

Projekt radiačnej ochrany

Stanovenie pasívnej ochrany pred RTG žiarením **pre skiagrafické rádiologické pracovisko** **(rtg vyšetrovňa č.2)**

Miesto stavby : Univerzitná nemocnica Martin.
Kollárova 2, 036 01 Martin
Pavilón 6, Rádiologická klinika, skiagrafické rtg pracovisko

Projekt spracoval: *Ing. Peter Orviský, Ústav radiačnej ochrany s.r.o.*
Dátum: 19.4.2022

ÚSTAV RADIAČNEJ OCHRANY s.r.o.
Ing. Peter Orviský
Vajanského 59, 921 01 Piešťany
IČO: 36 048 270
IČ DPH: SK2022071040

1. ZADANIE

Predmetom tohto projektu je stanovenie potrebného stupňa pasívnej ochrany pred röntgenovým žiarením na skiagrafickom rádiologickom pracovisku, v súlade s platnými požiadavkami na ochranu zdravia pred ionizujúcim žiarením a stanovenie hrúbky potrebných stavebných a tieniacich materiálov v ekvivalente olova, ktoré zabezpečia požadovaný stupeň ochrany pred röntgenovým žiarením na pracovisku. Projekt je realizovaný v súlade s požiadavkami na preukazovanie racionálne dosiahnuteľnej úrovne radiačnej ochrany.

2. VÝCHODZIE PODKLADY

Pri spracovaní pasívnej ochrany pred röntgenovým žiarením na skiagrafickom rádiologickom pracovisku s rtg prístrojom sa vychádzalo z nasledovných podkladov:

1. Radiačné parametre rtg prístroja a maximálne hodnoty ekvivalentnej dávky rozptýleného röntgenového žiarenia v okolí röntgenového zariadenia.
2. Stavebné a dispozičné riešenie pracoviska s rtg prístrojom.
3. Základné platné limity ožiarovania pre pracovníkov a jednotlivcom z obyvateľstva a medzné hodnoty ožiarovania na preukazovanie racionálne dosiahnuteľnej úrovne radiačnej ochrany pri činnostiach vedúcich k ožiarovaniu
4. Prevádzkové a technické parametre rtg prístroja.
5. Metodika na výpočet ochrany pred röntgenovým žiarením podľa DIN 6812 – Zdravotnícke röntgenové prístroje do 300 kV (druhé vydanie).

Dispozičné riešenie pracoviska :

Röntgenový prístroj bude umiestnený v samostatnej rádiologickej vyšetrovni (vyšetrovňa č.2, rozmer 3525 x 4555 mm), na prvom nadzemnom podlaží v pavilóne č.6, Univerzitnej nemocnice Martin, na Kollárovej ulici č.2 v Martine. Skiagrafická rádiologická vyšetrovňa priamo susedí s rtg ovládačom, skladoom, sonografiou, vstupnými kabínkami, chodbou a vonkajším priestorom (za oknami a vonkajšou obvodovou stenou sa nachádza chodník). Nad vyšetrovňou sa nachádzajú priestory nemocnice a pod nie je žiadny priestor, kde by bol možný pobyt osôb. Vizuálna kontrola pacienta pri expozícií bude zabezpečená pomocou priezoru z Pb skla.

Používaný zdroj ionizujúceho žiarenia :

Na pracovisku sa bude používať generátor vysokého napätia, so skiagrafickým kompletom pre priamu digitalizáciu. Zväzok röntgenového žiarenia je smerovaný predovšetkým k podlahe vyšetrovne a čiastočne na steny vyšetrovne.

Radiačné parametre röntgenového zariadenia a plánovaný rozsah prevádzky :

Skiagrafický rtg prístroj :

Priemerná vzdialenosť od ohniska po pacienta pri skiagrafii – 100 cm.

Rozsah prevádzkového napätia na röntgenovej lampe je pri skiagrafii 40 - 125 kV (priemerná hodnota 100 kV). Maximálne týždenné prevádzkové zaťaženie röntgenového žiariča je pre skiagrafiu 400 mA.min/týždeň. Ročný prevádzkový čas – 50 týždňov. Výťažnosť röntgenového žiariča je 9 mSv.m²/mA.min (100 kV, filtrácia 2,5 mm Al, v referenčnej vzdialenosti 1 m od ohniska) pre skiagrafiu

3. LIMITY OŽIARENIA A MEDZNÉ HODNOTY PRE PREUKAZOVANIE RACIONÁLNE DOSIAHNUTELNEJ ÚROVNE RADIAČNEJ OCHRANY

Medzné hodnoty ožiarenia na preukazovanie racionálne dosiahnuteľnej úrovne radiačnej ochrany pri činnostiach vedúcich k ožiareniu sú:

- a) efektívna dávka pracovníka so zdrojmi ionizujúceho žiarenia 1 mSv v kalendárnom roku,
- b) efektívna dávka iných osôb (obyvateľ) 0,1 mSv v kalendárnom roku.

