

ul. Bodycha 73a
05-816 Michałowice

PROJEKT: **BUDYNEK O FUNKCJACH ODDZIAŁU ŁÓŻKOWEGO,
BLOKU OPERACYJNEGO, APTEKI SZPITALNEJ, KUCHNI,
CENTRALNEJ STERYLIZATORNI I STACJI MYCIA ŁÓŻEK
NA TERENIE INSTYTUTU KARDIOLOGII W WARSZAWIE**

NAZWA INWESTYCJI: **Budowa budynku wielofunkcyjnego na terenie Instytutu
Kardiologii przy ul. Alpejskiej 42 w Warszawie**

ADRES OBIEKTU: **ul. Alpejska 42, 04-628 Warszawa**

INWESTOR: **Instytut Kardiologii im. Prymasa Tysiąclecia Stefana
Kardynała Wyszyńskiego**

FAZA: **PROJEKT WYKONAWCZY**

BRANŻA: **PROJEKT OSŁON RADIOLOGICZNYCH**

PROJEKTANT

Projekt
radiologicznych

osłon

mgr fizyki Kamil Kamiński
upr. nr IOR/131/2015

Data wrzesień 2019 r.

Nr egz. _

Spis zawartości projektu budowlanego zamiennego:	
PROJEKT ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANY	
Architektura	TOM I
Konstrukcja	TOM IIB
Instalacje sanitarne	TOM IIC
Instalacje elektryczne	TOM IID
Instalacje gazów medycznych	TOM IIE
Technologia medyczna	TOM IIF
Technologia medyczna	TOM II F
Technologia kuchni	TOM II G
Projekt osłon radiologicznych	TOM II H

1. OCHRONA RADIOLOGICZNA

1.1. SALA OPERACYJNA, POMIESZCZENIE NR 01.BLO.26

(PUSTA STRONA)

1. CEL PROJEKTU

Celem sporządzenia projektu jest obliczenie wymaganej grubości osłon stałych przed promieniowaniem rtg dla angiografu jednopłaszczyznowego w pomieszczeniu 01.BLO.26.

2. DOKUMENTY BĘDĄCE PODSTAWĄ PROJEKTU

1. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (tekst jednolity Dz.U. 2019 poz. 1792).
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 r. poz. 884).
3. Rozporządzenie 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).
4. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. z 2005 r. 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. z 2015 r. poz. 1355).
6. Polska Norma PN-86/J-80001 - Obliczenia osłon stałych.
7. Projekt budowlany wykonawczy.

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 Gabinetu wynosi 61,90 m², a jej wysokość (mierzona między stropami) wynosi 3,6 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).

Zgodnie z Ustawą Prawo Atomowe, Kierownik Jednostki Organizacyjnej, w tym przypadku Instytutu Kardiologii w Aninie, odpowiedzialny jest za sprawdzenie zaproponowanych parametrów, aby zapewnić ich prawidłowe użycie. Parametry, takie jak wielkość ekspozycji, tygodniowe obciążenie robocze, tygodniowe ilość procedur, maksymalne obciążenie czasowo prądowe itd. zostały opracowane na podstawie zaleceń

z Polskiej normy „PN-86/J-80001 - Obliczenia osłon stałych” oraz parametrów, uwzględniając specyfikację pracy. Jednostka organizacyjna powinna zweryfikować parametry zastosowane do obliczeń osłon przed promieniowaniem jonizującym, ich zgodność z regulacjami prawnymi oraz swoimi zaleceniami. Jednostka organizacyjna odpowiedzialna jest za zapewnienie, że użyte parametry zostały przeanalizowane i zaakceptowane przez wszystkie strony.

5. KONSTRUKCJA ISTNIEJĄCYCH PRZEGRÓD BUDOWLANYCH

Oznaczenie na rysunku	Opis i konstrukcja przegrody	Równoważnik ołowiu dla 100 kV
1-2	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 1 mm	1 mm
2-3	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
3-4	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
4-5	Ściana żelbetowa 20 cm	>4 mm
5-6	Ściana zewnętrzna żelbetowa 25 cm	>4 mm
6-7	Ściana żelbetowa 25 cm	>4 mm
7-1	Ściana żelbetowa 25 cm	>4 mm
SD	strop dolny płyta żelbetowa 28 cm, szlichta betonowa 7 cm,	>5 mm
SG	strop górny płyta żelbetowa 28 cm, szlichta betonowa 7 cm,	>5 mm

6. PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE APARATU RTG

Typ	Jednopłaszczyznowy angiograf rtg	
parametr	jednostka	wartość
Zakres napięcia anodowego	kV	50 - 125
zakres prądu anodowego w trybie fluoroskopii	mA	130
szerokość impulsu	ms	do 20 przy 15 fps
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	< 0,4
Typ anody	wirująca	
Ramię C		
SID	cm	115
Detektor obrazowy		
typ	Amorficzna krzemowa matryca fotodiodowa na podłożu ciągłym	
rozmiar	cm	31 x 31

7. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

7.1. ZAŁOŻENIA PRZYJĘTE DO OBLICZEŃ

- a) Przyjęto na podstawie danych przykładowego 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.
- b) Do obliczeń przyjęto jako nominalne parametry: $U = 90 \text{ kV}$, $I = 130 \text{ mA}$, czas procedury $t = 30 \text{ min}$.
- c) Uwzględniono jednocześnie długość trwania impulsu równą 8 ms oraz maksymalną liczbę 15 impulsów w czasie 1 s w trybie fluoroskopii pulsacyjnej DSA.
- d) 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.
- e) Wymagane grubości ołowiu dla zredukowanej mocy dawki C1 oraz C2 odczytano dla napięcia 100 kV , co jest wystarczającym założeniem dla wartości napięcia anodowego.
- f) Analizy wielkości promieniowania ubocznego dokonano na podstawie wartości dawki podawanej przez producenta lampy rtg.
- g) 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.
- h) 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.
- i) Dopuszczalne dawki przyjęto na podstawie rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi.
- j) We wnioskach końcowych dokonano analizy równoważnika grubości ołowiu zaprojektowanych 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.

7.2. PARAMETRY EKSPOZYCJI RTG

Parametr	Oznaczenie	Wartość	Jednostka
napięcie maksymalne	U_{nom}	90	kV
prąd maksymalny	I_{nom}	130	mA
czas procedury	t_p	30	min
		1800	s
długość impulsu	t_{imp}	8	ms
liczba impulsów na sekundę	pps	15	-
czas ekspozycji w trakcie procedury	t_e	216	s
liczba procedur tygodniowo	-	25	-
czas pracy źródła	t_o	90	min
		1,5	h
wymiary panelu cyfrowego		0,31 x 0,31	m
powierzchnia panelu cyfrowego	s	0,096	m ²
SID	f	1,15	m

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

osłona	opis pomieszczenia za osłoną	nr na rysunku	T	D [μGy]
1-2	Pom. Tech.	01.BLO.28	0,05	4,35
1-2	Sala operacyjna	01.BLO.31	1	4,35
2-3	Brudownik	01.BLO.22	0,05	8,7
2-3	Korytarz	01.BLO.02	0,25	8,7
3-4	Korytarz	01.BLO.02	0,25	8,7
4-5	Klatka schodowa	01.KL.02	0,25	8,7
5-6	Teren zewnętrzny, niedostępny			
6-7	Magazyn	01.BLO.24	0,05	8,7
7-1	Sterownia 1	01.BLO.25.1	1	52,2
SD	Boks jałowy	00.APT.18	1	8,7
	P.Prz.	00.APT.17		
	Śluza czysta	00.APT.16		
	Śluza brudna	00.APT.15		
	Korytarz	00.APT.01		
	Pokój adm.-wyd	00.APT.19		
	receptura	00.APT.21		
	sluza	00.APT.20		
SG	Sala 2-osobowa	02.KAR.30	0,25	8,7
	Sala 1-osobowa	02.KAR.33		
	Sala 2 -sobowa	02.KAR.35		
	Korytarz	02.KAR.04		

7.4. CZAS NARAŻENIA

osłona	t_0		T	U	t	
	min	h			min	h
1-2	90	1,5	0,05	1	4,5	0,075
1-2	90	1,5	1	1	90	1,5
2-3	90	1,5	0,05	1	4,5	0,075
2-3	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
3-4	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
4-5	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
6-7	90	1,5	0,05	1	4,5	0,075
7-1	90	1,5	1	1	90	1,5
SD	90	1,5	1	1	90	1,5
SG	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375

7.5. WYNIKI OBLICZEŃ WYMAGANEJ GRUBOŚCI OSŁON STAŁYCH

7.5.1. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROM. X ROZPROSZONYM OD TKANKI bez uwzględniania promieniowania ubocznego

osłona	odległość przedmiotu rozpraszającego od osłony	zredukowana moc dawki C_1	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	5,2	12,1	0,7
1-2	7,2	1,2	1,6
2-3	5,3	25,1	0,6
2-3	7,7	10,6	0,8
3-4	5,3	5,0	1,0
4-5	3,9	2,7	1,2
6-7	4,3	16,5	0,6
7-1	3,8	3,9	1,0
SD	1,7	0,1	2,0
SG	2,7	1,3	1,5

