

Projekt medycznej pracowni rentgenowskiej z opisem osłon stałych

Pracownia Endoskopowa

Pabianickie Centrum Medyczne

ul. Jana Pawła II 68
95-200 Pabianice

Projekt wykonali:
dr n. med. Piotr Jarek
dr n. med. Dariusz Niewiadomski

lipiec 2023

Spis treści

1. Wstęp.....	2
1.1. Przedmiot opracowania	2
1.2. Podstawa opracowania	2
1.3. Przepisy i normy	2
2. Medyczna pracownia rentgenowska.....	3
2.1. Lokalizacja pracowni rentgenowskiej	3
2.2. Konstrukcja pracowni.....	4
2.3. Opis aparatu rentgenowskiego.....	4
3. Obliczenia osłon stałych.....	6
3.1. Wzory do obliczeń osłon stałych.....	6
3.1.1. Krotność osłabienia promieniowania pierwotnego	6
3.1.2. Zredukowana moc dawki.....	7
3.2. Przewoźny aparat rentgenowski typu ramię C	8
3.2.1. Założenia do obliczeń osłon stałych.....	8
3.2.2. Obliczenia.....	8
4. Zestawienie obliczeń	17
5. Wyposażenie technologiczne pracowni.....	19
6. Wymogi dotyczące ochrony radiologicznej	19
7. Oznaczenie pracowni.....	21
Rzut medycznej pracowni rentgenowskiej	22

1. Wstęp

1.1. Przedmiot opracowania

Opracowanie przedstawia projekt medycznej pracowni rentgenowskiej, w której planowana jest instalacja przewoźnego aparatu rentgenowskiego typu ramię C składającego się z pozycjonera ramienia C oraz przenośnej stacji wizualnej. Urządzenie służy do radiologicznej kontroli i obrazowania podczas procedur diagnostycznych oraz interwencyjnych w zakresie radiologii zabiegowej. Zestaw rentgenowski eksploatowany będzie w pracowni endoskopowej w okolicy stołu zabiegowego.

Projekt zawiera obliczenia osłon stałych, które są niezbędne do ochrony osób przebywających w otoczeniu medycznej pracowni rentgenowskiej oraz personelu obsługującego aparat, przed szkodliwym działaniem promieniowania rentgenowskiego. Ekspozycja wykonywana będzie przy pomocy przycisku nożnego lub ręcznego.

1.2. Podstawa opracowania

Projekt opracowano w oparciu o następujące materiały:

- a) projekt architektoniczny pracowni;
- b) informacji przekazanych przez użytkownika;
- c) instrukcji technicznej:
 - przewoźnego aparatu rentgenowskiego typu ramię C: Ziehm Vision RFD;
- d) obowiązujących aktów prawnych i polskich norm.

1.3. Przepisy i normy

Wykaz aktów prawnych i polskich norm na podstawie, których został opracowany niniejszy projekt:

- a) Ustawa Prawo Atomowe ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. (t. jedn. Dz. U. 2021, poz. 1941);
- b) Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 marca 2021 r. w sprawie stanowiska mającego istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej (Dz. U. 2021, poz. 765)
- c) Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 marca 2021 r. w sprawie inspektorów ochrony radiologicznej (Dz. U. z 2021 r., poz. 640);
- d) Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 lutego 2011 r. w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej (t. jedn. Dz. U. 2017, Nr 884);
- e) Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 25 maja 2021 roku w sprawie wymagań dotyczących rejestracji dawek indywidualnych. (Dz. U. 2021, poz. 1053);
- f) Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 20 lutego 2007 r. w sprawie podstawowych wymagań dotyczących terenów nadzorowanych i kontrolowanych (Dz. U. 2007, Nr 131, poz. 910);
- g) Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. 2006, Nr 180, poz. 1325);
- h) Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 12 lipca 2006 r w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego (Dz. U. 2006, Nr 140, poz. 994);

- i) Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 11 sierpnia 2021 r. w sprawie wskaźników pozwalających na wyznaczenie dawek promieniowania jonizującego stosowanych przy ocenie narażenia na promieniowanie jonizujące (Dz. U. 2021, poz. 1657);
- j) Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 listopada 2020 r. w sprawie ochrony przed promieniowaniem jonizującym pracowników zewnętrznych narażonych podczas pracy na terenie kontrolowanym lub nadzorowanym (Dz. U. 2020, poz. 2313);
- k) Ustawa z dnia 9 listopada 2018 r. o zmianie ustawy o działalności leczniczej oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. 2018, poz. 2219);
- l) PN-86/J-80001 Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych.

2. Medyczna pracownia rentgenowska

2.1. Lokalizacja pracowni rentgenowskiej

Pomieszczenie, w którym zostanie zainstalowany przewoźny aparat rentgenowski typu ramię C, zlokalizowane jest na drugim piętrze, wielokondygnacyjnego budynku. Budynek położony jest przy ul. Jana Pawła II 68 w Pabianicach.