Racionálne dosiahnuteľná úroveň radiačnej ochrany sa považuje za dostatočne preukázanú, ak ani za predvídateľných odchýlok od bežnej prevádzky nemôže byť žiadna zo smerných hodnôt ani u jednej osoby prekročená.

Pri stanovení radiačnej ochrany na pracovisku s rtg prístrojom v rámci optimalizácie ožiarenia pracovníkov a obyvateľstva sa vychádzalo z toho, aby efektívna dávka u pracovníkov neprekročila smerné hodnoty ožiarenia na preukazovanie racionálne dosiahnuteľnej úrovne radiačnej ochrany pre pracovníkov resp. pre jednotlivcov z obyvateľstva.

Medzné hodnoty ožiarenia pre preukazovanie racionálne dosiahnuteľnej úrovne radiačnej ochrany	
- pre pracovníkov so zdrojmi žiarenia	1,0 mSv/rok
- pre jednotlivcov z obyvateľstva	0,1 mSv/rok

4. POSTUP STANOVENIA PASÍVNEJ OCHRANY

Stavebno-technické riešenie vyšetrovne a ochranných tieniacich vrstiev musí zabezpečiť, že miestnosti priľahlé k vyšetrovni budú chránené takými ochrannými tieniacimi vrstvami, ktoré zabezpečia, že nebudú prekročené smerné hodnoty ožiarenia na preukazovanie racionálne dosiahnuteľnej úrovne radiačnej ochrany pre pracovníkov resp. pre jednotlivcov z obyvateľstva.

Pri stanovení ochranných tieniacich vrstiev sa vychádzalo z postupu stanového v norme DIN 6812. Pritom sa vychádza z maximálneho týždenného prevádzkového zaťaženia röntgenového žiariča, zohľadňuje sa faktor smeru žiarenia U a faktor pobytu osôb v priľahlých miestnostiach T.

Faktor smeru žiarenia U zohľadňuje pravdepodobnosť smerovania zväzku röntgenového žiarenia na chránenú oblasť. Pri výpočte ochranného tienenia sa používa faktor smeru žiarenia, napr.:

- U = 1.0 ak zväzok röntgenového žiarenia smeruje stále na chránenú oblasť
- U = 0.1 táto hodnota platí pre steny a stropy vyšetrovne, na ktoré nie je smerovaný užitočný zväzok viac ako 10% celkového týždenného prevádzkového zaťaženia röntgenového žiariča
- U = 0.0 táto hodnota platí pre steny a stropy vyšetrovne, na ktoré nie je nikdy smerovaný užitočný zväzok
- U = 0.2 táto hodnota platí pre steny a vstupné dvere do vyšetrovne, pri klasickej skiagrafii okrem stien a dverí, na ktoré nemôže byť nasmerovaný primárny zväzok,

Primárny zväzok röntgenového žiarenia u skiagrafického röntgenového prístroja je

smerovaný počas rádiologických vyšetrení predovšetkým k podlahe vyšetrovne, v obmedzenej miere je smerovaný na steny vyšetrovne, na strop nemôže byť primárny zväzok smerovaný (smerový faktor $U=0$). Pre rozptýlené röntgenové žiarenie je smerový faktor $U=1$. Celkový stupeň zoslabenia röntgenového žiarenia na pracovisku F je daný súčtom zoslabenia pre primárny zväzok rtg žiarenia F_P a pre rozptýlené rtg žiarenie F_R .

