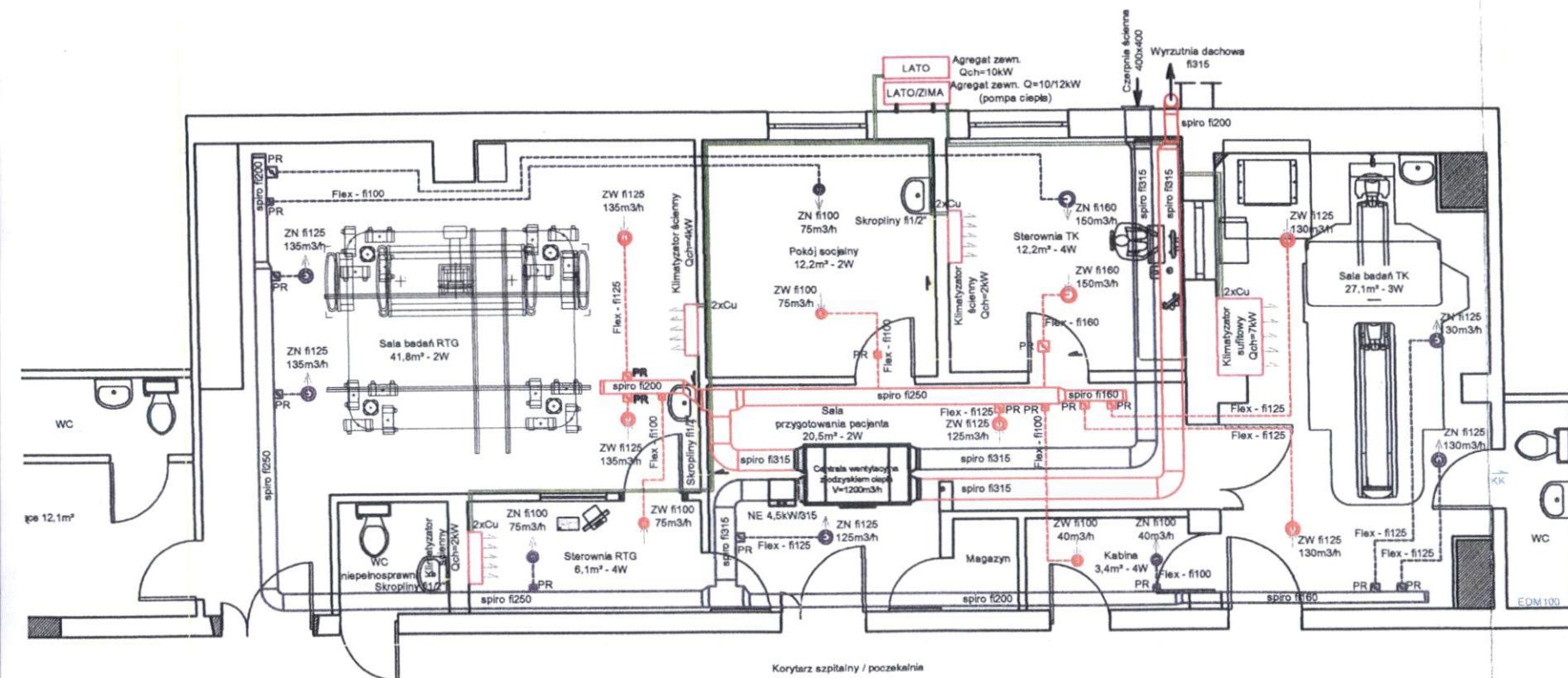




# RZUT POZIOMY WENTYLACJI MECHANICZNEJ I KLIMATYZACJI

załącznik nr 2 – schemat istniejącej instalacji wentylacji mechanicznej,



## UWAGA:

Przewody wentylacyjne SPIRO wykonać z blachy ocynkowanej jako niskociśnieniowe w klasie szczelności "A".  
Połączenia nawiewników i wywiewników wykonać za pomocą przewodów elastycznych typu FLEX z izolacją przeciwdźwiękową.  
Regulacja wentylacji przy pomocy przepustnic regulacyjnych i ręcznych zaworów nawiewnych i wywiewnych.

## OPIS:

- Przewody wentylacyjne SPIRO nawiewne
- Przewody wentylacyjne SPIRO wywiewne
- Przewody wentylacyjne typu FLEX nawiew
- Przewody wentylacyjne typu FLEX wywiew
- PR - Przepustnica regulacyjna
- ZN - Zawór nawiewny
- ZW - Zawór wywiewny
- Skropliny

OBIEKT:

PRACOWNIA RTG I PRACOWNIA TOMOGRAFII KOMPUTEROWEJ  
BRODNICA 87-300, ul. WIEJSKA 9

TEMAT:

RZUT POZIOMY WENTYLACJI MECHANICZNEJ I KLIMATYZACJI

PROJEKTANT:

mgr inż. J. Krawiec

NR UPR.

2498/Lb/74

PODPIS:

Białystok, dn. 23.10.2014 r.

# Projekt ochrony radiologicznej

Pracownia RTG i pracownia tomografii komputerowej  
Zespół Opieki Zdrowotnej  
ul. Wiejska 9  
87-300 Brodnica

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



## Spis treści

1. Wstęp .....	str. 3
2. Opis usytuowania pracowni RTG .....	str. 3
3. Włazki promieniowania jonizującego .....	str. 4
4. Opis istniejących osłon .....	str. 4
5. Dawki graniczne .....	str. 5
6. Wyposażenie pracowni RTG .....	str. 6
7. Założenia pracy ze źródłami promieniowania .....	str. 7
8. Rozmieszczenie aparatury .....	str. 7
9. Wentylacja – wymagania .....	str. 7
10. Sygnalizacja i oznaczenia .....	str. 7
11. Wzory do obliczeń osłon stałych przed promieniowaniem .....	str. 8
11.1. Czas narażenia na promieniowanie .....	str. 8
11.2. Osłony przed promieniowaniem pierwotnym .....	str. 8
11.3. Współczynnik gęstości materiału .....	str. 8
11.4. Osłony przed promieniowaniem rozproszonym przez wodę lub tkankę .....	str. 9
11.5. Osłony przed promieniowaniem rozproszonym (bez uwzględniania promieniowania ubocznego) .....	str. 9
11.6. Osłony przed promieniowaniem rozproszonym i promieniowaniem ubocznym .....	str. 9
12. Obliczenia osłon stałych przed promieniowaniem RTG .....	str. 10
13. Zestawienie osłon stałych .....	str. 22
14. Technologia wykonania osłon .....	str. 25
15. Wyposażenie pracowni .....	str. 25

## Załączniki

1. Zestawienie osłon stałych
2. Plan pracowni RTG – opis ścian – rys. 1a.
3. Plan pracowni TK – opis ścian – rys. 1b.
4. Osłony przed promieniowaniem RTG – rys. 2a.
5. Osłony przed promieniowaniem RTG (tomograf) – rys. 2b.
6. Plan ogólny – fragment – rys. 3a.
7. Plan ogólny – rys. 3.



