

Białystok, dn. 30.09.2011 r.

# Projekt ochrony radiologicznej

Pracownia tomografii komputerowej  
Wojewódzki Szpital Zespolony w Kielcach  
ul. Grunwaldzka 45  
25-736 Kielce

projekt wykonał:  
Robert Chrenowicz  
Inspektor ochrony radiologicznej  
IOR-0, IOR-1, IOR-3.  
Zaświadczenie nr 2564/2010  
tel. 608307215  
r.chrenowicz@onet.eu

*Robert Chrenowicz*

## Spis treści

1. Wstęp	str. 3
2. Opis usytuowania pracowni RTG	str. 3
3. Wiązki promieniowania jonizującego	str. 4
4. Opis istniejących osłon	str. 4
5. Dawki graniczne	str. 4
6. Wyposażenie pracowni RTG	str. 5
7. Założenia pracy ze źródłami promieniowania	str. 6
8. Rozmieszczenie aparatury	str. 6
9. Wentylacja – wymagania	str. 6
10. Sygnalizacja i oznaczenia	str. 6
11. Wzory do obliczeń osłon stałych przed promieniowaniem	str. 6
11.1. Czas narażenia na promieniowanie	str. 6
11.2. Osłony przed promieniowaniem pierwotnym	str. 7
11.3. Współczynnik gęstości materiału	str. 7
11.4. Osłony przed promieniowaniem rozproszonym przez wodę lub tkankę	str. 7
11.5. Osłony przed promieniowaniem rozproszonym (bez uwzględniania promieniowania ubocznego)	str. 8
11.6. Osłony przed promieniowaniem rozproszonym i promieniowaniem ubocznym	str. 8
12. Obliczenia osłon stałych przed promieniowaniem RTG	str. 9
13. Zestawienie osłon stałych	str. 15
14. Technologia wykonania osłon	str. 17
15. Wyposażenie pracowni	str. 18

## Załączniki

1. Zestawienie osłon stałych
2. Plan pracowni RTG – opis ścian – rys.1.
3. Osłony przed promieniowaniem RTG – rys. 2.
4. Plan ogólny – rys. 3.

## 1. Wstęp.

Projekt ochrony radiologicznej Pracowni tomografii komputerowej Wojewódzkiego Szpitala Zespolonego w Kielcach, ul. Grunwaldzka 45, 25-736 Kielce, opracowano w oparciu o:

- Projekt rozmieszczenia aparatury – załącznik – rys. 1 i 2,
- Założenia pracy w pracowni rentgenowskiej,
- Zebrane informacje o istniejących osłonach stałych i oględzinach otoczenia (badany obiekt),
- Ustawę Prawo Atomowe z dnia 29 listopada 2000 r. (Dz. U. z 2007 r. nr 42 poz. 276 – jednolity tekst ustawy – Prawo atomowe oraz Dz. U. z 2008 r. nr 93 poz. 583 – o zmianie ustawy Prawo atomowe),
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. nr 20, poz. 168),
- 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),
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. nr 180, poz. 1325),
- Polską Normę PN-86/J-80001. Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych (PKN,MiJ),
- Dane techniczne tomografu Activion 16 firmy Toshiba,
- Projekt ochrony radiologicznej dla pracowni TK Świętokrzyskiego Centrum Onkologii w Kielcach zlokalizowanej w Szpitalu Neuropsychiatrycznym w Kielcach przy ul. Grunwaldzkiej 47, A. Bielina, wrzesień 2005,
- Aneks do projektu ochrony radiologicznej dla pracowni TK z aparatem Somatom AR HP Zakładu Diagnostyki Obrazowej Świętokrzyskiego Centrum Onkologii zlokalizowanej w Szpitalu Neuropsychiatrycznym w Kielcach przy ul. Grunwaldzkiej 47, A. Bielina, marzec 2006,
- Projekt techniczny, 18.07.2011 r.

## 2. Opis usytuowania.

Pracownia RTG Pracowni tomografii komputerowej Wojewódzkiego Szpitala Zespolonego w Kielcach, ul. Grunwaldzka 45, 25-736 Kielce, zwana dalej pracownią RTG, zlokalizowana jest w jednym z pomieszczeń kompleksu szpitalnego, na parterze.

Niniejszy projekt dotyczy pomieszczenia sali tomografu, w którym znajduje się tomograf Activion 16 (TSX-031A) firmy Toshiba.

Powierzchnia pracowni wynosi 34.0 m<sup>2</sup>. Wysokość pomieszczenia wynosi 3.0 m. Zwymiarowany plan pracowni RTG wraz z opisem ścian zamieszczony jest w drugiej części opracowania (załączniki – rys. 1).

Pomieszczenie z aparatem RTG (tomograf) sąsiaduje z (zgodnie z rys. 1):

- pomieszczeniem szatni (za ścianą A),
- terenem zewnętrznym (za ścianą B z zamurowanym oknem (okno B)),
- pomieszczeniem ciemni (za ścianą B),
- pomieszczeniem operatorów (sterownia)(za ścianą C z drzwiami drzC1 i oknem Pb),
- pomieszczeniem przygotowania pacjenta (za ścianą C z drzwiami drzC2)
- korytarzem (za ścianą D z drzwiami drzD).

Pod pomieszczeniem z aparatem RTG znajdują się pomieszczenia socjalne.

Nad pomieszczeniem z aparatem RTG znajduje się stołówka oddziału dziecięcego.



### 3. Wiązki promieniowania jonizującego.

Podczas badania wiązka pierwotna przechodzi przez badany obiekt (ciało pacjenta) i jest pochłaniana w obudowie gantr. Poza pierścieniem gantr wiązka pierwotna (użyteczna) nie występuje /nie dociera do istniejących osłon (ścian i stropów) pracowni/. Na terenie pracowni będzie występowało promieniowanie rozproszone i uboczne. Rozchodzi się ono we wszystkich kierunkach i pochodzi ze wzajemnego oddziaływania promieniowania wytworzonego w lampie RTG z otaczającą materia.

### 4. Opis istniejących osłon.

1. Ściana A – ściana wykonana z betonowych płyt kanałowych, tynku barytowego i blachy ołowianej. Do obliczeń przyjmuję materiał (beton) o efektywnej grubości 14 cm i gęstości  $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , materiał (tynk barytowy) o grubości 0.8 cm i gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  oraz 0.5 mm Pb.
2. Ściana B – ściana wykonana z cegły pełnej o grubości 37 cm oraz tynku barytowego. Do obliczeń przyjmuję materiał (cegła) o grubości 37 cm i gęstości  $1.6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  oraz materiał (tynk barytowy) o grubości 1.5 cm i gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . Okno (okno B) jest dosłonięte blachą Pb o grubości 2 mm.
3. Ściana C – ściana wykonana z cegły pełnej o grubości 12 cm oraz tynku barytowego. Do obliczeń przyjmuję materiał (cegła) o grubości 12 cm i gęstości  $1.6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  oraz materiał (tynk barytowy) o grubości 2.2 cm i gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzC1 i drzC2) z wkładką z blachy ołowianej o grubości 2.5 mm Pb oraz szyba ochronna (okno Pb) o równoważniku ołowiu 2.5 mm Pb dla napięcia 135 kV.
4. Ściana D – ściana wykonana z cegły dziurawki, tynku barytowego oraz blachy ołowianej. Do obliczeń przyjmuję materiał (cegła) o efektywnej grubości 6 cm i gęstości  $1.6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , materiał (tynk barytowy) o grubości 1.3 cm i gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  oraz 1.5 mm Pb. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzD) z wkładką z blachy ołowianej o grubości 3 mm Pb.
5. Podłoga – strop z płyt kanałowych. Do obliczeń przyjmuję materiał (beton) o efektywnej grubości 10 cm i gęstości  $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i materiał (tynk barytowy) o grubości 1.0 cm i gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  oraz materiał (tynk barytowy) o grubości 1.0 cm i gęstości  $3.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ .
6. Sufit – strop z płyt kanałowych. Do obliczeń przyjmuję materiał (beton) o efektywnej grubości 10 cm i gęstości  $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  oraz materiał (tynk barytowy) o grubości 2.5 cm i gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ .

### 5. Dawki graniczne.

Zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. nr 20, poz. 168), dawka graniczna, wyrażona jako dawka skuteczna (efektywna) wynosi:

- 20 mSv/rok lub inaczej 0.4 mSv/tydzień – dla osób zatrudnionych w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące.
- 1 mSv/rok lub inaczej 0.02 mSv/tydzień – dla osób z ogółu ludności.

