

sierpień 2018r.

**Szpital Powiatowy
im. Marii Skłodowskiej-Curie
Samodzielny Publiczny Zespół
Zakładów Opieki Zdrowotnej
w Ostrowi Mazowieckiej
ul. Dubois 68
07-300 Ostrów Mazowiecka**

Obliczenia osłon stałych dla
gabinetu rentgenowskiego
z aparatem do grafii

Inwestor: Samodzielny Publiczny Zespół Zakładów Opieki
Zdrowotnej w Ostrowi Mazowieckiej
ul. Dubois 68, 07-300 Ostrów Maz.

Opracowanie: Michał Grobelny

SPIS TREŚCI

1. Przedmiot opracowania
2. Przepisy prawne i inne materiały wykorzystane w opracowaniu
3. Opis gabinetu rtg
4. Wykonywanie badań rtg
5. Źródło promieniowania rentgenowskiego
6. Obliczenia
7. Podsumowanie obliczeń
8. Warunki bezpiecznego stosowania aparatu rtg

Rysunek:

1. Gabinet rtg grafii – ochrona radiologiczna
2. Gabinet rtg grafii – sąsiedztwo, zakres modernizacji

1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem tego opracowania jest określenie wymagań ochrony radiologicznej dla modernizowanego gabinetu rentgenowskiego z aparatem do grafii (pom. 09) Szpitalnego Oddziału Ratunkowego Szpitala Powiatowego im. Marii Skłodowskiej-Curie Samodzielnego Publicznego Zespołu Zakładów Opieki Zdrowotnej w Ostrowi Mazowieckiej, Ostrów Mazowiecka, ul. Dubois 68.

Opracowanie wykonano w związku z montażem cyfrowego aparatu do grafii firmy Samsung Medison model GC85A w miejscu obecnie stosowanego aparatu tego samego przeznaczenia firmy Farum model Multax. Opracowanie ma na celu sprawdzenie skuteczności istniejących osłon, określenie wymagań dla osłon projektowanych oraz aktualizację dokumentacji pracowni rentgenowskiej wymaganej w trybie uzyskania zezwoleń na stosowanie aparatu rtg.

2. Przepisy prawne i inne materiały wykorzystane w opracowaniu

1. Ustawa prawo atomowe z dnia 29 listopada 2000r. (tekst jednolity Dz.U. z 2017r, poz. 576).
2. Rozporządzenie z dnia 18 stycznia 2005r. Rady Ministrów w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. z 2005r. Nr 20, poz. 168)
3. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 lutego 2011r. w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej (Dz.U. z 2013r., poz. 1015 tekst jednolity, Dz.U. z 2015r., poz. 2040).
4. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz.U. z 2006r. Nr 180, poz. 1325).
5. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3 grudnia 2002 r. w sprawie dokumentów wymaganych przy składaniu wniosku o wydanie zezwolenia na wykonywanie działalności związanej z narażeniem na działanie promieniowania jonizującego albo przy zgłoszeniu wykonywania tej działalności (Dz.U. z 2015r., poz. 1355).
6. PN-86/J-80001 – Obliczanie osłon stałych przed promieniowaniem X
7. Rysunek techniczny gabinetu rtg (pom. 09) Szpitala Powiatowego im. Marii Skłodowskiej-Curie Samodzielnego Publicznego Zespołu Zakładów Opieki Zdrowotnej w Ostrowi Mazowieckiej, Ostrów Mazowiecka, ul. Dubois 68.
8. Opis techniczny aparatu rtg.

3. Opis gabinetu rtg grafii

Gabinet rtg grafii Szpitalnego Oddziału Ratunkowego znajduje się na parterze budynku Szpitala Powiatowego im. Marii Skłodowskiej-Curie w Ostrowi Mazowieckiej przy ul. Dubois 68. Dotychczas w gabinecie stosowany był aparat rtg grafii, analogowy. Nowego, cyfrowy aparat zostanie zamontowany bez zmiany posadowienia stołu, zmieni się miejsce montażu statywu do zdjęć płucnych. Modernizacja gabinetu obejmie przebudowę kabiny pacjenta (połączenie małej kabiny z pom. porządkowym), przebudowę dawnego pom. WC na drugą kabinę pacjenta, wybicie nowego otworu drzwiowego do korytarza/poczekalni i zamurowanie „starego” oraz montaż nowych drzwi w kabinach pacjentów. Zmianie ulegnie przeznaczenie pom. dawnej kabiny pacjenta, która obecnie będzie pom. technicznym „szafą”.