## 1. Wstęp.

Projekt ochrony radiologicznej pracowni RTG i pracowni tomografii komputerowej Zespołu Opieki Zdrowotnej, ul. Wiejska 9, 87-300 Brodnica, opracowano w oparciu o:

- Projekt rozmieszczenia aparatury – załącznik – rys. 2a, 2b i 3a,
- 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 2012 r. poz. 264 – Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 24 stycznia 2012 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu 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 aparatu Polyrad Premium firmy Radiologia S.A.,
- Dane techniczne tomografu komputerowego Astelion AE (TSX-034A) firmy Toshiba,
- Projekt Brodnica, obliczenia osłon stałych dla nowo adaptowanych pomieszczeń pracowni rtg, M. Jaraczewska, 2004,
- Projekt osłon stałych pomieszczeń pracowni TK – Sonatom Emotion Duo, Szpital Brodnica, M. Jaraczewska, 2008,
- Projekt techniczny, TMS, 1.09.2014 r.

## 2. Opis usytuowania.

Pracownia RTG i pracownia tomografii komputerowej Zespołu Opieki Zdrowotnej, ul. Wiejska 9, 87-300 Brodnica, zwane dalej pracowniami RTG, zlokalizowane są w pomieszczeniach kompleksu szpitalnego, na parterze. Pomieszczenia z aparatami RTG znajdują się w części budynku wielokondygnacyjnego.

Niniejszy projekt dotyczy pomieszczenia RTG (pomieszczenie nr 12), w którym znajduje się aparat Polyrad Premium firmy Radiologia S.A. oraz pomieszczenia TK (pomieszczenie nr 21), w którym znajduje się tomograf komputerowy Astelion AE firmy Toshiba. Aparat Polyrad oraz tomograf Astelion są aparatami cyfrowymi i nie wymagają pomieszczenia ciemni.

Powierzchnia pracowni RTG (nr 12) wynosi 41.8 m<sup>2</sup>, sterowni RTG (nr 14) 6.1 m<sup>2</sup>, pracowni TK (nr 21) 27.1 m<sup>2</sup>, sterowni TK (nr 17) 12.2 m<sup>2</sup>. Wysokość pomieszczeń do stropu stałego wynosi 4.0 m, a do stropu podwieszanego 3.0 m. Zwymiarowany plan pracowni RTG i pracowni TK wraz z opisem ścian zamieszczony jest w drugiej części opracowania (załączniki – rys. 1a i 1b) w skali 1:100.

Pomieszczenie z aparatem RTG (nr 12) sąsiaduje z (zgodnie z rys. 1a):

- terenem zewnętrznym – teren ZOZ-u (za ścianą A),
- pomieszczeniem socjalnym i salą przygotowania pacjenta (za ścianą B),
- sterownią (za ścianą C1 z drzwiami drzC1 i oknem Pb1),
- WC (za ścianą C2),
- korytarzem wraz z poczekalnią (za ścianą C3 z drzwiami drzC3),

- pomieszczeniem przygotowania RTG (kabiną) i wc (za ścianą D1 z drzwiami drzD1),
- poczekalnią (nr 10) (za ścianą D2).

Pod pomieszczeniem pracowni RTG nie ma pomieszczeń (nie jest podpiwniczone).

Nad pomieszczeniem pracowni RTG są pomieszczenia ZOZ-u.

Pomieszczenie z tomografem komputerowym (nr 21) sąsiaduje z (zgodnie z rys. 1b):

- salą 2-łózkową (za ścianą E),
- rozdzielnią elektryczną i WC (za ścianą F z drzwiami drzF),
- korytarzem wraz z poczekalnią (za ścianą G z drzwiami drzG),
- kabiną, salą przygotowania pacjenta i sterownią TK (za ścianą H z drzwiami drzH1 i drzH2 oraz oknem Pb2).

Pod pomieszczeniem pracowni TK nie ma pomieszczeń (nie jest podpiwniczone).

Nad pomieszczeniem pracowni TK są pomieszczenia ZOZ-u.

### 3. Wiązki promieniowania jonizującego.

Niniejszy projekt zakłada wykonywanie aparatem Polyrad Premium firmy Radiologia S.A. ekspozycji na stole zdjęciowym i stojaku do zdjęć odległościowych.

Sposób i miejsce ustawienia aparatu umożliwia kierowanie wiązki pierwotnej promieniowania jonizującego na:

- ścianę A, za którą znajduje się teren zewnętrzny (do 30% czasu pracy aparatu);
- podłogę (do 90% czasu pracy aparatu);

Nie przewiduje się kierowania wiązki pierwotnej w kierunku ścian B, C1-4, D1-2 i sufitu.

Podczas badania wiązka pierwotna (użyteczna) przechodzi przez badany obiekt (ciało pacjenta). Poza wiązką pierwotną na terenie pracowni będzie występowało promieniowanie rozproszone i uboczne. Rozchodzi się ono we wszystkich kierunkach i pochodzi ze wzajemnego oddziaływania promieniowania wytworzonego w głowicy RTG z otaczającą materią.

Niniejszy projekt zakłada wykonywanie tomografem Astelion firmy Toshiba ekspozycji na stole sprzężonym z aparatem. Pacjent w trakcie wykonywania zdjęć przyjmuje pozycję leżącą.

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 materią.

Ekspozycje wykonuje się zza ściany C1 i H (sterownia).

Podczas pracy aparatu w pomieszczeniach przebieralni (kabinach) nikt nie przebywa.

### 4. Opis istniejących osłon.

1. Ściana A – ściana zewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 46 cm.
2. Ściana B – ściana wewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 32 cm.

- 3.1. Ściana C1 – ściana wewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 40 cm. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzC1) z wkładką z blachy ołowianej o grubości 2 mm Pb oraz szyba ochronna (okno Pb1) o równoważniku ołowiu 2 mm Pb dla napięcia 135 kV.
- 3.2. Ściana C2 – ściana wewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej i blachy ołowianej 0.5 mm Pb. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 12 cm oraz 0.5 mm Pb.
- 3.3. Ściana C3 – ściana wewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 12 cm.
- 3.4. Ściana C4 – ściana wewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 36 cm. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzC4) z wkładką z blachy ołowianej o grubości 2 mm Pb.
- 4.1. Ściana D1 – ściana wewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 25 cm. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzD1) z wkładką z blachy ołowianej o grubości 2 mm Pb.
- 4.2. Ściana D2 – ściana wewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej i blachy ołowianej o grubości 0.5 mm Pb. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 25 cm oraz 0.5 mm Pb.
5. Ściana E – ściana wewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 45 cm.
6. Ściana F – ściana wewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 40 cm. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzF) z wkładką z blachy ołowianej o grubości 2 mm Pb.
7. Ściana G – ściana wewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 30 cm. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzG) z wkładką z blachy ołowianej o grubości 2 mm Pb.
8. Ściana H – ściana wewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 45 cm. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzH1 i drzH2) z wkładką z blachy ołowianej o grubości 2 mm Pb oraz szyba ochronna (okno Pb2) o równoważniku ołowiu 2 mm Pb dla napięcia 135 kV.
9. Podłoga – nie jest rozważana jako osłona radiologiczna – nie wykonano obliczeń.
10. Sufit – strop żelbetowy o grubości 26 cm i wylewka betonowa o grubości 6 cm (materiał izolacyjny pomijam w obliczeniach). Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości  $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 32 cm.

## 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 µGy/tydzień.

Dawce skutecznej 0.12 mSv/tydzień odpowiada dawka pochłonięta 0.01044 cGy/tydzień = 104.4 µGy/tydzień.

Dawce skutecznej 0.06 mSv/tydzień odpowiada dawka pochłonięta 0.00522 cGy/tydzień = 52.2 µGy/tydzień.