Medyczna pracownia rentgenowska umiejscowiona jest na drugim piętrze. Z pracownią endoskopową, na której użytkowany będzie aparat rentgenowski, sąsiadują: myjnia sprzętu, korytarz, sala chorych, teren wewnętrzny posesji. Szczegółowy opis pomieszczeń został przedstawiony poniżej. Z uwagi na usytuowanie stanowisk pracy zespołu zabiegowego oraz budowę aparatu rentgenowskiego, założono, że wiązka pierwotna promieniowania ukierunkowana będzie wyłącznie na sufit pracowni endoskopowej.

Powierzchnia gabinetu rentgenowskiego wynosi 39,80 m².
Wysokość gabinetu rentgenowskiego wynosi 2,97 m.

Pomieszczenia, obiekty sąsiadujące z miejscem instalacji aparatu rentgenowskiego:

- | | |
|-----------------|----------------------------|
| – ściana A–B | – zewnątrz budynku; |
| – ściana B–C | – myjnia sprzętu; |
| – ściana C–D | – korytarz; |
| – ściana D–E | – korytarz; |
| – ściana E–F | – korytarz; |
| – ściana F–A | – pomieszczenia szpitalne; |
| – pod gabinetem | – pomieszczenia szpitalne; |
| – nad gabinetem | – pomieszczenia szpitalne. |

Odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego i rodzaj wiązki promieniowania:

- | | |
|-----------------|--|
| – ściana A–B | – 3,53 m, promieniowanie rozproszone; |
| – ściana B–C | – 3,44 m, promieniowanie rozproszone; |
| – ściana C–D | – 3,44 m, promieniowanie rozproszone; |
| – ściana D–E | – 3,44 m, promieniowanie rozproszone; |
| – ściana E–F | – 3,44 m, promieniowanie rozproszone; |
| – ściana F–A | – 3,27 m, promieniowanie rozproszone; |
| – pod gabinetem | – 2,00 m, promieniowanie rozproszone; |
| – nad gabinetem | – 2,50 m, promieniowanie pierwotne, rozproszone. |

2.2. Konstrukcja pracowni

Konstrukcja ścian, grubość ścian:

- ściana A–B – ściana wykonana z cegły dziurawki i bloczka z gazobetonu pokrytej dwustronnie tynkiem o łącznej grubości 40 cm;
ściana o łącznym równoważniku ołowiu wynoszącym 1,5 mm Pb;
w ścianie znajdują się okna;
- ściana B–C – ściana wykonana z cegły dziurawki pokrytej dwustronnie tynkiem oraz przedścianki z płyt karton-gips o łącznej grubości 23,0 cm;
ściana o łącznym równoważniku ołowiu wynoszącym 0,5 mm Pb;
w ścianie znajdują się drzwi wejściowe D1 i D2 od strony myjni sprzętu;
- ściana C–D – ściana wykonana z cegły dziurawki pokrytej dwustronnie tynkiem oraz przedścianki z płyt karton-gips o łącznej grubości 23,0 cm;
ściana o łącznym równoważniku ołowiu wynoszącym 0,5 mm Pb;
- ściana D–E – ściana wykonana w konstrukcji szkieletowej pokrytej dwustronnie podwójną warstwą płyt karton-gips o łącznej grubości 5 cm;
ściana o łącznym równoważniku ołowiu wynoszącym 0,2 mm Pb;
w ścianie znajdują się drzwi wejściowe D3 od strony korytarza;
- ściana E–F – ściana wykonana z cegły dziurawki pokrytej dwustronnie tynkiem oraz przedścianki z płyt karton-gips o łącznej grubości 23,0 cm;
ściana o łącznym równoważniku ołowiu wynoszącym 0,5 mm Pb;
- ściana F–A – ściana wykonana z cegły dziurawki pokrytej dwustronnie tynkiem oraz przedścianki z płyt karton-gips o łącznej grubości 23,0 cm;
ściana o łącznym równoważniku ołowiu wynoszącym 0,5 mm Pb;
- pod gabinetem – podłoga, strop wykonany z bloczków Ackermana o grubości 24 cm z wylewką betonową grubości 6 cm;
ściana o łącznym równoważniku ołowiu wynoszącym 2,0 mm Pb;
- nad gabinetem – strop wykonany z z bloczków Ackermana o grubości 24 cm z wylewką betonową grubości 6 cm;
ściana o łącznym równoważniku ołowiu wynoszącym 2,0 mm Pb.

2.3. Opis aparatu rentgenowskiego

Niniejszy projekt medycznej pracowni rentgenowskiej został opracowany dla przewoźnego aparatu rentgenowskiego typu ramię C – Ziehm Vision RFD (zgodnie z sugestią użytkownika). Rejestracja obrazu wykonywana będzie z wykorzystaniem systemu cyfrowego.

aparat rentgenowski jezdny typu ramię C:

Generator rtg:	generator wysokiej częstotliwości;
Kołpak rtg z lampą rtg:	ognisko 0,3 mm oraz 0,6 mm;
Kolimator rtg z zespołem filtrów:	filtracja własna 4,3 mm Al;
Wysokie napięcie:	zakres pracy 40 kV – 120 kV;
Prąd anodowy:	1,5 mA – 250 mA;

W obliczeniach przyjęto warunki odpowiadające klinicznie stosowanym parametrom ekspozycji pracy przewoźnego aparatu rentgenowskiego typu ramię C, dla standardowego pacjenta.

