

PROJEKT OSŁON STAŁYCH

| | |
|----------------------|--|
| inwestor | UNIwersytet Jagielloński Collegium Medicum ul. św. Anny 12; 31-008 Kraków |
| obiekt | NOWA SIEDZIBA SZPITALA UNIwersyteckiego UNIwersytetu Jagiellońskiego Collegium Medicum w Krakowie- PROKOCIMIU- BUDYNEK F + E |
| pomieszczenie | Sala Operacyjna- hybrydowa - pomieszczenie F.BO 3.71 |
| projektant | mgr Kamil Kamiński |

SPIS TREŚCI

| | |
|---|-----------|
| 1. CEL PROJEKTU | 2 |
| 2. DOKUMENTY BĘDĄCE PODSTAWĄ PROJEKTU | 2 |
| 3. PARAMETRY POMIESZCZENIA | 2 |
| 4. METODYKA OBLICZEŃ WYMAGANEJ GRUBOŚCI OSŁON STAŁYCH | 2 |
| 5. KONSTRUKCJA ISTNIEJĄCYCH PRZEGRÓD BUDOWLANYCH | 3 |
| 6. PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE | 4 |
| 6.1. PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE APARATU RTG | 4 |
| 6.2. PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE TOMOGRAFU KOMPUTEROWEGO | 5 |
| 7. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE | 5 |
| 7.1. ZAŁOŻENIA PRZYJĘTE DO OBLICZEŃ | 5 |
| 7.2. PARAMETRY EKSPOZYCJI RTG | 7 |
| 7.3. WSPÓŁCZYNNIKI PRAWDOPODOBIENSTWA PRZEBYWANIA LUDZI - T ORAZ DOPUSZCZALNE DAWKI TYGODNIOWE ZA OSŁONAMI - D | 8 |
| 7.4. CZAS NARAŻENIA | 8 |
| 7.5. WYNIKI OBLICZEŃ WYMAGANEJ GRUBOŚCI OSŁON STAŁYCH WYZNACZONYCH NA PODSTAWIE POLSKIEJ NORMY PN-86/J-80001 | 10 |
| 7.6. WYNIKI OBLICZEŃ WYMAGANEJ GRUBOŚCI OSŁON STAŁYCH WYZNACZONYCH NA PODSTAWIE RAPORTU NCRP NR 147 | 16 |
| 7.7. PORÓWNANIE WYZNACZONYCH WYMAGANYCH GRUBOŚCI OSŁON Z OŁOWIU | 18 |
| 8. WNIOSKI I ZALECENIA | 19 |
| 8.1. ZESTAWIENIE MINIMALNEJ GRUBOŚCI DODATKOWYCH OSŁON DLA PRZEGRÓD BUDOWLANYCH | 19 |
| 8.2. ZESTAWIENIE MINIMALNEJ GRUBOŚCI DODATKOWYCH OSŁON DLA DRZWI | 20 |
| 9. ZNAKI I OŚWIETLENIE OSTRZEGAWCZE | 20 |

1. CEL PROJEKTU

Celem sporządzenia projektu jest obliczenie wymaganej grubości osłon stałych przed promieniowaniem rtg dla Sali Operacyjnej- hybrydowej - pomieszczenie F.BO 3.71, który znajdować się będzie na Bloku Operacyjnym na III piętrze budynku szpitala.

W sali zainstalowany będzie jednopłaszczyznowy angiograf rtg do zabiegów hybrydowych firmy GE Medical Systems model Discovery IGS 7, oraz mobilny tomograf komputerowy.

W sali będą realizowane także radioterapeutyczne zabiegi śródoperacyjne.

2. DOKUMENTY BĘDĄCE PODSTAWĄ PROJEKTU

1. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (tekst jednolity Dz. U. z 2018 r. poz. 792).
2. Obwieszczenie Ministra Zdrowia z dnia 3 kwietnia 2017 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej (Dz. U. z 2017 poz. 884).
3. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. nr 180 poz. 1325).
4. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. nr 20 poz. 168).
5. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 czerwca 2015 r. w sprawie dokumentów wymaganych przy składaniu wniosku o wydanie zezwolenia na wykonywanie działalności związanej z narażeniem na działanie promieniowania jonizującego albo przy zgłoszeniu wykonywania tej działalności (Dz. U. 2015 poz. 1355).
6. Polska Norma PN-86/J-80001 - Obliczenie osłon stałych.
7. National Council on Radiation Protection and Measurements, Report No. 147 - *Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities* (2004).
8. Projekt budowlany.
9. Dokumentacja producenta System Discovery™ IGS 7 OR Data Sheet_2018.

3. PARAMETRY POMIESZCZENIA

Zgodnie z § 5. 1. rozp. Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. nr 180 poz. 1325) powierzchnia pomieszczenia, w którym jest zainstalowany aparat rentgenowski do radiologii zabiegowej nie może być mniejsza niż 20 m². Wysokość gabinetu nie może być mniejsza niż 2,5 m.

Powierzchnia sali wynosi 80,10 m², a jej wysokość (mierzona od wykończonej posadzki do spodu stropu powyżej) wynosi 3,60 m. Wymiary pomieszczenia są więc wystarczające dla zainstalowania aparatu rtg do radiologii zabiegowej.

4. METODYKA OBLICZEŃ WYMAGANEJ GRUBOŚCI OSŁON STAŁYCH

Obliczenia wymaganej grubości osłon stałych wykonano na podstawie Polskiej Normy PN - 86/J - 80001 (wydanie 3 z 1992 r.) „Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych.”

Do obliczeń przyjęto wartości dawek granicznych podane w § 2.1 i § 3.1. rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. Nr 180 poz.1325).

Dodatkowo przeprowadzono analizę wymaganych osłon stałych wyznaczając je na podstawie zaleceń National Council on Radiation Protection & Measurements zawartych w „Report No. 147: Structural Shielding Design for X-ray Imaging”.