Dawce skutecznej 0.01 mSv/tydzień odpowiada dawka pochłonięta 0.00087 cGy/tydzień = 8.7 µGy/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 za ścianą C1 oraz za ścianą H podczas pracy aparatu) zostały zakwalifikowane do kategorii osób pracujących w pomieszczeniach pracowni rentgenowskiej poza gabinetem rentgenowskim i do obliczeń przyjmują dawkę pochłoniętą 52.2 µGy/tydzień. Dla pozostałych osób (pacjentów, personelu i innych) przyjmuje do obliczeń dawkę pochłoniętą 8.7 µGy/tydzień.

## 6. Wyposażenie pracowni RTG.

Aparat rentgenowski Polyrad Premium firmy Radiologia S.A. z zawieszeniem sufitowym z cyfrową rejestracją obrazu na detektorze DR:

- Generator wysokoczęstotliwościowy zasilany trójfazowo o mocy 50 kW,
- Lampa rtg SG292 w kołpaku B-199 firmy Varian
- Napięcie anodowe 40-150 kV,
- Prąd anodowy 10-640 mA,
- Zakres czasów eksp. 0.001-10 s,
- Zakres mAs 0.1-500 mAs,
- Wielkości ognisk 0.6/1.2 mm
- Promieniowanie uboczne (max.) 1.0 mGy/h,
- Filtracja całkowita 3.5 mm Al.

Średnie parametry ekspozycyjne przy jednym badaniu rtg: 90 kV/ 20 mAs (400 mA/0.05s);  
Parametry eksp. przy typowym badaniu rtg (klatka p. AP): 125 kV/ 4 mAs (200 mA/0.02s);



Maksymalne parametry eksp. przy jednym badaniu rtg (kręg. lędźwiowy): 100 kV/ 50 mAs (500 mA/0.1s);

Rentgenowski tomograf komputerowy Astelion AE (TSX-034A) firmy Toshiba:

- |                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| • Napięcie anodowe (max.)       | 135 kV,    |
| • Prąd anodowy (max.)           | 300 mA,    |
| • Promieniowanie uboczne (max.) | 1.0 mGy/h, |
| • Max. czas ciągłego skanowania | 100 sek.,  |
| • Średnica wew. pierścienia     | 72 cm.     |

Nie przewiduje się przekraczania poniższych parametrów w typowej eksploatacji aparatu: 135 kV, 260 mA, 17 sekund.

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 na aparacie Polyrad Premium do 200 zdjęć w ciągu tygodnia. Przyjmując średnie parametry ekspozycji (90 kV/ 20 mAs (400 mA/0.05s)) czas pracy aparatu w ciągu tygodnia wynosi  $t_0 = 200 \text{ zdjęć} \times 0.05 \text{ s} = 10 \text{ sekund} = 0.167 \text{ min.} = 0.0028 \text{ godziny}$ .

Zakłada się wykonywanie do 100 ekspozycji na tomografie w ciągu tygodnia. Przyjmując czas skanowania (czas maksymalny w standardowym trybie pracy) wynoszący 17 s czas pracy aparatu w ciągu tygodnia wynosi  $t_0 = 100 \text{ eksp.} \times 17 \text{ s} = 1700 \text{ sekund} = 28.3 \text{ minuty} = 0.47 \text{ godziny}$ .

#### 8. Rozmieszczenie aparatury.

Rozmieszczenie aparatury pokazano na rysunkach 2a i 2b (załączniki).

#### 9. Wentylacja – wymagania.

W pracowni z aparatem RTG wymagana jest wentylacja zapewniająca przynajmniej 1.5-krotną wymianę powietrza w ciągu godziny. W pracowni jest zastosowana wentylacja mechaniczna spełniająca powyższe wymagania. Projekt wentylacji stanowi odrębne opracowanie.

#### 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, drzC4, drzD1, drzG, drzH1 oraz drzwiami drzH2).

## 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.

Grubość 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. Ośłony 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. Ośłony 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. Ośłony 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  $\text{cGy}$  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 Polyrad Premium przyjmuję moc dawki promieniowania ubocznego  $1 \text{ mGy} \cdot \text{h}^{-1}$  i dla tomografu Astelion  $1 \text{ mGy} \cdot \text{h}^{-1}$ .

## 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 rysunkami 2a i 2b (w skali 1:50) - Osłony przed promieniowaniem RTG - ilustrującym najmniejszą odległość od źródła promieniowania RTG do obiektów znajdujących się za osłoną (ścianą).

### 12.1. Ściana A.

Ściana A jest osłoną przed promieniowaniem pierwotnym i rozproszonym dla aparatu Polyrad. Oddziela pracownię od terenu zewnętrznego.

Do obliczeń przyjmuję:

$\dot{D} = 0.95 \text{ cGy} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$  - moc dawki w odległości 1 m od ogniska lampy dla prądu anodowego 1 mA dla filtracji 2.0 mm Al i napięcia 100 kV (tablica 2 normy PN-86/J-80001),

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

$D_g = 0.00087 \text{ cGy/tydzień}$ ,

$l_p = 2.6 \text{ m}$  - najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego,

$l = 2.6 \text{ m}$  - najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego prom. od miejsca osłanianego,

$y = 0.17 - 10 \text{ cm}$  tkanki przy filtracji 2 mm Al i napięciu 100 kV,

$T = 0.05$  - dla miejsc krótkiego czasu przebywania (np. ulice, place, klatki schodowe),

$U = 0.3$  - współczynnik określający prawdopodobieństwo skierowania użytecznej wiązki promieniowania w kierunku ściany A - do 30% czasu pracy aparatu,

$U = 1$  - dla osłon chroniących tylko przed promieniowaniem rozproszonym lub ubocznym,



$t_p = T \cdot U \cdot t_0 = 0.05 \cdot 0.3 \cdot 10 \text{ sekund} = 0.15 \text{ s} = 0.0025 \text{ min.}$  – czas narażenia dla promieniowania pierwotnego padającego na ścianę A (do 30% czasu pracy aparatu),  
 $t = T \cdot U \cdot t_0 = 0.05 \cdot 1 \cdot 0.0028 \text{ godziny} = 0.00014 \text{ godziny},$   
 $I = 400 \text{ mA},$   
 $k_{\text{ściany}} = 200000$  dla napięcia 150 kV (równoważnik ołowiu 4.0 mm – patrz p.13.1.).

#### 12.1.1. Osłony przed promieniowaniem pierwotnym.

Krotność (k) osłabienia promieniowania przez osłonę należy obliczyć wg wzoru 2

$$k = \frac{\dot{D} \cdot I \cdot t_p}{D_g \cdot l_p^2} \cdot y = 27.5$$

Z wykresu (rys. 1, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony 0.4 mm Pb dla napięcia 100 kV.

#### 12.1.2. 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).

$$C_1 = 1050.0 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Z wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony 0.1 mm Pb dla napięcia 100 kV.

#### 12.1.3. 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).

$$C_2 = \frac{D \cdot l^2 \cdot f^2}{t \cdot I \cdot s} = 8752 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Z wykresu (rys. 4, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony poniżej 0.1 mm Pb dla napięcia 100 kV.

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

Ponieważ odległość w tym przypadku wynosi 2.6 m, moc dawki promieniowania ubocznego wyniesie:

$$\dot{D}_u = 147.9 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1},$$

a więc

$$D_u = 0.02 \mu\text{Gy}.$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 4.0 mm Pb osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{ściany}} = 200000$  razy.

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 0.02/200000 \mu\text{Gy} = 0.1 \text{ pGy}.$$

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 od aparatu Polyrad. Oddziela pracownię od pomieszczenia socjalnego i sali przygotowania pacjenta (ze względu na pomieszczenie socjalne przyjmuję w tym punkcie  $T=1$ ).