Zgodnie z założeniami użytkownika aparat rentgenowski będzie wykorzystywany maksymalnie do 25 zabiegów tygodniowo, przy średnim czasie pracy lampy wynoszącym 4 minuty/zabieg. Odpowiednie wartości osłon wyznaczono dla napięcia 100 kV i prądu 40 mA.

Projekt uwzględnia możliwość zainstalowania innej aparatury o podobnych parametrach i analogicznym ustawieniu.

3. Obliczenia osłon stałych

3.1. Wzory do obliczeń osłon stałych

Obliczenia osłon stałych wykonano w oparciu o normę PN-86/J-80001. Grubość osłon określono na podstawie tabel i wykresów zawartych we wspomnianej normie, korzystając z poniższych wzorów.

W diagnostycznych aparatach rentgenowskich promieniowanie uboczne jest znikome, może być pominięte w obliczeniach jako nierzucające na grubość osłon.

W celu obliczenia grubości osłony stałej dla promieniowania pierwotnego wykorzystano wzór na krotność osłabiania promieniowania. Dla promieniowania rozproszonego zastosowano wzór na zredukowaną moc dawki dla promieniowania rozproszonego przez wodę lub tkankę.

3.1.1. Krotność osłabienia promieniowania pierwotnego

$$k = \frac{\dot{D} \cdot I \cdot t}{D \cdot l^2} \cdot y;$$

gdzie:

\dot{D} – moc dawki w odległości 1 (m) od ogniska lampy przeliczona dla prądu anodowego 1 (mA), ($\text{mGy} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$);

I – nominalne natężenie prądu anodowego lampy rtg (mA);

t – czas narażenia w ciągu tygodnia osób przebywających w miejscu osłanianym (min);

D – przyjęta dawka tygodniowa (mGy);

l – najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy (m);

y – współczynnik osłabienia w ośrodku;

$$t = T \cdot U \cdot t_0;$$

gdzie:

T – współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu;

T może przyjmować następujące wartości:

1 dla miejsc stałego przebywania ludzi;

0,25 dla miejsc czasowo wykorzystywanych przez ludzi;

0,05 dla miejsc krótkiego przebywania;

U – współczynnik określający prawdopodobieństwo skierowania użytecznej wiązki promieniowania w kierunku obliczanej osłony;

U może przyjmować następujące wartości:

1 dla podłóg;

1 dla ścian i sufitów, jeżeli przewiduje się ich napromieniowanie wiązką główną przy pracach rutynowych;

1 dla osłon chroniących tylko przed promieniowaniem rozproszonym lub ubocznym;

0,25 dla ścian nie napromieniowanych wiązką główną przy pracach rutynowych;

0,05 dla sufitów nie napromieniowanych wiązką główną przy pracach rutynowych;

t_0 – maksymalny czas pracy źródła promieniowania jonizującego w ciągu tygodnia na jednej zmianie (s, min, h).

3.1.2. Zredukowana moc dawki

Osłony przed promieniowaniem rozproszonym przez wodę lub tkankę (bez uwzględnienia promieniowania ubocznego).

Zredukowana moc dawki C_1 ($\text{mGy} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$), służąca do określenia grubości osłon przed promieniowaniem rozproszonym:

$$C_1 = \frac{D \cdot l^2}{t \cdot I};$$

gdzie:

D – dawka tygodniowa (mGy);

l – najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego promieniowanie od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy (m);

t – czas narażenia w ciągu tygodnia na promieniowanie rozproszone (h);

I – nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej (mA).

3.2. Przewoźny aparat rentgenowski typu ramię C

3.2.1. Założenia do obliczeń osłon stałych

- a) Czas pracy ze źródłami promieniowania jonizującego t_0

Maksymalny czas pracy źródła promieniowania X w ciągu tygodnia został przyjęty zgodnie z założeniami użytkownika:

– 25 badań; $t = 240,0 \text{ s}$; $t_0 = 25 \cdot 240,0 \text{ s} \rightarrow t_0 = 6000,0 \text{ s} = 100 \text{ min}$;

- b) Moc dawki \dot{D}

Moc dawki wyznaczono na podstawie normy PN-86/J-80001 dla $U = 100 \text{ kV}$ i filtracji całkowitej równej $4,3 \text{ mm Al}$:

$$\dot{D} = 4,0 \text{ mGy} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1};$$

- c) Dawka tygodniowa D

Dawka tygodniowa została wyznaczona na podstawie Rozporządzenia Ministra Zdrowia Dz. U. 2006, Nr 180, poz. 1325.

Dawka dla osób:

– w gabinecie rentgenowskim:

6 mSv/rok , co odpowiada $0,12 \text{ mSv/tyg.}$ czyli $104,4 \mu\text{Gy/tyg.}$;

– w pomieszczeniach pracowni rentgenowskiej:

3 mSv/rok , co odpowiada $0,06 \text{ mSv/tyg.}$ czyli $52,2 \mu\text{Gy/tyg.}$;

– w pomieszczeniach poza pracownią rentgenowską, a także osoby z ogółu ludności przebywające w sąsiedztwie:

$0,5 \text{ mSv/rok}$, co odpowiada $0,01 \text{ mSv/tyg.}$ czyli $8,7 \mu\text{Gy/tyg.}$;

- d) Natężenie prądu anodowego I

$$I = 40 \text{ mA};$$

- e) Napięcie prądu U

$$U_{\text{max}} = 100 \text{ kV};$$

- f) Współczynnik y osłabiania w ośrodku dla tkanki o grubości 20 cm

Przyjęto, że współczynnik y jest równy $0,03$.

