatud B-kategooriasse õigesti. B-kategooria kiirgustöötajate isikudooside seiret võib korraldada kahel viisil kasutades isikudosimeetrit või hinnates töökoha kiirgusseire tulemuste alusel. Isikudoosi hindamiseks on kaks meetodit: 1. mõõtmine akrediteeritud laboris, 2. arvutuslik.

Juhendi eesmärk on võimaldada hinnata kiirgustöötaja isikudoose arvutuslikult kiirgustegevusloa omajal, kelle kiirgustegevus on liigitatud väikese¹ ohuga kiirgustegevuseks. KiS järgi ei tohi väikese ohuga kiirgustegevusest kiirgustöötaja efektiivdoos ületada 1 mSv² aastas. Sellest johtuvalt on selle juhendi mõistes doos 1 mSv aastas seatud ülemiseks piiriks. Kui kiirgustöötaja kiirgusdoos ületab seda doosipiirmäära, tuleb rakendada täiendavaid kiirgusohutusmeetmeid.

Juhend kehtib ainult intraoraalsete hambaröntgenseadmete ja panoraamröntgenseadmete (2D) puhul, mille kasutamine on liigitatud väikese ohuga kiirgustegevuseks. Kiirgusdoosi on vaja hinnata/mõõta iga kiirgustöötaja kohta eraldi.

2. Mõisted

Ambientne doosiekvivalent $H^(d)$ (edaspidi kiirgusdoos)* kiirgusvälja mingis punktis on selline doosiekvivalent, mille tekitab kindlal viisil suunatud ja laiendatud väli ICRU³ kera selle välja suunaga vastassuunalisel raadiusel sügavusel d kera pinnast. Suure läbimisvõimega kiirguse puhul on sügavuseks soovitatav valida $d = 10$ mm.

¹ Sõltuvalt radioaktiivse kiirgusallika kategooriasse või kiirgustegevusega seotud ohu suurusest eristatakse (KiS § 34 lg 1)

1) väikese ohuga kiirgustegevust, mille käigus kiirgustöötaja saab või võib saada efektiivdoosi kuni üks millisiivertit aastas;

2) mõõduka ohuga kiirgustegevust, mille käigus kiirgustöötaja saab või võib saada efektiivdoosi üks kuni kuus millisiivertit aastas;

3) suure ohuga kiirgustegevust, mille käigus kiirgustöötaja saab või võib saada suurema efektiivdoosi kui kuus millisiivertit aastas.

² 1 millisiivertit (mSv) = 1000 mikrosiivertit (µSv)

³ ICRU - International Commission on Radiation Units

Kiirituse aeg (ülesvõtte tegemiseks kuluv aeg) t (selles juhendis t_{io} , t_{pan}) on aeg millal röntgenseade kiirgab. Määratakse röntgenseadme juhtpuldil ja mõõdetakse sekundites (sek).

Ambientne doosikiiruse ekvivalent $\dot{H}^*(d)$ (edaspidi doosikiirus - selles juhendis ka \dot{H}_{io} , \dot{H}_{pan}) on $dH^*(d)$ ja dt suhe, kus $dH^*(d)$ on doosiekvivalendi juurdekasv ajavahemiku dt jooksul:

$$\dot{H}^*(d) = \frac{dH^*(d)}{dt}$$

Ülesvõtete arv aastas N – igas asutuses tehtav intraoraalsete N_{io} ja panoraam- ja kolju külgülesvõtete N_{pan} arv aastas.

Kaalufaktor k – aasta jooksul iga kiirgustöötaja osakaal tehtud intraoraalsete k_{io} ja panoraamülesvõttesse k_{pan} . Maksimaalne väärtus =1, kui kõik ülesvõtted olid tehtud antud kiirgustöötaja poolt.

3. Nõuded kiirgusseire seadmele ja seirele

Maksimaalne kiirgusdoos kiirgustöötaja töökohal on teada kiirgusseirest, mida korraldatakse peale röntgenseadme paigaldamist ja kiirgustegevusloa menetluse ajal. Kiirgusseire eesmärk muuhulgas on hinnata kiirgustöötajate ja elanikudoose ning klassifitseerida vastavad alad [1;2].