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



określa, że konstrukcja ścian, stropów, okien, drzwi oraz zainstalowanych urządzeń ochronnych w pracowni rentgenowskiej ma zabezpieczać osoby pracujące:

- w gabinecie rentgenowskim przed otrzymaniem w ciągu roku dawki przekraczającej 6 mSv (lub inaczej 0.12 mSv/tydzień);
- w pomieszczeniach pracowni rentgenowskiej poza gabinetem rentgenowskim przed otrzymaniem w ciągu roku dawki przekraczającej 3 mSv (lub inaczej 0.06 mSv/tydzień);
- w pomieszczeniach poza pracownią rentgenowską, a także osoby z ogółu ludności przebywające w sąsiedztwie przed otrzymaniem w ciągu roku dawki przekraczającej 0.5 mSv (lub inaczej 0.01 mSv/tydzień).

Zgodnie z zaleceniami Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej (ICRP) do obliczeń osłon stałych przed promieniowaniem X i gamma używa się dawki pochłoniętej w powietrzu (kerma) wyrażonej w cGy (centygreje).

Dawce skutecznej 0.4 mSv/tydzień odpowiada dawka pochłonięta 0.0348 cGy/tydzień = 348  $\mu$ Gy/tydzień.

Dawce skutecznej 0.12 mSv/tydzień odpowiada dawka pochłonięta 0.01044 cGy/tydzień = 104.4  $\mu$ Gy/tydzień.

Dawce skutecznej 0.06 mSv/tydzień odpowiada dawka pochłonięta 0.00522 cGy/tydzień = 52.2  $\mu$ Gy/tydzień.

Dawce skutecznej 0.01 mSv/tydzień odpowiada dawka pochłonięta 0.00087 cGy/tydzień = 8.7  $\mu$ Gy/tydzień.

Przy użytkowaniu wszelkich źródeł promieniowania jonizującego obowiązuje tzw. zasada ALARA (As Low As Reasonably Achievable), polegająca na takim organizowaniu pracy (użytkowania źródeł), aby dawki otrzymywane przez ludzi były tak niskie, jak to jest możliwe do osiągnięcia w rozsądny sposób.

W niniejszym projekcie osoby zatrudnione na terenie pracowni (przebywające w sterowni za ścianą C podczas pracy aparatu) zostały zakwalifikowane do kategorii osób pracujących w pomieszczeniach pracowni rentgenowskiej poza gabinetem rentgenowskim i do obliczeń przyjmują dawkę pochłoniętą 52.2  $\mu$ Gy/tydzień. Dla pozostałych osób (pacjentów, personelu i innych) przyjmuje do obliczeń dawkę pochłoniętą 8.7  $\mu$ Gy/tydzień.

## 6. Wyposażenie pracowni RTG.

Rentgenowski tomograf komputerowy Activion 16 firmy Toshiba:

- |                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| • Napięcie anodowe (max.)       | 135 kV,    |
| • Prąd anodowy (max.)           | 500 mA,    |
| • Promieniowanie uboczne (max.) | 1.0 mGy/h, |
| • Czas skanu (max.)             | 3.0 sek.,  |
| • Max. czas ciągłego skanowania | 100 sek.,  |
| • Średnica wew. pierścienia     | 72 cm.     |

Maksymalne parametry pracy: 135 kV i 260 mA lub 120 kV i 300 mA.

W pracowni nie będą stosowane klasyczne filmy rentgenowskie. Rejestracja obrazu odbywa się komputerowo. Obrazy można zapisywać na różnych nośnikach, drukować i przysyłać w formie elektronicznej.

## **7. Założenia pracy ze źródłami promieniowania.**

Zakłada się wykonywanie do 100 ekspozycji w ciągu tygodnia. Przyjmując czas skanowania (czas maksymalny w standardowym trybie pracy) wynoszący 17 s oraz preskan wynoszący 1.5 s czas pracy aparatu w ciągu tygodnia wynosi  $t_0 = 100 \text{ eksp.} \times 18.5 \text{ s} = 1850 \text{ sekund} = 30.83 \text{ minuty} = 0.51 \text{ godziny}$ .

Nie przewiduje się przekraczania poniższych parametrów w typowej eksploatacji aparatu: 120 kV, 300 mA, 17 sekund.

## **8. Rozmieszczenie aparatury.**

Rozmieszczenie aparatury pokazano na rysunkach 1, 2 i 3 (załączniki).

## **9. Wentylacja – wymagania.**

W pracowni z tomografem RTG wymagana jest wentylacja zapewniająca przynajmniej 1.5-krotną wymianę powietrza w ciągu godziny. W pracowni jest zastosowana wentylacja mechaniczna spełniająca powyższe wymagania.

## **10. Sygnalizacja i oznaczenia.**

Drzwi wejściowe do pracowni RTG powinny być oznakowane zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. nr 180, poz. 1325), załączniki, załącznik nr 1).

Sygnalizacja świetlna informująca o włączeniu wysokiego napięcia na lampę rentgenowską jest wymagana i powinna być umieszczona przed wejściem do pracowni (nad drzwiami drzC1, drzwiami drzC2 oraz drzwiami drzD).

Pomiędzy gabinetem a sterownia należy zapewnić łączność głosową – poprzez interkom lub inny system łączności.

## **11. Wzory do obliczeń osłon stałych przed promieniowaniem.**

### **11.1. Czas narażenia na promieniowanie.**

Czas (t) narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia należy obliczyć wg wzoru 1 (p.2.3 normy PN-86/J-80001)

$$t = T \cdot U \cdot t_0 \quad (\text{wzór 1}),$$

w którym:

T - współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu,  
U - współczynnik określający prawdopodobieństwo skierowania użytecznej wiązki promieniowania w kierunku obliczonej osłony,  
 $t_0$  - czas pracy aparatu w ciągu tygodnia.

## 11.2. Osłony przed promieniowaniem pierwotnym.

Krotność (k) osłabienia promieniowania przez osłonę należy obliczyć wg wzoru 2 (p.2.5.1.2. normy PN-86/J-80001)

$$k = \frac{\dot{D} \cdot I \cdot t}{D_g \cdot l^2} \cdot y \quad (\text{wzór 2}),$$

w którym:

$\dot{D}$  - moc dawki wg p.2.5.1.1 w odległości 1 m od ogniska lampy przeliczona dla prądu anodowego 1 mA,  $\text{cGy} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$ ,

I - nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej, mA,

t - czas narażenia w ciągu tygodnia osób przebywających w miejscu osłanianym, wyznaczony zgodnie z p.2.3 normy PN-86/J-80001, min, (wzór 1),

$D_g$  - dawka tygodniowa określona zgodnie z p.2.2 normy PN-86/J-80001, cGy,

l - najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy, m,

y - współczynnik zgodny z p.2.4 normy PN-86/J-80001.

Grubości osłon z ołowiu o wymaganej krotności (k) osłabienia promieniowania, obliczonej zgodnie z p.2.5.1.2 normy PN-86/J-80001 (wzór 2), należy wyznaczyć z krzywej dla odpowiedniego nominalnego napięcia aparatu rentgenowskiego podanej na rys. 1 i 2 – p.2.5.1.3 normy PN-86/J-80001.

## 11.3. Współczynnik gęstości materiału.

Jeżeli gęstość stosowanego materiału ochronnego różni się od gęstości materiałów wymienionych w tablicach 4 ÷ 9 normy PN-86/J-80001, wówczas grubość odczytaną z tablicy dla materiałów, takiego samego rodzaju i gęstości zbliżonej do gęstości materiału stosowanego, należy pomnożyć przez współczynnik

$$h = \frac{\rho_0}{\rho} \quad (\text{wzór 3}),$$

w którym:

$\rho_0$  – gęstość materiału podana w tablicy normy PN-86/J-80001,  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ,

$\rho$  – gęstość materiału stosowanego,  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ .

## 11.4. Osłony przed promieniowaniem rozproszonym przez wodę lub tkankę (bez uwzględniania promieniowania ubocznego).

Zredukowaną moc dawki ( $C_1$ ) w  $\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$  należy obliczać wg wzoru 4 (zgodnie z p.2.5.2.1 normy PN-86/J-80001).

$$C_1 = \frac{D \cdot l^2}{t \cdot I} \quad (\text{wzór 4}),$$

w którym:



D – dawka tygodniowa określona zgodnie z p.2.2 normy PN-86/J-80001,  $\mu\text{Gy}$ ,  
 l - najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego promieniowanie od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy, m,  
 t - czas narażenia w ciągu tygodnia osób przebywających w miejscu osłanianym, wyznaczony zgodnie z p.2.3 normy PN-86/J-80001, godz., (wzór 1),  
 I - nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej, mA.

**11.5.** Osłony przed promieniowaniem rozproszonym (bez uwzględniania promieniowania ubocznego).

Zredukowaną moc dawki ( $C_2$ ) w  $\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$  należy obliczać wg wzoru 5 (zgodnie z p.2.5.3.1 normy PN-86/J-80001).

$$C_2 = \frac{D \cdot l^2 \cdot f^2}{t \cdot I \cdot s} \quad (\text{wzór 5}),$$

w którym:

D, t, I – jak w 11.4,

f – odległość przedmiotu rozpraszającego promieniowanie od ogniska lampy rentgenowskiej, m,

s – rzut powierzchni przedmiotu rozpraszającego, na którą pada promieniowanie, na płaszczyznę prostopadłą do kierunku wiązki pierwotnej promieniowania w odległości f,  $\text{m}^2$ .

**11.6.** Osłony przed promieniowaniem rozproszonym i promieniowaniem ubocznym.

Moc dawki  $\dot{D}_u$  promieniowania ubocznego należy przyjąć na podstawie dokumentacji urządzenia lub - jeżeli istnieje możliwość pomiaru - zmierzyć w miejscu, które ma być osłaniane i określić w  $\text{cGy} \cdot \text{h}^{-1}$  (p. 2.5.4.1. normy PN-86/J-80001).

Jeżeli mocy dawki nie można określić wymienionymi metodami, do obliczeń należy przyjąć wartość opierając się na maksymalnych wartościach określonych dla promieniowania ubocznego w obowiązujących przepisach –  $1 \text{ cGy} \cdot \text{h}^{-1}$  w odległości 1 m od ogniska lampy.

Jeżeli  $\dot{D}_u$  w miejscu osłanianym jest mniejsze niż  $20 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ , przy obliczaniu osłony nie należy uwzględniać wpływu promieniowania ubocznego i osłonę należy obliczać wg. 11.4. lub 11.5.

Tygodniową dawkę promieniowania ubocznego ( $D_u$ ) w cGy należy obliczyć wg wzoru

$$D_u = \dot{D}_u \cdot t \quad (\text{wzór 6}),$$

w którym:

$\dot{D}_u$  - moc dawki promieniowania ubocznego wyznaczona zgodnie z 11.6,  $\text{cGy} \cdot \text{h}^{-1}$ ,

t - czas narażenia w ciągu tygodnia osób przebywających w miejscu osłanianym, wyznaczony zgodnie z p.11.1 (wzór 1), h.

Grubość osłony należy obliczyć w następujący sposób:

- jeżeli dawka tygodniowa promieniowania ubocznego, wyznaczona zgodnie z 11.6. za osłoną przed promieniowaniem rozproszonym, obliczona zgodnie z 11.4. lub 11.5., jest mniejsza niż 10% dawki tygodniowej określonej zgodnie z p.2.2. normy PN-86/J-80001 grubość osłony może pozostać bez zmiany;

- jeżeli dawka tygodniowa promieniowania ubocznego, wyznaczona zgodnie z 11.6. za osłoną przed promieniowaniem rozproszonym, obliczona zgodnie z 11.4. lub 11.5., jest większa niż 10% dawki tygodniowej, określonej w p.2.2. normy PN-86/J-80001, grubość osłony należy zwiększyć o warstwę dającą takie osłabienie, aby dawka tygodniowa promieniowania ubocznego za osłoną nie przekraczała 10% dawki. Dawkę promieniowania ubocznego za osłoną należy wyznaczyć, posługując się wykresami podanymi na rys. 1 lub 2 normy. Dla zestawu Toshiba przyjmuję moc dawki promieniowania ubocznego  $1 \text{ mGy} \cdot \text{h}^{-1}$ .

## 12. Obliczenia osłon stałych przed promieniowaniem RTG.

Założenie. Osłona powinna w każdym swym miejscu zmniejszać moc dawki promieniowania co najmniej do przyjętej wartości (Polska Norma PN-86/J-80001. Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych., p.2.1.).

Do obliczeń posłużono się dodatkowo rysunkiem 2 - Osłony przed promieniowaniem RTG – ilustrującym najmniejszą odległość od źródła promieniowania RTG do obiektów znajdujących się za osłoną (ściana).

### 12.1. Ściana A.

Ściana A jest osłoną przed promieniowaniem rozproszonym. Oddziela pracownię od pomieszczenia szatni.

Do obliczeń przyjmuję:

$$D = 8.7 \mu\text{Gy},$$

$$l = 2.0 \text{ m} - \text{najmniejsza odległość},$$

$$T = 0.25 - \text{dla miejsc czasowo wykorzystywanych przez ludzi (np. korytarze, WC, stołówki-palarnie)},$$

$$U = 0.25 - \text{dla ścian nie napromieniowanych wiązką główną przy pracach rutynowych},$$

$$U = 1 - \text{dla osłon chroniących tylko przed promieniowaniem rozproszonym lub ubocznym},$$

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 0.25 \cdot 1 \cdot 0.51 \text{ godziny} = 0.13 \text{ godziny},$$

$$I = 300 \text{ mA},$$

$$k_{\text{ściany}} = 80000 \text{ dla napięcia } 120 \text{ kV (równoważnik ołowiu } 3.19 \text{ mm – patrz p.13.1.)}.$$

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

Zredukowaną moc dawki ( $C_1$ ) w  $\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$  należy obliczać wg wzoru 4 (zgodnie z p.2.5.2.1 normy PN-86/J-80001).

$$C_1 = 0.89 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Z wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony poniżej 2.4 mm Pb dla napięcia 120 kV.

12.1.2. Osłony przed promieniowaniem rozproszonym (bez uwzględniania promieniowania ubocznego).

Obliczenie wartości  $C_2$  nie zostanie wykonane w niniejszym projekcie.

**12.1.3. Osłony przed promieniowaniem rozproszonym i promieniowaniem ubocznym.**

Ponieważ najmniejsza odległość w tym przypadku wynosi 2.0 m, moc dawki promieniowania ubocznego wyniesie:

$$\dot{D}_u = 250 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1},$$

a więc

$$D_u = 32.5 \mu\text{Gy}.$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 3.19 mm Pb osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{ściany}} = 80000$  razy.

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 32.5/80000 \mu\text{Gy} = 0.41 \text{ nGy}.$$

Dawka tygodniowa promieniowania ubocznego, wyznaczona zgodnie z 11.6. za osłoną przed promieniowaniem rozproszonym, obliczona zgodnie z 11.4. lub 11.5., jest mniejsza niż 10% dawki tygodniowej określonej zgodnie z p.2.2. normy PN-86/J-80001 grubość osłony może pozostać bez zmiany.

**12.2. Ściana B.**

Ściana B jest osłoną przed promieniowaniem rozproszonym. Oddziela pracownię od terenu zewnętrznego i pomieszczenia ciemni.