Faktor pobytu T zohľadňuje očakávanú dobu pobytu osôb v chránenej oblasti, príľahlej k vyšetrovni. Pri výpočte ochranného tienenia sa používa faktor pobytu:

- $T = 1,0$ pre miesta pobytu pracovníkov v kontrolovanom pásme a pre pracovné a pobytové priestory mimo kontrolovaného pásma (napr. kancelárie, dielne, laboratóriá, lôžkové izby pacientov, byty a pod.)
- $T = 0,1$ pre miesta mimo kontrolovaného pásma, ktoré priliehajú k vyšetrovni, v ktorých sa žiadna osoba nezdržiava viac ako $1/10$ prevádzkového času röntgenového žiariča (napr. chodby, toalety, kabínky pre pacientov, záchody, čakárne)
- $T = 0,3$ pre vonkajšie komunikačné miesta mimo kontrolovaného pásma, ktoré priliehajú priamo k vyšetrovni (napr. chodníky na ulici a pod.)
- $T = 0,0$ pre miesta, kde je vylúčené aby sa niekto zdržiaval počas prevádzky röntgenového zariadenia a pre miesta, kde sa okrem pacienta nesmie nikto zdržiavať.

Týždenné prevádzkové zaťaženie röntgenového žiariča W je definované vzťahom:

$$W = I \cdot t_E \quad (\text{mA} \cdot \text{min} / \text{týždeň})$$

kde: I = veľkosť prúdu röntgenovej lampy (mA)

t_E = doba prevádzky röntgenového zariadenia za týždeň (min/týždeň)

pritom sa predpokladá, že röntgenový žiarič je prevádzkovaný počas celej doby prevádzky pri menovitom napätí.

Pri stanovení ochranných tieniacich vrstiev sa vychádzalo z maximálneho prípustného týždenného prevádzkového zaťaženia $400 \text{ mA} \cdot \text{min} / \text{týždeň}$ pre skiagrafiu (pri 90 kV) z ročného celkového prevádzkového času 50 týždňov.

Stupeň zoslabenia pre primárny zväzok röntgenového žiarenia je definovaný vzťahom:

$$F_P = \frac{\Gamma \cdot W \cdot U \cdot T \cdot 50}{H_{\max} \cdot r^2}$$

kde: Γ je výťažnosť röntgenového žiariča ($\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / \text{mA} \cdot \text{min}$)

W je týždenné prevádzkové zaťaženie ($\text{mA} \cdot \text{min} / \text{týždeň}$)

U je smerový faktor primárneho zväzku rtg. žiarenia

T je faktor pobytu osôb

H_{\max} je smerná hodnota ekvivalentnej dávky pre optimalizáciu ochrany (mSv)

r je vzdialenosť chráneného miesta od ohniska rtg. lampy (m)

Stupeň zoslabenia pre rozptýlené röntgenové žiarenie je definovaný vzťahom:

$$F_R = \frac{\Gamma \cdot W \cdot U \cdot T \cdot k \cdot 50}{H_{\max} \cdot l^2 \cdot r^2}$$

kde: Γ je výťažnosť röntgenového žiariča (mSv.m²/mA.min)
 W je týždenné prevádzkové zaťaženie (mA.min/týždeň)
 T je faktor pobytu osôb
 U je smerový faktor pre rozptýlené rtg. žiarenie $U = 1$
 k je koeficient rozptylu užitočného zväzku röntgenového žiarenia, $k = 0.002 \text{ m}^2$ pre röntgenové zariadenia pre diagnostiku
 H_{\max} je smerná hodnota ekvivalentnej dávky pre optimalizáciu ochrany (mSv)
 l je vzdialenosť od ohniska röntgenovej lampy po stred telesa rozptylu (m)
 r je vzdialenosť chráneného miesta od centra telesa rozptylu (m)

Celkový koeficient zoslabenia röntgenového žiarenia:

$$F = F_P + F_R$$

Stanovenie hrúbky tieniaceho materiálu v ekvivalente olova:

Pre vypočítanú hodnotu celkového stupňa zoslabenia pre röntgenové žiarenie F sa stanoví požadovaná hrúbka tieniacej vrstvy v ekvivalente olova z grafov v citovanej norme. V prípade, že vypočítaný stupeň zoslabenia pre röntgenové žiarenie F je menší ako 1, dodatočná ochrana nie je potrebná.

Ekvivalentné hrúbky iných tieniacich materiálov, ktoré zabezpečia rovnaký stupeň ochrany ako stanovená ekvivalentná hrúbka olova sa pre definovanú energiu röntgenového žiarenia stanovujú z citovanej normy.

5. REFERENČNÉ BODY PRE STANOVENIE OCHRANY

Referenčné body pre stanovenie ochrany v okolí vyšetrovne s röntgenovým zariadením sú stanovené z dispozičného riešenia pracoviska.

