

Białystok, dn. 24.11.2014 r.

# Projekt ochrony radiologicznej

Sala operacyjna hybrydowa  
Ars Medical Sp. z o.o.  
Al. Wojska Polskiego 43  
64-920 Piła

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. 17
14. Technologia wykonania osłon .....	str. 19
15. Wyposażenie pracowni .....	str. 19

## 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 sali operacyjnej hybrydowej Ars Medical Sp. z o.o., Al. Wojska Polskiego 43, 64-920 Piła, opracowano w oparciu o:

- Projekt rozmieszczenia aparatury – załącznik – rys. 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 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 systemu angiograficznego Infinix-i (INFX-8000H) firmy Toshiba,
- Projekt rozbudowy obiektu, T.Drożdżyński, Poznań 06.2014r.,
- Projekt techniczny, TMS, 15.11.2014 r.

## 2. Opis usytuowania.

Sala operacyjna hybrydowa Ars Medical Sp. z o.o., Al. Wojska Polskiego 43, 64-920 Piła, zwana dalej pracownią RTG, zlokalizowana jest w pomieszczeniach kompleksu szpitalnego, na piątym piętrze. Pomieszczenie z angiografem Infinix-i znajduje się w budynku wielokondygnacyjnym.

Niniejszy projekt dotyczy pomieszczenia sali operacyjnej hybrydowej, w której znajduje się angiograf Infinix-i firmy Toshiba.

Powierzchnia sali operacyjnej hybrydowej z angiografem Infinix-i wynosi 81.1 m<sup>2</sup>. Wysokość pomieszczenia do sufitu podwieszanego wynosi 3.1 m i do stropu stałego 4.05 m. Zwymiarowany plan pracowni RTG wraz z opisem ścian zamieszczony jest w drugiej części opracowania (załączniki – rys. 1) w skali 1:100.

Pomieszczenie z angiografem Infinix-i sąsiaduje z (zgodnie z rys. 1):

- korytarzem – (za ścianą A),
- sterownią (za ścianą B1 z drzwiami drzB1 oraz oknem Pb),
- pomieszczeniem płuco-serca (za ścianą B2 z drzwiami drzB2),
- pomieszczeniem przygotowania pacjenta (za ścianą B3 z drzwiami drzB3),
- pomieszczeniem przygotowania personelu (za ścianą B4 z drzwiami drzB4),
- salą ogólnochirurgiczną (za ścianą C),
- korytarzem (za ścianą D z drzwiami drzD),
- korytarzem (za ścianą E).

Pod pomieszczeniem pracowni RTG jest centralna sterylizatornia.

Nad pomieszczeniem pracowni RTG brak jest innych pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi – część techniczna – stropodach.

### 3. Wiązki promieniowania jonizującego.

Ze względu na rolę i przeznaczenie aparatu rtg z ramieniem C w sali operacyjnej, aparat rtg ustawia się wedle potrzeb oraz możliwości technicznych sali i aparatu. W większości przypadków kierunek wiązki pierwotnej promieniowania jonizującego byłby skierowany w sufit. Jednakże w przypadku aparatów z ramieniem C kierunek wiązki pierwotnej nie ma większego znaczenia dla wykonania projektu i rozkładu mocy dawek promieniowania wokół aparatu. Podczas badania wiązka pierwotna przechodzi przez badany obiekt (ciało pacjenta) i jest pochłaniana w obudowie (głowicy) wzmacniacza obrazu. Poza głowicą wzmacniacza obrazu 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 głowicy RTG z otaczającą materią, przede wszystkim z ciałem obrazowanego pacjenta.

### 4. Opis istniejących osłon.

Grubości niezbędnych osłon zostaną obliczone na podstawie niniejszego opracowania. Elementy wykończeniowe i ozdobne (stal nierdzewna, szkło, wełna mineralna) zostały pominięte w opracowaniu.

1. Ściana A – ściana wewnętrzna wykonana z żelbetu. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości  $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 25 cm.
- 2.1. Ściana B1 – ściana wewnętrzna wykonana z płyty g-k na ruszcie stalowym. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości  $1.0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 2.5 cm. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzB1) i okno ochronne (okno Pb).
- 2.2. Ściana B2 – jak ściana B1. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzB2).
- 2.3. Ściana B3 – jak ściana B1. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzB3).
- 2.4. Ściana B4 – jak ściana B1. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzB4).
3. Ściana C – jak ściana B1.
4. Ściana D – jak ściana B1. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzD).
5. Ściana E – jak ściana B1.
6. Podłoga – strop żelbetowy o grubości 20 cm pokryty 5 cm wylewką betonową. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości  $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  i grubości 25 cm.
7. Sufit – jak podłoga. Strop nie jest rozpatrywany jako osłona radiologiczna.