Do obliczeń przyjmuję:

$$D = 8.7 \mu\text{Gy},$$

$$l = 4.1 \text{ m} - \text{najmniejsza odległość (teren zewnętrzny)},$$

$$l = 4.4 \text{ m} - \text{najmniejsza odległość (pomieszczenie ciemni)},$$

$$T = 0.05 - \text{dla miejsc krótkiego czasu przebywania (np. ulice, place, klatki schodowe – teren zewnętrzny)},$$

$$T = 0.25 - \text{dla miejsc czasowo wykorzystywanych przez ludzi (np. korytarze, WC, stołówki-palarnie – pomieszczenie ciemni)},$$

$$U = 0.25 - \text{dla ścian nie napromieniowanych wiązką główną przy pracach rutynowych},$$

$$U = 1 - \text{dla osłon chroniących tylko przed promieniowaniem rozproszonym lub ubocznym},$$

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 0.05 \cdot 1 \cdot 0.51 \text{ godziny} = 0.026 \text{ godziny} - \text{teren zewnętrzny},$$

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 0.25 \cdot 1 \cdot 0.51 \text{ godziny} = 0.13 \text{ godziny} - \text{pomieszczenie ciemni},$$

$$I = 300 \text{ mA},$$

$$k_{\text{ściany}} = 5000 \text{ i } 1000000 \text{ dla napięcia } 120 \text{ kV (równoważnik ołowiu } 2 \text{ mm i } 4.52 \text{ mm – patrz p.13.2.)}.$$

**12.2.1. Osłony przed promieniowaniem rozproszonym przez wodę lub tkankę (bez uwzględniania promieniowania ubocznego).**

Zredukowaną moc dawki ( $C_1$ ) w  $\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$  należy obliczać wg wzoru 4 (zgodnie z p.2.5.2.1 normy PN-86/J-80001).

$$C_1 = 18.7 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad \text{teren zewnętrzny},$$

$$C_1 = 4.3 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad \text{ciemnia},$$



Z wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony poniżej 0.8 mm Pb (teren zewnętrzny) i poniżej 1.5 mm Pb (ciemnia) dla napięcia 120 kV.

### 12.2.2. Osłony przed promieniowaniem rozproszonym i promieniowaniem ubocznym.

Ponieważ najmniejsze odległości w tym przypadku wynoszą odpowiednio dla terenu zewnętrznego i ciemni 4.1 m i 4.4 m, moce dawek promieniowania ubocznego wynoszą:

$$\dot{D}_u = 59.5 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \quad \text{teren zewnętrzny,}$$

$$\dot{D}_u = 51.7 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \quad \text{ciemnia,}$$

a więc

$$D_u = 1.5 \mu\text{Gy} \quad \text{teren zewnętrzny,}$$

$$D_u = 6.7 \mu\text{Gy} \quad \text{ciemnia.}$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 2 mm Pb osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{ściany}} = 5000$  razy oraz osłona ołowiana o grubości 4.52 mm Pb osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{ściany}} = 1000000$  razy.

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 1.5/5000 \mu\text{Gy} = 0.3 \text{ nGy} \quad \text{teren zewnętrzny,}$$

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 6.7/1000000 \mu\text{Gy} = 6.7 \text{ pGy} \quad \text{ciemnia.}$$

Dawka tygodniowa promieniowania ubocznego, wyznaczona zgodnie z 11.6. za osłoną przed promieniowaniem rozproszonym, obliczona zgodnie z 11.4. lub 11.5., jest mniejsza niż 10% dawki tygodniowej określonej zgodnie z p.2.2. normy PN-86/J-80001 grubość osłony może pozostać bez zmiany.

### 12.3. Ściana C.

Ściana C jest osłoną przed promieniowaniem rozproszonym. Oddziela pracownię od sterowni oraz pomieszczenia przygotowania pacjenta (ppp).

Do obliczeń przyjmuję:

$$D = 52.2 \mu\text{Gy} - \text{sterownia,}$$

$$D = 8.7 \mu\text{Gy} - \text{pomieszczenie przygotowania pacjenta,}$$

$$l = 4.0 \text{ m} - \text{najmniejsza odległość (sterownia),}$$

$$l = 4.0 \text{ m} - \text{najmniejsza odległość (ppp),}$$

$$T = 1 - \text{dla miejsc stałego przebywania ludzi (miejsca ciągłej pracy, pomieszczenia mieszkalne, miejsca przeznaczone do zabaw dzieci - sterownia),}$$

$$T = 0.25 - \text{dla miejsc czasowo wykorzystywanych przez ludzi (np. korytarze, WC, stołówki-palarnie - ppp),}$$

$$U = 0.25 - \text{dla ścian nie napromieniowanych wiązką główną przy pracach rutynowych,}$$

$$U = 1 - \text{dla osłon chroniących tylko przed promieniowaniem rozproszonym lub ubocznym,}$$

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 1 \cdot 1 \cdot 0.51 \text{ godziny} = 0.51 \text{ godziny} - \text{sterownia,}$$

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 0.25 \cdot 1 \cdot 0.51 \text{ godziny} = 0.13 \text{ godziny} - \text{ppp,}$$

$$I = 300 \text{ mA,}$$

$$k_{\text{ściany}} = 10000 \text{ dla napięcia 120 kV (równoważnik ołowiu 2.5 mm - patrz p.13.3.).}$$

**12.3.1.** Osłony przed promieniowaniem rozproszonym przez wodę lub tkankę (bez uwzględniania promieniowania ubocznego).

Zredukowaną moc dawki ( $C_1$ ) w  $\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$  należy obliczać wg wzoru 4 (zgodnie z p.2.5.2.1 normy PN-86/J-80001).

$$\begin{aligned} C_1 &= 5.46 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} && \text{sterownia} \\ C_1 &= 3.57 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} && \text{ppp} \end{aligned}$$

Z wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony poniżej 1.3 mm Pb (sterownia) i poniżej 1.5 mm Pb (ppp) dla napięcia 120 kV.

**12.3.2.** Osłony przed promieniowaniem rozproszonym i promieniowaniem ubocznym.

Ponieważ najmniejsze odległości w tym przypadku wynoszą dla sterowni i pomieszczenia przygotowania pacjenta 4.0 m, moc dawki promieniowania ubocznego wyniesie:

$$\dot{D}_u = 62.5 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1},$$

a więc

$$\begin{aligned} D_u &= 31.9 \mu\text{Gy} && \text{sterownia,} \\ D_u &= 8.1 \mu\text{Gy} && \text{ppp.} \end{aligned}$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 2.5 mm Pb osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{ściany}} = 10000$  razy.

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$\begin{aligned} D_u/k_{\text{ściany}} &= 31.9/10000 \mu\text{Gy} = 3.19 \text{ nGy} && \text{sterownia,} \\ D_u/k_{\text{ściany}} &= 8.1/10000 \mu\text{Gy} = 0.81 \text{ nGy} && \text{ppp.} \end{aligned}$$

Dawka tygodniowa promieniowania ubocznego, wyznaczona zgodnie z 11.6. za osłoną przed promieniowaniem rozproszonym, obliczona zgodnie z 11.4. lub 11.5., jest mniejsza niż 10% dawki tygodniowej określonej zgodnie z p.2.2. normy PN-86/J-80001 grubość osłony może pozostać bez zmiany.

## 12.4. Ściana D.

Ściana D jest osłoną przed promieniowaniem rozproszonym. Oddziela pracownię od korytarza.

Do obliczeń przyjmuję:

$$D = 8.7 \mu\text{Gy},$$

$$l = 2.4 \text{ m} - \text{najmniejsza odległość},$$

$$T = 0.25 - \text{dla miejsc czasowo wykorzystywanych przez ludzi (np. korytarze, WC, stołówki-palarnie)},$$

$$U = 0.25 - \text{dla ścian nie napromieniowanych wiązką główną przy pracach rutynowych},$$

$$U = 1 - \text{dla osłon chroniących tylko przed promieniowaniem rozproszonym lub ubocznym},$$

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 0.25 \cdot 1 \cdot 0.51 \text{ godziny} = 0.13 \text{ godziny},$$

$$I = 300 \text{ mA},$$

$$k_{\text{ściany}} = 30000 \text{ dla napięcia } 120 \text{ kV (równoważnik ołowiu } 2.86 \text{ mm} - \text{ patrz p.13.4.)}.$$

**12.4.1.** Osłony przed promieniowaniem rozproszonym przez wodę lub tkankę (bez uwzględniania promieniowania ubocznego).

Zredukowaną moc dawki ( $C_1$ ) w  $\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$  należy obliczać wg wzoru 4.

$$C_1 = 1.28 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Z wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony poniżej 2.2 mm Pb dla napięcia 120 kV.

**12.4.2.** Osłony przed promieniowaniem rozproszonym i promieniowaniem ubocznym.

Ponieważ odległość w tym przypadku wynosi 2.4 m, moc dawki promieniowania ubocznego wyniesie:

$$\dot{D}_u = 173.6 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1},$$

a więc

$$D_u = 22.6 \mu\text{Gy}.$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 2.86 mm Pb osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{ściany}} = 30000$  razy.