3.2.2. Obliczenia

Z uwagi na usytuowanie oraz budowę aparatu rentgenowskiego w obliczeniach uwzględniono promieniowanie rozproszone dla ścian sąsiadujących z terenem wewnętrznym posesji, myjnią sprzętu, korytarzem oraz salą chorych. Założono, że wiązka pierwotna promieniowania ukierunkowana będzie wyłącznie na sufit pracowni, jednakże na specyfikę pracy aparatu uznano, że głównie będzie to promieniowanie rozproszone.

Wartości grubości osłon z ołowiu zostaną wyznaczone na podstawie normy PN-86/J-80001 dla $U = 100 \text{ kV}$.

Ściana A – B

Zewnątrz budynku – promieniowanie rozproszone

Dane do obliczeń

Prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu	$T = 0,05$
Prawdopodobieństwo skierowania wiązki promieniowania w kierunku osłony	$U = 1,0$
Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia	$t = 5 \text{ min} = 83 \cdot 10^{-3} \text{ h}$
Moc dawki w odległości 1 m od lampy rentgenowskiej	$\dot{D} = 4,0 \text{ mGy} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$
Dawka tygodniowa	$D = 8,7 \text{ } \mu\text{Gy} = 0,0087 \text{ mGy}$
Nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej	$I = 40 \text{ mA}$
Najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego	$l = 2,35 \text{ m}$
Współczynnik osłabiania w ośrodku	$y = 0,03$

Osłona / Ściana A – B	materiał: cegła dziurawka, bloczek z gazobetonu	grubość: 400 mm	gęstość: 0,8 g/cm ³
Równoważnik materiału istniejącej osłony (mm Pb)	1,50 mm Pb		

– przedmiot rozpraszający – woda lub tkanka

$$C_1 = \frac{0,0087 \cdot 2,35^2}{83 \cdot 10^{-3} \cdot 40} \left(\frac{\text{mGy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mA}} \right) = 14,4 \left(\frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mA}} \right)$$

Wymagana grubość osłony z ołowiu zgodnie z PN-86/J-80001 dla

$$C_1 = 14,4 (\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}) \text{ wynosi } 0,60 \text{ mm Pb.}$$

Ściana A – B wykonana jest z cegły dziurawki i boczka gazobetonowego o łącznej grubości 40 cm i nie wymaga dodatkowej osłony. W ścianie znajduje się okno, które nie wymaga osłonięcia ponieważ medyczna pracownia rentgenowska znajduje się na drugim piętrze wielokondygnacyjnego budynku.

Ściana B – C

Myjnia sprzętu, drzwi D1, D2 – promieniowanie rozproszone

Dane do obliczeń

Prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu	$T = 0,25$
Prawdopodobieństwo skierowania wiązki promieniowania w kierunku osłony	$U = 1,0$
Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia	$t = 25 \text{ min} = 417 \cdot 10^{-3} \text{ h}$
Moc dawki w odległości 1 m od lampy rentgenowskiej	$\dot{D} = 4 \text{ mGy} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$
Dawka tygodniowa	$D = 8,7 \text{ } \mu\text{Gy} = 0,0087 \text{ mGy}$
Nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej	$I = 40 \text{ mA}$
Najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego	$l = 3,44 \text{ m}$
Współczynnik osłabiania w ośrodku	$y = 0,03$

Oslona / Ściana B – C	materiał: cegła dziurawka, tynk, karton-gips	grubość: 230 mm	gęstość: 0,6 g/cm ³
Równoważnik materiału istniejącej osłony (mm Pb)	0,50 mm Pb		

– przedmiot rozpraszający – woda lub tkanka

$$C_1 = \frac{0,0087 \cdot 3,44^2}{417 \cdot 10^{-3} \cdot 40} \left(\frac{\text{mGy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mA}} \right) = 6,2 \left(\frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mA}} \right)$$

Wymagana grubość osłony z ołowiu zgodnie z PN-86/J-80001 dla

$$C_1 = 6,2 (\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}) \text{ wynosi } 0,80 \text{ mm Pb.}$$

Ściana B – C wykonana jest z cegły dziurawki pokrytej tynkiem cementowym oraz przedścianki z płyt karton-gips o łącznej grubości 23,0 cm. W ścianie B – C znajdują się drzwi D1 i D2 od strony myjni sprzętu.

Ściana B – C wymaga dodatkowej osłony o równoważniku 0,5 mm Pb, drzwi D1, D2 należy dodatkowo wzmocnić warstwą materiału o równoważniku 1,0 mm Pb.