Pracownia rentgenowska SOR składać się będzie z następujących pomieszczeń: gabinetu rtg, dwóch kabin pacjentów, korytarza wewnętrznego ze stanowiskiem sterowniczym. Do gabinetu rtg przylega korytarz pełniący funkcję poczekalni.

Gabinet spełnia wymagania rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi tzn.

- Gabinet rtg ma powierzchnię 37,9 m².
 - Wysokość gabinetu w świetle stropów wynosi 3 m.
 - W gabinecie jest wentylacja mechaniczna o wydajności min. 1,5 wymian powietrza w ciągu godziny.
- W gabinecie jest umywalka.

Gabinet rtg wygradzają następujące przegrody (osłonność przegród dla napięcia na lampie $U = 100 \text{ kV}$ odczytana z tab. 7 i 9 PN-86/J-80001) :

Ściana wewnętrzna A - cegła ceramiczna pełna gr. 25 cm, równoważna min. 2 mm Pb. Za ścianą jest sąsiedni gabinet rtg i kabina WC dostępna tylko od strony tego gabinetu rtg.

Ściana wewnętrzna B - cegła ceramiczna pełna gr. 25 cm (fragment ściany gr. 48 cm), przyjęto jednolitą osłonność równoważną min. 2 mm Pb. Za ścianą jest korytarz wewnętrzny dostępny tylko dla personelu pracowni rtg oraz stanowisko operatora aparatu rtg. W ścianie jest okno wglądowe równoważne prawdopodobnie 2,0 mm Pb (nie mniej niż 1,0 mm Pb) i drzwi równoważne 2 mm Pb.

Ściana wewnętrzna C - cegła ceramiczna pełna gr. 24 cm, równoważna min. 2. W ścianie są drzwi ochronne równoważne 2 mm Pb. Za ścianą pierwotnie była kabina pacjenta obecnie będzie to „szafa” – pom. techniczne na sprzęt i urządzenia związane z zestawem rentgenowskim.

Ściana wewnętrzna D - cegła ceramiczna pełna gr. 24 cm równoważna min. 2 mm Pb. Planowane jest powiększenie powierzchni kabiny pacjenta przez połączenie pierwotnej kabiny pacjenta z pom. porządkowym oraz wymianę drzwi uchylnych na przesuwne. Za ścianą będzie kabina pacjentów SOR.

Ściana wewnętrzna E - cegła ceramiczna pełna gr. 24 cm, równoważna 2 mm Pb. Fragment ściany stanowi szacht kanałów wentylacyjnych. Za ścianą jest WC personelu.

Ściana wewnętrzna F - cegła ceramiczna pełna gr. 24 cm równoważna 2 mm Pb. Za ścianą jest korytarz pełniący funkcję poczekalni. W ścianie przewiduje się zamurowanie dawnego otworu drzwiowego, wybicie nowego otworu i montaż drzwi przesuwnych.

Ściana G – częściowo istniejąca z cegły ceramicznej pełnej gr. 12 cm równoważna 1 mm Pb. Fragment ściany będzie nowo budowany. W ścianie są drzwi uchylne równoważne 2 mm Pb. Za ścianą znajduje się kabina pacjenta.

Strop górny – żelbetowy z płyt kanałowych gr. 30 cm. Uwzględniając pustkę powietrzną otworów kanałowych efektywna grubość warstwy betonu wynosi 5 cm + 4 cm nadbetonu, strop jest równoważny min. 1,5 mm Pb. Nad gabinetem rtg są pom. szpitalne ze stanowiskami pracy ciąglej.

Strop dolny - żelbetowy z płyt kanałowych gr. 30 cm. Uwzględniając pustkę powietrzną otworów kanałowych efektywna grubość warstwy betonu wynosi 5 cm + 4 cm nadbetonu, strop jest równoważny min. 1,5 mm Pb. Pod gabinetem rtg są pom. techniczne (wentylatoria).