Skiagrafia:

Referenčný bod (chránené miesto)		Vzdialenosť chráneného miesta od ohniska rtg žiariča r (m)	Smerový faktor primárneho zväzku U_P	Smerový faktor pre rozptýlené žiarenie U_R a únikové žiarenie U_U	Faktor pobytu T	Smerná hodnota ožiarenia za rok H_{max} (mSv)
1.	Obsluhovňa za dverami	2	0,1	1	1	1
2.	Obsluhovňa za stenou	2	0,1	1	1	1
3.	Obsluhovňa za okienkom	2	0,1	1	1	1
4.	Kabínka č.3 za stenou	2,5	0,1	1	0,1	0,1
5.	Kabínka č.3 za dverami	2,5	0,1	1	0,1	0,1
6.	Kabínka č.4 za stenou	2,5	0,1	1	0,1	0,1
7.	Kabínka č.4 za dverami	2,5	0,1	1	0,1	0,1
8.	Chodba za stenou	4	1	1	0,1	0,1
9.	Chodba za dverami	4	1	1	0,1	0,1
10.	Sklad za stenou	2,5	0,1	1	0,1	0,1
11.	Sonografia za stenou	1,8	0,1	1	1	0,1
12.	Vonkajší priestor za stenou	1,5	0	1	0,3	0,1
13.	Vonkajší priestor za oknom	1,5	0	1	0,3	0,1
14.	Strop - miestnosť nad vyšetrovňou	1,5	0	1	1	0,1
15.	Podlaha - miestnosť pod vyšetrovňou	2,5	1	1	0	0,1

6.VÝPOČET TIENENIA

Používaný zdroj ionizujúceho žiarenia:

Napätie na röntgenovej lampe:
 Filtrácia :
 Vzdialenosť ohnisko – teleso rozptylu d
 Radiačná výťažnosť rtg žiariča Γ
 Prevádzkové zaťaženie W
 Koeficient rozptylu k primárneho zväzku žiarenia

Skiagrafický komplet

100 kV
 2,5 mm Al
 1 m
 9 mSv/mA.min
 400 mA.min/týždeň
 0,002 m2

Referenčný bod (chránené miesto)	Vzdialenosť chráneného miesta od ohniska rtg žiariča r (m)	Smerový faktor primárneho zväzku U_P	Smerový faktor pre rozptýlené žiarenie U_R	Faktor pobytu T	Medzná hodnota ožiarenia za rok H_{max} (mSv)	Vypočítaný koeficient zoslabenia pre primárny zväzok F_P	Vypočítaný celkový koeficient zoslabenia pre rozptýlené žiarenie F_R	Vypočítaný celkový koeficient zoslabenia tieniaceho materiálu F	Vypočítaný ekvivalent olova tieniaceho materiálu (mm)
1. Obsluhovňa za dverami	2	0,1	1	1	1	4500	90	4590	2,30
2. Obsluhovňa za stenou	2	0,1	1	1	1	4500	90	4590	2,30
3. Obsluhovňa za okienkom	2	0,1	1	1	1	4500	90	4590	2,30
4. Kabínka č.3 za stenou	2,5	0,1	1	0,1	0,1	2880	58	2938	2,10
5. Kabínka č.3 za dverami	2,5	0,1	1	0,1	0,1	2880	58	2938	2,10
6. Kabínka č.4 za stenou	2,5	0,1	1	0,1	0,1	2880	58	2938	2,10
7. Kabínka č.4 za dverami	2,5	0,1	1	0,1	0,1	2880	58	2938	2,10
8. Chodba za stenou	4	1	1	0,1	0,1	11250	23	11273	2,70
9. Chodba za dverami	4	1	1	0,1	0,1	11250	23	11273	2,70
10. Sklad za stenou	2,5	0,1	1	0,1	0,1	2880	58	2938	2,10
11. Sonografia za stenou	1,8	0,1	1	1	0,1	55556	1111	56667	3,40
12. Vonkajší priestor za stenou	1,5	0	1	0,3	0,1	0	480	480	1,60
13. Vonkajší priestor za oknom	1,5	0	1	0,3	0,1	0	480	480	1,60
14. Strop - miestnosť nad vyšetrovňou	1,5	0	1	1	0,1	0	1600	1600	2,00
15. Podlaha - miestnosť pod vyšetrovňou	2,5	1	1	0	0,1	0	0	0	0,00

Referenčné body pre stanovenie ochrany v okolí vyšetrovne s röntgenovým zariadením sú stanovené z dispozičného riešenia pracoviska.