5. KONSTRUKCJA ISTNIEJĄCYCH PRZEGRÓD BUDOWLANYCH

| Oznaczenie na rysunku | Opis i konstrukcja przegrody | Parametry osłony | | |
|--------------------------|--|----------------------|----------------------|-----------------------|
| | | gęstość materiału | grubość materiału | równoważnik ołowiu |
| | | g/cm ³ | mm | mm Pb |
| 1-2 | - ściana betonowa gr. 25 cm od wewnątrz panel wykończeniowy . | 2,2 | 250 | 4,3 |
| 2-3 | - ściana betonowa gr. 20 cm od wewnątrz panel wykończeniowy . | 2,2 | 200 | 3,5 |
| 3-4 | - ściana betonowa gr. 25 cm od wewnątrz panel wykończeniowy . | 2,2 | 250 | 4,3 |
| 4-5 | - ściana betonowa gr. 25 cm od wewnątrz panel wykończeniowy . | 2,2 | 250 | 4,3 |
| 5-6 | - ściana systemowa na konstrukcji stalowej - panel ścienny* z blachą ołowianą o grubości 1,5 mm | - | - | 1,5 |
| 6-7 | - ściana systemowa na konstrukcji stalowej - panel ścienny* z blachą ołowianą o grubości 1,5 mm | - | - | 1,5 |
| 7-8 | - ściana systemowa na konstrukcji stalowej - panel ścienny* z blachą ołowianą o grubości 1,0 mm | - | - | 1,0 |
| 8-9 | - ściana betonowa gr. 20 cm od wewnątrz panel wykończeniowy . | 2,2 | 200 | 3,5 |
| 9-1 | - ściana betonowa gr. 20 cm od wewnątrz panel wykończeniowy . | 2,2 | 200 | 3,5 |
| SD | <i>strop dolny</i> wylewka betonowa gr. min. 5,0 cm warstwa rozdzielająca - folia PE, izolacja termiczna, strop żelbetowy, B5-B9 – 20,0 cm | 2,2 | 250 | 4,4 |
| SG | <i>strop górny</i> wylewka betonowa gr. min. 5,0 cm warstwa rozdzielająca - folia PE, izolacja termiczna, strop żelbetowy, B5-B9 – 20,0 cm | 2,2 | 250 | 4,4 |

* Panel ścienny konstrukcja : Płyta G-K 18 mm, stal nierdzewna gr. 1 mm, tafla szkła hartowanego termicznie. Panel ścienny został wzmocniony blachą ołowianą zgodnie z opisem.

6. PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE

6.1. PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE APARATU RTG

| Typ | jednopłaszczyznowy angiograf rtg do zabiegów hybrydowych | |
|--|--|---------------------|
| parametr | jednostka | wartość |
| Zakres napięcia anodowego | kV | 50 - 125 |
| maksymalny prąd anodowy w trybie fluoroskopii pulsacyjnej | mA | 130 |
| szerokość impulsu | ms | 4 |
| liczba pulsów w czasie 1 s | puls/s | 3,75 / 7,5 / 15/ 30 |
| Lampa | | |
| Filtracja zewnętrzna | mm Cu | 0,1 / 0,2 / 0,3 |
| Ogniska wg normy IEC 60336 | - | 0,3 / 0,6 / 1,0 |
| Promieniowanie uboczne w odległości 1 m dla 100 kV | mGy/h | < 0,40 |
| Typ anody | wirująca | |
| Ramie C | | |
| SID | cm | 115 |
| Detektor obrazowy | | |
| typ | płaski detektor cyfrowy z matrycą z amorficznego krzemu i scyntylatorem z jodku cezu | |
| rozmiar | cm | 31 x 31 |

6.2. PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE TOMOGRAFU KOMPUTEROWEGO

| Typ | wielorzędowy tomograf komputerowy | |
|---|-----------------------------------|-------------------|
| parametr | jednostka | wartość |
| Generator | | |
| Zakres napięcia anodowego | kV | 80, 100, 120, 140 |
| Zakres prądu anodowego | mA | 20 - 800 |
| Lampa rtg | | |
| ogniska nominalne (IEC 366/82) | - | 0.7 / 0,9 |
| promieniowanie uboczne w odległości 1 m dla 125 kV | mGy/h | < 0,8 |
| Gantry | | |
| średnica | cm | 78 |
| Czas pojedynczego obrotu lampy | s | 0.3 – 1,0 |
| Szerokość warstwy | mm | 0,1 - 10 |
| Pitch factor | - | 0,3 – 1,5 |
| Maksymalny czas skanu spiralnego | s | 80 |
| Akwizycja danych | | |
| max. liczba warstw / obrót | - | 128 |
| liczba rzędów detektorów | - | 128 |

7. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

7.1. ZAŁOŻENIA PRZYJĘTE DO OBLICZEŃ

7.1.1. ANGIOGRAF RTG

- Liczbę wykonywanych ekspozycji przyjęto na podstawie uzgodnień dokonanych z użytkownikiem aparatu rtg.
- Przyjęto na podstawie danych producenta, że wiązka pierwotna będzie całkowicie pochłaniana w płaskim panelu cyfrowym, a na osłony stałe oddziaływać będzie promieniowanie rozproszone od tkanki pacjenta oraz promieniowanie rozproszone od płaskiego detektora obrazowego.
- Przyjęto do obliczeń maksymalne parametry ekspozycji stosowane w zabiegach hybrydowych tj. $U = 90 \text{ kV}$, $I = 140 \text{ mA}$, czas procedury $t = 30 \text{ min}$.
- Uwzględniono jednocześnie długość trwania impulsu równą 4 ms oraz maksymalną liczbę $7,5$ impulsów w czasie 1 s w trybie fluoroskopii pulsacyjnej DSA.
- Odczytów z nomogramów zamieszczonych w Polskiej Normie PN-86/J-80001 (wydanie 3 z 1992 r.) „Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych.” dokonano dla napięcia 100 kV , co jest wystarczającym przybliżeniem dla założonych wartości napięcia anodowego aparatu rtg.