4. Wykonywanie badań rtg

Stół badań zainstalowany będzie wzdłuż ściany A, statyw do zdjęć odległościowych zamontowany będzie pod ścianą D / E. Badania wykonywane będą głównie w projekcjach prostopadłych do podłogi tj. w pozycji poziomej stołu i w projekcjach prostopadłych do ścian D i E. Ustawienia ukośne lub prostopadłe do ścian A i D są znacznie mniej prawdopodobne. Wiązka pierwotna nie będzie kierowana w stronę żadnych drzwi gabinetu, ściany B i okna wglądowego. Pozostałe przegrody narażone będą na przenikanie wyłącznie promieniowania rozproszonego.

W gabinecie wykonywane będą badania grafii w całym zakresie. Pacjent do badania przygotowywać się będzie w jednej z dwóch kabin pacjenta. Ekspozycje wykonywane będą przez technika elektroradiologii stojącego przy konsoli w korytarzu wewnętrznym. Podczas badań zapewniona będzie łączność głosowa i wzrokowa pomiędzy personelem a pacjentem.

Badania rejestrowane będą w systemie cyfrowym (system DR). Ocena badań wykonywana będzie w pomieszczeniu wyposażonym w stację opisową.

Wszystkie osoby uczestniczące w przeprowadzeniu procedury rentgenodiagnostycznej powinny ukończyć szkolenie z zakresu ochrony radiologicznej pacjenta i uzyskać certyfikat.

5. Źródło promieniowania rentgenowskiego

Aparat rtg do grafii i skopii firmy **Samsung Medison** model **GC85A** Zestaw składa się z następujących elementów:

generatora wysokiego napięcia
stołu pacjenta
statywu do zdjęć odległościowych
kolumny jezdnej z zawieszeniem sufitowym
systemu cyfrowej obróbki obrazu
konsoli operatora

Parametry urządzenia:

Generator	moc 82 kW
napięcie anodowe:	40 - 150 kV
natężenie anodowe:	10 – 1000 mA
zakres Ixt:	0,1 – 500 mAs
filtracja całkowita:	2,5 mm Al / 75 kV
lampa rtg:	ogniska: 0,6 / 1,2 ;

6. Obliczenia

Wzory zastosowane do obliczeń:

W przypadku promieniowania pierwotnego obliczono wymaganą dla danej osłony krotność osłabienia promieniowania k :

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

W przypadku promieniowania rozproszonego obliczono zredukowaną moc dawki korzystając ze wzoru:

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

Symbole we wzorach oznaczają:

D - moc dawki w odległości 1 m od ogniska lampy przeliczona dla prądu anodowego 1 mA.

Dla rentgenografii (napięcia anodowe w granicach 110 kV) przyjęto

$$D = 1,18 \text{ cGy} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{m}^2 ;$$

y - współczynnik osłabienia promieniowania w tkance,
dla napięcia anodowego 120 kV i 10 cm grubości tkanki (ekstrapolacja) $y = 0,2$

$I \times t$ – obciążenie prądowo-czasowe obliczone jako iloczyn nominalnego natężenia anodowego I oraz tygodniowego czasu narażenia t .

$$t = T \times U \times t_0$$

gdzie T – współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu.

Dla miejsc stałego przebywania ludzi (stanowisko technika rtg, gabinety) $T = 1$,
dla miejsc czasowego przebywania (korytarze, kabiny pacjentów, WC) $T = 0,25$,
dla miejsc chwilowego przebywania (pom. techniczne w piwnicy) $T = 0,05$.

U – współczynnik określający prawdopodobieństwo skierowania użytecznej wiązki promieniowania w kierunku obliczonej osłony.