### 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 na Sali operacyjnej podczas pracy aparatu) zostały zakwalifikowane do kategorii osób pracujących w gabinecie rentgenowskim i do obliczeń przyjmują dawkę pochłoniętą 104.4 µGy/tydzień. Osoby przebywające za ścianą B1 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.

Pracownia jest wyposażona w system angiograficzny Infinix-i (INFX-8000H) firmy Toshiba z ramieniem C zwany dalej aparatem.

- Generator wysokoczęstotliwościowy zasilany trójfazowo,
- Napięcie anodowe 50-125 kV,
- Wielkości ogniska 0.5/0.8 mm
- Promieniowanie uboczne (max.) 0.75 mGy/h,
- Filtracja wewnętrzna  $\geq 2.5$  mm Al.

W pracowni nie przewiduje się stosowania klasycznych filmów rentgenowskich. Obraz z głowicy wzmacniacza obrazu po przetworzeniu jest wyświetlany na monitorach TFT.

## 7. Założenia pracy ze źródłami promieniowania.

Uwzględniając niejednorodny rozkład badań w miesiącu i zawiązując parametry badań w opracowaniu uniknięto kłopotliwego sumowania narażenia pochodzącego od konkretnych badań i stosowanych technik (fluoroskopia ciągła, pulsacyjna, radiografia, DA, DSA).

Zakłada się wykonywanie do 5 badań dziennie z użyciem aparatu do 20 minut na zabieg. Zakłada się pracę przez 6 dni w tygodniu. Ewentualna druga zmiana (zmiany 8 godzinne) nie wpłynie na wynik obliczeń – narażenie dla drugiej zmiany (inna populacja). Do obliczeń przyjmując czas pracy aparatu w ciągu tygodnia  $t_0 = 5 \text{ eksp.} \times 20 \text{ min} \times 6 \text{ dni} = 600 \text{ minut} = 10 \text{ godzin}$  w ciągu tygodnia.

Nie przewiduje się przekraczania poniższych parametrów w typowej eksploatacji aparatu: 100 kV, 10 mA, 20 min.

## 8. Rozmieszczenie aparatury.

Rozmieszczenie aparatury pokazano na rysunku 2 (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 drzB1, drzB3, drzB4 oraz drzwiami drzD). Drzwi drzB2 są drzwiami wewnętrznymi i nie wymagają sygnalizacji.

Pomiędzy pracownią a sterownią 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.

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. 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 Infinix-i przyjmuję moc dawki promieniowania ubocznego  $0.75 \text{ mGy} \cdot \text{h}^{-1}$ .

## 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 (w skali 1:100) - 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 rozproszonym. Oddziela pracownię od korytarza (punkt  $P_A$ ).

Do obliczeń przyjmuję:

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

$l = 3.4 \text{ m}$  – najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego prom. od miejsca osłanianego – teren zewnętrzny,

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

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

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 0.25 \cdot 1 \cdot 10 \text{ godzin} = 2.5 \text{ godziny},$$

$$I = 10 \text{ mA},$$

$k_{\text{ściany}} = 1000000$  dla napięcia 100 kV (równoważnik ołowiu 4.35 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.

$$C_1 = 4.0 \text{ } \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Z wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony 1.0 mm Pb dla napięcia 100 kV dla osób znajdujących się w punkcie  $P_A$ .

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

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

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

Ponieważ najmniejsza odległość w tym przypadku wynosi 3.4 m, moc dawki promieniowania ubocznego wyniesie:

$$\dot{D}_u = 64.9 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1},$$

a więc

$$D_u = 162 \mu\text{Gy}.$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 4.35 mm Pb osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{ściany}} = 1000000$  razy.

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 162/1000000 \mu\text{Gy} = 0.16 \text{ nGy}.$$

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.

### 12.2.1. Ściana B1.

Ściana B1 jest osłoną przed promieniowaniem rozproszonym. Ściana B1 oddziela pracownię od sterowni (punkt  $P_{B1}$ ).

Do obliczeń przyjmuję:

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

$l = 4.0 \text{ m}$  – 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,

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 1 \cdot 1 \cdot 10 \text{ godzin} = 10 \text{ godzin},$$

$$I = 10 \text{ mA},$$

$k_{\text{ściany}} = 150$  dla napięcia 100 kV (równoważnik ołowiu 0.8 mm – patrz p.13.2.1.).

12.2.1.1. 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.

$$C_1 = 8.4 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Z wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony 0.8 mm Pb dla napięcia 100 kV dla osób znajdujących się w punkcie  $P_{B1}$ .

12.2.1.2. Osłony przed promieniowaniem rozproszonym i promieniowaniem ubocznym.

Ponieważ najmniejsza odległość w tym przypadku wynosi 4.0 m, moc dawki promieniowania ubocznego wyniesie:

$$\dot{D}_u = 46.9 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1},$$

a więc

$$D_u = 469 \mu\text{Gy}.$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 0.8 mm Pb (wartość z punktu 12.2.1.1) osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{ściany}} = 150$  razy.