- f) Wymagane grubości ołowiu dla zredukowanej mocy dawki C1 oraz C2 odczytano dla napięcia 100 kV, co jest wystarczającym przybliżeniem dla założonych wartości napięcia anodowego.
- g) Analizy wielkości promieniowania ubocznego dokonano na podstawie wartości dawki podawanej przez producenta lampy rtg.
- h) Wielkość dopuszczalnej dawki tygodniowej przyjęto zgodnie z punktem 2.7 normy PN-86/J-80001 - Obliczenia osłon stałych przyjmując założenie, że dawka tygodniowa jaką może otrzymać osoba przebywająca w miejscu osłanianym nie może przekraczać dawki dopuszczalnej określonej w przepisach.
- i) Wymaganą grubość osłon stałych przed promieniowaniem rtg rozproszonym przez płaski panel cyfrowy odczytano z diagramów zamieszczonych w PN-86/J-80001 dla przyjętego napięcia oraz obliczonej zredukowanej mocy dawki promieniowania X rozproszonego przez beton lub cegłę C2 dokonując odpowiedniego przeliczenia dla stali zgodnie z tabelą 11.
- j) Dopuszczalne dawki przyjęto podstawie rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi.
- k) We wnioskach końcowych dokonano analizy równoważnika grubości ołowiu istniejących osłon stałych w odniesieniu do maksymalnych wartości grubości osłon z ołowiu przed promieniowaniem rozproszonym od tkanki oraz promieniowaniem rozproszonym od elementów zestawu rtg obliczonych dla poszczególnych osłon stałych.

7.1.2. MOBILNY TOMOGRAF KOMPUTEROWY

- a) Przyjęto, że wiązka pierwotna oraz promieniowanie uboczne jest całkowicie pochłaniana w gantry tomografu komputerowego, dlatego analizę wymaganej ochronności osłon stałych ograniczono do narażenia jakie pochodzi od promieniowania rozproszonego od ciała pacjenta, oraz promieniowania rozproszonego od wielowarstwowej struktury detektorów ceramicznych umieszczonych na wewnętrznym obwodzie gantry tomografu.
- b) Do obliczeń przyjęto następujące parametry ekspozycji podane przez producenta dla typowych protokołów tomograficznych : wartość napięcia (kV), czas pojedynczego obrotu lampy (s), szerokość warstwy skanowanej (mm), współczynnik skoku spirali, typowy zakres skanowania (mm) i odniesiony do niego czas ekspozycji (s).
- c) Prąd anodowy obliczono na podstawie podanego dla danego protokołu efektywnego produktu mAs uwzględniając współczynnik skoku spirali oraz czas pojedynczego obrotu lampy.
- d) Na podstawie analizy typowych realizowanych protokołów w pracowni przyjęto uśrednione parametry ekspozycji.
- e) Odczytów z nomogramów i tabel zamieszczonych w Polskiej Normie PN - 86/J - 80001 (wydanie 2 z 1992 r.) „Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych.” dokonano dla napięcia 100 kV co jest wystarczającym przybliżeniem dla przyjętego nominalnego napięcia dla tomografu komputerowego oraz aparatu rtg z ramieniem C.
- f) Wymaganą grubość osłon stałych przed promieniowaniem rtg rozproszonym przez struktury detektorów ceramicznych w gantry odczytano z diagramów zamieszczonych w PN-86/J-80001 dla przyjętego napięcia oraz obliczonej zredukowanej mocy dawki promieniowania X rozproszonego przez beton lub cegłę C2 dokonując odpowiedniego przeliczenia dla stali zgodnie z tabelą 11.

7.1.3. DOPUSZCZALNE DAWKI ZA OSŁONAMI

- a) Dopuszczalne dawki przyjęto podstawie rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi.

- b) W Sali Operacyjnej będą użytkowane dwa źródła promieniowania - angiograf oraz mobilny tomograf komputerowy, dlatego zgodnie z pkt. 2.7.1 PN-86/J-80001 do obliczeń wymaganej grubości osłon przyjęto połowę dawki tygodniowej określonej w powyższym rozporządzeniu.

7.2. PARAMETRY EKSPOZYCJI RTG

7.2.1. ANGIOGRAF RTG

| <i>Parametr</i> | <i>Oznaczenie</i> | <i>Wartość</i> | <i>Jednostka</i> |
|-------------------------------------|-------------------|--------------------|------------------|
| napięcie maksymalne | U_{nom} | 90 | kV |
| prąd maksymalny | I_{nom} | 130 | mA |
| czas procedury | t_p | 30 | min |
| | | 1 800 | s |
| długość impulsu | t_{imp} | 4 | ms |
| liczba impulsów na sekundę | pps | 7,5 | - |
| czas ekspozycji w trakcie procedury | t_e | 54 | s |
| liczba procedur tygodniowo | - | 15 | - |
| czas pracy źródła | t_o | 13,5 | min |
| | | 0,23 | h |
| wymiary panelu cyfrowego | | 0,31 x 0,31 | m |
| powierzchnia panelu cyfrowego | s | 0,096 | m ² |
| SID | f | 1,15 | m |

7.2.2. MOBILNY TOMOGRAF KOMPUTEROWY

| <i>Parametr</i> | <i>Oznaczenie</i> | <i>Wartość</i> | <i>Jednostka</i> |
|---|-------------------|----------------|------------------|
| napięcie nominalne | U_{nom} | 120 | kV |
| prąd nominalny | I_{nom} | 300 | mA |
| średni czas pracy lampy dla jednego protokołu | t_p | 5 | min |
| | | 30 | s |
| liczba protokołów dziennie | - | 5 | |
| liczba dni | - | 6 | |
| liczba protokołów tygodniowo | - | 30 | - |
| czas pracy źródła tygodniowo | t_o | 75,0 | min |
| | | 1,25 | h |
| szerokość matrycy detektorów | r | 0,10 | m |
| powierzchnia rozpraszająca | s | 0,02 | m ² |
| SID | f | 0,70 | m |

7.3. WSPÓŁCZYNNIKI PRAWDOPODOBIENSTWA PRZEBYWANIA LUDZI - T ORAZ DOPUSZCZALNE DAWKI TYGODNIOWE ZA OSŁONAMI - D

| <i>osłona</i> | <i>opis pomieszczenia za osłoną</i> | <i>nr na rysunku</i> | <i>T</i> | <i>D [μGy]</i> |
|---------------|-------------------------------------|----------------------|----------|----------------|
| 1-2 | Sala operacyjna - hybrydowa | F.BO 3.68 | 1,0 | 4,35 |
| 2-3 | Komunikacja / korytarz materiałowy | F.BO 3.65 | 0,25 | 4,35 |
| | Przedsiónek | F.BO 3.74 | | |
| | Pom. mycia i dezynfekcji | F.BO 3.18 | | |
| 3-4 | Pom. mycia i dezynfekcji | F.BO 3.18 | 0,25 | 4,35 |
| 4-5 | Pom. techniczne | F.BO 3.71a | 0,25 | 4,35 |
| 5-6 | Pom. przygotowania lekarzy | F.BO 3.70 | 0,25 | 4,35 |
| 6-7 | Pom. przygotowawcze | F.BO 3.87 | 0,25 | 4,35 |
| 7-8 | Sterownia | F.BO 3.71b | 1,0 | 26,1 |
| 8-9 | Sterownia | F.BO 3.71b | 1,0 | 26,1 |
| 9-1 | Pom. techniczne | F.BO 3.68a | 0,25 | 4,35 |
| SD | Pom. szpitalne | - | 1,0 | 4,35 |
| SG | Pom. szpitalne | - | 1,0 | 4,35 |