Do obliczeń przyjmuję:

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

$l = 2,5 \text{ m}$  – najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego prom. od miejsca osłanianego,

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

$U = 1$  - dla osłon chroniących tylko przed promieniowaniem rozproszonym lub ubocznym,

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 1 \cdot 1 \cdot 0.0028 \text{ godziny} = 0.0028 \text{ godziny},$$

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

$$k_{\text{ściany}} = 50000 \text{ dla napięcia } 150 \text{ kV (równoważnik ołowiu } 3.43 \text{ mm – patrz p.13.2.)}.$$

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.

$$C_1 = 48.5 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Z wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony 0.4 mm Pb dla napięcia 100 kV.

12.2.2. 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).

$$C_2 = \frac{D \cdot l^2 \cdot f^2}{t \cdot I \cdot s} = 345 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Z wykresu (rys. 4, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony 0.25 mm Pb dla napięcia 100 kV.

12.2.3. Osłony przed promieniowaniem rozproszonym i promieniowaniem ubocznym.

Ponieważ odległość w tym przypadku wynosi 2.5 m, moc dawki promieniowania ubocznego wyniesie:

$$\dot{D}_u = 160.0 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1},$$

a więc

$$D_u = 0.45 \mu\text{Gy}.$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 3.43 mm Pb osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{ściany}} = 50000$  razy.

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 0.45/50000 \mu\text{Gy} = 9.0 \text{ pGy}.$$

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. Ściany C1, C2, C3 i C4.

Ściany C1-C4 są osłonami przed promieniowaniem rozproszonym od aparatu Polyrad. Ściana C1 oddziela pracownię od sterowni, C2 i C3 od pomieszczenia WC, C4 od korytarza.

Do obliczeń przyjmuję:

$D = 52.2 \mu\text{Gy}$  – dla sterowni,

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

$l_{C1-C3} = 3.5 \text{ m}$  – najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego prom. od miejsca osłanianego (ściany C1-C3),

$l_{C4} = 5.7 \text{ m}$  – najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego prom. od miejsca osłanianego (ściana C4),

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

$T = 0.25$  - dla miejsc czasowo wykorzystywanych przez ludzi (np. korytarze, WC, stołówki-palarnie) – wc i korytarz,

$U = 1$  - dla osłon chroniących tylko przed promieniowaniem rozproszonym lub ubocznym,

$t_1 = T \cdot U \cdot t_0 = 1 \cdot 1 \cdot 0.0028 \text{ godziny} = 0.0028 \text{ godziny}$  – ściana C1,

$t_{2-4} = T \cdot U \cdot t_0 = 0.25 \cdot 1 \cdot 0.0028 \text{ godziny} = 0.0007 \text{ godziny}$  – ściany C2-C4,

$I = 400 \text{ mA}$ ,

$k_{\text{ściany C1}} = 2000$  dla napięcia 150 kV (równoważnik ołowiu 2.0 mm – patrz p.13.3.1.).

$k_{\text{ściany C2}} = 700$  dla napięcia 150 kV (równoważnik ołowiu 1.59 mm – patrz p.13.3.2.).

$k_{\text{ściany C3}} = 150$  dla napięcia 150 kV (równoważnik ołowiu 1.09 mm – patrz p.13.3.3.).

$k_{\text{ściany C4}} = 2000$  dla napięcia 150 kV (równoważnik ołowiu 2.0 mm – patrz p.13.3.4.).

**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).

$$C_1 = 570.9 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad (\text{ściana C1}),$$

$$C_1 = 380.6 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad (\text{ściany C2 i C3}),$$

$$C_1 = 1009.5 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad (\text{ściana C4}),$$

Z wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony C1 - 0.1 mm Pb dla napięcia 100 kV, osłon C2 i C3 - 0.15 mm Pb dla napięcia 100 kV oraz osłony C4 poniżej 0.1 mm Pb dla napięcia 100 kV.

**12.3.2.** 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).

$$C_2 = \frac{D \cdot l^2 \cdot f^2}{t \cdot I \cdot s} = 4059.7 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad (\text{ściana C1}),$$

$$C_2 = \frac{D \cdot l^2 \cdot f^2}{t \cdot I \cdot s} = 2706.5 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad (\text{ściany C2 i C3}),$$

$$C_2 = \frac{D \cdot l^2 \cdot f^2}{t \cdot I \cdot s} = 7178.7 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad (\text{ściana C4}),$$

Z wykresu (rys. 4, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłon C1 - C4 poniżej 0.1 mm Pb dla napięcia 100 kV.

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

Ponieważ odległości w tym przypadku wynoszą odpowiednio dla osłon C1 – C3 i oraz osłony C4 3.5 m i 5.7 m, moce dawek promieniowania ubocznego wynoszą odpowiednio:

$$\dot{D}_u = 81.6 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \quad (\text{osłony C1-C3}),$$

$$\dot{D}_u = 30.8 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \quad (\text{osłona C4}),$$

a więc

$$D_u = 0.23 \mu\text{Gy} \quad (\text{osłona C1}),$$

$$D_u = 0.06 \mu\text{Gy} \quad (\text{osłony C2-C3}),$$

$$D_u = 0.02 \mu\text{Gy} \quad (\text{osłona C4}).$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 2.0 mm Pb osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{osłony}} = 2000$  razy, osłona ołowiana o grubości 1.59 mm Pb osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{osłony}} = 700$  razy oraz osłona ołowiana o grubości 1.09 mm Pb osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{osłony}} = 150$  razy,

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 0.23/2000 \mu\text{Gy} = 115 \text{ pGy} \quad (\text{osłona C1}),$$

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 0.06/700 \mu\text{Gy} = 85.7 \text{ pGy} \quad (\text{osłona C2}),$$

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 0.06/150 \mu\text{Gy} = 0.4 \text{ nGy} \quad (\text{osłona C3}),$$

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 0.02/2000 \mu\text{Gy} = 10.0 \text{ pGy} \quad (\text{osłona C4}).$$

Dawka tygodniowa promieniowania ubocznego, wyznaczona zgodnie z 11.6. za osłonami 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 osłon może pozostać bez zmiany.



#### 12.4. Ściany D1 i D2.

Ściany D1 i D2 są osłonami przed promieniowaniem rozproszonym. Oddzielają pracownię od pomieszczenia przygotowania rtg, pomieszczenia WC oraz poczekalni.

Do obliczeń przyjmuję:

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

$$l = 3.5 \text{ m} - \text{najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego prom. od miejsca osłanianego (ściana D1),}$$

$$l = 4.0 \text{ m} - \text{najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego prom. od miejsca osłanianego (ściana D2),}$$

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

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

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

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 0.25 \cdot 1 \cdot 0.0028 \text{ godziny} = 0.0007 \text{ godziny,}$$

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

$$k_{\text{ściany D1}} = 2000 \text{ dla napięcia 150 kV (równoważnik ołowiu 2.0 mm – patrz p.13.4.1.),}$$

$$k_{\text{ściany D2}} = 25000 \text{ dla napięcia 150 kV (równoważnik ołowiu 3.18 mm – patrz p.13.4.2.).}$$

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.

$$C_1 = 380.6 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad (\text{ściana D1}).$$

$$C_1 = 497.1 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad (\text{ściana D2}),$$

Z wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony D1 0.15 mm Pb dla napięcia 100 kV oraz osłony D2 0.1 mm Pb dla napięcia 100 kV.