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 469/150 \mu\text{Gy} = 3.13 \mu\text{Gy}.$$

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.

### 12.2.2. Ściana B2.

Ściana B2 jest osłoną przed promieniowaniem rozproszonym. Ściana B2 oddziela pracownię od pomieszczenia płuco-serca (punkt P<sub>B2</sub>).

Do obliczeń przyjmuję:

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

$l = 4.0$  m – 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,

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 0.25 \cdot 1 \cdot 10 \text{ godzin} = 2.5 \text{ godziny},$$

$$I = 10 \text{ mA},$$

$k_{\text{ściany}} = 200$  dla napięcia 100 kV (równoważnik ołowiu 0.9 mm – patrz p.13.2.2.).

**12.2.2.1.** 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.

$$C_1 = 5.6 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Z wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony 0.9 mm Pb dla napięcia 100 kV dla osób znajdujących się w punkcie P<sub>B2</sub>.

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

Ponieważ najmniejsza odległość w tym przypadku wynosi 4.0 m, moc dawki promieniowania ubocznego wyniesie:

$$\dot{D}_u = 46.9 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1},$$

a więc

$$D_u = 117 \mu\text{Gy}.$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 0.9 mm Pb (wartość z punktu 12.2.2.1.) osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{ściany}} = 200$  razy.

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 117/200 \mu\text{Gy} = 0.59 \mu\text{Gy}.$$

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.

### 12.2.3. Ściana B3.

Ściana B3 jest osłoną przed promieniowaniem rozproszonym. Ściana B3 oddziela pracownię od pomieszczenia przygotowania pacjenta (punkt P<sub>B3</sub>).

Do obliczeń przyjmuję:

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

$l = 4.2 \text{ m}$  – najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego prom. od miejsca osłanianego,

$T = 0.5$  - dla pomieszczenia przygotowania pacjenta,

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

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 0.5 \cdot 1 \cdot 10 \text{ godzin} = 5 \text{ godzin},$$

$$I = 10 \text{ mA},$$

$$k_{\text{ściany}} = 400 \text{ dla napięcia } 100 \text{ kV (równoważnik ołowiu } 1.1 \text{ mm – patrz p.13.2.3.)}$$

**12.2.3.1.** 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.

$$C_1 = 3.1 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Z wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony 1.1 mm Pb dla napięcia 100 kV dla osób znajdujących się w punkcie P<sub>B3</sub>.

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

Ponieważ najmniejsza odległość w tym przypadku wynosi 4.2 m, moc dawki promieniowania ubocznego wyniesie:

$$\dot{D}_u = 42.5 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1},$$

a więc

$$D_u = 213 \mu\text{Gy}.$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 1.1 mm Pb (wartość z punktu 12.2.3.1.) osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{ściany}} = 400$  razy.

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 213/400 \mu\text{Gy} = 0.53 \mu\text{Gy}.$$

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.

#### 12.2.4. Ściana B4.

Ściana B4 jest osłoną przed promieniowaniem rozproszonym. Ściana B4 oddziela pracownię od pomieszczenia przygotowania personelu (punkt P<sub>B4</sub>). Pomieszczenie to służy również personelowi z sąsiedniej sali ogólnochirurgicznej.

Do obliczeń przyjmuję:

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

$l = 5.0 \text{ m}$  – 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,

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 1 \cdot 1 \cdot 10 \text{ godzin} = 10 \text{ godzin},$$

$$I = 10 \text{ mA},$$

$k_{\text{ściany}} = 1000$  dla napięcia 100 kV (równoważnik ołowiu 1.3 mm – patrz p.13.2.4.).

**12.2.4.1.** 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.

$$C_1 = 2.2 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Z wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony 1.3 mm Pb dla napięcia 100 kV dla osób znajdujących się w punkcie P<sub>B3</sub>.

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

Ponieważ najmniejsza odległość w tym przypadku wynosi 5.0 m, moc dawki promieniowania ubocznego wyniesie:

$$\dot{D}_u = 30 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1},$$

a więc

$$D_u = 300 \mu\text{Gy}.$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 1.3 mm Pb (wartość z punktu 12.2.4.1.) osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{ściany}} = 1000$  razy.

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 300/1000 \mu\text{Gy} = 0.3 \mu\text{Gy}.$$

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 sali ogólnochirurgicznej (punkt P<sub>C</sub>).

Do obliczeń przyjmuję:

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

$l = 4.3 \text{ m}$  – 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,

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 1 \cdot 1 \cdot 10 \text{ godzin} = 10 \text{ godzin},$$

$$I = 10 \text{ mA},$$

$k_{\text{ściany}} = 1500$  dla napięcia 100 kV (równoważnik ołowiu 1.5 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.

$$C_1 = 1.6 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Z wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony 1.5 mm Pb dla napięcia 100 kV dla osób znajdujących się w punkcie  $P_C$ .