7.4. CZAS NARAŻENIA

7.4.1. ANGIOGRAF RTG

| <i>osłona</i> | <i>t_o</i> | | <i>T</i> | <i>U</i> | <i>t</i> | |
|---------------|----------------------|----------|----------|----------|------------|----------|
| | <i>min</i> | <i>h</i> | | | <i>min</i> | <i>h</i> |
| 1-2 | 13,5 | 0,23 | 1,00 | 1 | 13,5 | 0,23 |
| 2-3 | 13,5 | 0,23 | 0,25 | 1 | 3,4 | 0,06 |
| 3-4 | 13,5 | 0,23 | 0,25 | 1 | 3,4 | 0,06 |
| 4-5 | 13,5 | 0,23 | 0,25 | 1 | 3,4 | 0,06 |
| 5-6 | 13,5 | 0,23 | 0,25 | 1 | 3,4 | 0,06 |
| 6-7 | 13,5 | 0,23 | 0,25 | 1 | 3,4 | 0,06 |
| 7-8 | 13,5 | 0,23 | 1,00 | 1 | 13,5 | 0,23 |
| 8-9 | 13,5 | 0,23 | 1,00 | 1 | 13,5 | 0,23 |
| 9-1 | 13,5 | 0,23 | 0,25 | 1 | 3,38 | 0,06 |
| SD | 13,5 | 0,23 | 1,00 | 1 | 13,50 | 0,23 |
| SG | 13,5 | 0,23 | 1,00 | 1 | 13,50 | 0,23 |

7.4.2. MOBILNY TOMOGRAF KOMPUTEROWY

| <i>osłona</i> | <i>t_o</i> | | <i>T</i> | <i>U</i> | <i>t</i> | |
|---------------|----------------------|----------|----------|----------|------------|----------|
| | <i>min</i> | <i>h</i> | | | <i>min</i> | <i>h</i> |
| 1-2 | 75,0 | 1,25 | 1,00 | 1 | 75,0 | 1,25 |
| 2-3 | 75,0 | 1,25 | 0,25 | 1 | 18,8 | 0,31 |
| 3-4 | 75,0 | 1,25 | 0,25 | 1 | 18,8 | 0,31 |
| 4-5 | 75,0 | 1,25 | 0,25 | 1 | 18,8 | 0,31 |
| 5-6 | 75,0 | 1,25 | 0,25 | 1 | 18,8 | 0,31 |
| 6-7 | 75,0 | 1,25 | 0,25 | 1 | 18,8 | 0,31 |
| 7-8 | 75,0 | 1,25 | 1,00 | 1 | 75,0 | 1,25 |
| 8-9 | 75,0 | 1,25 | 1,00 | 1 | 75,0 | 1,25 |
| 9-1 | 75,0 | 1,25 | 0,25 | 1 | 18,8 | 0,31 |
| SD | 75,0 | 1,25 | 1,00 | 1 | 75,0 | 1,25 |
| SG | 75,0 | 1,25 | 1,00 | 1 | 75,0 | 1,25 |

7.5. WYNIKI OBLICZEŃ WYMAGANEJ GRUBOŚCI OSŁON STAŁYCH WYZNACZONYCH NA PODSTAWIE POLSKIEJ NORMY PN-86/J-80001

7.5.1. ANGIOGRAF RTG

A) GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROM. X ROZPROSZONYM OD TKANKI

bez uwzględniania promieniowania ubocznego

| osłona | odległość przedmiotu rozpraszającego od miejsca osłanianego | zredukowana moc dawki C1 | odczytana grubość osłony z ołowiu |
|---|---|--|---|
| | m | $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ | mm Pb |
| 1-2 | 4,58 | 3,1 | 1,2 |
| 2-3 | 6,12 | 21,8 | 0,6 |
| 3-4 | 3,65 | 7,8 | 0,8 |
| 4-5 | 3,65 | 7,8 | 0,8 |
| 5-6 | 6,24 | 22,7 | 0,6 |
| 6-7 | 8,19 | 39,0 | 0,4 |
| 7-8 | 5,39 | 25,4 | 0,6 |
| 8-9 | 5,24 | 24,0 | 0,6 |
| 9-1 | 5,72 | 19,0 | 0,7 |
| SD | 1,40 | 0,3 | 2,0 |
| SG | 3,50 | 1,8 | 1,5 |
| Obliczeń oraz odczytów dokonano dla napięcia 100 kV | | | |

B) GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROM. X ROZPROSZONYM OD DETEKTORA OBRAZOWEGO*bez uwzględniania promieniowania ubocznego*

| <i>osłona</i> | <i>odległość przedmiotu rozpraszającego od miejsca osłanianego</i> | <i>zredukowana moc dawki C2</i> | <i>odczytana grubość osłony z ołowiu</i> | <i>przeliczona grubość osłony z ołowiu</i> |
|---|--|--|--|--|
| | m | $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ | mm Pb | mm Pb |
| 1-2 | 4,58 | 55,6 | 0,80 | 0,52 |
| 2-3 | 6,12 | 397,1 | 0,25 | 0,16 |
| 3-4 | 3,65 | 141,2 | 0,55 | 0,36 |
| 4-5 | 3,65 | 141,2 | 0,55 | 0,36 |
| 5-6 | 6,24 | 412,8 | 0,25 | 0,16 |
| 6-7 | 8,19 | 711,2 | 0,10 | 0,07 |
| 7-8 | 5,39 | 462,0 | 0,15 | 0,10 |
| 8-9 | 5,24 | 436,7 | 0,15 | 0,10 |
| 9-1 | 5,72 | 346,9 | 0,25 | 0,16 |
| SD | 1,40 | 5,2 | 1,50 | 0,98 |
| SG | 3,50 | 32,5 | 1,00 | 0,65 |
| Obliczeń oraz odczytów dokonano dla napięcia 100 kV | | | | |

C) GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROMIENIOWANIEM UBOCZNYM

Do obliczeń przyjęto wartość mocy dawki promieniowania ubocznego $\dot{D}_u = 0,8 \text{ mGy/h} = 800 \text{ }\mu\text{Gy/h}$

| osłona | \dot{D}_u | t | D_u | D_{ul} | r | k | D_{uo} | D_d | D_{uo}/D_d |
|--------|------------------|------|----------------|----------------|----------|------|----------------|----------------|--------------|
| | $\mu\text{Gy/h}$ | h | μGy | μGy | mm Pb | - | μGy | μGy | % |
| 1-2 | 800 | 0,23 | 184,0 | 8,77 | 1,2 | 700 | 0,0125 | 4,35 | 0,288 |
| 2-3 | 800 | 0,06 | 46,0 | 1,23 | 0,6 | 150 | 0,0082 | 4,35 | 0,188 |
| 3-4 | 800 | 0,06 | 46,0 | 3,45 | 0,8 | 200 | 0,0173 | 4,35 | 0,397 |
| 4-5 | 800 | 0,06 | 46,0 | 3,45 | 0,8 | 200 | 0,0173 | 4,35 | 0,397 |
| 5-6 | 800 | 0,06 | 46,0 | 1,18 | 0,6 | 150 | 0,0079 | 4,35 | 0,181 |
| 6-7 | 800 | 0,06 | 46,0 | 0,69 | 0,4 | 40 | 0,0171 | 4,35 | 0,394 |
| 7-8 | 800 | 0,23 | 184,0 | 6,33 | 0,6 | 150 | 0,0422 | 26,1 | 0,162 |
| 8-9 | 800 | 0,23 | 184,0 | 6,70 | 0,6 | 150 | 0,0447 | 26,1 | 0,171 |
| 9-1 | 800 | 0,06 | 46,0 | 1,41 | 0,7 | 200 | 0,0070 | 4,35 | 0,162 |
| SD | 800 | 0,23 | 184,0 | 93,88 | 2,0 | 7000 | 0,0134 | 4,35 | 0,308 |
| SG | 800 | 0,23 | 184,0 | 15,02 | 1,5 | 2000 | 0,0075 | 4,35 | 0,173 |

\dot{D}_u - przyjęta wartość mocy dawki promieniowania ubocznego

t - czas narażenia

D_u - dawka promieniowania ubocznego

D_{ul} - dawka promieniowania ubocznego w odległości l

r - równoważnik ołowiu osłony

k - krotność osłabienia osłony

D_{uo} - dawka promieniowania ubocznego za osłoną

D_d - dopuszczalna tygodniowa dawka promieniowania za osłoną

D_{uo}/D_d - dawka promieniowania ubocznego wyrażona jako procent dopuszczalnej dawki za osłoną

Z obliczeń wynika, że dawka tygodniowa promieniowania ubocznego, wyznaczona za osłonami przed promieniowaniem rozproszonym, jest mniejsza niż 10 % dawki tygodniowej.

Zgodnie z punktem 2.5.4. normy PN-86/J-80001 grubość osłon pozostaje bez zmiany.

7.5.2. MOBILNY TOMOGRAF KOMPUTEROWY

A) GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROM. X ROZPROSZONYM OD TKANKI

bez uwzględniania promieniowania ubocznego

| <i>osłona</i> | <i>odległość przedmiotu rozpraszającego od miejsca osłanianego</i> | <i>zredukowana moc dawki C1</i> | <i>odczytana grubość osłony z ołowiu</i> |
|---|--|--|--|
| | m | $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ | mm Pb |
| 1-2 | 4,58 | 0,24 | 2,0 |
| 2-3 | 6,12 | 1,74 | 1,5 |
| 3-4 | 3,65 | 0,62 | 2,0 |
| 4-5 | 3,65 | 0,62 | 2,0 |
| 5-6 | 6,24 | 1,81 | 1,5 |
| 6-7 | 8,19 | 3,11 | 1,1 |
| 7-8 | 5,39 | 2,02 | 1,5 |
| 8-9 | 5,24 | 1,91 | 1,5 |
| 9-1 | 5,72 | 1,52 | 1,6 |
| SG | 1,40 | 0,02 | 2,0 |
| SD | 3,50 | 0,14 | 2,0 |
| Obliczeń oraz odczytów dokonano dla napięcia 100 kV | | | |

B) GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROM. X ROZPROSZONYM OD WARSTWY DETEKTORÓW GANTRY

bez uwzględniania promieniowania ubocznego

| <i>osłona</i> | <i>odległość przedmiotu rozpraszającego od miejsca osłanianego</i> | <i>zredukowana moc dawki C2</i> | <i>odczytana grubość osłony z ołowiu</i> | <i>przeliczona grubość osłony z ołowiu</i> |
|---|--|--|--|--|
| | m | $\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ | mm Pb | mm Pb |
| 1-2 | 4,58 | 2,9 | 1,70 | 1,11 |
| 2-3 | 6,12 | 20,9 | 1,10 | 0,72 |
| 3-4 | 3,65 | 7,4 | 1,40 | 0,91 |
| 4-5 | 3,65 | 7,4 | 1,40 | 0,91 |
| 5-6 | 6,24 | 21,7 | 1,10 | 0,72 |
| 6-7 | 8,19 | 37,4 | 0,90 | 0,59 |
| 7-8 | 5,39 | 24,3 | 1,00 | 0,65 |
| 8-9 | 5,24 | 22,9 | 1,00 | 0,65 |
| 9-1 | 5,72 | 18,2 | 1,10 | 0,72 |
| SG | 1,40 | 0,3 | 2,25 | 1,46 |
| SD | 3,50 | 1,7 | 2,00 | 1,30 |
| Obliczeń oraz odczytów dokonano dla napięcia 100 kV | | | | |

