

PROJEKT OCHRONY RADIOLOGICZNEJ

OBLICZENIA OŚŁON STALYCH
Zgodnie z PN-86/J-80001

Wojewódzki Szpital Zespolony w Kielcach
ul. Grunwaldzka 45
25 – 736 Kielce

Pracownia RTG
Oddział Neurologii
ul. Grunwaldzka 45, Kielce

Październik 2013r.

SPIS TREŚCI:

1.	Temat opracowania.....	3
2.	Charakterystyka źródła promieniowania	3
3.	Lokalizacja pracowni	4
4.	System wentylacji	4
5.	Analiza osłon pomieszczenia z zainstalowanym aparatem rtg	5
6.	Podstawowe wzory przyjęte do obliczeń	6
7.	Założenia przyjęte do obliczeń	7
8.	Obliczenia.....	9
8.1.	Ostona ściany AB i BC	9
8.2.	Ostona ściany CD	11
8.3.	Ostona ściany DE	13
8.4.	Ostona ściany EF	15
8.5.	Ostona ściany FA	17
8.6.	Ostona stropu podłogi	19
8.7.	Ostona stropu sufitu	21
9.	Zestawienie osłon stałych	23
10.	Przepisy prawne	24
11.	Materiały na osłony	26
12.	Zalecenia i uwagi końcowe.....	27
13.	Rysunek rozmieszczenia aparatu RTG	28

1. TEMAT OPACOWANIA.

Celem opracowania jest udokumentowanie zgodności praktyki prowadzenia działalności w warunkach: narażenia na promieniowanie jonizujące w pracowni rentgenowskiej znajdującej się na oddziale neurologii przy ul. Grunwaldzkiej 47 w Kielcach z aktualnie obowiązującymi wymogami ustawy Prawo Atomowe i związanych z nią rozporządzeń.

Opracowanie poniższe zostało wykonane w związku z planowanym zainstalowaniem aparatu rentgenowskiego do diagnostyki klatki piersiowo-płucnej.

2. CHARAKTERYSTYKA ŹRÓDŁA PROMIENIOWANIA

W pracowni rentgenowskiej zainstalowany będzie ogólnodiagnostyczny aparat rentgenowski z zawieszaniem sufitowym typu **Perform-X, Control-X Medical System**.

Dane techniczne elementów aparatu:

Moc generatora rtg.: 50 kW
Zakres napięcie lampy rtg.: 40 – 150 kV (max. użyteczne 125kV)
Prąd lampy: 10 – 500 mA
Czas ekspozycji: 1 ms – 6s
Filtracja całkowita zespołu Lampa-kolimator: 3,0 mmAl (kolimator wyposażony w uchwyty do mocowania filtrów dodatkowych)
Wysokość stołu (stół mobilny): 75 cm
Zakres wysokości klatki bucky w statywie (w pionie): 50 – 180 cm

3. LOKALIZACJA PRACOWNI

Pracownia rentgenowska na oddziale neurologii przy ul. Grunwaldzkiej 45 w Kielcach znajduje się na parterze budynku składającego się z czterech pięter. Powyżej pracowni (pierwsze piętro) znajdują się: pokój lekarzy, pokój socjalny, toaleta i łazienka. Poniżej pracowni znajdują się: piwnice, węzeł ciepły.

Ekspozycje wykonywane będą ze sterowni znajdującej się za ścianami "AB" i "BC", obserwacja pacjenta przez operatora podczas wykonywania zdjęć będzie zapewniona przez okno ochronne OK1 znajdujące się w ścianie AB.

Pomiędzy operatorem a pacjentem zapewniona będzie łączność głosowa.

Gabinet rentgenowski to pomieszczenie o wysokości 2,64 m i powierzchni 28,52 m². Lokalizacja pracowni rentgenowskiej wyklucza niekontrolowany dostęp osób postronnych w obszar oddziaływania jonizującego promieniowania aparatu rentgenowskiego. Z uwagi na zastosowany system cyfrowej (pośredniej) obróbki obrazu, pracownia RTG nie jest wyposażona w pomieszczenie ciemni mokrej.

Pracownia, w której prowadzone będą badania obrazowe z wykorzystaniem aparatu rentgenowskiego posiada sprawną wentylację mechaniczną, zgodną z wymogami obowiązującymi w pracowniach rentgenowskich.

4. SYSTEM WENTYLACJI

Pomieszczenia gabinetu RTG są wyposażone w system wentylacji mechanicznej z uwzględnieniem min. 1,5-krotnej wymiany powietrza na godzinę.

W pracowni rentgenowskiej zainstalowany jest system spełniający wymagania zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006r. Dziennik Ustaw Nr 180, Poz. 1325.

5. ANALIZA OSŁON POMIESZCZENIA Z ZAINSTALOWANYM APARATEM RTG

Ściana AB i BC oddziela pomieszczenie pracowni rentgenowskiej od sterowni. Ściana wykonana z cegły o grubości 12cm dodatkowo pokrytej panelami ochronnymi (system Antix) z wkładem z blachy PB o grubości 2mm. Minimalna grubość ściany wynosi 12cm. Zgodnie z punktem 2.5.1.4. tablica nr 8 normy PN-86/J-80001 wyliczona ochronność własna ściany jest równoważna osłonie min. 3mm Pb. W ścianie AB znajdują się drzwi ochronne DR1 z wkładem z blachy PB o grubości 2,0mm oraz okno ochronne OK1 z ekwiwalentem wynoszącym 2mmPb.

Ściana CD oddziela pomieszczenie pracowni rentgenowskiej od korytarza. Ściana wykonana z cegły o grubości 12cm dodatkowo pokrytej panelami ochronnymi (system Antix) z wkładem z blachy PB o grubości 2mm. Minimalna grubość ściany wynosi 12cm. Zgodnie z punktem 2.5.1.4. tablica nr 8 normy PN-86/J-80001 wyliczona ochronność własna ściany jest równoważna osłonie min. 3mm Pb. W ścianie CD znajdują się drzwi ochronne DR2 z wkładem z blachy PB o grubości 2,0mm

Ściana DE oddziela pomieszczenie pracowni rentgenowskiej od pokoju pielęgniarskiego. Ściana wykonana z prefabryków dymowo - wentylacyjnych o grubości 30cm dodatkowo pokrytej panelami ochronnymi (system Antix) z wkładem z blachy PB o grubości 2mm. Minimalna grubość ściany wynosi 30cm. Zgodnie z punktem 2.5.1.4. tablica nr 7 normy PN-86/J-80001 wyliczona ochronność własna ściany jest równoważna osłonie min. 3,0mm Pb.