Kiirgusseire läbiviimisel kasutatakse röntgenkiirguse mõõtmiseks sobivat kiirgusseire mõõteseadet. Mõõteseade peab vastama kõikidele EVS-EN 60846-1:2014 standardis märgitud nõuetele [4]. Mõõteseade peab olema kalibreeritud vähemalt teist järku standardlaboris [5] ja selle liitmõõtemääramatus ei tohiks ületada $\pm 30\%$ [6]. Mõõtemääramatus on tingitud järgmistest teguritest: seadme põhiviga (sealhulgas seadme energia sõltuvus), kalibreerimise määramatus ja mõõtmismääramatus kohapeal (sõltub kohalikest tingimustest ja mõõtmistest). Seadet tuleb regulaarselt kalibreerida vähemalt kord kahe aasta jooksul vastavalt rahvusvahelistele soovitudele [6]. Kalibreerimise tulemusena väljastatakse mõõteseadmele kalibreerimistunnistus ja paigaldatakse vastava labori kleebis kalibreerimise kuupäevaga. Doosikiiruse mõõtmistel tuleks rakendada kalibreerimistegurit ja lisada liitmõõtemääramatus. Doosikiiruse mõõtmistest lahutatakse looduslik kiirgusfoon.

Seadme mõõtmisühikuks peaks olema doosikiiruse ekvivalent \dot{H} , mis mõõdetakse Sv/h, või selle murdosades: mSv/h (10^{-3} Sv/h), μ Sv/h (10^{-6} Sv/h) või nSv/h (10^{-9} Sv/h) [4].

4. Lähteandmed

Arvutusmetoodika põhineb teatud lähteandmetel. Kiirgustegevusloa omaja registreerib intraoraalsete ja 2D panoraam- ja kolju külgülesvõtete koguarvu aastas [3], samuti registreerib neid kiirgustöötajate kaupa, et välja arvutada vastav osakaal. Ülesvõttele kuluv aeg tuleb võtta seadme seadistamise parameetritest. Andmed

saadakse töökoha kiirgusseire mõõtetulemustest. Kui seadme asukohta või kiirgustöötaja töökohta on vahepeal muudetud, tuleb kindlasti teha uued mõõtmised.

5. Arvutusmetoodika

Arvutusmetoodika hindab aastast kiirgusdoosi kiirgustöötaja töökohal, mis asub väljaspool kiirgusallika asukoha ruumi (vt. selgitust punktis 1). Arvutusmetoodikat ei saa rakendada juhul, kui kiirgustöötaja viibib protseduuriruumis, kuna kiirgusdoos sõltub kaugusest kiirgusallikast ja kiirgustöötaja asukohast röntgentoru suuna suhtes, jne., mida on arvutamiseks tagantjärei raske määratleda.

Kiirgusdoosi arvutamine intraoraalsete ülesvõtete puhul:

$$\text{Aastane kiirgusdoos } (\mu\text{Sv}) = \frac{(k_{io} \times t_{io} \times \dot{H}_{io} \times N_{io})}{3600}$$

k_{io} – konkreetse kiirgustöötaja osakaal intraoraalsete ülesvõtete tegemisel

t_{io} - intraoraalse ülesvõtte tegemiseks kuluv aeg (sekundites)

\dot{H}_{io} – maksimaalne doosikiirus intraoraalse ülesvõtte puhul kiirgustöötaja töökohal ($\mu\text{Sv/h}$)

N_{io} – aastas tehtav intraoraalsete ülesvõtete arv asutuses

Teades doosikiiruse mõõtemääramatust $\Delta\dot{H}_{io}$ saab arvutada

$$\text{Aastase kiirgusdoosi mõõtemääramatus } (\mu\text{Sv}) = \frac{(k_{io} \times t_{io} \times \Delta\dot{H}_{io} \times N_{io})}{3600}$$

Mõõtemääramatus lisatakse kiirgusdoosi väärtusele kasutades „±“ märki.

$$\text{Aastane kiirgusdoos } (\mu\text{Sv}) = \frac{(k_{io} \times t_{io} \times \dot{H}_{io} \times N_{io})}{3600} \pm \frac{(k_{io} \times t_{io} \times \Delta\dot{H}_{io} \times N_{io})}{3600}$$

Kiirgusdoosi arvutamine 2D panoraam- ja kolju külgülesvõtete puhul:

$$\text{Aastane kiirgusdoos } (\mu\text{Sv}) = \frac{(k_{pan} \times t_{pan} \times \dot{H}_{pan} \times N_{pan})}{3600}$$

k_{pan} – konkreetse kiirgustöötaja osakaal panoraamülesvõtete tegemisel

t_{pan} - 2D panoraamülesvõtte tegemiseks kuluv aeg (sekundites)