7. Požiadavky na zabezpečenie statickej ochrany pred röntgenovým žiarením na rtg pracovisku

Steny vyšetrovne:

1. Stena medzi vyšetrovňou a obsluhovňou (referenčný bod č.2) : požadovaný ekvivalent olova stavebného materiálu pre potrebnú ochranu pred röntgenovým žiarením je **minimálne 2,30 mm Pb** pri 100 kV.

Stena je vytvorená z pôvodného tehlového muriva a pórobetónových tvárnic hrúbky 15 cm, na stenu je potrebné doplniť Barytovú omietku ($3,2 \text{ g/cm}^3$) hrúbky 2 cm.

2. Stena medzi vyšetrovňou a skladoom (referenčný bod č.10) : požadovaný ekvivalent olova stavebného materiálu pre potrebnú ochranu pred röntgenovým žiarením je **minimálne 2,10 mm Pb** pri 100 kV.

Stena je vytvorená z pôvodného tehlového muriva na stenu je potrebné doplniť Barytovú omietku ($3,2 \text{ g/cm}^3$) hrúbky 2 cm.

3. Stena medzi vyšetrovňou a kabínkami (referenčný bod č.4 a č.6): požadovaný ekvivalent olova stavebného materiálu pre potrebnú ochranu pred röntgenovým žiarením je **minimálne 2,10 mm Pb** pri 100 kV.

Stena bude vytvorená z pórobetónových tvárnic hrúbky 15 cm – minimálny ekvivalent 0,5 mm Pb pri 100 kV, na stenu je potrebné doplniť Barytovú omietku ($3,2 \text{ g/cm}^3$) hrúbky 2 cm.

4. Stena medzi vyšetrovňou a chodbou (referenčný bod č.8): požadovaný ekvivalent olova stavebného materiálu pre potrebnú ochranu pred röntgenovým žiarením je **minimálne 2,70 mm Pb** pri 100 kV.

Stena bude vytvorená z pórobetónových tvárnic hrúbky 15 cm – minimálny ekvivalent 0,5 mm Pb pri 100 kV, na stenu je potrebné doplniť Barytovú omietku ($3,2 \text{ g/cm}^3$) hrúbky 2,0 cm.

5. Stena medzi vyšetrovňou a sonografiou (referenčný bod č.11): požadovaný ekvivalent olova stavebného materiálu pre potrebnú ochranu pred röntgenovým žiarením je **minimálne 3,40 mm Pb** pri 100 kV.

Stena bude vytvorená z pórobetónových tvárnic hrúbky 15 cm – minimálny ekvivalent 0,5 mm Pb pri 100 kV, na stenu je potrebné doplniť Barytovú omietku ($3,2 \text{ g/cm}^3$) hrúbky 3,0 cm.

6. Stena medzi vyšetrovňou a vonkajším priestorom (referenčný bod č.12): požadovaný ekvivalent olova stavebného materiálu pre potrebnú ochranu pred röntgenovým žiarením je **minimálne 1,60 mm Pb** pri 100 kV.

Stena minimálnej hrúbky 50 cm je vytvorená z pôvodného tehlového muriva – minimálny ekvivalent 2,5 mm Pb pri 100 kV, na stenu nie je potrebné doplniť žiadnu dodatočnú ochranu.

Poznámka: V prípade použitia iných stavebných materiálov (v prípade zaslepenia otvorov a pod), je potrebné použiť taký stavebný materiál, aby bol dosiahnutý minimálny ekvivalent olova pre danú stenu, ktorý je uvedený v projekte radiačnej ochrany.

Podlaha vyšetrovne:

Podlaha vyšetrovne: požadovaný ekvivalent olova stavebného materiálu pre potrebnú ochranu pred röntgenovým žiarením je **minimálne 0,0 mm Pb** pod pracoviskom sa nenachádzajú žiadne priestory, kde by bol možný pobyt osôb.

Strop vyšetrovne:

Strop vyšetrovne: požadovaný ekvivalent olova stavebného materiálu pre potrebnú ochranu pred röntgenovým žiarením je **minimálne 2,00 mm Pb** pri 100 kV, čo pri 100 kV zodpovedá betónu ($2,3 \text{ g/cm}^3$) hrúbky 14 cm.