7.5.3. ZESTAWIENIE WYMAGANYCH GRUBOŚCI OSŁON Z OŁOWIU ZGODNYCH Z PN-86/J-80001

| osłona | obliczona grubość osłony | | | | przyjęta wymagana grubość warstwy ołowiu dla osłony |
|--------|--|------------|---|------------|---|
| | przed promieniowaniem rozproszonym od tkanki | | przed promieniowaniem rozproszonym od detektora | | |
| | mm Pb (dla napięcia 100 kV) | | | | |
| | angiograf rtg | mobilny TK | angiograf rtg | mobilny TK | |
| 1-2 | 1,2 | 2,0 | 0,52 | 1,11 | 2,0 |
| 2-3 | 0,6 | 1,5 | 0,16 | 0,72 | 1,5 |
| 3-4 | 0,8 | 2,0 | 0,36 | 0,91 | 2,0 |
| 4-5 | 0,8 | 2,0 | 0,36 | 0,91 | 2,0 |
| 5-6 | 0,6 | 1,5 | 0,16 | 0,72 | 1,5 |
| 6-7 | 0,4 | 1,1 | 0,07 | 0,59 | 1,1 |
| 7-8 | 0,6 | 1,5 | 0,10 | 0,65 | 1,5 |
| 8-9 | 0,6 | 1,5 | 0,10 | 0,65 | 1,5 |
| 9-1 | 0,7 | 1,6 | 0,16 | 0,72 | 1,6 |
| SD | 2,0 | 2,0 | 0,98 | 1,46 | 2,0 |
| SG | 1,5 | 2,0 | 0,65 | 1,30 | 2,0 |

Przyjęta wymagana wartość grubości osłony w mm Pb jest największą obliczoną wartością dla danej osłony stałej uwzględniającą promieniowanie działające na daną osłonę - rozproszone od tkanki oraz rozproszone od panelu cyfrowego. Jeżeli z nomogramów zamieszczonych w PN-86/J-80001 wynika, że grubość osłony jest < 0,1 mm Pb, to zgodnie z zasadą ostrożności, przyjęto jako wymaganą grubość osłony wartość = 0,1 mm Pb. Zgodnie z zasadą ALARA odczytane wartości zaokrąglono w górę do pierwszego miejsca po przecinku.

7.6. WYNIKI OBLICZEŃ WYMAGANEJ GRUBOŚCI OSŁON STAŁYCH WYZNACZONYCH NA PODSTAWIE RAPORTU NCRP NR 147

7.6.1. ANGIOGRAF RTG

A) METODOLOGIA

Wyznaczono współczynnik przenikania $[B_{sec}(x_{barrier})]$ zgodnie ze wzorem 4.9 (str. 51). Podstawiając odpowiednie wartości, gdzie P to dopuszczalna dawka tygodniowa, T to współczynnik prawdopodobieństwa przebywania za osłoną, d_{sec} to odległość do rozpatrywanego punktu, K^1_{sec} to wartość kermy w powietrzu (K^1_{sec} należy odczytać z tabeli 4.7 str. 46-47) oraz N to liczba pacjentów w tygodniu.

Po wyznaczeniu współczynnika przenikania $[B_{sec}(x_{barrier})]$ odczytano, z wykresów zamieszczonych w części C raportu nr 147 (str. 141 – 146), z odpowiedniej krzywej wymaganą grubość danego materiału, którego zastosowanie pozwoli ograniczyć dawkę do poziomu dopuszczalnego w rozpatrywanym punkcie.

$$B_{sec}(x_{barrier}) = \left(\frac{P}{T}\right) \frac{d_{sec}^2}{K^1_{sec} * N}$$

Gdzie:

P – dopuszczalna dawka tygodniowa

T – współczynnik prawdopodobieństwa przebywania za osłoną

d_{sec} – najmniejsza odległość od źródła do rozpatrywanego punktu

K^1_{sec} – wartość kermy w powietrzu w odległości 1 m na pacjenta

N – liczba pacjentów leczonych w tygodniu

B) ZESTAWIENIE WYMAGANYCH GRUBOŚCI OSŁON Z OŁOWIU ZGODNYCH Z RAPORTEM NCRP NR 147

| osłona | l | T | P | N | K^1_{sec} | B | odczytana grubość osłony z ołowiu |
|---|------|------|---------|----|--------------|---------|--|
| | m | - | mGy | - | mGy/pacjenta | - | mm Pb |
| 1-2 | 4,58 | 1,00 | 0,00435 | 15 | 0,95 | 6,4E-03 | 0,65 |
| 2-3 | 6,12 | 0,25 | 0,00435 | 15 | 0,95 | 4,1E-02 | 0,25 |
| 3-4 | 3,65 | 0,25 | 0,00435 | 15 | 0,95 | 1,6E-02 | 0,45 |
| 4-5 | 3,65 | 0,25 | 0,00435 | 15 | 0,95 | 1,6E-02 | 0,45 |
| 5-6 | 6,24 | 0,25 | 0,00435 | 15 | 0,95 | 5,0E-02 | 0,25 |
| 6-7 | 8,19 | 0,25 | 0,00435 | 15 | 0,95 | 8,6E-02 | 0,20 |
| 7-8 | 5,39 | 1,00 | 0,02610 | 15 | 0,95 | 5,7E-02 | 0,25 |
| 8-9 | 5,24 | 1,00 | 0,02610 | 15 | 0,95 | 5,6E-02 | 0,25 |
| 9-1 | 5,72 | 0,25 | 0,00435 | 15 | 0,95 | 4,4E-02 | 0,3 |
| SD | 1,40 | 1,00 | 0,00435 | 15 | 0,95 | 6,0E-04 | 1,35 |
| SG | 3,50 | 1,00 | 0,00435 | 15 | 0,95 | 3,7E-03 | 0,80 |
| Obliczeń oraz odczytów z nomogramów dokonano dla krzywej „Peripheral Angiography” | | | | | | | |

7.6.2. MOBILNY TOMOGRAF KOMPUTEROWY

A) METODOLOGIA

Na podstawie równania (1) wyznaczono dawkę w powietrzu w odległości l , gdzie κ_{body} i κ_{head} są to współczynniki składowej rozproszonej odpowiednio dla fantomu ciała i głowy, N jest liczbą pacjentów natomiast DLP jest to Dose Length Product. Wartości DLP przyjęto zgodnie z poziomami referencyjnymi zawartymi w Obwieszczeniu Ministra Zdrowia z dnia 3 kwietnia 2017r. (Dz. U. 2017 poz. 884): DLP_{body} 780 mGy cm oraz $DLP_{head} = 1050$ mGy cm. Założono, że połowa z wykonywanych procedur będą to badania głowy a druga połowa badania brzucha.