Ściana C – D

Korytarz – promieniowanie rozproszone

Dane do obliczeń

Prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu	$T = 0,25$
Prawdopodobieństwo skierowania wiązki promieniowania w kierunku osłony	$U = 1,0$
Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia	$t = 25 \text{ min} = 417 \cdot 10^{-3} \text{ h}$
Moc dawki w odległości 1 m od lampy rentgenowskiej	$\dot{D} = 4 \text{ mGy} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$
Dawka tygodniowa	$D = 8,7 \text{ } \mu\text{Gy} = 0,0087 \text{ mGy}$
Nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej	$I = 40 \text{ mA}$
Najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego	$l = 3,44 \text{ m}$
Współczynnik osłabiania w ośrodku	$y = 0,03$

Osłona / Ściana C – D	materiał: cegła dziurawka, tynk, karton-gips	grubość: 230 mm	gęstość: 0,6 g/cm ³
Równoważnik materiału istniejącej osłony (mm Pb)		0,50 mm Pb	

– przedmiot rozpraszający – woda lub tkanka

$$C_1 = \frac{0,0087 \cdot 3,44^2}{417 \cdot 10^{-3} \cdot 40} \left(\frac{\text{mGy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mA}} \right) = 6,2 \left(\frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mA}} \right)$$

Wymagana grubość osłony z ołowiu zgodnie z PN-86/J-80001 dla

$$C_1 = 6,2 (\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}) \text{ wynosi } 0,80 \text{ mm Pb.}$$

Ściana C – D wykonana jest z cegły dziurawki pokrytej tynkiem cementowym oraz przedścianki z płyt karton-gips o łącznej grubości 23,0 cm.

Ściana C – D wymaga dodatkowej osłony o równoważniku ołowiu 0,5 mm Pb.

Ściana D – E

Korytarz, drzwi wejściowe D3 – promieniowanie rozproszone

Dane do obliczeń

Prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu	$T = 0,25$
Prawdopodobieństwo skierowania wiązki promieniowania w kierunku osłony	$U = 1,0$
Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia	$t = 25 \text{ min} = 417 \cdot 10^{-3} \text{ h}$
Moc dawki w odległości 1 m od lampy rentgenowskiej	$\dot{D} = 4 \text{ mGy} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$
Dawka tygodniowa	$D = 8,7 \text{ } \mu\text{Gy} = 0,0087 \text{ mGy}$
Nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej	$I = 40 \text{ mA}$
Najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego	$l = 3,44 \text{ m}$
Współczynnik osłabiania w ośrodku	$y = 0,03$

Oslona / Ściana D – E	materiał: płyta karton-gips	grubość: 150 mm	gęstość: 0,6 g/cm ³
Równoważnik materiału istniejącej osłony (mm Pb)	0,20 mm Pb		

– przedmiot rozpraszający – woda lub tkanka

$$C_1 = \frac{0,0087 \cdot 3,44^2}{417 \cdot 10^{-3} \cdot 40} \left(\frac{\text{mGy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mA}} \right) = 6,2 \left(\frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mA}} \right)$$

Wymagana grubość osłony z ołowiu zgodnie z PN-86/J-80001 dla

$$C_1 = 6,2 (\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}) \text{ wynosi } 0,80 \text{ mm Pb.}$$

Ściana D – E wykonana jest w systemie szkieletowym pokryta dwustronnie, podwójną warstwą płyt karton-gips o łącznej grubości 15 cm. W ścianie znajdują się drzwi wejściowe D3.

Ściana D – E wymaga dodatkowej osłony o równoważniku 0,5 mm Pb. Drzwi D3 należy dodatkowo wzmocnić warstwą materiału o równoważniku 1,0 mm Pb

Ściana E – F

Korytarz – promieniowanie rozproszone

Dane do obliczeń

Prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu	$T = 0,25$
Prawdopodobieństwo skierowania wiązki promieniowania w kierunku osłony	$U = 1,0$
Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia	$t = 25 \text{ min} = 417 \cdot 10^{-3} \text{ h}$
Moc dawki w odległości 1 m od lampy rentgenowskiej	$\dot{D} = 4 \text{ mGy} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$
Dawka tygodniowa	$D = 8,7 \text{ } \mu\text{Gy} = 0,0087 \text{ mGy}$
Nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej	$I = 40 \text{ mA}$
Najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego	$l = 3,44 \text{ m}$
Współczynnik osłabiania w ośrodku	$y = 0,03$

Osłona / Ściana E – F	materiał: cegła dziurawka, tynk, karton-gips	grubość: 230 mm	gęstość: 0,6 g/cm ³
Równoważnik materiału istniejącej osłony (mm Pb)		0,50 mm Pb	

– przedmiot rozpraszający – woda lub tkanka

$$C_1 = \frac{0,0087 \cdot 3,44^2}{417 \cdot 10^{-3} \cdot 40} \left(\frac{\text{mGy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mA}} \right) = 6,2 \left(\frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mA}} \right)$$

Wymagana grubość osłony z ołowiu zgodnie z PN-86/J-80001 dla

$C_1 = 6,2 \text{ } (\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1})$ wynosi 0,80 mm Pb.