Strop je tvorený s keramických stropných dosiek na ktorých sa nachádza liaty betón hrúbky 8 cm – minimálny ekvivalent 1 mm pri 100 kV, na strop je potrebné doplniť dodatočnú ochranu s ekvivalentom 1,0 mm Pb pri 100 kV, napríklad Barytovú omietku ($3,2 \text{ g/cm}^3$) hrúbky 1,0 cm.

Pozorovacie okienko v obsluhovni :

Požadovaný ekvivalent olova pre potrebnú ochranu pred röntgenovým žiarením je **minimálne 2,30 mm Pb** pri 100 kV.

Dvere vyšetrovne:

1. **Dvere medzi vyšetrovňou a obsluhovňou** (referenčný bod č.1): požadovaný ekvivalent olova pre potrebnú ochranu pred röntgenovým žiarením je **minimálne 2,30 mm** pri 100 kV.
2. **Dvere medzi vyšetrovňou a kabínkami** (referenčný bod č.5 a č.7): požadovaný ekvivalent olova pre potrebnú ochranu pred röntgenovým žiarením je **minimálne 2,10 mm Pb** pri 100 kV.
3. **Dvere medzi vyšetrovňou a chodbou** (referenčný bod č.9): požadovaný ekvivalent olova pre potrebnú ochranu pred röntgenovým žiarením je **minimálne 2,70 mm Pb** pri 100 kV.

Okná v rtg vyšetrovni :

Okná medzi vyšetrovňou a vonkajším priestorom (chodník). Požadovaný ekvivalent olova pre potrebnú ochranu pred röntgenovým žiarením je **minimálne 1,60 mm Pb** pri 100 kV.

Na okná je potrebné do výšky 2,2 m od úrovne vonkajšieho terénu umiestniť dodatočnú ochranu s ekvivalentom 1,6 mm Pb pri 100 kV

8. Záver:

Pri realizácii ochranného tienenia na skiagrafickom pracovisku je nutné použiť taký stavebný a tieniaci materiál, aby boli dodržané minimálne ekvivalenty olova (pre energiu 90 kV), ktoré zabezpečia, že nebude prekročená smerná hodnota pre preukázanie racionálne dosiahnuteľnej úrovne radiačnej ochrany pre žiadneho pracovníka (1 mSv/rok), alebo obyvateľa (100 μ Sv/rok).

Na pracovisku je potrebné vykonať nasledujúce opatrenia :

- prestupy rozvodov v stenách rádiologického pracoviska je potrebné riešiť nasledovne :
 1. potrubia VZT je potrebné obaliť z bočných strán a spodnej strany oloveným plechom hrúbky 1 mm do vzdialenosti 0,5m od steny dovnútra RTG vyšetrovne,
 2. káblový kanál v podlahe : kryt kanála musí byť opatrený oloveným plechom hrúbky 1 mm do vzdialenosti 0,5m od steny dovnútra RTG vyšetrovne,
 3. prestupy trubiek (kúrenie, vodoinštalácia, káble) : otvor v stene, v ktorom je trubka vložená, je potrebné opatriť zvnútra RTG vyšetrovne manžetou z oloveného plechu hrúbky 1 mm, aby sa prekryl voľný priestor okolo trubky.
- na viditeľnom mieste stien vyšetrovne vrátane dvier a stropu musí byť trvale a zreteľne vyznačená hrúbka a druh materiálu ochrannej tieniacej vrstvy príslušnej časti steny, stropu, prípadne ekvivalent s uvedením napätia pri ktorom bol určený (napr. ekvivalent 1,50 mm Pb – 100 kV). Na označenie sa použije nezmývateľná farba a najmenej 3 cm vysoké písmená, prípadne i trvale pripevnené kovové, plastické tabuľky alebo štítky.
- vstup na pracovisko musí byť označený symbolom „Pozor. Nebezpečné neviditeľné žiarenie !“
- vstupné dvere z kabínok do vyšetrovne musia byť vybavené zo strany kabínok slepou kľučkou (gulťou)

Spracoval: Ing. Peter Orviský

Piešťanoch, 19.4.2022

Hrúbky rozličných stavebných tieniacich materiálov

(Podľa DIN 6812)