12.4.2. 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).

$$C_2 = \frac{D \cdot l^2 \cdot f^2}{t \cdot I \cdot s} = 2706.5 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad (\text{ściana D1}),$$

$$C_2 = \frac{D \cdot l^2 \cdot f^2}{t \cdot I \cdot s} = 3534.9 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad (\text{ściana D2}),$$

Z wykresu (rys. 4, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłon D1 – D2 poniżej 0.1 mm Pb dla napięcia 100 kV.

12.4.3. Osłony przed promieniowaniem rozproszonym i promieniowaniem ubocznym.

Ponieważ odległości w tym przypadku wynoszą odpowiednio dla osłon D1 i D2 4.0 m i 3.5 m, moce dawek promieniowania ubocznego wynoszą odpowiednio:

$$\begin{aligned} \dot{D}_u &= 62.5 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} && (\text{osłona D1}), \\ \dot{D}_u &= 81.6 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} && (\text{osłona D2}), \\ \text{a więc} \\ D_u &= 0.044 \mu\text{Gy} && (\text{osłona D1}), \\ D_u &= 0.057 \mu\text{Gy} && (\text{osłona D2}). \end{aligned}$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 2.0 mm Pb osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{osłony}} = 2000$  razy oraz osłona ołowiana o grubości 3.18 mm Pb osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{osłony}} = 25000$  razy,

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$\begin{aligned} D_u/k_{\text{ściany}} &= 0.044/2000 \mu\text{Gy} = 0.22 \text{ nGy} && (\text{osłona D1}), \\ D_u/k_{\text{ściany}} &= 0.057/25000 \mu\text{Gy} = 2.3 \text{ pGy} && (\text{osłona D2}), \end{aligned}$$

Dawka tygodniowa promieniowania ubocznego, wyznaczona zgodnie z 11.6. za osłonami 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 osłon może pozostać bez zmiany.

## 12.5. Ściana E.

Ściana E jest osłoną przed promieniowaniem rozproszonym od tomografu Astelion. Oddziela pracownię od sali 2-łóżkowej.

Do obliczeń przyjmuję:

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

$l = 2.6 \text{ m}$  – najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego prom. od miejsca osłanianego,  
 $T = 1$  - dla miejsc stałego przebywania ludzi (miejsca ciągłej pracy, pomieszczenia mieszkalne, miejsca przeznaczone do zabaw dzieci),

$U = 1$  - dla osłon chroniących tylko przed promieniowaniem rozproszonym lub ubocznym,

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 1 \cdot 1 \cdot 0.47 \text{ godziny} = 0.47 \text{ godziny},$$

$$I = 260 \text{ mA},$$

$$k_{\text{ściany}} = 200000 \text{ dla napięcia } 150 \text{ kV (równoważnik ołowiu } 4.0 \text{ mm – patrz p.13.5.)}$$

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.

$$C_1 = 0.48 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Z wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony 2.2 mm Pb dla napięcia 100 kV.

12.5.2. 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).

$$C_2 = \frac{D \cdot I^2 \cdot f^2}{t \cdot I \cdot s} = 3.6 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Z wykresu (rys. 4, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony 1.7 mm Pb dla napięcia 100 kV.

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

Ponieważ odległość w tym przypadku wynosi 2.6 m, moc dawki promieniowania ubocznego wyniesie:

$$\dot{D}_u = 147.9 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1},$$

a więc

$$D_u = 69.5 \mu\text{Gy}.$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 4.0 mm Pb osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{ściany}} = 200000$  razy.

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 69.5/200000 \mu\text{Gy} = 0.35 \text{ nGy}.$$

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. Ściana F.

Ściana F jest osłoną przed promieniowaniem rozproszonym od tomografu Astelion. Oddziela pracownię od rozdzielni elektrycznej i WC.

Do obliczeń przyjmuję:

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

$l = 2.0 \text{ m}$  – najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego prom. od miejsca osłanianego,

$l_{\text{drzwi}} = 3.2 \text{ m}$  – najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego prom. od miejsca osłanianego – za drzwiami drzF,

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

$U = 1$  - dla osłon chroniących tylko przed promieniowaniem rozproszonym lub ubocznym,

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 0.25 \cdot 1 \cdot 0.47 \text{ godziny} = 0.12 \text{ godziny},$$

$$I = 260 \text{ mA},$$

$k_{\text{ściany}} = 200000$  dla napięcia 150 kV (równoważnik ołowiu 4.0 mm – patrz p.13.6.).

$k_{\text{drzwi}} = 2000$  dla napięcia 150 kV (równoważnik ołowiu 2.0 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.

$$C_1 = 1.12 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

ściana F

$$C_1 = 2.86 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

drzwi drzF

Z wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony 1.6 mm Pb dla napięcia 100 kV oraz grubość drzwi 1.2 mm Pb.

**12.6.2.** 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).

$$C_2 = \frac{D \cdot l^2 \cdot f^2}{t \cdot I \cdot s} = 8.4 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad (\text{ściana F}),$$

$$C_2 = \frac{D \cdot l^2 \cdot f^2}{t \cdot I \cdot s} = 21.5 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad (\text{drzwi drzF}),$$

Z wykresu (rys. 4, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony F – 0.8 mm Pb dla napięcia 100 kV oraz drzwi drzF 0.55 mm Pb dla napięcia 100 kV.

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

Ponieważ odległości w tym przypadku wynoszą odpowiednio dla osłony F i drzwi drzF 4.0 m i 3.2 m, moce dawek promieniowania ubocznego wynoszą odpowiednio:

$$\dot{D}_u = 250.0 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \quad \text{ściana F},$$

$$\dot{D}_u = 97.7 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \quad \text{drzwi drzF},$$

a więc

$$D_u = 30.0 \mu\text{Gy} \quad \text{ściana F},$$

$$D_u = 11.7 \mu\text{Gy} \quad \text{drzwi drzF}.$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 4.0 mm Pb osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{osłony}} = 200000$  razy oraz osłona ołowiana o grubości 2.0 mm Pb osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{drzwi}} = 2000$  razy.

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 30.0/200000 \mu\text{Gy} = 0.15 \text{ nGy} \quad \text{ściana F},$$

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 11.7/2000 \mu\text{Gy} = 5.85 \text{ nGy} \quad \text{drzwi drzF}.$$

Dawka tygodniowa promieniowania ubocznego, wyznaczona zgodnie z 11.6. za osłonami 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 osłon może pozostać bez zmiany.

## 12.7. Ściana G.

Ściana G jest osłoną przed promieniowaniem rozproszonym od tomografu Astelion. Oddziela pracownię od korytarza.

Do obliczeń przyjmuję:

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

$$l = 5.4 \text{ m} - \text{najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego prom. od miejsca osłanianego},$$



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

$U = 1$  - dla osłon chroniących tylko przed promieniowaniem rozproszonym lub ubocznym,

$t = T \cdot U \cdot t_0 = 0.25 \cdot 1 \cdot 0.47 \text{ godziny} = 0.12 \text{ godziny}$ ,

$I = 260 \text{ mA}$ ,

$k_{\text{ściany}} = 2000$  dla napięcia 150 kV (równoważnik ołowiu 2.0 mm – patrz p.13.7.).

**12.7.1.** 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.

$$C_1 = 8.13 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Z wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony 0.8 mm Pb dla napięcia 100 kV.