\dot{H}_{pan} – maksimaalne doosikiirus panoraamülesvõtte puhul kiirgustöötaja töökohal ($\mu\text{Sv/h}$)

N_{pan} – aastas tehtav panoraamülesvõtete arv asutuses

Teades doosikiiruse mõõtemääramatust $\Delta\dot{H}_{pan}$ saab arvutada

$$\text{Aastase kiirgusdoosi mõõtemääramatus } (\mu Sv) = \frac{(k_{pan} \times t_{pan} \times \Delta\dot{H}_{pan} \times N_{pan})}{3600}$$

Mõõtemääramatus lisatakse kiirgusdoosi väärtusele kasutades „±“ märki.

$$\begin{aligned} \text{Aastane kiirgusdoos } (\mu Sv) \\ = \frac{(k_{pan} \times t_{pan} \times \dot{H}_{pan} \times N_{pan})}{3600} \pm \frac{(k_{pan} \times t_{pan} \times \Delta\dot{H}_{pan} \times N_{pan})}{3600} \end{aligned}$$

Kiirgusdoosi arvutamine nii intraoraalsete, kui ka 2D panoraam ja kolju külgülesvõtete puhul:

$$\text{Aastane kiirgusdoos } (\mu Sv) = \frac{(k_{io} \times t_{io} \times \dot{H}_{io} \times N_{io}) + (k_{pan} \times t_{pan} \times \dot{H}_{pan} \times N_{pan})}{3600}$$

Teades doosikiiruste mõõtemääramatust $\Delta\dot{H}_{io}$ ja $\Delta\dot{H}_{pan}$ saab arvutada

$$\begin{aligned} \text{Aastase kiirgusdoosi mõõtemääramatus } (\mu Sv) \\ = \frac{(k_{io} \times t_{io} \times \Delta\dot{H}_{io} \times N_{io}) + (k_{pan} \times t_{pan} \times \Delta\dot{H}_{pan} \times N_{pan})}{3600} \end{aligned}$$

Mõõtemääramatus lisatakse kiirgusdoosi väärtusele kasutades „±“ märki.

$$\begin{aligned} \text{Aastane kiirgusdoos } (\mu Sv) \\ = \frac{(k_{io} \times t_{io} \times \dot{H}_{io} \times N_{io}) + (k_{pan} \times t_{pan} \times \dot{H}_{pan} \times N_{pan})}{3600} \\ \pm \frac{(k_{io} \times t_{io} \times \Delta\dot{H}_{io} \times N_{io}) + (k_{pan} \times t_{pan} \times \Delta\dot{H}_{pan} \times N_{pan})}{3600} \end{aligned}$$

6. Näited

Näide 1:

Asutuses, kus töötavad viis kiirgustöötajat (näiteks hambaarstid) ja tehakse 2000 intraoraalset ülesvõtet aastas. Iga hambaarst teeb ca. 20% kõikidest ülesvõtetest. Hinnata hambaarstide aastased kiirgusdoosid, kui on teada, et maksimaalne doosikiirus kiirgustöötaja töökohal intraoraalse ülesvõtte puhul on $60 \pm 6 \mu Sv/h$.

- Intraoraalse ülesvõtte tegemiseks kuluv aeg = tüüpiliselt ≤ 0.2 sekundit (ekspositsiooniaeg sõltub seadme kujutise retseptorist ja parameetrite seadistamisest)

$$\begin{aligned} \text{Iga kiirgustöötaja aastane doos } (\mu\text{Sv}) &= \frac{(0.2 \times 0.2 \text{sek} \times 60 \mu\text{Sv/h} \times 2000)}{3600} \\ &= \frac{4800}{3600} = 1.3 \mu\text{Sv} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Iga kiirgustöötaja aastase doosi määramatus } (\mu\text{Sv}) \\ &= \frac{(0.2 \times 0.2 \text{sek} \times 6 \mu\text{Sv/h} \times 2000)}{3600} = \frac{480}{3600} = 0.1 \mu\text{Sv} \end{aligned}$$

Iga kiirgustöötaja aastane doos koos määramatusega on $1.3 \mu\text{Sv} \pm 0.1 \mu\text{Sv}$

Näide 2:

Asutuses, kus töötavad kaks kiirgustöötaja tehakse 1000 2D panoraamülesvõtet aastas, ning töö jaotub nende vahel võrdselt. Hinnata mõlema kiirgustöötaja aastased kiirgusdoosid, kui on teada, et maksimaalne doosikiirus kiirgustöötaja töökohal 2D panoraamülesvõtte puhul on $35 \pm 7 \mu\text{Sv/h}$.