Ściana EF jest ścianą zewnętrzną budynku, za ścianą brak jest ciągów piesznych. Ściana wykonana z cegły dziurawki z okładziną zewnętrzną z cegły sylikatowej o całkowitej grubości 50cm dodatkowo pokrytej panelami ochronnymi (system Antix) z wkładem z blachy PB o grubości 2mm. Minimalna grubość ściany wynosi 50cm. Zgodnie z punktem 2.5.1.4. tablica nr 8 normy PN-86/J-80001 wyliczona ochronność własna ściany jest równoważna osłonie pow. 5,0mm Pb. W ścianie GH znajduje się okno OK2.

Ściana FA oddziela pomieszczenie pracowni rentgenowskiej od klatki schodowej. Ściana wykonana z cegły o całkowitej grubości 30cm dodatkowo pokrytej panelami ochronnymi (system Antix) z wkładem z blachy PB o grubości 2mm. Minimalna grubość ściany wynosi 30cm. Zgodnie z punktem 2.5.1.4. tablica nr 7 normy PN-86/J-80001 wyliczona ochronność własna ściany jest równoważna osłonie pow. 4,0mm Pb.

Strop sufitu - powyżej pracowni rentgenowskiej znajdują się pokój lekarzy, pokój socjalny, toaleta i łazienka. Strop wykonany z płyt kanałowych żelbetonowych zakotwionych w monolitycznych wieńcach z blachy PB dodatkowo sufit osłonięty jest panelami ochronnymi (system Antix) z wkładem z blachy PB o grubości 2mm. Całkowita grubość stropu wynosi 30cm. Zgodnie z punktem 2.5.1.4. tablica nr 7 normy PN-86/J-80001 wyliczona ochronność stropu sufitu jest równoważna osłonie min. 4,5mm Pb

Strop podłoga - poniżej pracowni rentgenowskiej znajduje się piwnice oraz węzły cieplne. Strop wykonany z płyt kanałowych żelbetonowych zakotwionych w monolitycznych wieńcach z blachy PB o grubości 30cm. Zgodnie z punktem 2.5.1.4. tablica nr 7 normy PN-86/J-80001 wyliczona ochronność stropu sufitu jest równoważna osłonie min. 2,5 mm Pb

PODSTAWOWE WZORY PRZYJĘTE DO OBLICZEN

Czas narażenia na promieniowanie X w ciągu tygodnia.

$$t = T \cdot U \cdot I_0$$

T - współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu,
 U - współczynnik określający prawdopodobieństwo skierowania użytecznej wiązki promieniowania w kierunku osłony,
 I_0 - maksymalny czas pracy źródła promieniowania w ciągu tygodnia na zmianie, s, min, lub h.

Krotność k osłabiania promieniowania pierwotnego.

$$k = \frac{P \cdot I \cdot l}{D \cdot l^2} \cdot Y$$

P - moc dawki w odległości 1 m od ogniska lampy, przeliczona dla prądu anodowego 1 mA,

I - nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej,

t - czas narażenia w ciągu tygodnia, osób przebywających w miejscu osłanianym,

Y - współczynnik dla osłabienia w tkance,

D - dawka tygodniowa w cGy,

l - najbliższa odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego.

Zredukowana moc dawki promieniowania rozproszonego na tkance.

Obliczenia zredukowanej mocy dawki, służą do określenia grubości osłony przed promieniowaniem rozproszonym przez tkankę:

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

D - dawka tygodniowa w µGy,

l - najbliższa odległość przedmiotu rozpraszającego od miejsca osłanianego,

t - czas narażenia w ciągu tygodnia, osób przebywających w miejscu osłanianym,

I - nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej.

6. ZAKOŹENIA PRZYJĘTE DO OBLICZEN.

Ostony stałe obliczone są przy uwzględnieniu najbardziej niekorzystnych, z punktu widzenia ochrony radiologicznej, warunków pracy aparatu rentgenowskiego. Do obliczeń przyjęto maksymalne stosowane parametry pracy aparatu rtg oraz minimalne odległości od ścian uwarunkowane usytuowaniem aparatu w gabinecie. W przypadku w/w dokonujemy obliczenia oston ścian nośnych i działowych gabinetu, stropu podłoża i sufitu. Do obliczeń przyjęto także, że badania będą wykonywane przy następujących maksymalnych wartościach:

Maksymalna ilość ekspozycji tygodniowo: 800 ekspozycji

Zdjęcia na stole: 400 ekspozycji tygodniowo o parametrach max.:

$$U = 100 \text{ kV} \quad I = 500 \text{ mA} \quad t = 0,2s$$

Czas pracy lampy rtg.:

$$t_0 = 400 \cdot 0,2s = 80s = 1,333 \text{ min} = 22,22 \cdot 10^{-3} h$$

Zdjęcia na statywie: 400 ekspozycji tygodniowo o parametrach max.:

$$U = 125 \text{ kV} \quad I = 400 \text{ mA} \quad t = 0,1s$$

Czas pracy lampy rtg.:

$$t_0 = 400 \cdot 0,1s = 40s = 0,667 \text{ min} = 11,11 \cdot 10^{-3} h$$

Moc dawki lampy rtg. (P):

$$- 0,95 \text{ cGy} \cdot \text{m}^2 / \text{min} \cdot \text{mA} \quad (\text{dla } 100 \text{ kV wg. tablicy z normy PN-86/J-80001})$$

$$- 1,1 \text{ cGy} \cdot \text{m}^2 / \text{min} \cdot \text{mA} \quad (\text{dla } 125 \text{ kV wg. tablicy z normy PN-86/J-80001})$$

Ostoności istniejących ścian i stropów (wykonanych z cegły pełnej, cegły dziurawki, gazobetonu i betonu) wyznaczano z użyciem tabel 4 – 9 oraz wzoru (3) normy PN-86/J-80001, przyjmując minimalną stosowaną gęstość cegieł wynoszącą $1,6 \text{ g/cm}^3$, gęstość blozków gazobetonowych klasy „06” jako $0,6 \text{ g/cm}^3$, gęstość betonu