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

Ponieważ najmniejsza odległość w tym przypadku wynosi 4.3 m, moc dawki promieniowania ubocznego wyniesie:

$$\dot{D}_u = 40.6 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1},$$

a więc

$$D_u = 406 \mu\text{Gy}.$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 1.5 mm Pb (wartość z punktu 12.3.1.) osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{ściany}} = 1500$  razy.

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 406/1500 \mu\text{Gy} = 0.27 \mu\text{Gy}.$$

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. Ściana D oddziela pracownię od korytarza (punkt  $P_D$ ).

Do obliczeń przyjmuję:

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

$l = 5.0 \text{ m}$  – 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,

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 0.25 \cdot 1 \cdot 10 \text{ godzin} = 2.5 \text{ godziny},$$

$$I = 10 \text{ mA},$$

$k_{\text{ściany}} = 150$  dla napięcia 100 kV (równoważnik ołowiu 0.8 mm – 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.

$$C_1 = 8.7 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Z wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony 0.8 mm Pb dla napięcia 100 kV dla osób znajdujących się w punkcie  $P_D$ .

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

Ponieważ najmniejsza odległość w tym przypadku wynosi 5.0 m, moc dawki promieniowania ubocznego wyniesie:

$$\dot{D}_u = 30 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1},$$

a więc

$$D_u = 75 \mu\text{Gy}.$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 0.8 mm Pb (wartość z punktu 12.2.2.1.) osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{ściany}} = 150$  razy.

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 75/150 \mu\text{Gy} = 0.5 \mu\text{Gy}.$$

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. Ściana E.

Ściana E jest osłoną przed promieniowaniem rozproszonym. Ściana E oddziela pracownię od korytarza (punkt  $P_E$ ).

Do obliczeń przyjmuję:

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

$l = 4.3 \text{ m}$  – 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,

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 0.25 \cdot 1 \cdot 10 \text{ godzin} = 2.5 \text{ godziny},$$

$$I = 10 \text{ mA},$$

$k_{\text{ściany}} = 150$  dla napięcia 100 kV (równoważnik ołowiu 0.8 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.

$$C_1 = 6.4 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Z wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony 0.8 mm Pb dla napięcia 100 kV dla osób znajdujących się w punkcie  $P_E$ .

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

Ponieważ najmniejsza odległość w tym przypadku wynosi 4.3 m, moc dawki promieniowania ubocznego wyniesie:

$$\dot{D}_u = 40.6 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1},$$

a więc

$$D_u = 102 \mu\text{Gy}.$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 0.8 mm Pb (wartość z punktu 12.2.2.1.) osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{ściany}} = 150$  razy.

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 102/150 \mu\text{Gy} = 0.68 \mu\text{Gy}.$$

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. Podłoga.

Podłoga jest osłoną przed promieniowaniem rozproszonym. Oddziela pracownię od centralnej sterylizatorni.

Do obliczeń przyjmuję:

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

$l = 3.5$  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,

$$t = T \cdot U \cdot t_0 = 1 \cdot 1 \cdot 10 \text{ godzin} = 10 \text{ godzin},$$

$$I = 10 \text{ mA},$$

$$k_{\text{stropu}} = 1000000 \text{ dla napięcia } 100 \text{ kV (równoważnik ołowiu } 4.35 \text{ mm – patrz p.13.6.)}.$$

**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.

$$C_1 = 1.07 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$



Z wykresu (rys. 3, normy PN-86/J-80001) wynika grubość osłony 1.7 mm Pb dla napięcia 100 kV.

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

Ponieważ najmniejsza odległość w tym przypadku wynosi 3.5 m, moc dawki promieniowania ubocznego wyniesie:

$$\dot{D}_u = 61.2 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1},$$

a więc

$$D_u = 612 \mu\text{Gy}.$$

Zgodnie z rysunkiem 1 normy osłona ołowiana o grubości 4.35 mm Pb osłabi wiązkę promieniowania ubocznego  $k_{\text{ściany}} = 1000000$  razy.

Wobec tego tygodniowa dawka promieniowania ubocznego za osłoną wynosi:

$$D_u/k_{\text{ściany}} = 612/1000000 \mu\text{Gy} = 0.61 \text{ nGy}.$$

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.

## 12.7. Sufit.

Strop nie jest rozpatrywany jako osłona radiologiczna. Nie wykonano obliczeń.

## 13. Zestawienie osłon stałych.

### 13.1. Ściana A.

Z obliczeń wynika grubość osłony 1.0 mm Pb dla napięcia 100 kV dla osób znajdujących się w punkcie P<sub>A</sub>.