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 22.6/30000 \mu\text{Gy} = 0.75 \text{ nGy}.$$

Dawka tygodniowa promieniowania ubocznego, wyznaczona zgodnie z 11.6. za osłoną przed promieniowaniem rozproszonym, obliczona zgodnie z 11.4. lub 11.5., jest mniejsza niż 10% dawki tygodniowej określonej zgodnie z p.2.2. normy PN-86/J-80001 grubość osłony może pozostać bez zmiany.

## 12.5. Podłoga.

Podłoga jest osłoną przed promieniowaniem rozproszonym. Oddziela pracownię od pomieszczeń socjalnych.

Do obliczeń przyjmuję:

$$D = 8.7 \mu\text{Gy},$$

$$l = 2.2 \text{ m} - \text{minimalna odległość},$$

$$T = 0.25 - \text{dla miejsc czasowo wykorzystywanych przez ludzi (np. korytarze, WC, stołówki-palarnie)},$$

$$U = 0.25 - \text{dla ścian nie napromieniowanych wiązką główną przy pracach rutynowych},$$

$$U = 1 - \text{dla osłon chroniących tylko przed promieniowaniem rozproszonym lub ubocznym},$$

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 0.25 \cdot 1 \cdot 0.51 \text{ godziny} = 0.13 \text{ godziny},$$

$$I = 300 \text{ mA},$$

$$k_{\text{stropu}} = 100000 \text{ dla napięcia } 120 \text{ kV (równoważnik ołowiu } 3.39 \text{ mm – patrz p.13.5)}.$$

**12.5.1.** Osłony przed promieniowaniem rozproszonym przez wodę lub tkankę (bez uwzględniania promieniowania ubocznego).

Zredukowaną moc dawki ( $C_1$ ) w  $\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$  należy obliczać wg wzoru 4.



$$C_1 = 1.08 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Z wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony poniżej 2.1 mm Pb dla napięcia 120 kV.

### 12.5.2. Osłony przed promieniowaniem rozproszonym i promieniowaniem ubocznym.

Ponieważ odległość w tym przypadku wynosi 2.2 m, moc dawki promieniowania ubocznego wyniesie:

$$\dot{D}_u = 206.6 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1},$$

a więc

$$D_u = 26.9 \mu\text{Gy}.$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 3.39 mm Pb osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{stropu}} = 100000$  razy.

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$D_u/k_{\text{stropu}} = 26.9/100000 \mu\text{Gy} = 0.27 \text{ nGy}.$$

Dawka tygodniowa promieniowania ubocznego, wyznaczona zgodnie z 11.6. za osłoną przed promieniowaniem rozproszonym, obliczona zgodnie z 11.4. lub 11.5., jest mniejsza niż 10% dawki tygodniowej określonej zgodnie z p.2.2. normy PN-86/J-80001 grubość osłony może pozostać bez zmiany.

### 12.6. Sufit.

Sufit jest osłoną przed promieniowaniem rozproszonym. Oddziela pracownię od pomieszczeń stołówki oddziału dziecięcego.

Do obliczeń przyjmuję:

$$D = 8.7 \mu\text{Gy},$$

$$l = 2.0 \text{ m} - \text{minimalna odległość},$$

$$T = 0.25 - \text{dla miejsc czasowo wykorzystywanych przez ludzi (np. korytarze, WC, stołówki-palarnie)},$$

$$U = 0.25 - \text{dla ścian nie napromieniowanych wiązką główną przy pracach rutynowych},$$

$$U = 1 - \text{dla osłon chroniących tylko przed promieniowaniem rozproszonym lub ubocznym},$$

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 0.25 \cdot 1 \cdot 0.51 \text{ godziny} = 0.13 \text{ godziny},$$

$$I = 300 \text{ mA},$$

$$k_{\text{stropu}} = 100000 \text{ dla napięcia } 120 \text{ kV (równoważnik ołowiu } 3.39 \text{ mm - patrz p.13.6)}.$$

**12.6.1.** Osłony przed promieniowaniem rozproszonym przez wodę lub tkankę (bez uwzględniania promieniowania ubocznego).

Zredukowaną moc dawki ( $C_1$ ) w  $\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$  należy obliczać wg wzoru 4.

$$C_1 = 0.89 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Z ekstrapolacji wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony poniżej 2.3 mm Pb dla napięcia 120 kV.

### 12.6.2. Osłony przed promieniowaniem rozproszonym i promieniowaniem ubocznym.

Ponieważ odległość w tym przypadku wynosi 2.0 m, moc dawki promieniowania ubocznego wyniesie:

$$\dot{D}_u = 250 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1},$$

a więc

$$D_u = 32.5 \mu\text{Gy}.$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 3.39 mm Pb osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{stropu}} = 100000$  razy.

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$D_u/k_{\text{stropu}} = 32.5/100000 \mu\text{Gy} = 0.32 \text{ nGy}.$$

Dawka tygodniowa promieniowania ubocznego, wyznaczona zgodnie z 11.6. za osłoną przed promieniowaniem rozproszonym, obliczona zgodnie z 11.4. lub 11.5., jest mniejsza niż 10% dawki tygodniowej określonej zgodnie z p.2.2. normy PN-86/J-80001 grubość osłony może pozostać bez zmiany.

## 13. Zestawienie osłon stałych.

### 13.1. Ściana A.

Z obliczeń wynika grubość osłony poniżej 2.4 mm Pb dla napięcia 120 kV.

Z tablicy 7 normy PN-86/J-80001 wynika, że beton o grubości 160 mm i gęstości  $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważny 2.0 mm Pb dla napięcia 150 kV oraz, że beton o grubości 127 mm i gęstości  $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważny 2.0 mm Pb dla napięcia 100 kV. Z interpolacji otrzymuję, że beton o grubości 140 mm i gęstości  $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważny 2.0 mm Pb dla napięcia 120 kV. Grubość osłony A wynosi 140 mm. Istniejąca osłona jest zatem równoważna 2.0 mm Pb dla napięcia 120 kV.

Z tablicy 6 normy PN-86/J-80001 wynika, że materiał o gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 7 mm jest równoważny 0.5 mm Pb dla napięcia 150 kV oraz, że materiał o gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 5 mm jest równoważny 0.5 mm Pb dla napięcia 100 kV. Z interpolacji otrzymuję, że materiał o gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 5.8 mm jest równoważny 0.5 mm Pb dla napięcia 120 kV. Ściana A wykonana jest z materiału o gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 8 mm. Istniejąca osłona jest zatem równoważna 0.69 mm Pb dla napięcia 120 kV.

Błacha ołowiana o grubości 0.5 mm Pb nie wymaga obliczeń.

Całkowita osłonność ściany A wynosi 3.19 mm Pb dla napięcia 120 kV – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany 3.19 mm Pb.

### 13.2. Ściana B.

Z obliczeń wynika grubość osłony poniżej 1.5 mm Pb dla napięcia 120 kV dla pomieszczenia ciemni oraz poniżej 0.8 mm Pb dla napięcia 120 kV dla terenu zewnętrznego.

Z tablicy 9 normy PN-86/J-80001 wynika, że cegła o grubości 340 mm i gęstości  $1.6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważna 3.0 mm Pb dla napięcia 150 kV. Grubość osłony B wynosi 370 mm. Istniejąca osłona jest zatem równoważna 3.26 mm Pb dla napięcia 150 kV i tyle samo dla napięcia 120 kV.

Z tablicy 6 normy PN-86/J-80001 wynika, że materiał o gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 17 mm jest równoważny 1.0 mm Pb dla napięcia 150 kV oraz, że materiał o gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 8.5 mm jest równoważny 1.0 mm Pb dla napięcia 100 kV. Z interpolacji otrzymuję, że materiał o gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 11.9 mm jest



równoważny 1.0 mm Pb dla napięcia 120 kV. Ściana B wykonana jest z materiału o gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubość 15 mm. Istniejąca osłona jest zatem równoważna 1.26 mm Pb dla napięcia 120 kV.

Blacha ołowiana o grubości 2.0 mm Pb nie wymaga obliczeń.

Całkowita osłonność ściany B wynosi 4.52 mm Pb dla napięcia 120 kV – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

W ścianie tej znajduje się okno (okno B) za osłoną z blachy ołowianej o grubości 2 mm Pb.

Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany 2.0 mm Pb.

### 13.3. Ściana C.

Z obliczeń wynika grubość osłony poniżej 1.3 mm Pb dla napięcia 120 kV dla sterowni oraz poniżej 1.5 mm Pb dla napięcia 120 kV dla pomieszczenia przygotowania pacjenta.