Współczynnik osłabienia w ośrodku (Y):

Do obliczeń przyjęto współczynnik dla osłabienia w tkance $Y=0,1$ (dla napięć do 125kV i min. grubości tkanek wynoszącej min. 15cm, wg tablicy i normy PN-86/J-80001)

DAWKI GRANICZNE:

Zgodnie z 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.

a) dawka graniczna wyrażona jako dawka skuteczna (efektywna) dla pracowników zatrudnionych w warunkach narażenia na promienionowanie jonizujące:

- w gabinecie rentgenowskim:

$$D = 6\text{mSv/rok}$$

- w pomieszczeniu poza gabinetem rentgenowskim:

$$D = 3\text{mSv/rok}$$

b) dawka skuteczna dla osób w pomieszczeniach poza pracownią, a także z ogółu ludności przebywających w sąsiedztwie pracowni rentgenowskiej:

$$D = 0.5\text{mSv/rok}$$

c) dawka skuteczna dla osób z ogółu ludności narażonych na promienionowanie dla pracowni rentgenowskich znajdujących się w budynkach mieszkalnych:

$$D = 0.1\text{mSv/rok}$$

Ustawa z dnia 29 listopada 2000r. - Prawo atomowe (Dz. U. z 2012r., poz. 264) w celu dostosowania sposobu oceny zagrożenia pracowników w jednostkach organizacyjnych do jego spodziewanego poziomu, w zależności od wielkości zagrożenia wprowadza się dwie kategorie pracowników:

- **kategoria A** - obejmuje pracowników, którzy mogą być narażeni na dawkę skuteczną przekraczającą 6mSv w ciągu roku;
- **kategoria B** - obejmuje pracowników, którzy mogą być narażeni na dawkę skuteczną przekraczającą 1mSv w ciągu roku.

Jednakże zgodnie z podstawową zasadą ochrony radiologicznej (ALARA) wymagającą, aby narażenie było tak małe, jak to rozsądnie osiągalne, do obliczeń przyjęto następujące ograniczniki dawek (do wyznaczenia dawek przyjęto, że 1 rok = 50 tygodni, oraz dla dawki pochłoniętej w powietrzu 1mSv odpowiada 0,87mGy):

- dla osób narażonych zawodowo:
 $D = 1\text{mSv/rok} = 0.02\text{mSv/tydzień} = 0.00174\text{cGy/tydzień} = 17.4\text{µGy/tydzień}$
- dla osób z ogółu ludności:
 $D = 0.5\text{mSv/rok} = 0.01\text{mSv/tydzień} = 0.00087\text{cGy/tydzień} = 8.7\text{µGy/tydzień}$
- dla osób z ogółu ludności w budynku mieszkalnym:
 $D = 0.1\text{mSv/rok, czyli } 0.002\text{mSv/tydzień} = 0.000174\text{cGy/tydzień} = 1.74\text{µGy/tydzień}$

7. OBLICZENIA

7.1. OSŁONA ŚCIANY AB I BC

Na ścianę **AB** i **BC** pada promieniowanie rozproszone przez tkankę przy wykonywaniu ekspozycji na stole i statywie. W ścianie **AB** znajdują się drzwi DR1 i okno ochronne OK1.

Obliczenie osłony ściany AB i BC przed promieniowaniem rozproszonym przez tkankę przy zdjęciach na stole:

Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia wynosi:

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 1 \cdot 1 \cdot 80s = 60s = 1,333 \text{ min} = 22,22 \cdot 10^{-3} \text{ h}$$

gdzie:
 $T = 1$ (sterownia)
 $U = 1$

Zredukowana moc dawki promieniowania rozproszonego przez tkankę wynosi:

$$C_1 = \frac{D_{\text{ml}} \cdot t^2}{1 \cdot I} = \frac{22,22 \cdot 10^{-3} \cdot 500}{8,7 \cdot 1,5^2} = 1,8 \left[\frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mA}} \right]$$

gdzie:

$$\begin{aligned} D &= D_{\text{stl}} + D_{\text{statyw}} = 17,4 \mu\text{Gy (technik RTG)}; \\ D_{\text{stl}} &= D_{\text{statyw}} = D/2 = 17,4 \mu\text{Gy}/2 = 8,7 \mu\text{Gy} \\ I &= 1,5 \text{ m}; \\ I &= 500 \text{ mA} \end{aligned}$$

Zgodnie z punktem 2.5.2.2 normy przy wysokim napięciu równym 100 kV wymagana grubość osłony wynosi **1,4 mmpb**.

Obliczenie osłony ściany AB i BC przed promieniotworem rozproszonym przez tkankę przy zdjęciach na statywie:

Czas narażenia na promieniotworem w ciągu tygodnia wynosi:
 $t = T \cdot U \cdot t_0 = 1 \cdot 1 \cdot 40s = 40s = 0,333 \text{ min} = 1,111 \cdot 10^{-3} \text{ h}$

gdzie:
 $T = 1$ (sterownia)
 $U = 1$

Zredukowana moc dawki promieniotworem rozproszonego przez tkankę wynosi:

$$C_1 = \frac{D_{statw} \cdot t \cdot I}{8,7 \cdot 2,5^2} = \frac{11,11 \cdot 10^{-3} \cdot 400}{8,7 \cdot 2,5^2} = 12,2 \left[\frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mA}} \right]$$

gdzie:
 $D = D_{stat} + D_{statw} = 17,4 \mu\text{Gy}$ (technik RTG);
 $D_{stat} = D_{statw} = D/2 = 17,4 \mu\text{Gy}/2 = 8,7 \mu\text{Gy}$

$I = 2,5 \text{ mA}$
 $I = 400 \text{ mA}$

Zgodnie z punktem 2.5.2.2 normy przy wysokim napięciu równym 125 kV wymagana grubość osłony wynosi **1,0 mmPb**.

WNIOSKI:

Bezpieczne przebywanie za ścianą AB i BC oraz drzwiami DRI i oknem OKI wymaga osłony równoważnej nie mniejszej niż **1,4 mm Pb**. Istniejąca osłona jest równoważna osłonie min. **3 mm Pb** dla ścian AB i BC oraz 2mmPb dla drzwi DRI i okna OKI, zatem nie jest konieczne zastosowanie dodatkowej osłony.