Z tablicy 7 normy PN-86/J-80001 wynika, że beton o grubości 230 mm i gęstości  $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  dla napięcia 100 kV jest równoważny 4.0 mm Pb. Ściana wykonana jest z betonu o minimalnej grubości 250 mm. Istniejąca osłona jest zatem równoważna 4.35 mm Pb napięcia 100 kV – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany 4.35 mm Pb.

### 13.2.1. Ściana B1.

Z obliczeń wynika grubość osłony 0.8 mm Pb dla napięcia 100 kV dla osób znajdujących się w punkcie P<sub>B1</sub>.

Z tablicy 9 normy PN-86/J-80001 wynika, 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. Ściana wykonana jest z materiału o gęstości  $1.0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . Po przeliczeniu zgodnie ze wzorem 3 gęstości materiału otrzymuję materiał o grubości 192 mm i gęstości  $1.0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  równoważny 1.0 mm Pb dla napięcia 100 kV. Grubość osłony wynosi 25 mm. Istniejąca osłona jest zatem równoważna 0.13 mm Pb dla napięcia 100 kV – wartość ta nie będzie brana pod uwagę w niniejszym opracowaniu.

Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany z punktu 12.2.1.1. – 0.8 mm Pb – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Drzwi ochronne (drzB1) i szkło ołowiane (okno Pb) muszą posiadać równoważnik ołowiu nie mniejszy niż 0.8 mm Pb dla napięcia 100 kV.

### **13.2.2. Ściana B2.**

Z obliczeń wynika grubość osłony 0.9 mm Pb dla napięcia 100 kV dla osób znajdujących się w punkcie P<sub>B2</sub>.

Jak ściana B1.

Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany z punktu 12.2.2.1. – 0.9 mm Pb – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Drzwi ochronne (drzB2) muszą posiadać równoważnik ołowiu nie mniejszy niż 0.9 mm Pb dla napięcia 100 kV.

### **13.2.3. Ściana B3.**

Z obliczeń wynika grubość osłony 1.1 mm Pb dla napięcia 100 kV dla osób znajdujących się w punkcie P<sub>B3</sub>.

Jak ściana B1.

Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany z punktu 12.2.3.1. – 1.1 mm Pb – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Drzwi ochronne (drzB3) muszą posiadać równoważnik ołowiu nie mniejszy niż 1.1 mm Pb dla napięcia 100 kV.

### **13.2.4. Ściana B4.**

Z obliczeń wynika grubość osłony 1.3 mm Pb dla napięcia 100 kV dla osób znajdujących się w punkcie P<sub>B4</sub>.

Jak ściana B1.

Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany z punktu 12.2.4.1. – 1.3 mm Pb – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Drzwi ochronne (drzB4) muszą posiadać równoważnik ołowiu nie mniejszy niż 1.3 mm Pb dla napięcia 100 kV.

### **13.3. Ściana C.**

Z obliczeń wynika grubość osłony 1.5 mm Pb dla napięcia 100 kV dla osób znajdujących się w punkcie P<sub>C</sub>.

Jak ściana B1.

Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany z punktu 12.3.1. – 1.5 mm Pb – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

### **13.4. Ściana D.**

Z obliczeń wynika grubość osłony 0.8 mm Pb dla napięcia 100 kV dla osób znajdujących się w punkcie P<sub>D</sub>.

Jak ściana B1.

Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany z punktu 12.4.1. – 0.8 mm Pb – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Drzwi ochronne (drzD) muszą posiadać równoważnik ołowiu nie mniejszy niż 0.8 mm Pb dla napięcia 100 kV.

### **13.5. Ściana E.**

Z obliczeń wynika grubość osłony 0.8 mm Pb dla napięcia 100 kV dla osób znajdujących się w punkcie P<sub>E</sub>.

Jak ściana B1.

Do obliczeń przyjmuję osłonność ściany z punktu 12.5.1. – 0.8 mm Pb – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

### 13.6. Podłoga.

Z obliczeń wynika grubość osłony 1.7 mm Pb dla napięcia 100 kV.

Z tablicy 7 normy PN-86/J-80001 wynika, że beton o grubości 230 mm i gęstości  $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  dla napięcia 100 kV jest równoważny 4.0 mm Pb. Strop wykonany jest z betonu o minimalnej grubości 250 mm. Istniejąca osłona jest zatem równoważna 4.35 mm Pb napięcia 100 kV – nie jest wymagana dodatkowa osłona.

Do obliczeń przyjmuję osłonność stropu 4.35 mm Pb.

### 13.6. Sufit.

Strop nie jest rozpatrywany jako osłona radiologiczna. Nie wykonano obliczeń.

## 14. Technologia wykonania osłon.

Z obliczeń wynika, że należy dosłonić następujące ściany:

- Ściany B1, D i E blachą ołowianą o grubości 0.8 mm Pb.
- Ścianę B2 blachą ołowianą o grubości 0.9 mm Pb.
- Ścianę B3 blachą ołowianą o grubości 1.1 mm Pb.
- Ścianę B4 blachą ołowianą o grubości 1.3 mm Pb.
- Ścianę C blachą ołowianą o grubości 1.5 mm Pb.