**12.7.2.** 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).

$$C_2 = \frac{D \cdot l^2 \cdot f^2}{t \cdot I \cdot s} = 61.0 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Z wykresu (rys. 4, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony 0.8 mm Pb dla napięcia 100 kV.

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

Ponieważ odległość w tym przypadku wynosi 5.4 m, moc dawki promieniowania ubocznego wyniesie:

$$\dot{D}_u = 34.3 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1},$$

a więc

$$D_u = 4.1 \mu\text{Gy}.$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 2.0 mm Pb osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{ściany}} = 2000$  razy.

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 4.1/2000 \mu\text{Gy} = 2.05 \text{ nGy}.$$

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.

## 12.8. Ściana H.

Ściana H jest osłoną przed promieniowaniem rozproszonym od tomografu Astelion. Oddziela pracownię od kabiny, sali przygotowania pacjenta i sterowni TK.

Do obliczeń przyjmuję:

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

$D = 8.7 \mu\text{Gy}$  – pozostałe pomieszczenia,

$l = 2.9 \text{ m}$  – najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego prom. od miejsca osłanianego,

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

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

$U = 1$  - dla osłon chroniących tylko przed promieniowaniem rozproszonym lub ubocznym,

$t = T \cdot U \cdot t_0 = 1 \cdot 1 \cdot 0.47 \text{ godziny} = 0.47 \text{ godziny}$  - sterownia,

$t = T \cdot U \cdot t_0 = 0.25 \cdot 1 \cdot 0.47 \text{ godziny} = 0.12 \text{ godziny}$  – pozostałe pomieszczenia,

$I = 260 \text{ mA}$ ,

$k_{\text{ściany}} = 2000$  dla napięcia 150 kV (równoważnik ołowiu 2.0 mm – patrz p.13.8.).

**12.8.1.** 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.

$$C_1 = 3.59 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

sterownia

$$C_1 = 2.35 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

pozostałe pomieszczenia

Z wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłon dla sterowni 1.1 mm Pb dla napięcia 100 kV oraz 1.3 mm Pb dla pozostałych pomieszczeń za osłoną H.

**12.8.2.** 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).

$$C_2 = \frac{D \cdot l^2 \cdot f^2}{t \cdot I \cdot s} = 26.9 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad (\text{sterownia}),$$

$$C_2 = \frac{D \cdot l^2 \cdot f^2}{t \cdot I \cdot s} = 17.6 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad (\text{pozostałe pomieszczenia}),$$

Z wykresu (rys. 4, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłon dla sterowni 1.1 mm Pb dla napięcia 100 kV oraz 1.3 mm Pb dla pozostałych pomieszczeń za osłoną H.

**12.8.3.** Osłony przed promieniowaniem rozproszonym i promieniowaniem ubocznym (obliczenia dla sterowni).

Ponieważ odległość w tym przypadku wynosi 2.9 m, moc dawki promieniowania ubocznego wyniesie:

$$\dot{D}_u = 118.9 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1},$$

a więc

$$D_u = 55.9 \mu\text{Gy}.$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 2.0 mm Pb osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{ściany}} = 2000$  razy.

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 55.9/2000 \mu\text{Gy} = 28.0 \text{ nGy}.$$

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.

### 12.9. Podłoga.

Podłoga nie jest rozpatrywana jako osłona radiologiczna w niniejszym projekcie – nie wykonano obliczeń.

### 12.10. Sufit.

Sufit jest osłoną przed promieniowaniem rozproszonym. Oddziela pracownię od pomieszczeń szpitalnych.

Do obliczeń przyjmuję:

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

$l = 2.8 \text{ m}$  – najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego prom. od miejsca osłanianego (aparat Polyrad),

$l = 3.0 \text{ m}$  – najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego prom. od miejsca osłanianego (tomograf Astelion),

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

$U = 1$  - dla osłon chroniących tylko przed promieniowaniem rozproszonym lub ubocznym,

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 1 \cdot 1 \cdot 0.0028 \text{ godziny} = 0.0028 \text{ godziny (aparat Polyrad)},$$

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 1 \cdot 1 \cdot 0.47 \text{ godziny} = 0.47 \text{ godziny (tomograf Astelion)},$$

$$I = 400 \text{ mA (aparat Polyrad)},$$

$$I = 260 \text{ mA (tomograf Astelion)},$$

$$k_{\text{stropu}} = 200000 \text{ dla napięcia } 150 \text{ kV (równoważnik ołowiu } 4.0 \text{ mm – patrz p.13.10.)}.$$

12.10.1. 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.

$$C_1 = 60.9 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad (\text{aparat Polyrad}).$$

$$C_1 = 0.64 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad (\text{tomograf Astelion}),$$

Z wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony 0.4 mm Pb dla napięcia 100 kV (aparat Polyrad) oraz 1.9 mm Pb dla napięcia 100 kV dla (tomografu Astelion).

**12.10.2.** 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).

$$C_2 = \frac{D \cdot l^2 \cdot f^2}{t \cdot I \cdot s} = 456.8 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad (\text{aparat Polyrad}),$$

$$C_2 = \frac{D \cdot l^2 \cdot f^2}{t \cdot I \cdot s} = 4.8 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \quad (\text{tomograf Astelion}),$$

Z wykresu (rys. 4, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony 0.15 mm Pb dla napięcia 100 kV (aparat Polyrad) oraz 1.6 mm Pb dla napięcia 100 kV dla (tomografu Astelion).

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

Ponieważ odległości w tym przypadku wynoszą odpowiednio dla aparatu Polyrad i tomografu Astelion 2.8 m i 3.0 m, moce dawek promieniowania ubocznego wynoszą odpowiednio:

$$\dot{D}_u = 127.6 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \quad (\text{aparat Polyrad}),$$

$$\dot{D}_u = 111.1 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \quad (\text{tomograf Astelion}),$$

a więc

$$D_u = 0.36 \mu\text{Gy} \quad (\text{aparat Polyrad}),$$

$$D_u = 52.2 \mu\text{Gy} \quad (\text{tomograf Astelion}).$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 4.0 mm Pb osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{stropu}} = 200000$  razy.

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$D_u/k_{\text{stropu}} = 0.36/200000 \mu\text{Gy} = 1.8 \text{ pGy} \quad (\text{aparat Polyrad}).$$

$$D_u/k_{\text{stropu}} = 52.2/200000 \mu\text{Gy} = 0.26 \text{ nGy} \quad (\text{tomograf Astelion}).$$

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 0.4 mm Pb dla napięcia 100 kV.

Z tablicy 9 normy PN-86/J-80001 wynika, że cegła o grubości 370 mm i gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważna 4.0 mm Pb dla napięcia 150 kV. Grubość osłony A wynosi 460 mm. Istniejąca osłona jest zatem równoważna 4.97 mm Pb dla napięcia 150 kV – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany 4.0 mm Pb – koniec wykres na rys 1 normy PN-86/J-80001.



### 13.2. Ściana B.

Z obliczeń wynika grubość osłony 0.4 mm Pb dla napięcia 100 kV.

Z tablicy 9 normy PN-86/J-80001 wynika, że cegła o grubości 280 mm i gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważna 3.0 mm Pb dla napięcia 150 kV. Grubość osłony B wynosi 320 mm. Istniejąca osłona jest zatem równoważna 3.43 mm Pb dla napięcia 150 kV – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany 3.43 mm Pb.

#### 13.3.1. Ściana C1.

Z obliczeń wynika grubość osłony 0.1 mm Pb dla napięcia 100 kV.