Obliczeń oraz odczytów dokonano dla napięcia 100 kV

**7.5.2. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROM. X ROZPROSZONYM
OD DETEKTORA OBRAZOWEGO**

bez uwzględniania promieniowania ubocznego

osłona	odległość przedmiotu rozpraszającego od osłony	zredukowana moc dawki C2	odczytana grubość osłony z ołowiu	przeliczona grubość osłony z ołowiu
	m	$\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	mm Pb	mm Pb
1-2	5,2	220	0,4	0,3
1-2	7,2	21	1,2	0,8
2-3	5,3	457	0,1	0,1
2-3	7,7	193	0,4	0,3
3-4	5,3	91	0,6	0,4
4-5	3,9	49	0,8	0,5
6-7	4,3	301	0,3	0,2
7-1	3,8	70	0,8	0,5
SD	1,7	2,3	1,8	1,2
SG	2,7	24	1,1	0,7

7.5.3. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROMIENIOWANIEM UBOCZNYM

Do obliczeń przyjęto wartość mocy dawki promieniowania ubocznego $\dot{D}_u = 0,4 \text{ mGy/h} = 400 \text{ }\mu\text{Gy/h}$

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	400	0,075	30	1,1	0,7	150	0,0074	4,35	0,17
1-2	400	1,5	600	11,6	1,6	2300	0,0050	4,35	0,12
2-3	400	0,075	30	1,1	0,6	100	0,0107	8,7	0,12
2-3	400	0,375	150	2,5	0,8	200	0,0126	8,7	0,15
3-4	400	0,375	150	5,3	1,0	350	0,0153	8,7	0,18
4-5	400	0,375	150	9,9	1,2	650	0,0152	8,7	0,17
6-7	400	0,075	30	1,6	0,6	100	0,0162	8,7	0,19
7-1	400	1,5	600	41,6	1,0	350	0,1187	52,2	0,23
SD	400	1,5	600	207,6	2,0	6500	0,0319	8,7	0,37
SG	400	0,375	150	20,6	1,5	1800	0,0114	8,7	0,13

\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 3 grubość osłon pozostaje bez zmiany.

7.5.4. ZESTAWIENIE WYMAGANYCH GRUBOŚCI OSŁON Z OŁOWIU

osłona	obliczona grubość osłony		przyjęta wymagana grubość warstwy ołowiu dla osłony
	przed promieniowaniem rozproszonym od tkanki	przed promieniowaniem rozproszonym od detektora	
	mm Pb		
1-2	0,7	0,3	0,7
1-2	1,6	0,8	1,6
2-3	0,6	0,1	0,6
2-3	0,8	0,3	0,8
3-4	1,0	0,4	1,0
4-5	1,2	0,5	1,2
6-7	0,6	0,2	0,6
7-1	1,0	0,5	1,0
SD	2,0	1,2	2,0
SG	1,5	0,7	1,5

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 na stole. 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.

8. WNIOSKI I ZALECENIA

osłona	równoważnik ołowiu przegrody budowlanej	wymagana grubość osłony	minimalna grubość dodatkowej osłony
	mm Pb		
1-2	1,0	0,7	0
1-2*	2,5	1,6	0
2-3	2,0	0,6	0
2-3	2,0	0,8	0
3-4	2,0	1,0	0
4-5	>4	1,2	0
6-7	>4	0,6	0
7-1	>4	1,0	0
SD	>4	2,0	0
SG	>4	1,5	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 na stole. 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.

* uwzględnia dodatkową osłonę przegrodę budowlaną pracowni sąsiadującej

8.1. ZESTAWIENIE MINIMALNEJ GRUBOŚCI DODATKOWYCH OSŁON DLA DRZWI

D1, D2, D3 – drzwi systemowe z warstwą **blachy ołowiowej o grubości 2,0 mm**.

O1 - okno podglądowe o równoważniku min. **2,0 mm Pb dla 100 kV**.

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].

Sala hybrydowa wyposażona jest w ostrzegawczą sygnalizację świetlną umieszczoną nad drzwiami do gabinetu, włączaną równocześnie z zasilaniem generatora zgodnie z wymaganiami oraz w sygnalizację świetlną umieszczoną nad drzwiami informującą o występowaniu promieniowania.