Hrúbka olova mm	Hrúbka tieniaceho materiálu v mm, na dosiahnutie rovnakého zoslabenia, pre rozličné napätie röntgenovej lampy kV					
	50	100	150	200	250	300
Pórobetón (0.63 g/cm³)						
0.2	84	66	82	92	77	86
0.4	180	120	160	145	135	130
0.6	280	170	230	200	180	170
0.8	380	220	280	260	230	210
1.0	480	270	340	310	270	240
1.2	x	310	400	360	310	270
1.4	x	350	450	410	340	300
1.6	x	390	500	450	380	330
1.8	x	430	560	500	410	360
2.0	x	470	600	530	440	380

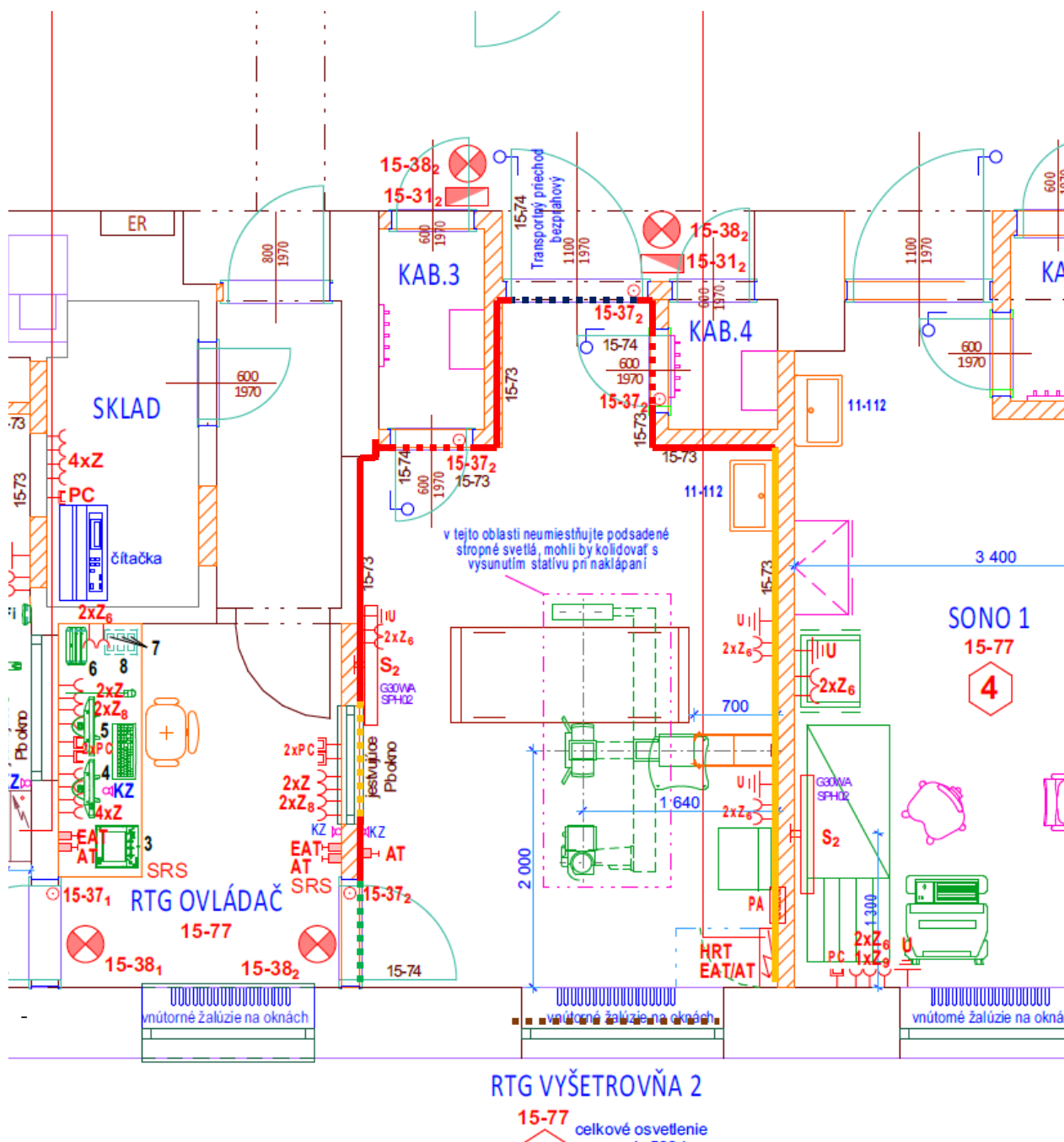
Hrúbka olova mm	Hrúbka tieniaceho materiálu v mm, na dosiahnutie rovnakého zoslabenia, pre rozličné napätie röntgenovej lampy kV					
	50	100	150	200	250	300
Železo (7.9 g/cm³)						
0.2	1.1	1.2	2.4	3.2	3.4	3.8
0.4	2.4	2.4	5.2	6.0	6.4	7.2
0.6	3.8	4.0	8.0	9.2	9.4	10
0.8	5.2	5.2	11	12	12	13
1.0	6.5	6.4	14	16	16	16
1.2	x	8.0	17	19	18	18
1.4	x	9.2	20	23	21	20
1.6	x	10	23	26	23	22
1.8	x	12	26	29	26	24
2.0	x	13	28	32	29	26