Z tablicy 9 normy PN-86/J-80001 wynika, że cegła o grubości 370 mm i gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważna 4.0 mm Pb dla napięcia 150 kV. Grubość osłony C1 wynosi 400 mm. Istniejąca osłona jest zatem równoważna 4.32 mm Pb dla napięcia 150 kV – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Drzwi (drzC1) posiadają ochronność 2 mm Pb – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Okno Pb1 o równoważniku ołowiu 2.0 mm Pb dla napięcia 135 kV nie wymaga obliczeń – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany 2.0 mm Pb.

#### 13.3.2. Ściana C2.

Z obliczeń wynika grubość osłony 0.15 mm Pb dla napięcia 100 kV.

Z tablicy 9 normy PN-86/J-80001 wynika, że cegła o grubości 110 mm i gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważna 1.0 mm Pb dla napięcia 150 kV. Grubość osłony C2 wynosi 120 mm. Istniejąca osłona jest zatem równoważna 1.09 mm Pb dla napięcia 150 kV.

Blacha ołowiana o grubości 0.5 mm Pb nie wymaga obliczeń.

Całkowita osłonność ściany C2 wynosi 1.59 mm Pb dla napięcia 150 kV – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany 1.59 mm Pb.

#### 13.3.3. Ściana C3.

Z obliczeń wynika grubość osłony 0.15 mm Pb dla napięcia 100 kV.

Z tablicy 9 normy PN-86/J-80001 wynika, że cegła o grubości 110 mm i gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważna 1.0 mm Pb dla napięcia 150 kV. Grubość osłony C3 wynosi 120 mm. Istniejąca osłona jest zatem równoważna 1.09 mm Pb dla napięcia 150 kV – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany 1.09 mm Pb.

#### 13.3.4. Ściana C4.

Z obliczeń wynika grubość osłony 0.1 mm Pb dla napięcia 100 kV.

Z tablicy 9 normy PN-86/J-80001 wynika, że cegła o grubości 370 mm i gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważna 4.0 mm Pb dla napięcia 150 kV. Grubość osłony C4 wynosi 360 mm. Istniejąca osłona jest zatem równoważna 3.89 mm Pb dla napięcia 150 kV – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Drzwi (drzC4) posiadają ochronność 2 mm Pb – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany 2.0 mm Pb.

#### 13.4.1. Ściana D1.

Z obliczeń wynika grubość osłony 0.15 mm Pb dla napięcia 100 kV.

Z tablicy 9 normy PN-86/J-80001 wynika, że cegła o grubości 280 mm i gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważna 3.0 mm Pb dla napięcia 150 kV. Grubość osłony D1 wynosi 250 mm.

Istniejąca osłona jest zatem równoważna 2.68 mm Pb dla napięcia 150 kV – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Drzwi (drzD1) posiadają ochronność 2 mm Pb – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany 2.0 mm Pb.

#### 13.4.2. Ściana D2.

Z obliczeń wynika grubość osłony 0.1 mm Pb dla napięcia 100 kV.

Z tablicy 9 normy PN-86/J-80001 wynika, że cegła o grubości 280 mm i gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważna 3.0 mm Pb dla napięcia 150 kV. Grubość osłony D2 wynosi 250 mm.

Istniejąca osłona jest zatem równoważna 2.68 mm Pb dla napięcia 150 kV.

Blacha ołowiana o grubości 0.5 mm Pb nie wymaga obliczeń.

Całkowita osłonność ściany D2 wynosi 3.18 mm Pb dla napięcia 150 kV – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany 3.18 mm Pb.

#### 13.5. Ściana E.

Z obliczeń wynika grubość osłony 2.2 mm Pb dla napięcia 100 kV.

Z tablicy 9 normy PN-86/J-80001 wynika, że cegła o grubości 370 mm i gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważna 4.0 mm Pb dla napięcia 150 kV. Grubość osłony E wynosi 450 mm.

Istniejąca osłona jest zatem równoważna 4.86 mm Pb dla napięcia 150 kV – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany 4.0 mm Pb – koniec wykres na rys 1 normy PN-86/J-80001.

#### 13.6. Ściana F.

Z obliczeń wynika grubość osłony 1.6 mm Pb dla napięcia 100 kV oraz dla drzwi drzF grubość osłony powinna wynosić 1.2 mm Pb dla napięcia 100 kV.

Z tablicy 9 normy PN-86/J-80001 wynika, że cegła o grubości 370 mm i gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważna 4.0 mm Pb dla napięcia 150 kV. Grubość osłony F wynosi 400 mm.

Istniejąca osłona jest zatem równoważna 4.32 mm Pb dla napięcia 150 kV – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Drzwi (drzF) posiadają ochronność 2 mm Pb – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany 4.0 mm Pb – koniec wykres na rys 1 normy PN-86/J-80001 oraz osłonność drzwi drzF – 2 mm Pb.

#### 13.7. Ściana G.

Z obliczeń wynika grubość osłony 0.8 mm Pb dla napięcia 100 kV.

Z tablicy 9 normy PN-86/J-80001 wynika, że cegła o grubości 280 mm i gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważna 3.0 mm Pb dla napięcia 150 kV. Grubość osłony G wynosi 300 mm.

Istniejąca osłona jest zatem równoważna 3.21 mm Pb dla napięcia 150 kV – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Drzwi (drzG) posiadają ochronność 2 mm Pb – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany 2.0 mm Pb.

#### 13.8. Ściana H.

Z obliczeń wynika grubość osłony dla sterowni 1.1 mm Pb dla napięcia 100 kV oraz grubość osłon dla pozostałych pomieszczeń 1.3 mm Pb dla napięcia 100 kV.

Z tablicy 9 normy PN-86/J-80001 wynika, że cegła o grubości 370 mm i gęstości  $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  jest równoważna 4.0 mm Pb dla napięcia 150 kV. Grubość osłony H wynosi 450 mm.

Istniejąca osłona jest zatem równoważna 4.86 mm Pb dla napięcia 150 kV – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Drzwi (drzH1 i drzH2) posiadają ochronność 2 mm Pb – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Okno Pb2 o równoważniku ołowiu 2.0 mm Pb dla napięcia 135 kV nie wymaga obliczeń – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany 2.0 mm Pb.

### 13.9. Podłoga.

Podłoga – nie jest rozważana jako osłona radiologiczna – nie wykonano obliczeń.

### 13.10. Sufit.

Z obliczeń wynika grubość osłony 0.4 mm Pb dla napięcia 100 kV dla aparatu Polyrad oraz dla tomografu Astelion grubość osłony powinna wynosić 1.9 mm Pb dla napięcia 100 kV.

Z tablicy 7 normy PN-86/J-80001 wynika, że beton o grubości 345 mm i gęstości  $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  dla napięcia 150 kV jest równoważny 5.0 mm Pb. Strop wykonany jest z betonu o minimalnej grubości 320 mm. Istniejąca osłona jest zatem równoważna 4.63 mm Pb napięcia 150 Pb – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Do obliczeń przyjmuję osłonność stropu 4.63 mm Pb.

## 14. Technologia wykonania osłon.

Istniejące osłony stałe są wystarczające.

Stropy nie wymagają dodatkowego zabezpieczenia.

Ochronność istniejących okien i drzwi jest wystarczająca.