7.2. OSŁONA ŚCIANY CD

Na ścianę **CD** podczas wykonywania ekspozycji na stole i statywie pada promieniowanie rozproszone przez tkanke. W ścianie CD znajdują się drzwi wejściowe do pracowni DR2.

Obliczenie osłony ściany CD przed promieniowaniem rozproszonym przez tkanke przy zdjęciach na stole:

Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia wynosi:

$$t = T \cdot U \cdot i_0 = 0,25 \cdot 1 \cdot 80s = 20s = 0,333 \text{ min} = 5,56 \cdot 10^{-3} \text{ h}$$

gdzie:
 $T = 0,25$ (korytarz)
 $U = 1$

Zredukowana moc dawki promieniowania rozproszonego przez tkanke wynosi:

$$C_1 = \frac{D_{\text{stol}} \cdot t^2}{t \cdot I} = \frac{4,35 \cdot 2,9^2}{5,56 \cdot 10^{-3} \cdot 500} = 13,2 \left[\frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mA}} \right]$$

gdzie:
 $D = 8,7 \mu\text{Gy}$ (ogół. ludności);
 $D_{\text{stol}} = D_{\text{staryw}} = D/2 = 8,7 \mu\text{Gy}/2 = 4,35 \mu\text{Gy};$

$$I = 2,9 \text{ m};$$

$$I = 500 \text{ mA}$$

Zgodnie z punktem. 2.5.2.2 normy przy wysokim napięciu wynoszącym 100kV wymagana grubość osłony wynosi **0,6 mmPb.**

Obliczenie osłony ściany CD przed promieniowaniem rozproszonym przez tkankę przy zdjęciach na statywie.

Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia wynosi:
 $t = T \cdot U \cdot t_0 = 0,25 \cdot 1 \cdot 40s = 10s = 0,167 \text{ min} = 2,78 \cdot 10^{-3} h$

gdzie:
 $T = 0,25$ (korytarz)
 $U = 1$

Zredukowana moc dawki promieniowania rozproszonego przez tkankę wynosi:

$$C_1 = \frac{D_{statyw} \cdot I^2}{I \cdot I} = \frac{4,35 \cdot 4,5^2}{2,78 \cdot 10^{-3} \cdot 400} = 79,2 \left[\frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{h \cdot \text{mA}} \right]$$

gdzie:
 $D = D_{stoj} + D_{statyw} = 8,7 \mu\text{Gy}$ (ogół ludności);
 $D_{statyw} = D_{stoj} = D/2 = 8,7 \mu\text{Gy}/2 = 4,35 \mu\text{Gy}$
 $I = 4,5 \text{ mA}$
 $I = 400 \text{ mA}$

Zgodnie z punktem. 2.5.2.2 normy przy wysokim napięciu równym 125kV wymagana grubość osłony wynosi 0,4 mmPb.

WNIOSKI:

Bezpieczne przebywanie za ścianą CD i drzwiami DR2 wymaga osłony równoważnej nie mniejszej niż 0,6 mm Pb. Istniejąca osłona jest równoważna osłonie min. 3,0 mm Pb dla ściany CD oraz 2mm Pb dla drzwi DR2, zatem nie jest konieczne stosowanie dodatkowej osłony dla ściany CD.

7.3. OSŁONA ŚCIANY DE

Na ścianę DE podczas wykonywania ekspozycji na stole i statywie płucnym pada promieniowanie rozproszone przez tkanę.

Obliczenie osłony ściany DE przed promieniowaniem rozproszonym przez tkanę przy zdjęciach na stole.

Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia wynosi:

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 1 \cdot 1 \cdot 80s = 80s = 1,333 \text{ min} = 22,22 \cdot 10^{-3} \text{ h}$$

gdzie:
 $T = 1$ (pokój pielęgniarok)
 $U = 1$

Zredukowana moc dawki promieniowania rozproszonego przez tkanę wynosi:

$$C_1 = \frac{D_{\text{stł}} \cdot I^2}{I \cdot I} = \frac{4,35 \cdot 1,5^2}{22,22 \cdot 10^{-3} \cdot 500} = 0,88 \left[\frac{\text{hGy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mA}} \right]$$

gdzie:
 $D = 8,7 \text{ } \mu\text{Gy}$ (ogół ludności)
 $D_{\text{stł}} = D_{\text{statyw}} = D/2 = 8,7 \text{ } \mu\text{Gy}/2 = 4,35 \text{ } \mu\text{Gy}$
 $I = 1,5 \text{ mA}$
 $I = 500 \text{ mA}$

Zgodnie z punktem. 2.5.2. normy przy wysokim napięciu wynoszącym 100kV wymagana grubość osłony wynosi **1,7 mmPb.**

Obliczenie osłony ściany DE przed promieniowaniem rozproszonym przez tkankę przy zdjęciach na statywie.

Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia wynosi:
 $t = T \cdot U \cdot t_0 = 1 \cdot 1 \cdot 40s = 40s = 0,667 \text{ min} = 11,11 \cdot 10^{-3} \text{ h}$

gdzie:
 $T = 1$ (pokój pielęgniarok)
 $U = 1$

Zredukowana moc dawki promieniowania rozproszonego przez tkankę wynosi:

$$C_1 = \frac{D_{\text{stypw}} \cdot t^2}{I \cdot I} = \frac{4,35 \cdot 4,1^2}{11,11 \cdot 10^{-3} \cdot 400} = 16,5 \left[\frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mA}} \right]$$

gdzie:
 $D = 8,7 \mu\text{Gy}$ (ogół ludności)
 $D_{\text{stypw}} = D_{\text{statyw}} = D/2 = 8,7 \mu\text{Gy}/2 = 4,35 \mu\text{Gy}$

$$I = 4,1 \text{ mJ}$$

$$I = 400 \text{ mA}$$

Zgodnie z punktem. 2.5.2.2 normy przy wysokim napięciu wynoszącym 125kV wymagana grubość osłony wynosi 0,9 mmPb.

WNIOSEK:

Bezpieczne przebywanie za ścianą DE wymaga osłony równoważnej nie mniejszej niż 1,7 mm Pb. Istniejąca osłona jest równoważna osłonie min. 3,0 mm Pb, zatem nie jest konieczne stosowania dodatkowej osłony dla ściany DE.