Dodatkowo uwzględniono wykonywanie badań z użyciem środka kontrastującego, z powodu braku informacji o planowanej liczbie takich badań przyjęto, zgodnie z wytycznymi raportu NCRP, że w 40% wszystkich badań będzie miała wykonywane dodatkowe akwizycje z kontrastem. W konsekwencji czego wartość DLP należy pomnożyć przez współczynnik 1,4 a wzór na wartość dawki w powietrzu przyjmie następującą postać:

$$K_{sec} = \left(\frac{1}{l}\right)^2 * (1,2 * \kappa_{body} * 0,5 * N * 1,4 * DLP_{body} + \kappa_{head} * 0,5 * N * 1,4 * DLP_{head}) \quad (1)$$

Współczynnik składowej rozproszonej przypadającej na centymetr (κ) wyznaczono za pomocą pomiarów na fantomach FDA (2003d) i wynoszą one odpowiednio dla fantomu głowy (head) oraz fantomu tułowia (body):

$$\kappa_{head} = 9 \times 10^{-5} \text{ cm}^{-1}$$

$$\kappa_{body} = 3 \times 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$$

Następnie na podstawie wzoru (2) wyznaczono współczynnik przenikania [$B_{sec}(x_{barrier})$]. Podstawiając odpowiednie wartości, gdzie P to dopuszczalna dawka tygodniowa, T to współczynnik prawdopodobieństwa przebywania za osłoną, K_{sec} to wartość kermy w powietrzu.

Po wyznaczeniu współczynnika przenikania [$B_{sec}(x_{barrier})$] odczytano, z wykresów zamieszczonych w części A raportu nr 147 (str. 123 – 124), z odpowiedniej krzywej wymaganą grubość danego materiału, którego zastosowanie pozwoli ograniczyć dawkę do poziomu dopuszczalnego w rozpatrywanym punkcie.

$$B_{sec}(x_{barrier}) = \left(\frac{P}{T}\right) \frac{1}{K_{sec}} \quad (2)$$

Gdzie:

P – dopuszczalna dawka tygodniowa

T – współczynnik prawdopodobieństwa przebywania za osłoną

K_{sec} – wartość dawki w powietrzu wyznaczona zgodnie ze wzorem (1)

B) ZESTAWIENIE WYMAGANYCH GRUBOŚCI OSŁON Z OŁOWIU ZGODNYCH Z RAPORTEM NCRP NR 147

| osłona | I | N | DLP _{head} | DLP _{body} | K _{sec} | T | D | B | odczytana grubość osłony z ołowiu |
|--------|------|----|---------------------|---------------------|------------------|------|---------|---------|--|
| | m | - | mGycm | mGycm | mGy | - | mGy | - | mm Pb |
| 1-2 | 4,58 | 30 | 1050 | 780 | 0,38 | 1 | 0,00435 | 1,2E-02 | 1,10 |
| 2-3 | 6,12 | 30 | 1050 | 780 | 0,21 | 0,25 | 0,00435 | 8,3E-02 | 0,45 |
| 3-4 | 3,65 | 30 | 1050 | 780 | 0,59 | 0,25 | 0,00435 | 2,9E-02 | 0,80 |
| 4-5 | 3,65 | 30 | 1050 | 780 | 0,59 | 0,25 | 0,00435 | 2,9E-02 | 0,80 |
| 5-6 | 6,24 | 30 | 1050 | 780 | 0,20 | 0,25 | 0,00435 | 8,6E-02 | 0,45 |
| 6-7 | 8,19 | 30 | 1050 | 780 | 0,12 | 0,25 | 0,00435 | 1,5E-01 | 0,35 |
| 7-8 | 5,39 | 30 | 1050 | 780 | 0,27 | 1 | 0,0261 | 9,6E-02 | 0,45 |
| 8-9 | 5,24 | 30 | 1050 | 780 | 0,29 | 1 | 0,0261 | 9,1E-02 | 0,45 |
| 9-1 | 5,72 | 30 | 1050 | 780 | 0,24 | 0,25 | 0,00435 | 7,2E-02 | 0,55 |
| SD | 1,4 | 30 | 1050 | 780 | 4,02 | 1 | 0,00435 | 1,1E-03 | 2,00 |
| SG | 3,5 | 30 | 1050 | 780 | 0,64 | 1 | 0,00435 | 6,8E-03 | 1,30 |

Obliczeń oraz odczytów z nomogramów dokonano dla napięcia 120 kV

7.7. PORÓWNANIE WYZNACZONYCH WYMAGANYCH GRUBOŚCI OSŁON Z OŁOWIU

| osłona | Obliczona maksymalna grubość osłony | | | | Różnica pomiędzy wyznaczonymi grubościami osłon* | |
|--------|-------------------------------------|------|--|-----|--|-------|
| | Na podstawie raportu NCRP nr 147 | | Na podstawie Polska Norma PN-86/J-80001 | | | |
| | Angiograf | TK | Angiograf | TK | Angiograf | TK |
| | mm Pb | | | | | |
| 1-2 | 0,65 | 1,10 | 1,2 | 2,0 | -0,55 | -0,90 |
| 2-3 | 0,25 | 0,45 | 0,6 | 1,5 | -0,35 | -1,05 |
| 3-4 | 0,45 | 0,80 | 0,8 | 2,0 | -0,35 | -1,20 |
| 4-5 | 0,45 | 0,80 | 0,8 | 2,0 | -0,35 | -1,20 |
| 5-6 | 0,25 | 0,45 | 0,6 | 1,5 | -0,35 | -1,05 |
| 6-7 | 0,20 | 0,35 | 0,4 | 1,1 | -0,20 | -0,75 |
| 7-8 | 0,25 | 0,45 | 0,6 | 1,5 | -0,35 | -1,05 |
| 8-9 | 0,25 | 0,45 | 0,6 | 1,5 | -0,35 | -1,05 |
| 9-1 | 0,3 | 0,55 | 0,7 | 1,6 | -0,40 | -1,05 |
| SD | 1,35 | 2,00 | 2,0 | 2,0 | -0,65 | 0,00 |
| SG | 0,80 | 1,30 | 1,5 | 2,0 | -0,70 | -0,70 |

*wartość ujemna oznacza, że wymagana osłona wyznaczona na podstawie raportu nr 147 NCRP jest mniejsza niż ta wyznaczona na podstawie Polskiej Normy PN-86/J-80001.