Z tablicy 9 normy PN-86/J-80001 wynika, że cegła o grubości 130 mm i gęstości  $1.6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważna 1.0 mm Pb dla napięcia 150 kV oraz, że cegła o grubości 120 mm i gęstości  $1.6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważna 1.0 mm Pb dla napięcia 100 kV. Grubość osłony C wynosi 120 mm. Istniejąca osłona jest zatem równoważna 1.0 mm Pb dla napięcia 120 kV.

Z tablicy 6 normy PN-86/J-80001 wynika, że materiał o gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 38 mm jest równoważny 2.0 mm Pb dla napięcia 150 kV oraz, że materiał o gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 17 mm jest równoważny 2.0 mm Pb dla napięcia 100 kV. Z interpolacji otrzymuję, że materiał o gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 25.4 mm jest równoważny 2.0 mm Pb dla napięcia 120 kV. Ściana C wykonana jest z materiału o gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubość 22 mm. Istniejąca osłona jest zatem równoważna 1.73 mm Pb dla napięcia 120 kV.

Blacha ołowiana o grubości 2.5 mm Pb nie wymaga obliczeń.

Okno Pb o równoważniku ołowiu 2.5 mm Pb dla napięcia 135 kV nie wymaga obliczeń.

Całkowita osłonność ściany C wynosi 2.73 mm Pb dla napięcia 120 kV – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Okno Pb posiada równoważnik ołowiu 2.5 mm Pb dla napięcia 135 kV – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Drzwi (drzC1 i drzC2) posiadają ochronność 2.5 mm Pb – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany 2.5 mm Pb.

### 13.4. Ściana D.

Z obliczeń wynika grubość osłony poniżej 2.2 mm Pb dla napięcia 120 kV.

Z tablicy 9 normy PN-86/J-80001 wynika, że cegła o grubości 130 mm i gęstości  $1.6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważna 1.0 mm Pb dla napięcia 150 kV oraz, że cegła o grubości 120 mm i gęstości  $1.6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważna 1.0 mm Pb dla napięcia 100 kV. Grubość osłony D wynosi 60 mm. Istniejąca osłona jest zatem równoważna 0.5 mm Pb dla napięcia 120 kV.

Z tablicy 6 normy PN-86/J-80001 wynika, że materiał o gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 17 mm jest równoważny 1.0 mm Pb dla napięcia 150 kV oraz, że materiał o gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 8.5 mm jest równoważny 1.0 mm Pb dla napięcia 100 kV. Z interpolacji otrzymuję, że materiał o gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 11.9 mm jest równoważny 1.0 mm Pb dla napięcia 120 kV. Ściana D wykonana jest z materiału o gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubość 13 mm. Istniejąca osłona jest zatem równoważna 1.1 mm Pb dla napięcia 120 kV.

Blacha ołowiana o grubości 1.5 mm Pb nie wymaga obliczeń.

Blacha ołowiana o grubości 3.0 mm Pb nie wymaga obliczeń.

Całkowita osłonność ściany D wynosi 3.1 mm Pb dla napięcia 120 kV – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Drzwi (drzD) posiadają ochronność 3 mm Pb – nie jest wymagana dodatkowa osłona.



Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany 3.0 mm Pb.

### 13.5. Podłoga.

Z obliczeń wynika grubość osłony poniżej 2.1 mm Pb dla napięcia 120 kV.

Z tablicy 7 normy PN-86/J-80001 wynika, że beton o grubości 160 mm i gęstości  $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważny 2.0 mm Pb dla napięcia 150 kV oraz, że beton o grubości 127 mm i gęstości  $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważny 2.0 mm Pb dla napięcia 100 kV. Z interpolacji otrzymuję, że beton o grubości 140 mm i gęstości  $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważny 2.0 mm Pb dla napięcia 120 kV. Grubość stropu wynosi 100 mm. Istniejąca osłona jest zatem równoważna 1.42 mm Pb dla napięcia 120 kV.

Z tablicy 6 normy PN-86/J-80001 wynika, że materiał o gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 17 mm jest równoważny 1.0 mm Pb dla napięcia 150 kV oraz, że materiał o gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 8.5 mm jest równoważny 1.0 mm Pb dla napięcia 100 kV. Z interpolacji otrzymuję, że materiał o gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 11.9 mm jest równoważny 1.0 mm Pb dla napięcia 120 kV. Strop wykonany jest z materiału o grubość 10 mm. Istniejąca osłona jest zatem równoważna 0.84 mm Pb dla napięcia 120 kV.

Z tablicy 5 normy PN-86/J-80001 wynika, że materiał o gęstości  $3.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 10 mm jest równoważny 1.0 mm Pb dla napięcia 150 kV oraz, że materiał o gęstości  $3.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 8 mm jest równoważny 1.0 mm Pb dla napięcia 100 kV. Z interpolacji otrzymuję, że materiał o gęstości  $3.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 8.8 mm jest równoważny 1.0 mm Pb dla napięcia 120 kV. Strop wykonany jest z materiału o grubość 10 mm. Istniejąca osłona jest zatem równoważna 1.13 mm Pb dla napięcia 120 kV.

Całkowita osłonność stropu wynosi 3.39 mm Pb dla napięcia 120 kV – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Do obliczeń przyjmuję osłonność stropu 3.39 mm Pb.

### 13.6. Sufit.

Z obliczeń wynika grubość osłony poniżej 2.3 mm Pb dla napięcia 120 kV.

Z tablicy 7 normy PN-86/J-80001 wynika, że beton o grubości 160 mm i gęstości  $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważny 2.0 mm Pb dla napięcia 150 kV oraz, że beton o grubości 127 mm i gęstości  $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważny 2.0 mm Pb dla napięcia 100 kV. Z interpolacji otrzymuję, że beton o grubości 140 mm i gęstości  $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważny 2.0 mm Pb dla napięcia 120 kV. Grubość stropu wynosi 100 mm. Istniejąca osłona jest zatem równoważna 1.42 mm Pb dla napięcia 120 kV.

Z tablicy 6 normy PN-86/J-80001 wynika, że materiał o gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 38 mm jest równoważny 2.0 mm Pb dla napięcia 150 kV oraz, że materiał o gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 17 mm jest równoważny 2.0 mm Pb dla napięcia 100 kV. Z interpolacji otrzymuję, że materiał o gęstości  $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 25.4 mm jest równoważny 2.0 mm Pb dla napięcia 120 kV. Strop wykonany jest z materiału o grubość 25 mm. Istniejąca osłona jest zatem równoważna 1.97 mm Pb dla napięcia 120 kV.

Całkowita osłonność stropu wynosi 3.39 mm Pb dla napięcia 120 kV – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Do obliczeń przyjmuję osłonność stropu 3.39 mm Pb.

## 14. Technologia wykonania osłon.

Istniejące osłony stałe są wystarczające.

## 15. Wyposażenie pracowni.

W pracowni rentgenowskiej znajdują się w oryginale lub uwierzytelnionych odpisach:

- 1) zezwolenie na uruchomienie i stosowanie aparatów rentgenowskich znajdujących się w pracowni i uruchomienie pracowni;
- 2) projekt pracowni lub gabinetu (rzuty pomieszczeń) wraz z projektem i opisem osłon stałych oraz wentylacji, zatwierdzonym przed uruchomieniem aparatu rentgenowskiego przez właściwego państwowego wojewódzkiego inspektora sanitarnego przy uzgadnianiu dokumentacji projektowej;
- 3) dokumentacja techniczna dotycząca budowy, działania i obsługi aparatu rentgenowskiego, w tym także urządzeń sygnalizacyjnych i blokujących;
- 4) instrukcje obsługi i świadectwa wzorcowania aparatury dozymetrycznej, jeżeli znajdują się w wyposażeniu pracowni;
- 5) protokoły pomiarów dozymetrycznych;
- 6) protokoły pokontrolne;
- 7) dokumenty programu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, o którym mowa w § 21 Dz.U.06.180.1325, oraz instrukcja ochrony radiologicznej, określona w załączniku nr 3 do powyższego rozporządzenia, opracowana zgodnie z wytycznymi określonymi w załączniku nr 2 do rozporządzenia;
- 8) zapisy dotyczące wewnętrznych testów kontroli parametrów technicznych aparatów rentgenowskich oraz dokumenty spełniania testów akceptacyjnych urządzeń nowo instalowanych;
- 9) ewidencja:
  - a) osób zatrudnionych w pracowni rentgenowskiej w podziale na odpowiednie kategorie narażenia,
  - b) dawek otrzymywanych przez pracowników,
  - c) orzeczeń lekarskich stwierdzających brak przeciwwskazań do pracy pracowników na określonym stanowisku;
- 10) program szkolenia i dokumenty potwierdzające jego realizację.