7.4. OSŁONA ŚCIANY EF

Na ścianę EF pada promieniowanie rozproszone przez tkankę przy wykonywaniu ekspozycji na stole i statywie.

Obliczenie osłony ściany EF przed promieniowaniem rozproszonym przez tkankę przy zdjęciach na stole:

Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia wynosi:
 $t = T \cdot U \cdot t_0 = 0,05 \cdot 1,80s = 4s = 0,0666min = 1,11 \cdot 10^{-3} h$
 gdzie:
 $T = 0,05$ (wolna przestrzeń, brak ciągów plesznych)
 $U = 1$

Zredukowana moc dawki promieniowania rozproszonego przez tkankę wynosi:

$$C_1 = \frac{D_{stl} \cdot I^2}{4,35 \cdot 1,5^2} = \frac{1,11 \cdot 10^{-3} \cdot 500}{4,35 \cdot 1,5^2} = 17,6 \left[\frac{\mu Gy \cdot m^2}{h \cdot mA} \right]$$

gdzie:

$$D = D_{stl} + D_{statyw} = 8,7 \mu Gy \text{ (ogół ludność)};$$

$$D_{stl} = D_{statyw} = D/2 = 8,7 \mu Gy/2 = 4,35 \mu Gy$$

$$I = 1,5 m;$$

$$I = 500 mA$$

Zgodnie z punktem 2.5.2.2 normy przy wysokim napięciu równym 100 kV wymagana grubość osłony wynosi **0,6 mmPb**.

Obliczenie osłony ściany EF przed promieniowaniem rozproszonym przez tkankę przy zdjęciach na statywie:

Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia wynosi:

$$I = T \cdot U \cdot I_0 = 0,05 \cdot 1 \cdot 405 = 2s = 0,0333 \text{ min} = 0,55 \cdot 10^{-3} \text{ h}$$

gdzie:

$$T = 0,05 \text{ (wolna przestrzeń, brak ciągów pieszych)}$$

$$U = 1$$

Zredukowana moc dawki promieniowania rozproszonego przez tkankę wynosi:

$$C_1 = \frac{D_{statyw} \cdot I^2}{I \cdot I} = \frac{4,35 \cdot 1,5^2}{0,55 \cdot 10^{-3} \cdot 400} = 44,5 \left[\frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mA}} \right]$$

gdzie:

$$D = D_{statyw} + D_{stol} = 8,7 \mu\text{Gy (ogół. ludności)};$$

$$D_{statyw} = D_{stol} = D/2 = 8,7 \mu\text{Gy}/2 = 4,35 \mu\text{Gy}$$

$$I = 1,5 \text{ m};$$

$$I = 400 \text{ mA}$$

Zgodnie z punktem. 2.5.2.2 normy przy wysokim napięciu równym 125 kV wymagana grubość osłony wynosi **0,6 mmpb**.

WNIOSEKI:

Bezpieczne przebywanie za ścianą EF wymaga osłony równoważnej nie mniejszej niż **0,6 mm Pb**, istniejąca osłona jest równoważna osłonie min. **5,0 mm Pb**, zatem nie jest konieczne stosowanie dodatkowej osłony dla ściany EF.

W ścianie EF znajduje się okno OK2 za którym brak jest ciągów pieszych, o konieczności stosowania dodatkowych osłon dla OK2 zdecydowały WSSE po wykonaniu pomiarów dozymetrycznych.

7.5. OSŁONA ŚCIANY FA

Na ścianę **FA** pada promieniowanie rozproszone przez tkankę przy wykonywaniu ekspozycji na stole oraz promieniowanie pierwotne przy ekspozycjach na statywie.

Obliczenie osłony ściany FA przed promieniowaniem rozproszonym przez tkankę przy zdjęciach na stole:

Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia wynosi:
 $t = T \cdot U \cdot t_0 = 0,05 \cdot 1 \cdot 80s = 4s = 0,0666 \text{ min} = 1,11 \cdot 10^{-3} \text{ h}$
 gdzie:
 $T = 0,05$ (klatka schodowa)
 $U = 1$

Zredukowana moc dawki promieniowania rozproszonego przez tkankę wynosi:

$$C_1 = \frac{D_{\text{stł}} \cdot I^2}{I \cdot I} = \frac{4,35 \cdot 1,5^2}{1,11 \cdot 10^{-3} \cdot 500} = 17,6 \left[\frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mA}} \right]$$

gdzie:

$$\begin{aligned} D &= D_{\text{stł}} + D_{\text{statyw}} = 8,7 \mu\text{Gy} \text{ (ogół. ludności)} \\ D_{\text{stł}} &= D_{\text{statyw}} = D/2 = 8,7 \mu\text{Gy}/2 = 4,35 \mu\text{Gy} \\ I &= 1,5 \text{ m} \\ I &= 500 \text{ mA} \end{aligned}$$

Zgodnie z punktem. 2.5.2.2 normy przy wysokim napięciu równym 100 kV wymagana grubość osłony wynosi **0,6 mmPb**.

Obliczenie osłony ściany FA przed promieniowaniem pierwotnym przy zdjęciach na statywie:

Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia wynosi:

$$t = T \cdot U \cdot I_0 = 0,05 \cdot 1 \cdot 40s = 2s = 0,0333 \text{ min}$$

gdzie:

$$T = 0,05 \text{ (klatka schodowa)}$$

$$U = 1$$

Zgodnie z punktem 2.5.1.2 normy, wymagana krotność osłabienia promieniowania pierwotnego wynosi:

$$k = \frac{D_{statw} \cdot I^2 \cdot \gamma}{P \cdot I \cdot t} = \frac{0,000435 \cdot 2,5^2 \cdot 0,1}{1,1 \cdot 400 \cdot 0,0333} \cdot \gamma = 538,9$$

gdzie:

$$P = 1,1 \frac{eGy \cdot m^2}{min \cdot mA};$$

$$D = 8,7 \mu Gy = 0,0087 cGy \text{ (ogół ludności)};$$

$$D_{statw} = D_{stat} = D/2 = 8,7 \mu Gy/2 = 4,35 \mu Gy = 0,000435 cGy;$$

$$I = 2,5 \text{ mA};$$

$$\gamma = 0,1;$$

$$I = 400 \text{ mA}$$

Zgodnie z punktem 2.5.1.3 normy, normy przy wysokim napięciu wynoszącym 125kV wymagana krotność osłabienia zapewni osłona o grubości 1,3 mmPb.