8. WNIOSKI I ZALECENIA

Zastosowane w pracowni materiały budowlane spełniają wymagania osłonności wyznaczone na podstawie Polskiej Normy PN-86/J-80001. Zarówno ściany oraz drzwi i okno w pełni chronią osoby przed otrzymaniem dawki przekraczającej założone limity.

Przeprowadzone dodatkowo obliczenia na podstawie wytycznych NCRP potwierdzają, że zastosowane osłony spełniają wymagania ochrony przed promieniowaniem jonizującym.

Wykonane w pracowni przegrody budowlane posiadają równoważnik ołowiu nawet kilkukrotnie większy niż wymagają tego obliczenia na podstawie raportu nr 147 NCRP.

Osłony stałe nie wymagają zmiany w stosunku do dokumentacji pierwotnej która była przedmiotem pozytywnej opinii sanitarnej.

8.1. ZESTAWIENIE MINIMALNEJ GRUBOŚCI DODATKOWYCH OSŁON DLA PRZEGRÓD BUDOWLANYCH

| osłona | <i>równoważnik ołowiu przegrody budowlanej</i> | <i>wymagana grubość osłony</i> | <i>minimalna grubość dodatkowej osłony</i> |
|--------|--|------------------------------------|--|
| | mm Pb | | |
| 1-2 | 4,3 | 2,0 | 0,0 |
| 2-3 | 3,5 | 1,5 | 0,0 |
| 3-4 | 4,3 | 2,0 | 0,0 |
| 4-5 | 4,3 | 2,0 | 0,0 |
| 5-6 | 1,5 | 1,5 | 0,0 |
| 6-7 | 1,5 | 1,1 | 0,0 |
| 7-8 | 1,0 | 1,5 | 0,0* |
| 8-9 | 3,5 | 1,5 | 0,0 |
| 9-1 | 3,5 | 1,6 | 0,0 |
| SD | 4,4 | 2,0 | 0,0 |
| SG | 4,4 | 2,0 | 0,0 |

Obliczeń oraz odczytów z nomogramów dokonano dla napięcia 100 kV

*Ze względu na usytuowanie osłony 7-8 względem źródła promieniowania nie wymaga ona zastosowania dodatkowej osłony mimo, że wskazują na to obliczenia. Na rozpatrywaną ścianę nie pada bezpośrednio promieniowanie pierwotne oraz rozproszone lecz jedynie promieniowanie wielokrotnie odbite od elementów wyposażenia sali przez co znacznie osłabione. Materiał ściany o równoważniku ołowiu wynoszącym 2/3 wartości wymaganej zgodnie z obliczeniami uważa się za wystarczający aby osłonić osoby przebywające za tą osłoną przed otrzymaniem dawki przekraczającej dopuszczalne limity.

8.2. ZESTAWIENIE MINIMALNEJ GRUBOŚCI DODATKOWYCH OSŁON DLA DRZWI

| <i>oznaczenie drzwi / okien</i> | <i>osłona</i> | <i>równoważnik ołowiu drzwi/okna</i> | <i>wymagany równoważnik ołowiu</i> | <i>minimalna grubość dodatkowej osłony</i> |
|-------------------------------------|---------------|---|--|--|
| | | mm Pb | | |
| D1 | 2-3 | 1,5 | 1,5 | 0,0 |
| D2 | 5-6 | 1,5 | 1,5 | 0,0 |
| D3 | 6-7 | 1,5 | 1,1 | 0,0 |
| D4 | 7-8 | 1,0 | 1,5 | 0,0* |
| O1 | 8-9 | 1,0 + 2,0 – ruchoma osłona | 1,5 | 0,0 |

Obliczeń oraz odczytów z nomogramów dokonano dla napięcia 100 kV

D1-D3 – drzwi systemowe pełne z warstwą blachy ołowianej grubości **1,5 mm**.

D4 – drzwi systemowe pełne z warstwą blachy ołowianej grubości **1,0 mm**.

O1 – okno podglądowe o równoważniku ołowiu **1,0 mm Pb**.

Uwaga:

W przypadku stosowania mobilnego tomografu komputerowego należy stosować dodatkową osłonę w postaci ruchomego ekranu zainstalowanej w sterowni, równoważnik osłony wynosi co najmniej 2,0 mm Pb.

Podczas stosowania dodatkowej osłony okiennej podgląd pacjenta realizowany jest za pomocą systemu wizyjnego zainstalowanego w sali.

*Ze względu na usytuowanie drzwi D4 względem źródła promieniowania nie wymagają one zastosowania dodatkowej osłony mimo, że wskazują na to obliczenia. Na rozpatrywane drzwi nie pada bezpośrednio promieniowanie pierwotne oraz rozproszone lecz jedynie promieniowanie wielokrotnie odbite od elementów wyposażenia sali przez co znacznie osłabione. Materiał drzwi D4 o równoważniku ołowiu wynoszącym 2/3 wartości wymaganej zgodnie z obliczeniami uważa się za wystarczający aby osłonić osoby przebywające za tą osłoną przed otrzymaniem dawki przekraczającej dopuszczalne limity.

9. ZNAKI I OŚWIETLENIE OSTRZEGAWCZE

Na drzwiach wejściowych należy umieścić znak ostrzegawczy przed promieniowaniem jonizującym zgodny ze wzorem załącznika nr 1 Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dn. 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi [Dz.U. z 2006 r. Nr 180, poz. 1325].

Gabinety z diagnostycznymi aparatami rentgenowskimi są wyposażone w ostrzegawczą sygnalizację świetlną umieszczoną nad drzwiami do gabinetu, włączaną równocześnie z zasilaniem generatora zgodnie z wymaganiami § 11.1 Rozporządzenia ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi [Dz.U. z 2006 r. Nr 180, poz. 1325].