W pracowni dostępny jest także zbiór przepisów prawnych dotyczących ochrony radiologicznej i zasad stosowania źródeł promieniowania jonizującego w medycynie;

Na wyposażeniu pracowni znajdują się osłony indywidualne pacjenta i personelu przewidziane (zalecane) przez producenta aparatu lub zakładowego inspektora ochrony radiologicznej.

**INSPEKTOR**  
OCHRONY RADIOLOGICZNEJ  
typu: IOR-0, IOR-1, IOR-3  
zaświadczenie nr 2564/2010

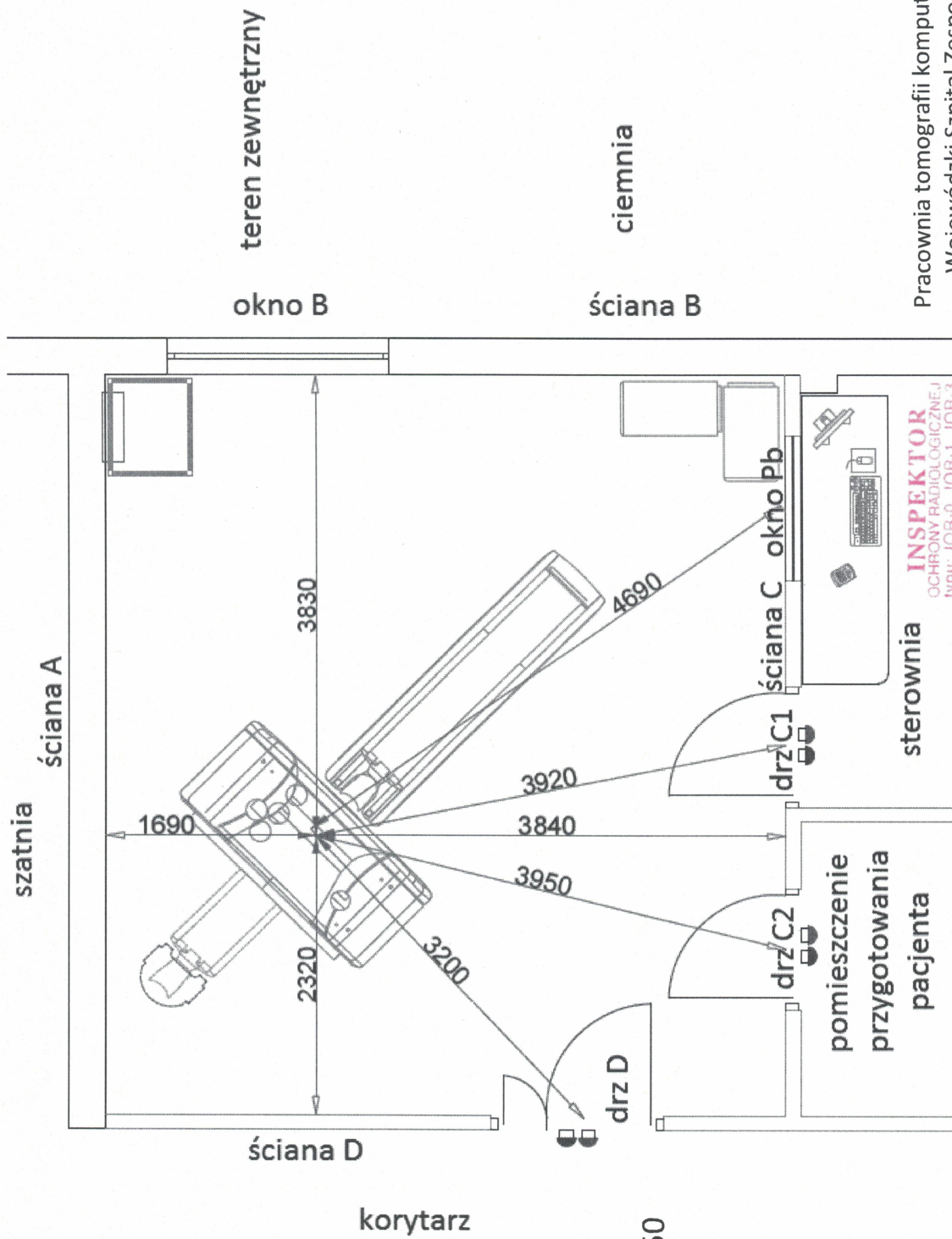
*mgr Robert Chrenowicz*



### Zestawienie osłon stałych

I.p.	Opis istniejących osłon	Równoważnik ołowiu dla danej osłony	Minimalna grubość osłony	Uwagi
1.	Ściana A – ściana wykonana z betonowych płyt kanałowych, tynku barytowego i blachy ołowianej. Do obliczeń przyjmuję materiał (beton) o efektywnej grubości 14 cm i gęstości $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , materiał (tynk barytowy) o grubości 0.8 cm i gęstości $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ oraz 0.5 mm Pb.	3.19 mm Pb dla napięcia 120 kV	2.4 mm Pb	Osłona jest wystarczająca
2.	Ściana B – ściana wykonana z cegły pełnej o grubości 37 cm oraz tynku barytowego. Do obliczeń przyjmuję materiał (cegła) o grubości 37 cm i gęstości $1.6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ oraz materiał (tynk barytowy) o grubości 1.5 cm i gęstości $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . Okno (okno B) jest dosłonięte blachą Pb o grubości 2 mm.	4.52 mm Pb dla napięcia 120 kV okno 2 mm Pb	0.8 mm Pb teren zew., 1.5 mm Pb ciemnia	Osłona jest wystarczająca Osłonność okna jest wystarczająca
3.	Ściana C – ściana wykonana z cegły pełnej o grubości 12 cm oraz tynku barytowego. Do obliczeń przyjmuję materiał (cegła) o grubości 12 cm i gęstości $1.6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ oraz materiał (tynk barytowy) o grubości 2.2 cm i gęstości $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzC1 i drzC2) z wkładką z blachy ołowianej o grubości 2.5 mm Pb oraz szyba ochronna (okno Pb) o równoważniku ołowiu 2.5 mm Pb dla napięcia 135 kV.	2.73 mm Pb dla napięcia 120 kV drzwi 2.5 mm Pb szyba 2.5 mm Pb	1.3 mm Pb sterownia, 1.5 mm Pb pom. przyg. pacjenta	Osłona jest wystarczająca Osłonność drzwi jest wystarczająca Osłonność szyby jest wystarczająca
4.	Ściana D – ściana wykonana z cegły dziurawki, tynku barytowego oraz blachy ołowianej. Do obliczeń przyjmuję materiał (cegła) o efektywnej grubości 6 cm i gęstości $1.6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , materiał (tynk barytowy) o grubości 1.3 cm i gęstości $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ oraz 1.5 mm Pb. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzD) z wkładką z blachy ołowianej o grubości 3 mm Pb.	2.86 mm Pb dla napięcia 120 kV drzwi 3 mm Pb	2.2 mm Pb	Osłona jest wystarczająca Osłonność drzwi jest wystarczająca
5.	Podłoga – strop z płyt kanałowych. Do obliczeń przyjmuję materiał (beton) o efektywnej grubości 10 cm i gęstości $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ i materiał (tynk barytowy) o grubości 1.0 cm i gęstości $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ oraz materiał (tynk barytowy) o grubości 1.0 cm i gęstości $3.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ .	3.39 mm Pb dla napięcia 120 kV	2.1 mm Pb	Osłona jest wystarczająca
6.	Sufit – strop z płyt kanałowych. Do obliczeń przyjmuję materiał (beton) o efektywnej grubości 10 cm i gęstości $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ oraz materiał (tynk barytowy) o grubości 2.5 cm i gęstości $2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ .	3.39 mm Pb dla napięcia 120 kV	2.3 mm Pb	Osłona jest wystarczająca