Dla promieniowania pierwotnego przyjęto:

$U = 0,5$ dla ekspozycji przy statywie (ściany D i E),

$U = 0,1$ dla ścian A i B

$U = 0,5$ dla ekspozycji na stole (podłoga),

dla promieniowania rozproszonego $U = 1$

D – dawka tygodniowa określona dla osoby narażonej przebywającej za rozpatrywaną osłoną. Przyjęte do obliczeń dawki graniczne:

Dla osób narażonych zawodowo, zaliczonych do kategorii narażenia B, przebywających w pracowni rtg limit dawki granicznej wynosi 6 mSv rocznie czyli 0,115 mSv tygodniowo $\approx 0,01$ cGy tygodniowo. Personel zatrudniony w warunkach narażenia i przebywający w sąsiedztwie gabinetu rtg zgodnie z zaleceniami rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006r. nie może otrzymać dawki większej niż 50% tej wartości czyli 0,005 cGy tygodniowo. Do obliczeń wykonanych dla personelu zatrudnionego w warunkach narażenia przyjęto $D = 0,005 \text{ cGy} = 52 \text{ } \mu\text{Gy}$ tygodniowo.

Dla populacji przebywającej w sąsiedztwie gabinetu rtg, na terenie Szpitala dawka graniczna wynosi 1 mSv rocznie czyli: 0,02 mSv tygodniowo $\approx 0,002$ cGy tygodniowo, zgodnie z zaleceniami w/w rozporządzenia do obliczeń przyjęto 50% tej wartości czyli 0,00087 cGy = $8,7 \text{ } \mu\text{Gy}$ tygodniowo.

l - odległość

W przypadku promieniowania rozproszonego l (m) oznacza najmniejszą odległość przedmiotu rozpraszającego od miejsca osłanianego.

W przypadku promieniowania pierwotnego l (m) oznacza najmniejszą odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego.

Przyjęta do obliczeń odległość odpowiada najmniejszej możliwej odległości i nie jest równa odległości punktów narażenia od położenia lamp rtg zobrażowanych na załączonym rysunku.

Przyjęto następujące parametry pracy lampy aparatu rentgenowskiego:

grafia: 120 kV, 48 mAs

Badania wykonywane będą w systemie dwuzmianowym + dyżur.

Przewiduje się wykonywanie tygodniowo dla każdej zmiany max. 300 badań czyli do 600 ekspozycji. Podane liczby uwzględniają nierównomierny rozkład badań oraz ekspozycje wykonywane w ramach kontroli jakości.

Tygodniowe obciążenie prądowo-czasowe $I \times t_0$ wyniesie:

$$600 \text{ ekspozycji} \times 48 \text{ mAs} = 28800 \text{ mAs} = 480 \text{ mAmin} = 8,0 \text{ mAh}$$

Obliczone wartości k lub C_1 odczytano odpowiednio z rys. 1 lub 3 PN-86/J-80001 dla napięcia odpowiedniego dla badań grafii $U=120 \text{ kV}$.

Obliczeń nie wykonano dla „szafy”, pomieszczenia technicznego dostępnego tylko od strony gabinetu rtg, w którym nikt nie będzie przebywać podczas wykonywania badań rentgenodiagnostycznych.

a) Obliczenia dla ściany A

Za ścianą znajduje się gabinet rtg i WC z wejściem tylko od strony gabinetu. W gabinecie i WC może być krótkoczasowa i sporadyczna w skali roku obecność pacjentów oraz krótkoczasowa, powtarzająca się obecność personelu (np. na czas przygotowania pacjenta do badania lub wykonywania testów jakości lub prac porządkowych). Do obliczeń przyjęto $T = 0,25$ i dawkę jak dla populacji. Ściana Narażona będzie na przenikanie promieniowania rozproszonego podczas wszystkich badań i sporadycznie promieniowania pierwotnego podczas ekspozycji prostopadłej / ukośnej względem tej ściany.

Promieniowanie rozproszone – punkt 1

$$T = 0,25, \quad U = 1, \quad I \times t = 0,25 \times 8,0 \text{ mAh} = 2,0 \text{ mAh}$$

$$l = 1,8 \text{ m}$$

$$D = 8,7 \mu\text{Gy}$$

$$C_1 = \frac{8,7 \times 1,8^2}{2,0} = 14 \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Dla otrzymanego C_1 grubość Pb = 0,9 mm.