Hrúbka olova mm	Hrúbka tieniaceho materiálu v mm, na dosiahnutie rovnakého zoslabenia, pre rozličné napätie röntgenovej lampy kV					
	50	100	150	200	250	300
Plná tehla (1.8 g/cm³)						
0.5	100	70	84	76	68	62
1	200	120	150	130	120	105
2	x	195	260	230	190	165
3	x	260	340	310	250	210
4	x	330	420	370	300	250
6	x	450	570	490	390	330
8	x	x	x	600	470	390
10	x	x	x	x	540	450
12	x	x	x	x	610	510
14	x	x	x	x	x	570
16	x	x	x	x	x	620

Hrúbka olova mm	Hrúbka tieniaceho materiálu v mm, na dosiahnutie rovnakého zoslabenia, pre rozličné napätie röntgenovej lampy kV					
	50	100	150	200	250	300
Sadrokartón (0.84 g/cm³)						
0.2	50	48	63	62	60	56
0.4	110	89	120	110	105	95
0.6	170	130	175	155	145	130
0.8	230	165	220	200	180	165
1.0	290	200	270	240	220	190
-	x	x	x	x	x	x
-	x	x	x	x	x	x
-	x	x	x	x	x	x
-	x	x	x	x	x	x
-	x	x	x	x	x	x
-	x	x	x	x	x	x

Hrúbka olova mm	Hrúbka tieniaceho materiálu v mm, na dosiahnutie rovnakého zoslabenia, pre rozličné napätie röntgenovej lampy kV					
	50	100	150	200	250	300
Barytový betón (3.2 g/cm³)						
0.5	15	4.0	7.3	9.0	10	11
1	31	8.6	15	19	19	21
2	x	17	33	38	37	37
3	x	24	51	57	53	50
4	x	30	67	74	68	64
6	x	44	100	105	96	88
8	x	57	130	135	120	115
10	x	70	165	170	145	135
12	x	82	195	195	170	155
14	x	x	x	230	190	180
16	x	x	x	260	220	200
18	x	x	x	x	240	220
20	x	x	x	x	x	240
22	x	x	x	x	x	260

Hrúbka olova mm	Hrúbka tieniaceho materiálu v mm, na dosiahnutie rovnakého zoslabenia, pre rozličné napätie röntgenovej lampy kV					
	50	100	150	200	250	300
Betón (2.3 g/cm³)						
0.5	62	44	60	56	52	50
1	130	80	105	96	85	80
2	x	140	180	165	135	125
3	x	190	250	220	180	155
4	x	240	300	270	220	185
6	x	340	410	360	280	240
8	x	440	530	440	350	290
10	x	540	630	530	400	330
12	x	x	x	610	460	370
14	x	x	x	x	520	420
16	x	x	x	x	580	460
18	x	x	x	x	640	500
20	x	x	x	x	x	550
22	x	x	x	x	x	590



- - Barytová omietka ($3,2 \text{ g/cm}^3$) hrúbky 2 cm
- - Barytová omietka ($3,2 \text{ g/cm}^3$) hrúbky 3 cm
- - pozorovacie okienko ekvivalent 2,3 mm Pb pri 100 kV
- - dodatočná ochrana na oknách, ekvivalent 2,6 mm Pb pri 100 kV
- - dvere ekvivalent 2,1 mm Pb pri 100 kV
- - dvere ekvivalent 2,3 mm Pb pri 100 kV
- - dvere ekvivalent 2,7 mm Pb pri 100 kV