Ściana E – F wykonana jest z cegły dziurawki pokrytej tynkiem cementowym oraz przedścianki z płyt karton-gips o łącznej grubości 23,0 cm.

Ściana E – F wymaga dodatkowej osłony o równoważniku ołowiu 0,5 mm Pb.

Ściana F – A

Pomieszczenia szpitalne – promieniowanie rozproszone

Dane do obliczeń

Prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu	$T = 1,0$
Prawdopodobieństwo skierowania wiązki promieniowania w kierunku osłony	$U = 1,0$
Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia	$t = 100 \text{ min} = 1667 \cdot 10^{-3} \text{ h}$
Moc dawki w odległości 1 m od lampy rentgenowskiej	$\dot{D} = 4 \text{ mGy} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$
Dawka tygodniowa	$D = 8,7 \text{ } \mu\text{Gy} = 0,0087 \text{ mGy}$
Nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej	$I = 40 \text{ mA}$
Najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego	$l = 3,27 \text{ m}$
Współczynnik osłabiania w ośrodku	$y = 0,03$

Osłona / Ściana F – A	materiał: cegła dziurawka, tynk, karton-gips	grubość: 230 mm	gęstość: 0,6 g/cm ³
Równoważnik materiału istniejącej osłony (mm Pb)		0,50 mm Pb	

– przedmiot rozpraszający – woda lub tkanka

$$C_1 = \frac{0,0087 \cdot 3,27^2}{1667 \cdot 10^{-3} \cdot 40} \left(\frac{\text{mGy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mA}} \right) = 1,4 \left(\frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mA}} \right)$$

Wymagana grubość osłony z ołowiu zgodnie z PN-86/J-80001 dla

$$C_1 = 1,4 (\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}) \text{ wynosi } 1,50 \text{ mm Pb.}$$

Ściana F – A wykonana jest z cegły dziurawki pokrytej tynkiem cementowym oraz przedścianki z płyt karton-gips o łącznej grubości 23,0 cm.

Ściana F – A wymaga dodatkowej osłony o równoważniku ołowiu 1,0 mm Pb.

Pod gabinetem

Pomieszczenia szpitalne – promieniowanie rozproszone

Dane do obliczeń

Prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu	$T = 1,0$
Prawdopodobieństwo skierowania wiązki promieniowania w kierunku osłony	$U = 1,0$
Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia	$t = 200 \text{ min} = 3333 \cdot 10^{-3} \text{ h}$
Moc dawki w odległości 1 m od lampy rentgenowskiej	$\dot{D} = 4 \text{ mGy} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$
Dawka tygodniowa	$D = 8,7 \text{ } \mu\text{Gy} = 0,0087 \text{ mGy}$
Nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej	$I = 40 \text{ mA}$
Najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego	$l = 2,00 \text{ m}$
Współczynnik osłabiania w ośrodku	$y = 0,03$

Oslona / Pod gabinetem	materiał: strop Ackermana	grubość: 300 mm	gęstość: 2,1 g/cm ³
Równoważnik materiału istniejącej osłony (mm Pb)	2,00 mm Pb		

– przedmiot rozpraszający – woda lub tkanka

$$C_1 = \frac{0,0087 \cdot 0,50^2}{3333 \cdot 10^{-3} \cdot 40} \left(\frac{\text{mGy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mA}} \right) = 0,02 \left(\frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mA}} \right)$$

Wymagana grubość osłony z ołowiu zgodnie z PN-86/J-80001 dla

$$C_1 = 0,8 (\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}) \text{ wynosi } 2,00 \text{ mm Pb.}$$

Strop pod gabinetem wykonany jest w systemie Ackremana o grubości 24 cm z wylewką betonową o grubości 6 cm, gęstości 2,1 g/cm³ co łącznie stanowi 2,0 mm Pb.

Strop pod gabinetem nie wymaga dodatkowej osłony.

Nad gabinetem

Pomieszczenia szpitalne – promieniowanie rozproszone

Dane do obliczeń

Prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu	$T = 1,0$
Prawdopodobieństwo skierowania wiązki promieniowania w kierunku osłony	$U = 1,0$
Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia	$t = 100 \text{ min} = 1667 \cdot 10^{-3} \text{ h}$
Moc dawki w odległości 1 m od lampy rentgenowskiej	$\dot{D} = 4 \text{ mGy} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$
Dawka tygodniowa	$D = 8,7 \text{ } \mu\text{Gy} = 0,0087 \text{ mGy}$
Nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej	$I = 40 \text{ mA}$
Najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego	$l = 2,5 \text{ m}$
Współczynnik osłabiania w ośrodku	$y = 0,03$

Osłona / Nad gabinetem	materiał: strop Ackermana	grubość: 300 mm	gęstość: 2,1 g/cm ³
Równoważnik materiału istniejącej osłony (mm Pb)	2,00 mm Pb		

$$k = \frac{4 \cdot 40 \cdot 100}{0,0087 \cdot 2,5^2} \cdot 0,03 \left(\frac{\text{mGy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA} \cdot \text{min}}{\text{min} \cdot \text{mA} \cdot \text{mGy} \cdot \text{m}^2} \right) = 8828$$

Wymagana grubość osłony z ołowiu zgodnie z PN-86/J-80001 dla
 $k = 8828$ wynosi 2,2 mm Pb

Strop nad gabinetem wykonany jest w systemie Ackermana o grubości 24 cm z wylewką betonową o grubości 6 cm, gęstości 2,1 g/cm³ co łącznie stanowi 2,0 mm Pb.