Ochronność projektowanych drzwi ochronnych powinna wynosić:

- drzB1 i drzD – 0.8 mm Pb,
- drzB2 – 0.9 mm Pb,
- drzB3 – 1.1 mm Pb,
- drzB4 – 1.3 mm Pb.

Ochronność projektowanej szyby ochronnej powinna wynosić 0.8 mm Pb dla napięcia 100 kV.

Ściana A nie wymaga dodatkowego zabezpieczenia.

Stropy nie wymagają dodatkowego zabezpieczenia.

Ze względu na dostępność na dobrą praktykę ujednolicania osłon w obrębie jednej pracowni zalecam dosłonić ściany B1-B4 i C blachą ołowianą o grubości 1.5 mm Pb oraz ściany D i E blachą ołowianą o grubości 1 mm Pb. Wówczas drzwi drzD1, drzD2, drzD3, drzD4 oraz szkło ołowiowe powinny posiadać równoważnik ołowiu 1.5 mm Pb, a drzwi drzE – 1 mm Pb.

## 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 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

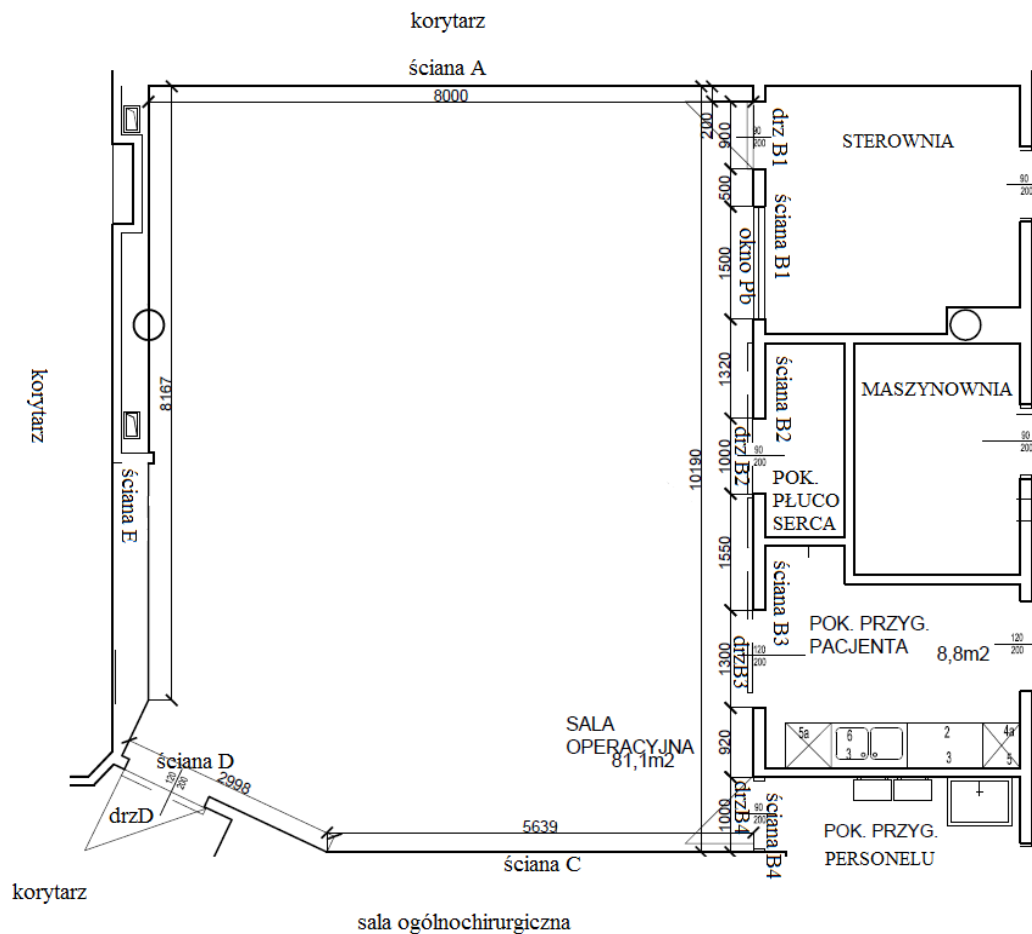
l.p.	Opis istniejących osłon	Równoważnik ołowiu dla projektowanej osłony	Minimalna grubość osłony z obliczeń	Uwagi
1.	Ściana A – ściana wewnętrzna wykonana z żelbetu. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ i grubości 25 cm.	4.35 mm Pb dla napięcia 100 kV	1.0 mm Pb dla napięcia 100 kV.	Osłona jest wystarczająca
2.1.	Ściana B1 – ściana wewnętrzna wykonana z płyty g-k na ruszcie stalowym. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości $1.0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ i grubości 2.5 cm. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzB1) i okno ochronne (okno Pb).	1.5 mm Pb dla napięcia 100 kV, szyba 1.5 mm Pb drzwi 1.5 mm Pb	0.8 mm Pb dla napięcia 100 kV.	Osłona jest wystarczająca Osłonność drzwi jest wystarczająca Osłonność szyby jest wystarczająca
2.2.	Ściana B2 – jak ściana B1. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzB2).	1.5 mm Pb dla napięcia 100 kV, drzwi 1.5 mm Pb	0.9 mm Pb dla napięcia 100 kV.	Osłona jest wystarczająca Osłonność drzwi jest wystarczająca
2.3.	Ściana B3 – jak ściana B1. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzB3).	1.5 mm Pb dla napięcia 100 kV, drzwi 1.5 mm Pb	1.1 mm Pb dla napięcia 100 kV.	Osłona jest wystarczająca Osłonność drzwi jest wystarczająca
2.4.	Ściana B4 – jak ściana B1. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzB4).	1.5 mm Pb dla napięcia 100 kV, drzwi 1.5 mm Pb	1.3 mm Pb dla napięcia 100 kV.	Osłona jest wystarczająca Osłonność drzwi jest wystarczająca
3.	Ściana C – jak ściana B1.	1.5 mm Pb dla napięcia 100 kV.	1.5 mm Pb dla napięcia 100 kV.	Osłona jest wystarczająca
4.	Ściana D – jak ściana B1. W ścianie tej znajdują się drzwi ochronne (drzD).	1.0 mm Pb dla napięcia 100 kV, drzwi 1 mm Pb	0.8 mm Pb dla napięcia 100 kV,	Osłona jest wystarczająca Osłonność drzwi jest wystarczająca