Promieniowanie pierwotne – punkt 1

$$T = 0,25 \quad U = 0,1, \quad I \times t = 0,25 \times 0,1 \times 480 \text{ mAmin} = 12,0 \text{ mAmin}$$

$$l = 2,8 \text{ m}$$

$$D = 0,00087 \text{ cGy}$$

$$k = \frac{1,18 \times 12,0}{0,00087 \times 2,8^2} \times 0,2 = 415$$

Dla otrzymanego k grubość Pb = 1,2 mm.

b) Obliczenia dla ściany B, drzwi i okna wglądowego

Za przegrodą znajduje się korytarz wewnętrzny dostępny tylko dla pracowników Szpitala. W korytarzu zlokalizowane jest stanowisko technika rtg. Do przegrody docierać będzie promieniowanie rozproszone podczas wszystkich badań. Dla osób spoza grupy zaliczonej do kategorii narażenia B przyjęto $T = 0,25$.

Promieniowanie rozproszone – punkt 2, narażenie technika rtg

$$T = 1, \quad U = 1, \quad I \times t = 8,0 \text{ mAh}$$

$$l = 2,7 \text{ m}$$

$$D = 52 \text{ } \mu\text{Gy}$$

$$C_1 = \frac{52 \times 2,7^2}{8,0} = 47 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Dla otrzymanego C_1 grubość Pb = 0,6 mm.

Promieniowanie rozproszone – punkt 3, narażenie technika rtg

$$T = 1, \quad U = 1, \quad I \times t = 8,0 \text{ mAh}$$

$$l = 2,9 \text{ m}$$

$$D = 52 \text{ } \mu\text{Gy}$$

$$C_1 = \frac{52 \times 2,9^2}{8,0} = 54 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Dla otrzymanego C_1 grubość Pb = 0,5 mm.

Promieniowanie rozproszone – punkt 4

$$T = 0,25, \quad U = 1, \quad I \times t = 0,25 \times 8,0 \text{ mAh} = 2,0 \text{ mAh}$$

$$l = 3,2 \text{ m}$$

$$D = 8,7 \text{ } \mu\text{Gy}$$

$$C_1 = \frac{8,7 \times 3,2^2}{2,0} = 44 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Dla otrzymanego C_1 grubość Pb = 0,6 mm.

c) Obliczenia dla ściany D i drzwi

Za ścianą znajduje się kabina pacjenta, w której może być krótkoczasowa i sporadyczna obecność personelu i pacjentów. Ściana narażona będzie na przenikanie promieniowania rozproszonego podczas wszystkich badań i

promieniowania pierwotnego podczas ekspozycji w pozycji prostopadłej/ukośnej w kierunku tej ściany lub badań wykonywanych przy statywie.

Promieniowanie rozproszone – punkt 5

$$T = 0,25, \quad U = 1, \quad I \times t = 0,25 \times 8,0 \text{ mAh} = 2,0 \text{ mAh}$$

$$l = 4,5 \text{ m (odległość od pacjenta na stole)}$$

$$D = 8,7 \mu\text{Gy}$$

$$C_1 = \frac{8,7 \times 4,5^2}{2,0} = 88 \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Dla otrzymanego C_1 grubość Pb = 0,4 mm.

Promieniowanie pierwotne – punkt 5

$$T = 0,25, \quad U = 0,1, \quad I \times t = 0,25 \times 0,1 \times 480 \text{ mAmin} = 12,0 \text{ mAmin}$$

$$l = 2,0 \text{ m}$$

$$D = 0,00087 \text{ cGy}$$

$$k = \frac{1,18 \times 12,0}{0,00087 \times 2,0^2} \times 0,2 = 814$$

Dla otrzymanego k grubość Pb = 1,4 mm.

Promieniowanie rozproszone – punkt 6

$$T = 0,25, \quad U = 1, \quad I \times t = 0,25 \times 8,0 \text{ mAh} = 2,0 \text{ mAh}$$

$$l = 1,4 \text{ m (odległość od pacjenta przy statywie)}$$

$$D = 8,7 \mu\text{Gy}$$

$$C_1 = \frac{8,7 \times 1,4^2}{2,0} = 8,5 \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Dla otrzymanego C_1 grubość Pb = 1,0 mm.