1.2. SALA OPERACYJNA , POMIESZCZENIE NR 01.BLO.31

(PUSTA STRONA)

1. CEL PROJEKTU

Celem sporządzenia projektu jest obliczenie wymaganej grubości osłon stałych przed promieniowaniem rtg dla angiografu jednopłaszczyznowego w pomieszczeniu 01.BLO.31.

2. DOKUMENTY BĘDĄCE PODSTAWĄ PROJEKTU

1. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (tekst jednolity Dz.U. 2019 poz. 1792).
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 r. poz. 884).
3. Rozporządzenie 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).
4. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. z 2005 r. 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. z 2015 r. poz. 1355).
6. Polska Norma PN-86/J-80001 - Obliczenia osłon stałych.
7. Projekt budowlany wykonawczy.

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 Gabinetu wynosi 49,67 m², a jej wysokość (mierzona między stropami) wynosi 3,6 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).

Zgodnie z Ustawą Prawo Atomowe, Kierownik Jednostki Organizacyjnej, w tym przypadku Instytutu Kardiologii w Aninie, odpowiedzialny jest za sprawdzenie zaproponowanych parametrów, aby zapewnić ich prawidłowe użycie. Parametry, takie jak wielkość ekspozycji, tygodniowe obciążenie robocze, tygodniowe ilość procedur, maksymalne obciążenie czasowo prądowe itd. zostały opracowane na podstawie zaleceń

z Polskiej normy „PN-86/J-80001 - Obliczenia osłon stałych” oraz parametrów, uwzględniając specyfikację pracy. Jednostka organizacyjna powinna zweryfikować parametry zastosowane do obliczeń osłon przed promieniowaniem jonizującym, ich zgodność z regulacjami prawnymi oraz swoimi zaleceniami. Jednostka organizacyjna odpowiedzialna jest za zapewnienie, że użyte parametry zostały przeanalizowane i zaakceptowane przez wszystkie strony.

5. KONSTRUKCJA ISTNIEJĄCYCH PRZEGRÓD BUDOWLANYCH

Oznaczenie na rysunku	Opis i konstrukcja przegrody	Równoważnik ołowiu dla 100 kV
1-2	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 1,5 mm	1,5 mm
2-3	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
3-4	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
4-5	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
5-6	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
6-1	Ściana żelbetowa 25 cm	>4 mm
SD	strop dolny płyta żelbetowa 28 cm, szlichta betonowa 7 cm,	>5 mm
SG	strop górny płyta żelbetowa 28 cm, szlichta betonowa 7 cm,	>5 mm

6. PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE APARATU RTG

Typ	Jednopłaszczyznowy angiograf rtg	
parametr	jednostka	wartość
Zakres napięcia anodowego	kV	50 - 125
zakres prądu anodowego w trybie fluoroskopii	mA	130
szerokość impulsu	ms	do 20 przy 15 fps
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	< 0,4
Typ anody	wirująca	
Ramię C		
SID	cm	115
Detektor obrazowy		
typ	Amorficzna krzemowa matryca fotodiodowa na podłożu ciągłym	
rozmiar	cm	31 x 31

7. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

7.1. ZAŁOŻENIA PRZYJĘTE DO OBLICZEŃ

- a) Przyjęto na podstawie danych przykładowego 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.
- b) Do obliczeń przyjęto jako nominalne parametry: $U = 90 \text{ kV}$, $I = 130 \text{ mA}$, czas procedury $t = 30 \text{ min}$.
- c) Uwzględniono jednocześnie długość trwania impulsu równą 8 ms oraz maksymalną liczbę 15 impulsów w czasie 1 s w trybie fluoroskopii pulsacyjnej DSA.
- d) 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.
- e) Wymagane grubości ołowiu dla zredukowanej mocy dawki C1 oraz C2 odczytano dla napięcia 100 kV , co jest wystarczającym założeniem dla wartości napięcia anodowego.
- f) Analizy wielkości promieniowania ubocznego dokonano na podstawie wartości dawki podawanej przez producenta lampy rtg.
- g) 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.
- h) 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.
- i) Dopuszczalne dawki przyjęto na podstawie rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi.
- j) We wnioskach końcowych dokonano analizy równoważnika grubości ołowiu zaprojektowanych 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.