WNIOSKI:

Bezpieczne przebywanie za ścianą FA wymaga osłony równoważnej nie mniejszej niż 1,3 mm Pb. Istniejąca osłona jest równoważna osłonie min. 5,0 mm Pb, zatem nie jest konieczne stosowanie dodatkowej osłony dla ściany FA.

7.6. OSŁONA STROPU PODŁOGI

Na strop podłogi pada promieniowanie pierwotne przy wykonywaniu ekspozycji na stole oraz promieniowanie rozproszone przez tkaninę podczas wykonywania badań na statywie.

Obliczenie stropu podłogi przed promieniowaniem pierwotnym przy zdjęciach na stole:

Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia wynosi:

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 0,25 \cdot 1 \cdot 80s = 20s = 0,333 \text{ min}$$

gdzie:

$T = 0,25$ (plwnice, węzeł ciepły)

$U = 1$

Zgodnie z punktem 2.5.1.2 normy, wymagana krotność osłabienia promieniowania pierwotnego wynosi:

$$k = \frac{P \cdot I \cdot t}{0,95 \cdot 500 \cdot 0,333} \cdot V = \frac{D_{\text{stł}} \cdot I^2}{0,000435 \cdot 1,75^2} \cdot 0,1 = 11873,3$$

gdzie:

$$P = 0,95 \frac{\text{cGy} \cdot \text{m}^2}{\text{min} \cdot \text{mA}}$$

$D_{\text{stł}} = 8,7 \mu\text{Gy} = 0,00087 \text{ cGy}$

$D_{\text{stł}} = D_{\text{stł}} = D/2 = 8,7 \mu\text{Gy}/2 = 4,35 \mu\text{Gy} = 0,000435 \text{ cGy}$

$I = 1,75 \text{ mA}$

$V = 0,1$

$I = 500 \text{ mA}$

Zgodnie z punktem 2.5.1.3 normy, normy przy wysokim napięciu wynoszącym 100kV wymagana krotność osłabienia zapewni osłona o grubości min. **2,2 mmPb.**

Obliczenie osłony stropu podłogi przed promieniotwórczym rozproszonym przez tkankę przy zdjęciach na statywie.

Czas narażenia na promieniotwórcze w ciągu tygodnia wynosi:
 $t = T \cdot U \cdot t_0 = 0,25 \cdot 1 \cdot 40s = 10s = 0,167 \text{ min} = 2,78 \cdot 10^{-3} h$

gdzie:
 $T = 0,25$ (płwnice, węzeł ciepły)
 $U = 1$

Zredukowana moc dawki promieniotwórczego rozprozonego przez tkankę wynosi:

$$C_1 = \frac{D_{\text{wagw}} \cdot I \cdot I}{4,35 \cdot 0,5^2} = \frac{2,78 \cdot 10^{-3} \cdot 400}{0,98} \left[\frac{\text{mGy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mA}} \right]$$

gdzie:
 $D = D_{\text{statyw}} + D_{\text{stol}} = 8,7 \text{ mGy}$ (ogół ludności);
 $D_{\text{statyw}} = D_{\text{stol}} = D/2 = 8,7 \text{ mGy}/2 = 4,35 \text{ mGy}$
 $I = 0,5 \text{ m};$
 $I = 400 \text{ mA}$

Zgodnie z punktem, 2.5.2.2 normy przy wysokim napięciu równym 125kV wymagana grubość osłony wynosi 2,1 mmPb.

WNIOSEKI:

Bezpieczne przebywanie poniżej pracowni RTG wymaga osłony równoważnej nie mniejszej niż 2,2 mm Pb. Istniejąca osłona jest równoważna osłonie min. 2,5 mm Pb, zatem nie jest konieczne zastosowanie dodatkowej osłony.

7.7. OSŁONA STROPU SUFITU

Na sufit pada promieniowanie rozproszone przez tkankę zarówno przy wykonywaniu ekspozycji na stole jak i na statywie.

Obliczenie osłony sufitu przed promieniowaniem rozproszonym przez tkankę przy zdjęciach na stole.

Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia wynosi:

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 1 \cdot 1 \cdot 80s = 80s = 1,333 \text{ min} = 22,22 \cdot 10^{-3} \text{ h}$$

gdzie:
 $T = 1$ (pokój lekarszy)
 $U = 1$

Zredukowana moc dawki promieniowania rozproszonego przez tkankę wynosi:

$$C_1 = \frac{D_{\text{stół}} \cdot I^2}{I \cdot I} = \frac{4,35 \cdot 2,2^2}{22,22 \cdot 10^{-3} \cdot 500} = 1,9 \left[\frac{\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2}{\text{h} \cdot \text{mA}} \right]$$

gdzie:

$D = 8,7 \mu\text{Gy}$ (ogół ludności);

$D_{\text{stół}} = D_{\text{statyw}} = D/2 = 8,7 \mu\text{Gy}/2 = 4,35 \mu\text{Gy};$

$I = 2,2 \text{ m};$

$I = 500 \text{ mA}$

Zgodnie z punktem 2.5.2.2 normy przy wysokim napięciu wynoszącym 100kV wymagana grubość osłony wynosi **1,3 mmPb.**

Obliczenie osłony sutu przed promieniowaniem rozproszonym przez tkankę przy zdjęciach na statywie.

Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia wynosi:
 $t = T \cdot U \cdot t_0 = 1 \cdot 1 \cdot 40s = 40s = 0,667 \cdot \text{min} = 11,11 \cdot 10^{-3} h$

gdzie:
 $T = 1$ (pokój lekarszy)
 $U = 1$

Zredukowana moc dawki promieniowania rozproszanego przez tkankę wynosi:

$$C_1 = \frac{D_{\text{stwy}} \cdot I^2}{4,35 \cdot 12^2} = \frac{11,11 \cdot 10^{-3} \cdot 400}{4,35 \cdot 12^2} = 1,4 \left[\frac{h \cdot mA}{\mu Gy \cdot m^2} \right]$$

gdzie:
 $D = 8,7 \mu Gy$ (ogół ludności);
 $D_{\text{stwy}} = D_{\text{statyw}} = D/2 = 8,7 \mu Gy/2 = 4,35 \mu Gy$;
 $I = 1 m$;
 $I = 400 mA$

Zgodnie z punktem 2.5.2.2 normy przy wysokim napięciu wynoszącym 125kV wymagana grubość osłony wynosi **2,0 mmPb**.