- 2D panoraamülesvõtte tegemiseks kuluv aeg = tüüpiliselt ≤ 15 sekundit (ekspositsiooniaeg sõltub seadme kujutise retseptorist ja parameetrite seadistamisest)

$$\begin{aligned} \text{Esimese kiirgustöötaja aastane doos } (\mu\text{Sv}) &= \frac{(0.5 \times 15 \text{sek} \times 35 \mu\text{Sv/h} \times 1000)}{3600} \\ &= \frac{262500}{3600} = 72.9 \mu\text{Sv} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Teise kiirgustöötaja aastane doos } (\mu\text{Sv}) &= \frac{(0.5 \times 15 \text{sek} \times 35 \mu\text{Sv/h} \times 1000)}{3600} \\ &= \frac{262500}{3600} = 72.9 \mu\text{Sv} \end{aligned}$$

Mõõtetulemustele tuleb lisada määramatus, mille arvutamise käik on Näite 1 juures.

Näide 3:

Asutuses, kus töötavad kaks hambaarsti tehakse 700 intraoraalset ülesvõtet ja 300 2D panoraamülesvõtet aastas, kusjuures üks nendest teeb 30% intraoraalseid ülesvõtteid ja 60% panoraamülesvõtteid. Hinnata mõlema kiirgustöötaja aastased kiirgusdoosid, kui on teada, et maksimaalne doosikiirus kiirgustöötaja töökohal intraoraalse ülesvõtte puhul on $60 \pm 12 \mu\text{Sv/h}$ ja panoraamülesvõttepuhul on $35 \pm 7 \mu\text{Sv/h}$.

- Intraoralse ülesvõtte tegemiseks kuluv aeg = tüüpiliselt ≤ 0.2 sekundit (ekspositsiooniaeg sõltub seadme kujutise retseptorist ja parameetrite seadistamisest)
- 2D panoraamülesvõtte tegemiseks kuluv aeg = tüüpiliselt ≤ 15 sekundit (ekspositsiooniaeg sõltub seadme kujutise retseptorist ja parameetrite seadistamisest)

Esimese kiirgustöötaja aastane doos (μSv)

$$= \frac{(0.3 \times 0.2 \text{ sek} \times 60 \mu\text{Sv/h} \times 700) + (0.6 \times 15 \text{ sek} \times 35 \mu\text{Sv/h} \times 300)}{3600}$$

$$= \frac{2520 + 94500}{3600} = 27.0 \mu\text{Sv}$$

Teise kiirgustöötaja aastane doos (μSv)

$$= \frac{(0.7 \times 0.2 \text{ sek} \times 60 \mu\text{Sv/h} \times 700) + (0.4 \times 15 \text{ sek} \times 35 \mu\text{Sv/h} \times 300)}{3600}$$

$$= \frac{5880 + 63000}{3600} = 19.1 \mu\text{Sv}$$

Mõõtetulemustele tuleb lisada mõõtemääramatus, mille arvutamise käik on Näite 1 juures.

7. Viited

1. Kiirgusseadus (RT I, 28.06.2016, 2);
2. Keskkonnaministri 18.11.2016 määrus nr 52 „Kiirgusallika asukohaks olevate ruumide nõuded, ruumide ja kiirgusallika märgistamise nõuded, radioaktiivsete kiirgusallikate kategooriad ning radionukliidide aktiivsustasemed.“ (RT I, 18.11.2016, 8)
3. Tervise ja tööministri määrus nr 65 „Kiirgusohutusnõuded meditsiiniradioloogia protseduuride teostamisel ja meditsiini kiiritust saavate isikute kaitse nõuded“. (RT I, 07.12.2016, 18);
4. EVS-EN 60846-1:2014 “Radiation protection instrumentation - Ambient and/or directional dose equivalent (rate) meters and/or monitors for beta, X and gamma radiation - Part 1: Portable workplace and environmental meters and monitors.” 2014;
5. Mõõteseadus (RT I, 31.12.2010, 26)
6. EC RP 160 “Technical Recommendations for Monitoring Individuals Occupationally Exposed to External Radiation” 2009.