Strop nad gabinetem wymaga dodatkowej osłony. Zaleca się częściowe osłonięcie stropu górnego materiałem o wymiarach 2,0 m x 2,0 m i równoważniku 0,5 mm Pb umieszczonego nad aparatem rentgenowskim.

4. Zestawienie obliczeń

Tabela 1. Zestawienie parametrów osłon stałych

Ściana	Rodzaj materiału	Grubość ściany	Równoważnik materiału
A – B	cegła 0,6 g/cm ³	40,0 cm	1,50 mm Pb
B – C	cegła 0,6 g/cm ³ drzwi D1, D2	23,0 cm	0,50 mm Pb
C – D	cegła 0,6 g/cm ³	23,0 cm	0,50 mm Pb
D – E	karton-gips 0,6 g/cm ³ drzwi D3	15,0 cm	0,20 mm Pb
E – F	cegła 0,6 g/cm ³	23,0 cm	0,50 mm Pb
E – A	cegła 0,6 g/cm ³	23,0 cm	0,50 mm Pb
pod gabinetem	Ackreman 2,1 g/cm ³	30,0 cm	2,00 mm Pb
nad gabinetem	Ackerman 2,1 g/cm ³	30,0 cm	2,00 mm Pb

Tabela 2. Zestawienie wymaganych grubości osłon stałych

Ściana	Projektowana osłona stała	
	Obliczony równoważnik Pb	Zalecana dodatkowa osłona równoważnik Pb
	Aparat rentgenowski Ramie C	
A – B	0,60 mm Pb	–
B – C	0,80 mm Pb	ściana 0,5 mm Pb drzwi 1,0 mm Pb
C – D	0,80 mm Pb	ściana 0,5 mm Pb
D – E	0,80 mm Pb	ściana 0,5 mm Pb drzwi 1,0 mm Pb
E – F	0,80 mm Pb	ściana 0,5 mm Pb
F – A	1,50 mm Pb	ściana 1,0 mm Pb
pod gabinetem	2,00 mm Pb	–
nad gabinetem	2,20 mm Pb	0,5 mm Pb

- Ściana A – B, okna nie wymagają dodatkowej osłony.
- Ściana B – C wymaga dodatkowej osłony o równoważniku 0,5 mm Pb; drzwi D1 i D2 wymagają dodatkowej ochrony z materiału o równoważniku 1,0 mm Pb.
- Ściana C – D wymaga dodatkowej osłony o równoważniku 0,5 mm Pb.
- Ściana D – E wymaga dodatkowej osłony o równoważniku 0,5 mm Pb; drzwi D3 wymagają dodatkowej ochrony z materiału o równoważniku 1,0 mm Pb.
- Ściana E – F wymaga dodatkowej osłony o równoważniku 0,5 mm Pb.
- Ściana F – A wymaga dodatkowej osłony o równoważniku 1,0 mm Pb.
- Strop dolny nie wymaga dodatkowej osłony.
- Strop górny wymaga dodatkowej osłony. Zaleca się częściowe osłonięcie stropu górnego materiałem o wymiarach 2,0 m x 2,0 m i równoważniku 0,5 mm Pb umieszczonego nad aparatem rentgenowskim.

5. Wyposażenie technologiczne pracowni

a) Wentylacja

W medycznej pracowni rentgenowskiej zainstalowana będzie wentylacja mechaniczna zapewniająca co najmniej 1,5 krotną wymianę powietrza w ciągu godziny. Projekt wentylacji stanowi odrębne opracowanie.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia (Dz. U. 2006, Nr 180, poz. 1325) gabinety rentgenowskie muszą być wyposażone w wentylację zapewniającą co najmniej 1,5 krotną wymianę powietrza w ciągu godziny.

b) Instalacja elektryczna

Gabinety z diagnostycznymi aparatami rentgenowskimi są wyposażone w ostrzegawczą sygnalizację świetlną umieszczoną nad drzwiami do gabinetu. Projektowaną medyczną pracownię rentgenowską należy wyposażyć w sygnalizację ostrzegawczą, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia (Dz. U. 2006, Nr 180, poz. 1325).

c) Podłóże

Wykładzina PCV.