WNIOSKI:

Bezpieczne przebywanie ponad pracownią wymaga osłony równoważnej nie mniejszej niż **2,0 mm Pb**. Istniejąca osłona jest równoważna osłonie min. **4,5 mm Pb, nie ma zatem konieczności stosowania dodatkowej osłony.**

8. ZESTAWIENIE OSŁON STAŁYCH.

Wymagane dodatkowe zabezpieczenie przed promieniowaniem jonizującym X osłon stałych wynikających z obliczeń.
W zestawieniu wymaganych zabezpieczeń uwzględniono najwyższe wartości wyznaczone dla zredukowanej mocy dawki (C_1) i krotności osłabienia (k).

Tabela zabezpieczeń.

Osłona	Obliczona minimalna wymagana osłona (w mm Pb)	Równoważnik istniejącej osłony (w mm Pb)	Wymagane dodatkowe zabezpieczenie (w mm Pb)
Ściana AB	1,4	3,0	Nie wymagane
Okno OK1	1,4	2,0	Nie wymagane
Drzwi DR1	1,4	2,0	Nie wymagane
Ściana BC	1,4	3,0	Nie wymagane
Ściana CD	0,6	3,0	Nie wymagane
Drzwi DR2	0,6	2,0	
Ściana DE	1,7	3,0	Nie wymagane
Ściana EF	0,6	5,0	Nie wymagane
Okno OK2	0,6	0,1	Nie wymagane *
Ściana FA	1,3	5,0	Nie wymagane
Strop podłogi	2,2	2,5	Nie wymagane
Strop sufitu	2,0	4,5	Nie wymagane

* Brak ciągów pieszch za OK2, o konieczności stosowanie dodatkowych osłon dla OK2 zalecany jest WSSE po wykonaniu pomiarów dozymetrycznych.

9. PRZEPISY PRAWNE

Opracowanie dokonano w oparciu o aktualnie obowiązujące przepisy prawne i normy:

- Ustawa – Prawo Atomowe z dnia 29 listopada 2000r. Prawo Atomowe – Dz. U. z 2012r., poz. 264,

- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3 grudnia 2002r. w sprawie dokumentów wymaganych przy składaniu wniosku o wydanie zezwolenia na wykonywanie działalności związanej z narazaniem na działanie promieniowania jonizującego albo przy zgłoszeniu wykonywania tej działalności (Dz. U. NR 220, poz. 1851 zmiany: Dz. U. 2004 nr 98 poz. 981, Dz. U. 2006 nr 127 poz. 883, Dz. U. 2009 nr 71 poz. 61),

- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących sprzętu dozymetrycznego (Dz. U. nr 239, poz. 2032).

- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. Nr 20/2005, poz 168),

- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005r. w sprawie planów postępowania awaryjnego w przypadku zdarzeń radiacyjnych (Dz. U. Nr 20, poz. 169 zmiany: Dz. U. 2007 nr 131 poz. 912),

- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. 2006 nr 180, poz. 1325),

- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21 grudnia 2012 r. w sprawie nadawania uprawnień inspektora ochrony radiologicznej w pracowniach stosujących aparaty rentgenowskie w celach medycznych Dz.U. (2012 nr 0 poz. 1534)

- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 grudnia 2006 r. w sprawie nadzoru i kontroli w zakresie przestrzegania warunków ochrony radiologicznej w jednostkach organizacyjnych stosujących aparaty rentgenowskie do celów diagnostyki medycznej, radiologii zabiegowej, radioterapii powierzchniowej i radioterapii schorzeń nie nowotworowych (Dz. U. z 2007 r. nr 1 poz. 11)

- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 20 lutego 2007r. w sprawie podstawowych wymagań dotyczących terenów kontrolowanych i nadzorowanych (Dz. U. 2007 nr 131 poz. 910).

- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 23 marca 2007 r. w sprawie wymagań dotyczących rejestracji dawek indywidualnych (Dz. U. nr 131, poz. 913).

- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 27 marca 2008 r. w sprawie minimalnych wymagań dla jednostek ochrony zdrowia udzielających świadczeń zdrowotnych z zakresu rentgenodiagnostyki, radiologii zabiegowej oraz diagnostyki i terapii radioizotopowej chorób nowotworowych (Dz. U. nr 59 poz. 365)

- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 27 kwietnia 2004 r. w sprawie ochrony przed promieniowaniem jonizującym pracowników zewnętrznych narażonych podczas pracy na terenie kontrolowanym (Dz. U. nr 102, poz. 1064)

- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 lutego 2011 r. w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej (Dz. U. nr 51 poz. 265 z późniejszymi zmianami: Dz. U. 2013 r. poz. 1015)

- Polska Normę PN-86/J-80001 pt. "Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczenie osłon stałych" ustanowioną przez Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości z dnia 10.06.1986r. (Dz. Normalizacji i Miar Nr.11/1986, poz. 22.)

10. MATERIAŁY NA OSŁONY.

W przypadku konieczności ich zastosowania osłony powinny być wykonane z następujących materiałów:

- Blacha ołowiowa miękka PN/74/H-92914 dowolnej cechy wg PN-75/H-82201.
- Szkło ołowiowe,
- Konstrukcje budowlane (ściany, stropy),

W sporadycznych przypadkach jako uzupełnienie ewentualnych ubytków w ścianach lub stropie może być zastosowana zaprawa barytowa wg PN-83/C-84068-06 o średniej gęstości $3,0 \text{ g/cm}^3$ i następujący składzie wagowym:

- piasek barytowy lub mączka - 4 cz.
- cement portlandzki marki „350” - 1 cz.
- woda w zależności od wilgotności barytu - 0,9 cz.

Do uzyskania 1 m^3 zaprawy barytowej należy użyć:

- kruszywo barytowe 220 kg.
- cement 55 kg.
- woda (około) 50 kg.