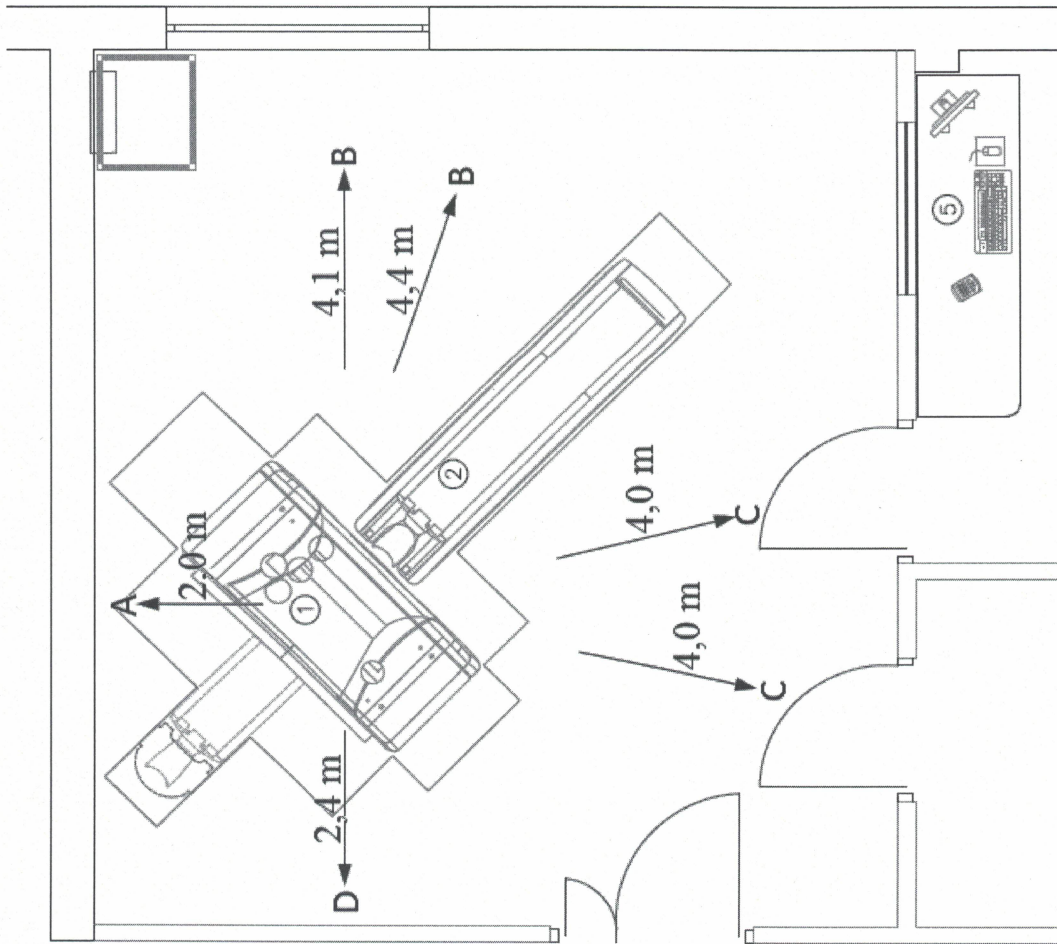
**INSPEKTOR**  
OCHRONY RADIOLOGICZNEJ  
typu: IOR-0, IOR-1, IOR-3  
zaświadczenie nr 2564/2010

*mgr Robert Chrenowicz*

Pracownia tomografii komputerowej  
Wojewódzki Szpital Zespólny  
ul. Grunwaldzka 45  
25-736 Kielce

Plan pracowni RTG - opis ścian

rys. 1



Skala 1:50

**UZGODNIOMO: BEZ ZASTRZEŻEŃ**

na podstawie Ustawy z dnia 14.03.1985r.

o Państwowej Inspekcji Sanitarnej

(tekst jednolity Dz.U. z 2011 r. nr 212, poz. 1263)

Opinia sanitarna z dnia: *13.12.2011*

**nr SEV 902.9 45.8.01**

SWIETOKRZYŻSKA  
PAŃSTWOWY WOJEWÓDZKI  
INSPEKTOR SANITARNY

Elżbieta Socha-Stolarska

Świętokrzyski

Państwowy Wojewódzki

Inspektor Sanitarny

25-734 Kielce, ul. Jagiellońska 68

tel. (41) 345 09 44, fax (41) 345 18 73

**INSPEKTOR**  
OCHRONY RADIOLOGICZNEJ  
typu: IOR-0, IOR-1, IOR-3  
zaświadczenie nr 2564/2010

*mgr Robert Chrenowicz*

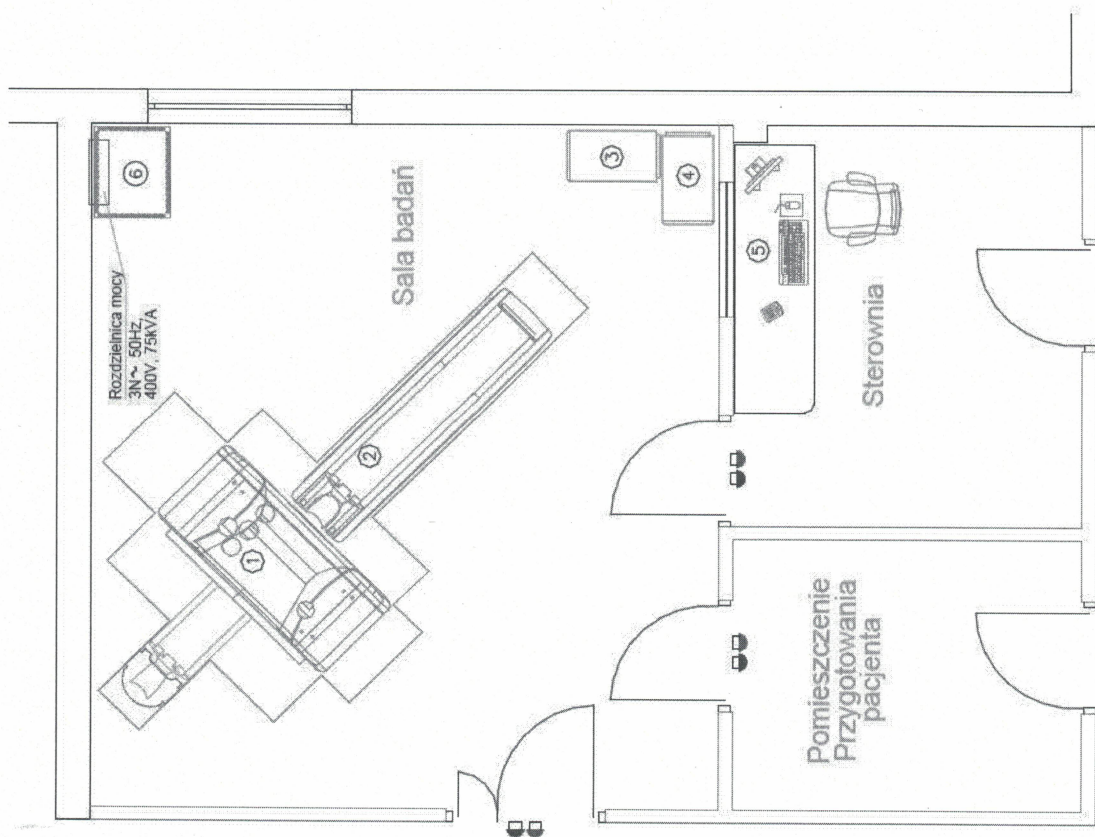
Pracownia tomografii komputerowej

Wojewódzki Szpital Zespolony

ul. Grunwaldzka 45

25-736 Kielce

Oślony przed promieniowaniem



- Wollta przesłatek wokół tomografu wymagana podczas pracy/serwisowania
- ◻ Lampa ostrzegawcza "PROMIENIOWANIE RENTGENOWSKIE"
- ◻ Lampa ostrzegawcza "SYSTEM WŁĄCZONY"

**INSPEKTOR**  
OCHRONY RADIOLOGICZNEJ  
typu: IOR-0, IOR-1, IOR-3  
zaświadczenie nr 2554/2010

*mgr Robert Chrenowicz*

Pracownia tomografii komputerowej  
Wojewódzki Szpital Zespolony  
ul. Grunwaldzka 45  
25-736 Kielce

Plan ogólny

rys. 3