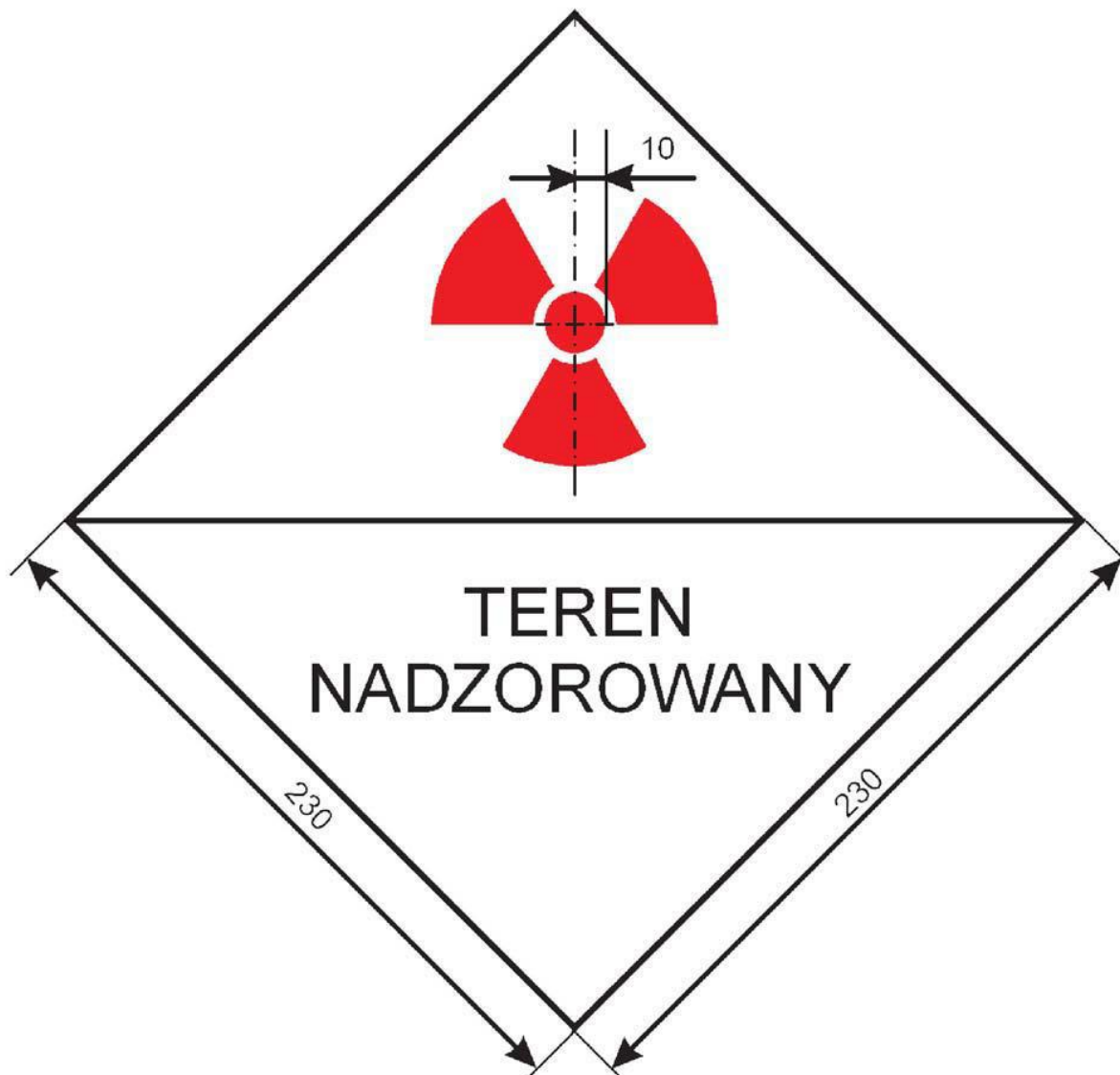
6. Wymogi dotyczące ochrony radiologicznej

- a) W pracowni powinny znajdować się w oryginale lub uwierzytelnionych odpisach:
- projekt pracowni (rzut pomieszczeń) wraz z projektem i opisem osłon stałych zatwierdzonym przed uruchomieniem aparatu rentgenowskiego przez Państwowego Wojewódzkiego Inspektora Sanitarnego, przy uwzględnieniu dokumentacji projektowej;
 - zezwolenie na stosowanie aparatów znajdujących się w pracowni, wydane przez Państwowego Inspektora Sanitarnego;
 - dokumentacja techniczna dotycząca budowy, działania i obsługi aparatu rentgenowskiego w tym także urządzeń sygnalizacyjnych i blokujących;
 - protokoły pomiarów dozymetrycznych;
 - protokoły pokontrolne uprawnionych inspekcji;
 - dokumenty świadczące o opracowaniu i wdrożeniu w pracowni kontroli jakości;
 - świadectwa spełniania testów eksploatacyjnych;
 - instrukcja pracy ze źródłami promieniowania jonizującego ustalająca szczegółowe postępowanie w zakresie ochrony radiologicznej;
 - zbiór przepisów prawnych dotyczących zasad stosowania źródeł promieniowania jonizującego.
- b) Ewidencja:
- osób zatrudnionych w pracowni rentgenowskiej;

- dawek otrzymywanych przez pracowników;
- wstępnych, okresowych i kontrolnych badań lekarskich pracowników narażonych na działanie promieniowania jonizującego.

7. Oznaczenie pracowni

Znak ostrzegawczy do oznakowania granic terenu nadzorowanego.



Wzór tablicy informacyjnej do oznakowania wejścia do pracowni rentgenowskiej.



RZUT MEDYCZNEJ PRACOWNI RENTGENOWSKIEJ
PCM w Pabianicach – Pracownia Endoskopowa