Promieniowanie pierwotne, badania przy statywie – punkt 6

$$T = 0,25, \quad U = 0,5, \quad I \times t = 0,25 \times 0,5 \times 480 \text{ mAmin} = 60,0 \text{ mAmin}$$

$$l = 2,7 \text{ m}$$

$$D = 0,00087 \text{ cGy}$$

$$k = \frac{1,18 \times 60,0}{0,00087 \times 2,7^2} \times 0,2 = 2233$$

Dla otrzymanego k grubość Pb = 1,7 mm.

d) Obliczenia dla ściany E

Za ścianą znajduje się WC personelu. Ściana narażona będzie na przenikanie promieniowania rozproszonego podczas wszystkich badań, a zwłaszcza wykonywanych przy statywie i promieniowania pierwotnego podczas ekspozycji wykonywanych przy statywie.

Promieniowanie pierwotne, badania przy statywie – punkt 7

$$T = 0,25, \quad U = 0,5, \quad I \times t = 0,25 \times 0,5 \times 480 \text{ mAmin} = 60,0 \text{ mAmin}$$

$$l = 2,7 \text{ m}$$

$$D = 0,00087 \text{ cGy}$$

$$k = \frac{1,18 \times 60,0}{0,00087 \times 2,7^2} \times 0,2 = 2233$$

Dla otrzymanego k grubość Pb = 1,8 mm.

Promieniowanie rozproszone – punkt 8

$T = 0,25$, $U = 1$, $I \times t = 0,25 \times 8,0 \text{ mAh} = 2,0 \text{ mAh}$

$l = 1,6 \text{ m}$ (odległość od pacjenta przy statywie)

$D = 8,7 \mu\text{Gy}$

$$C_1 = \frac{8,7 \times 1,6^2}{2,0} = 11 \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Dla otrzymanego C_1 grubość Pb = 0,9 mm.

e) Obliczenia dla ściany F i drzwi

Za ścianą znajduje się korytarz / poczekalnia. Ściana narażona będzie na przenikanie promieniowania rozproszonego podczas wszystkich badań.

Promieniowanie rozproszone – punkt 8

$T = 0,25$, $U = 1$, $I \times t = 0,25 \times 8,0 \text{ mAh} = 2,0 \text{ mAh}$

$l = 2,7 \text{ m}$ (odległość od pacjenta przy statywie)

$D = 8,7 \mu\text{Gy}$

$$C_1 = \frac{8,7 \times 2,7^2}{2,0} = 31 \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Dla otrzymanego C_1 grubość Pb = 0,7 mm.

Promieniowanie rozproszone – punkt 9

$T = 0,25$, $U = 1$, $I \times t = 0,25 \times 8,0 \text{ mAh} = 2,0 \text{ mAh}$

$l = 3,6 \text{ m}$ (odległość od pacjenta przy statywie lub na stole)

$D = 8,7 \mu\text{Gy}$

$$C_1 = \frac{8,7 \times 3,6^2}{2,0} = 56 \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Dla otrzymanego C_1 grubość Pb = 0,5 mm.

f) Obliczenia dla ściany G i drzwi

Za ścianą znajduje się kabina pacjenta. W kabinie może się sporadycznie, krótko czasowo zdarzać obecność pacjentów. Do obliczeń przyjęto $T = 0,25$ co uwzględnia narażenie osób przebywających w korytarzu. Ściana narażona będzie na przenikanie promieniowania rozproszonego podczas wszystkich badań.

Promieniowanie rozproszone – punkt 10

$T = 0,25$, $U = 1$, $I \times t = 0,25 \times 8,0 \text{ mAh} = 2,0 \text{ mAh}$

$l = 3,7 \text{ m}$ (odległość od pacjenta przy statywie)

$D = 8,7 \mu\text{Gy}$

$$C_1 = \frac{8,7 \times 3,7^2}{2,0} = 59 \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Dla otrzymanego C_1 grubość Pb = 0,6 mm.

Promieniowanie rozproszone – punkt 10

$T = 0,25$, $U = 1$, $I \times t = 0,25 \times 8,0 \text{ mAh} = 2,0 \text{ mAh}$

$l = 3,0 \text{ m}$ (odległość od pacjenta na stole)

$D = 8,7 \mu\text{Gy}$

$$C_1 = \frac{8,7 \times 3,0^2}{2,0} = 39 \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Dla otrzymanego C_1 grubość Pb = 0,6 mm.

g) Obliczenia dla stropu sufitowego

Nad gabinetem rtg znajdują się gabinety lekarskie. Strop narażony będzie na przenikanie promieniowania rozproszonego podczas wszystkich badań.