## 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 znajduje 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 promieniotwórczego 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 RADIOLÓGICZNEJ  
typu: IOR-0, IOR-1, IOR-3  
zaswiadczenie nr 2564/2010

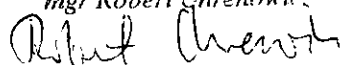
mgr Robert Chrenowicz

## Zestawienie osłon stałych

l.p.	Opis istniejących osłon	Równoważnik ołowiu dla istniejącej osłony	Minimalna grubość osłony z obliczeń	Uwagi
1.	Ściana A – ściana zewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ i grubości 46 cm.	4.97 mm Pb dla napięcia 150 kV.	0.4 mm Pb dla napięcia 100 kV.	Osłona jest wystarczająca
2.	Ściana B – ściana wewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ i grubości 32 cm.	3.43 mm Pb dla napięcia 150 kV.	0.4 mm Pb dla napięcia 100 kV.	Osłona jest wystarczająca
3.1.	Ściana C1 – ściana wewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ i grubości 40 cm. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzC1) z wkładką z blachy ołowianej o grubości 2 mm Pb oraz szyba ochronna (okno Pb1) o równoważniku ołowiu 2 mm Pb dla napięcia 135 kV.	4.32 mm Pb dla napięcia 150 kV, drzwi 2 mm Pb szyba 2 mm Pb	0.1 mm Pb dla napięcia 100 kV.	Osłona jest wystarczająca Osłonność drzwi jest wystarczająca Osłonność szyby jest wystarczająca
3.2.	Ściana C2 – ściana wewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej i blachy ołowianej 0.5 mm Pb. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ i grubości 12 cm oraz 0.5 mm Pb.	1.59 mm Pb dla napięcia 150 kV.	0.15 mm Pb dla napięcia 100 kV.	Osłona jest wystarczająca
3.3.	Ściana C3 – ściana wewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ i grubości 12 cm.	1.09 mm Pb dla napięcia 150 kV.	0.15 mm Pb dla napięcia 100 kV.	Osłona jest wystarczająca
3.4.	Ściana C4 – ściana wewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ i grubości 36 cm. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzC4) z wkładką z blachy ołowianej o grubości 2 mm Pb.	3.89 mm Pb dla napięcia 150 kV, drzwi 2 mm Pb	0.1 mm Pb dla napięcia 100 kV.	Osłona jest wystarczająca Osłonność drzwi jest wystarczająca
4.1.	Ściana D1 – ściana wewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ i grubości 25 cm. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzD1) z wkładką z blachy ołowianej o grubości 2 mm Pb.	2.68 mm Pb dla napięcia 150 kV, drzwi 2 mm Pb	0.15 mm Pb dla napięcia 100 kV.	Osłona jest wystarczająca Osłonność drzwi jest wystarczająca
4.2.	Ściana D2 – ściana wewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej i blachy ołowianej o grubości 0.5 mm Pb. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ i grubości 25 cm oraz 0.5 mm Pb.	3.18 mm Pb dla napięcia 150 kV.	0.1 mm Pb dla napięcia 100 kV.	Osłona jest wystarczająca

Pb. INSPEKTOR  
OCHRONY RADIOLÓGICZNEJ  
typu: IOR-0, IOR-1, IOR-3  
zaświadczenie nr 2564/2010

mgr Robert Chrenowicz



5.	Ściana E – ściana wewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ i grubości 45 cm.	4.86 mm Pb dla napięcia 150 kV.	2.2 mm Pb dla napięcia 100 kV.	Ośłona jest wystarczająca
6.	Ściana F – ściana wewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ i grubości 40 cm. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzF) z wkładką z blachy ołowianej o grubości 2 mm Pb.	4.32 mm Pb dla napięcia 150 kV, drzwi 2 mm Pb	1.6 mm Pb dla napięcia 100 kV, drzwi 1.2 mm Pb	Ośłona jest wystarczająca Ośłonność drzwi jest wystarczająca
7.	Ściana G – ściana wewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ i grubości 30 cm. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzG) z wkładką z blachy ołowianej o grubości 2 mm Pb.	3.21 mm Pb dla napięcia 150 kV, drzwi 2 mm Pb	0.8 mm Pb dla napięcia 100 kV.	Ośłona jest wystarczająca Ośłonność drzwi jest wystarczająca
8.	Ściana H – ściana wewnętrzna budynku wykonana z cegły pełnej. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości $1.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ i grubości 45 cm. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzH1 i drzH2) z wkładką z blachy ołowianej o grubości 2 mm Pb oraz szyba ochronna (okno Pb2) o równoważniku ołowiu 2 mm Pb dla napięcia 135 kV.	4.86 mm Pb dla napięcia 150 kV, drzwi 2 mm Pb szyba 2 mm Pb	1.1/1.3 mm Pb dla napięcia 100 kV.	Ośłona jest wystarczająca Ośłonność drzwi jest wystarczająca Ośłonność szyby jest wystarczająca
9.	Podłoga – nie jest rozważana jako osłona radiologiczna – nie wykonano obliczeń.	Nie dotyczy	Nie dotyczy	Nie dotyczy
10.	Sufit – strop żelbetowy o grubości 26 cm i wylewka betonowa o grubości 6 cm (materiał izolacyjny pomijam w obliczeniach). Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ i grubości 32 cm.	4.63 mm Pb dla napięcia 150 kV	1.9 mm Pb dla napięcia 100 kV(TK), 0.4 mm Pb dla napięcia 100 kV(RTG)	Ośłona jest wystarczająca

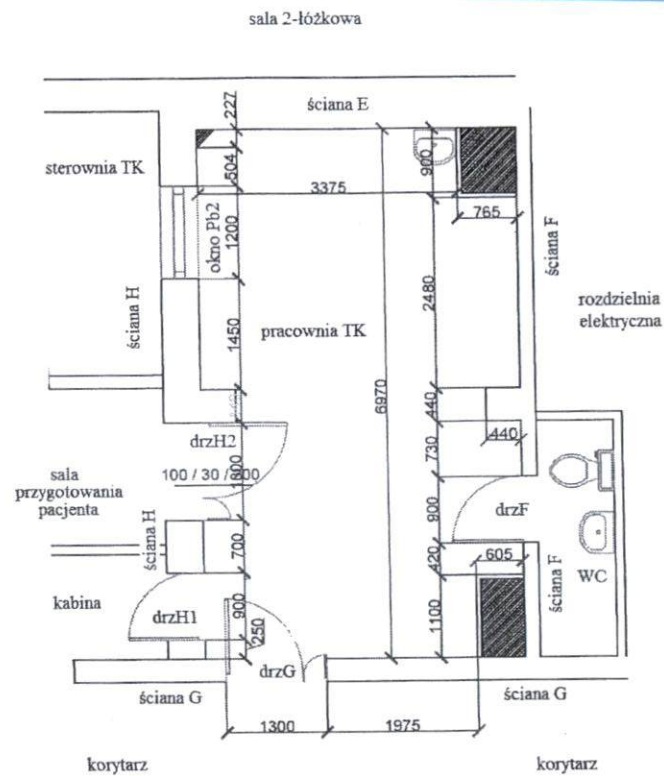
**INSPEKTOR**  
 OCHRONY RADIOLOGICZNEJ  
 typu: IOR-0, IOR-1, IOR-3  
 zaświadczenie nr 2564/2010

mgr Robert Chrenowicz





Pracownia RTG i Pracownia TK  
ZOZ  
ul. Wiejska 9  
87-300 Brodnica  
Plan pracowni RTG - opis ścian  
rys. 1a



Skala 1:100

Pracownia RTG i Pracownia TK  
ZOZ  
ul. Wiejska 9  
87-300 Brodnica  
Plan pracowni TK - opis ścian  
rys. 1b