11. ZALECENIA I UWAGI KOŃCOWE.

W wyniku przeprowadzonych obliczeń osłon stałych stwierdza się, że w pracowni RTG znajdującej się na oddziale neurologii przy ul. Grunwaldzkiej 45 w Kielcach należy:

1. Zweryfikować faktyczny stan grubości ścian AB, BC, CD, DE, EF, FA oraz stropu sufitu i podłogi.
2. Zastosować dodatkowe osłony ścian zgodnie z tabelą punkt 9.
3. Zweryfikować faktyczny stan okna OK1 oraz drzwi ochronne DR1 i DR2 z minimalną grubością osłony zgodnie z tabelą 9.

4. Wyposażyć pracownię rentgenowską w środki ochrony osobistej.
5. Drzwi do pracowni rentgenowskiej oznakować znakiem ostrzegawczym przed promieniowaniem jonizującym, zgodnie ze wzorem zamieszczonym w załączniku nr 1 do Rozporządzenia Ministra Zdrowia, z dnia 21 sierpnia 2006 r., "w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi".

6. Zgodnie z § 19 Rozporządzenia Ministra Zdrowia, z dnia 21 sierpnia 2006 r., "w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi" w pracowni rentgenowskiej, w widocznym miejscu, powinna znajdować się informacja o konieczności powiadomienia rejestrarki i operatora aparatu rentgenowskiego, przed wykonaniem badania, o tym, że pacjentka jest w ciąży.

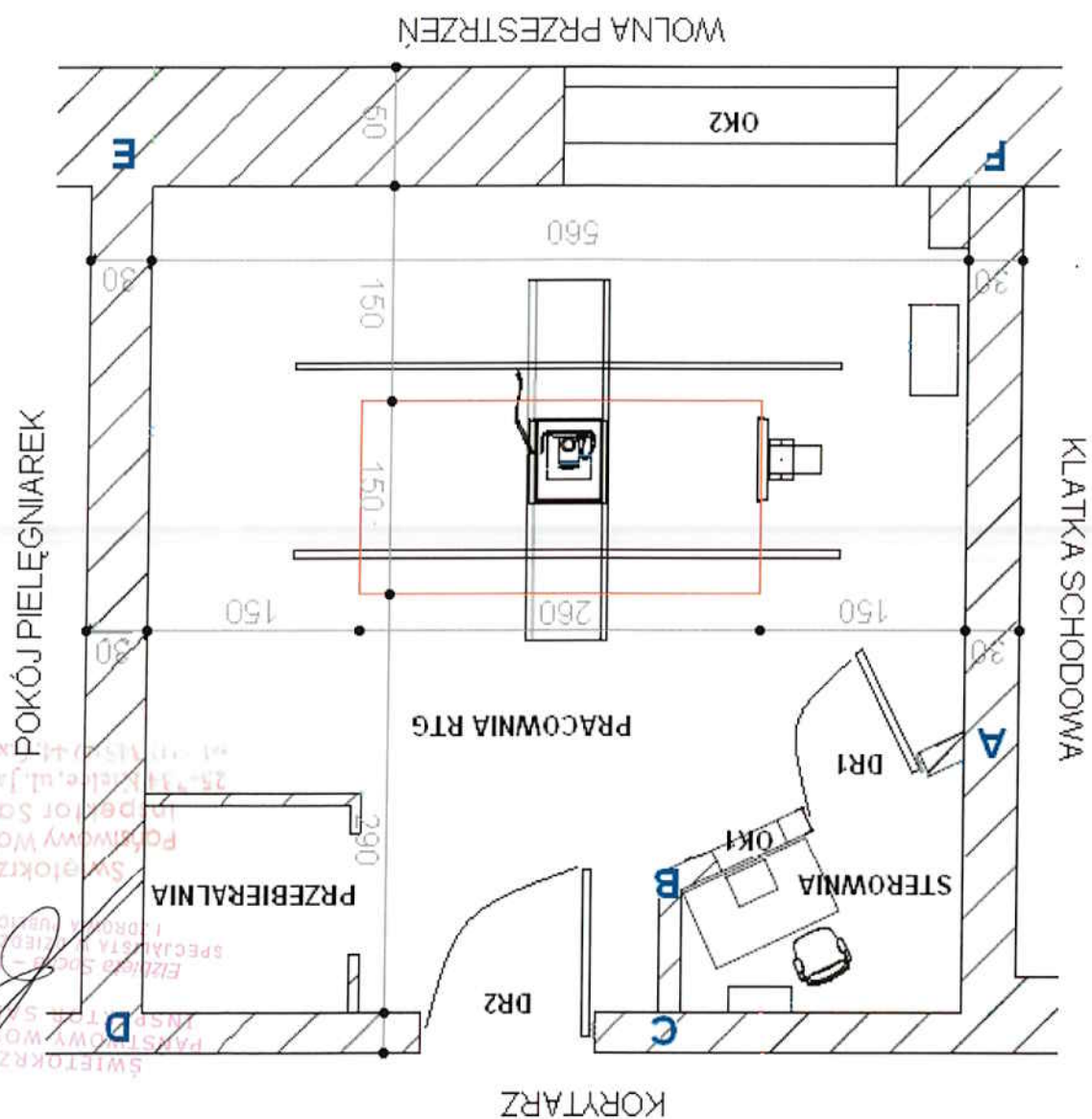
TOMED
ZAOPATRZENIE MEDYCZNE
ul. Związkowa 3B, 20-148 Lublin, tel./fax 81 743 31 14
tel. 81 743-31-41, fax 81 743 31 14
e-mail: tomed@tommed.com.pl
NIP 712-102-08-96, Regon 430587943

Projekt wykonat: Rafał Wojciechowski

Rafał Wojciechowski

12. RYSUNEK ROZMIESZCZENIA APARATU RTG.

Opinia sanitarna z dnia: 25.11.2013r.
Nr 881/9022.8/52.2013



Skala: 1:50	Nr rys.: 1	Data: 31.10.2013
Objekt:	Wojewódzki Szpital Zespolony w Kielcach Oddział Neurologii ul. Grunwaldzka 45, Kielce	
Temat:	Projekt ochrony radiologicznej	
Autor:	Rafał Wojciechowski	

TOMED

ZAPATENTOWANE
NIP 712-102-08-96, Regon 430587943
20-148 Lublin, ul. Związkowa 3B
tel. 81 743-31-41, fax 81 743 31 14
e-mail: tomed@tommed.com.pl