5.	Ściana E – jak ściana B1.	1.0 mm Pb dla napięcia 100 kV.	0.8 mm Pb dla napięcia 100 kV.	Osłona jest wystarczająca
6.	Podłoga – strop żelbetowy o grubości 20 cm pokryty 5 cm wylewką betonową. Do obliczeń przyjmuję materiał o gęstości $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ i grubości 25 cm.	4.35 mm Pb dla napięcia 100 kV	1.7 mm Pb dla napięcia 100 kV.	Osłona jest wystarczająca
7.	Sufit – jak podłoga. Strop nie jest rozpatrywany jako osłona radiologiczna.	Nie dotyczy	Nie dotyczy	Nie dotyczy

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

*mgr Robert Chrenowicz*



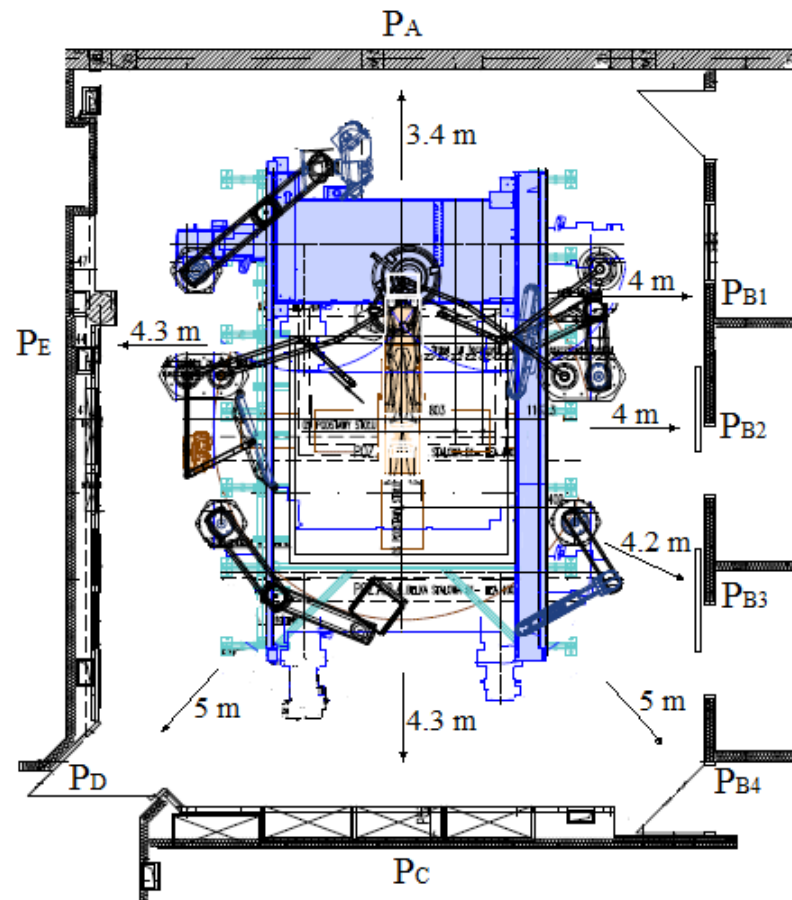


Skala 1:100

Sala operacyjna hybrydowa  
 Ars Medical Sp. z o.o.  
 Al. Wojska Polskiego 43  
 64-920 Piła