Promieniowanie rozproszone

$T = 1$, $U = 1$, $I \times t = 8,0 \text{ mAh}$

$l = 1,9 \text{ m}$ (średnia odległość dla wszystkich badań)

$D = 8,7 \mu\text{Gy}$

$$C_1 = \frac{8,7 \times 1,9^2}{8,0} = 3,0 \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Dla otrzymanego C_1 grubość Pb = 1,2 mm.

h) Obliczenia dla stropu podłogowego

Pod gabinetem rtg znajdują się magazyny. Strop narażony będzie na przenikanie promieniowania rozproszonego podczas wszystkich badań i promieniowania pierwotnego podczas badań w kierunkach prostopadłych lub ukośnych względem podłogi.

Promieniowanie rozproszone

$T = 0,05$, $U = 1$, $I \times t = 0,05 \times 8,0 \text{ mAh} = 0,4 \text{ mAh}$

$l = 2,2 \text{ m}$

$D = 8,7 \mu\text{Gy}$

$$C_1 = \frac{8,7 \times 2,2^2}{0,4} = 105 \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Dla otrzymanego C_1 grubość Pb = 0,3 mm.

Promieniowanie pierwotne

$T = 0,05$, $U = 0,5$, $I \times t = 0,05 \times 0,5 \times 480 \text{ mAmin} = 12,0 \text{ mAmin}$

$l = 3,2 \text{ m}$ (odległość dla badań na stole)

$D = 0,00087 \text{ cGy}$

$$k = \frac{1,18 \times 8,0}{0,00087 \times 3,2^2} \times 0,2 = 212$$

Dla otrzymanego k grubość Pb = 1,0 mm.

Promieniowanie pierwotne

$$T = 0,05 \quad U = 0,1, \quad I \times t = 0,05 \times 0,1 \times 480 \text{ mAmin} = 2,4 \text{ mAmin}$$

$l = 2,5 \text{ m}$ (odległość dla badań w kierunku prostopadłym/ukośnym)

$$D = 0,00087 \text{ cGy}$$

$$k = \frac{1,18 \times 2,4}{0,00087 \times 2,5^2} \times 0,2 = 104$$

Dla otrzymanego k grubość Pb = 0,7 mm.

7. Podsumowanie obliczeń

pomieszczenie za osłoną	osłona	równoważnik mm Pb		
		obliczony	istniejący	zalecony dodatkowy
gabinet rtg	ściana A	1,2 ^a / 0,9	2,0	-
korytarz wewnętrzny stanowisko tech. rtg	ściana B	0,6	2,0	-
	drzwi	0,5	2,0	-
	okno wglądowe	0,6	2,0	-
szafa	ściana C	obliczeń nie wykonano	2,0	-
	drzwi		2,0	-
kabina pacjenta	ściana D	1,7 ^a / 1,0	2,0	-
	drzwi	1,0	-	1,0
WC personelu	ściana E	1,8 ^a / 0,9	2,0	-
korytarz/poczekalnia	ściana F	0,7	2,0	- / 1,0 ^c
	drzwi	0,5	-	1,0
kabina pacjenta	ściana G	0,6 ^b	-	1,0
	ściana G'	0,6	1,0	-
	drzwi	0,6	-	1,0
gabinety	strop sufitowy	1,2	1,5	-
pom. techniczne	strop podłogowy	1,0 ^a / 0,3	1,5	-

^a – Wymagana osłonność obliczona dla promieniowania pierwotnego.

^b - Wymagana osłonność obliczona dla nowo projektowanej ściany kabiny pacjenta .

^c – Osłonność dla zamurowanego dawnego otworu drzwiowego.