Plan pracowni RTG - opis ścian

rys. 1



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

*mgr Robert Chrenowicz*

*Robert Chrenowicz*

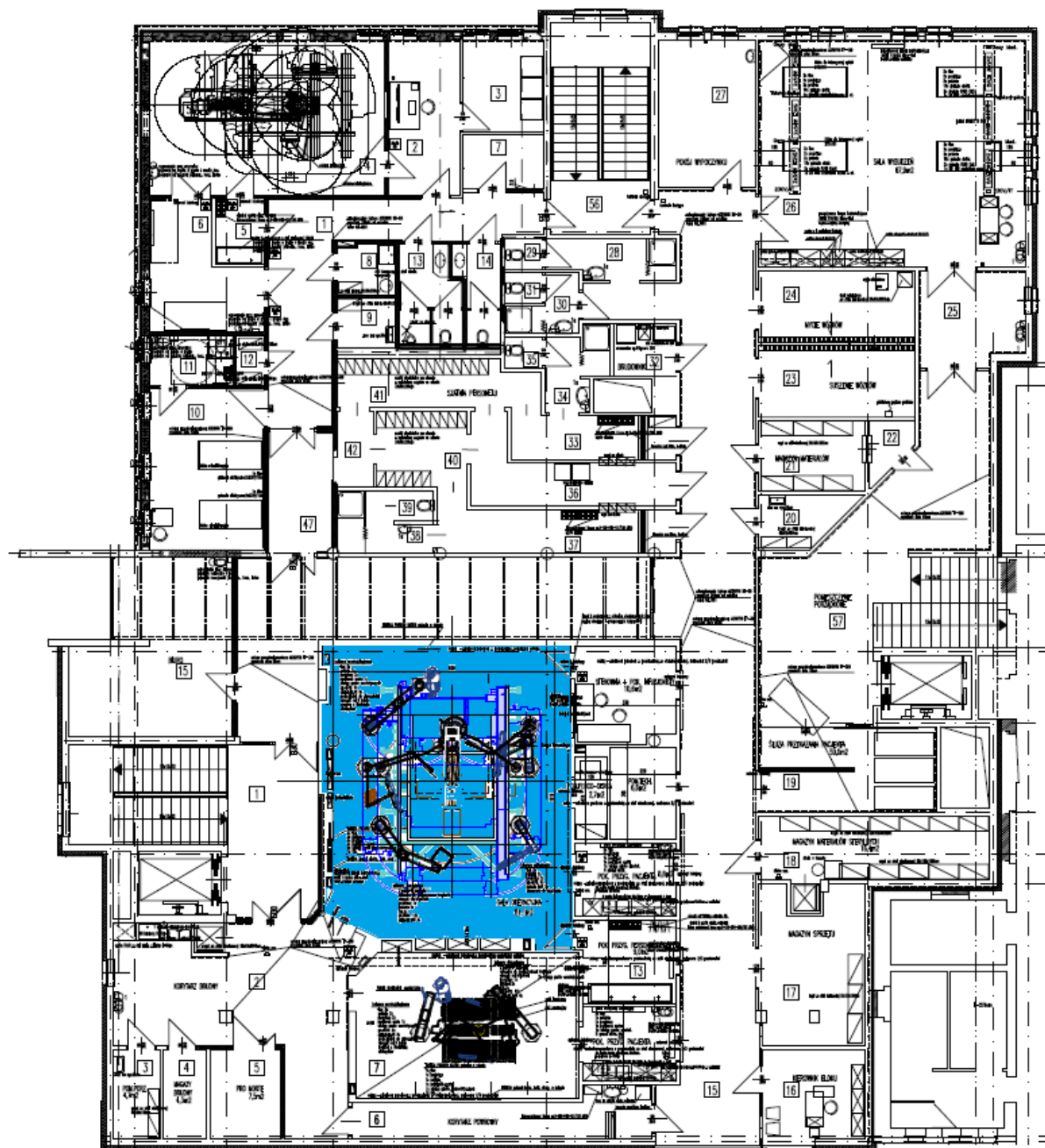
skala 1:100

Sala operacyjna hybrydowa  
Ars Medical Sp. z o.o.  
Al. Wojska Polskiego 43  
64-920 Piła

Ostony przed promieniowaniem RTG

rys. 2





Sala operacyjna hybrydowa  
Ars Medical Sp. z o.o.  
Al. Wojska Polskiego 43  
64-920 Piła  
Plan ogólny  
rys. 3