Wykonanie zaleceń:

1. Montaż drzwi przesuwnych w ścianie D (gabinet rtg / kabina pacjenta) równoważnych 1,0 mm Pb.
2. Zamurowanie dawnego otworu drzwiowego w ścianie F korytarza powinno być równoważne min. 0,7 mm Pb. Wymaganą osłonę zapewni konstrukcja z cegły ceramicznej pełnej gr. 12 cm lub konstrukcja z płyt kartonowo-gipsowych położonych dwustronnie z wkładką z blachy ołowiowej gr. 1 mm.
3. Montaż drzwi przesuwnych w ścianie D (korytarz / gabinet rtg) równoważnych 1,0 mm Pb.
4. Wykonanie ściany G kabiny pacjenta równoważnej jako równoważnej 1,0 mm Pb. Wymaganą osłonność zapewni konstrukcja z cegły ceramicznej pełnej gr. 12 cm lub z cegły silikatowej gr. 12 cm lub z płyt kartonowo-gipsowych położonych dwustronnie z wkładką z blachy ołowiowej gr. 1 mm, lub z paneli ochronnych równoważnych 1,0 mm Pb.

Pozostałe istniejące osłony stałe gabinetu rtg: stropy podłogowy i sufitowy, ściany, drzwi i okno wglądowe nie wymagają dodatkowego zabezpieczenia

8. Warunki bezpiecznego stosowania aparatu rtg

Gabinet rtg należy wyposażyć w osłony odpowiednie do rodzaju wykonywanych badań, oraz w osłony dla osób podtrzymujących pacjentów. Osłony osobiste należy stosować na tarczycę, piersi, soczewki oczu i gonady, jeżeli znajdują się one w odległości mniejszej niż 10 cm od obszaru badanego, zwłaszcza u osób poniżej 16 roku życia, jeżeli nie umniejszą diagnostycznych wartości badania.

Drzwi wszystkich pomieszczeń wchodzących w skład pracowni rentgenowskiej tj. drzwi gabinetu rtg od strony korytarza/poczekalni, drzwi gabinetu od strony korytarza wewnętrznego i drzwi kabin pacjentów od strony korytarza należy oznakować znakiem ostrzegawczym przed promieniowaniem jonizującym. Nad drzwiami gabinetu od strony korytarza/poczekalni i nad drzwiami kabin pacjentów należy zainstalować sygnalizację świetlną ostrzegawczą zabraniającą wstępu podczas badania.

Personel zatrudniony w warunkach narażenia proponuje się objąć kontrolą narażenia za pomocą dozymetrii indywidualnej.

W gabinecie rtg oraz w rejestracji, w widocznym miejscu, należy umieścić informację dla pacjentek o konieczności powiadomienia operatora aparatu rentgenowskiego przed wykonaniem badania o tym, że pacjentka jest w ciąży.

Osobą odpowiedzialną za stan ochrony przed promieniowaniem jonizującym jest kierownik (właściciel), który sprawuje nadzór nad stanem ochrony przy pomocy inspektora ochrony radiologicznej.

- W każdej pracowni rtg powinny znajdować się następujące dokumenty:
- instrukcja pracy ze źródłem promieniowania rentgenowskiego ustalająca postępowanie w zakresie ochrony radiologicznej
 - zakładowy plan postępowania awaryjnego
 - dokumentacja techniczna aparatu rentgenowskiego, wentylacji i sygnalizacji ostrzegawczej
 - dokumentacja potwierdzająca prowadzenie kontroli parametrów fizycznych procesu obrazowania
 - projekt ochrony radiologicznej
 - zezwolenie na stosowanie aparatu rtg oraz protokoły kontroli w zakresie ochrony radiologicznej
 - ewidencja osób pracujących w kontakcie z promieniowaniem jonizującym
 - ewidencja otrzymywanych dawek indywidualnych
 - orzeczenia uprawnionego lekarza o dopuszczeniu personelu do pracy w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące
 - ewidencja orzeczeń lekarskich
 - zbiór aktów prawnych z zakresu ochrony radiologicznej
 - zapisy świadczące o opracowaniu i wdrożeniu systemu zarządzania jakością świadczonych usług rentgenodiagnostycznych.

Opracowanie wymaga zatwierdzenia Państwowego Wojewódzkiego Inspektora Sanitarnego w Warszawie.

Przed uruchomieniem aparatu rtg należy wystąpić do Państwowego Wojewódzkiego Inspektora Sanitarnego w Warszawie z wnioskiem o wydanie zezwolenia na uruchomienie i stosowanie aparatu rtg.