7.2. PARAMETRY EKSPOZYCJI RTG

Parametr	Oznaczenie	Wartość	Jednostka
napięcie maksymalne	U_{nom}	90	kV
prąd maksymalny	I_{nom}	130	mA
czas procedury	t_p	30	min
		1800	s
długość impulsu	t_{imp}	8	ms
liczba impulsów na sekundę	pps	15	-
czas ekspozycji w trakcie procedury	t_e	216	s
liczba procedur tygodniowo	-	25	-
czas pracy źródła	t_o	90	min
		1,5	h
wymiary panelu cyfrowego		0,31 x 0,31	m
powierzchnia panelu cyfrowego	s	0,096	m ²
SID	f	1,15	m

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

osłona	opis pomieszczenia za osłoną	nr na rysunku	T	D [μGy]
1-2	Sterownia 2 wejście	01.BLO.25.2	0,25	4,35
1-2	Sala operacyjna	01.BLO.32	1	4,35
2-3	Korytarz	01.BLO.02	0,25	8,7
3-4	Magazyn brudnej pościeli	01.BLO.30	0,05	8,7
3-4	Korytarz	01.BLO.02	0,25	8,7
4-5	Przygotowanie lekarzy	01.BLO.29	0,25	8,7
5-6	Pomieszczenie techniczne	01.BLO.28	0,05	4,35
5-6	Sala hybrydowa	01.BLO.26	1	8,7
6-1	Sterownia 2	01.BLO.25.2	1	52,2
SD	Korytarz	00.APT.01	1	8,7
	Zmywalnia	00.APT.22		
	Pokój socjalny	00.APT.23		
	M.lek.b.kl	00.APT.24		
	Archiwum	00.APT.25		
SG	Korytarz	02.KAR.04	0,25	8,7
	Sala 2-osobowa	02.KAR.36		
	Sala 2-osobowa	02.KAR.39		

7.4. CZAS NARAŻENIA

osłona	t_0		T	U	t	
	min	h			min	h
1-2	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
1-2	90	1,5	1	1	90	1,5
2-3	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
2-3	90	1,5	0,05	1	4,5	0,075
3-4	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
3-4	90	1,5	0,25		22,5	0,375
4-5	90	1,5	0,05	1	4,5	0,075
5-6	90	1,5	0,05	1	4,5	0,075
5-6	90	1,5	1	1	90	1,5
6-1	90	1,5	1	1	90	1,5
SD	90	1,5	1	1	90	1,5
SG	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375

7.5. WYNIKI OBLICZEŃ WYMAGANEJ GRUBOŚCI OSŁON STAŁYCH

7.5.1. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROM. X ROZPROSZONYM OD TKANKI bez uwzględniania promieniowania ubocznego

osłona	odległość przedmiotu rozpraszającego od osłony	zredukowana moc dawki C_1	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	4,5	1,8	1,4
1-2	6,0	0,8	1,8
2-3	6,0	6,4	0,9
3-4	3,9	13,6	0,7
3-4	6,6	7,8	0,8
4-5	4,1	3,0	1,2
5-6	2,9	3,8	1,0
5-6	5,0	1,1	1,6
6-1	3,6	3,5	1,2
SD	1,7	0,1	2,0
SG	2,7	1,3	1,5

Obliczeń oraz odczytów dokonano dla napięcia 100 kV

**7.5.2. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROM. X ROZPROSZONYM
OD DETEKTORA OBRAZOWEGO**

bez uwzględniania promieniowania ubocznego

osłona	odległość przedmiotu rozpraszającego od osłony	zredukowana moc dawki C2	odczytana grubość osłony z ołowiu	przeliczona grubość osłony z ołowiu
	m	$\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	mm Pb	mm Pb
1-2	4,5	33	1,0	0,7
1-2	6,0	15	1,3	0,8
2-3	6,0	117	0,6	0,4
3-4	3,9	247	0,4	0,3
3-4	6,6	142	0,6	0,4
4-5	4,1	55	0,8	0,5
5-6	2,9	68	0,8	0,5
5-6	5,0	20	1,2	0,8
6-1	3,6	63	0,8	0,5
SD	1,7	2	1,8	1,2
SG	2,7	24	1,1	0,7

7.5.3. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROMIENIOWANIEM UBOCZNYM

Do obliczeń przyjęto wartość mocy dawki promieniowania ubocznego $\dot{D}_u = 0,4 \text{ mGy/h} = 400 \text{ }\mu\text{Gy/h}$

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	400	0,375	150	7,4	1,4	1400	0,0053	4,35	0,12
1-2	400	1,5	600	16,7	1,8	4000	0,0042	4,35	0,10
2-3	400	0,375	150	4,2	0,9	270	0,0154	8,7	0,18
3-4	400	0,075	30	2,0	0,7	150	0,0131	8,7	0,15
3-4	400	0,375	150	3,4	0,8	200	0,0172	8,7	0,20
4-5	400	0,375	150	8,9	1,2	650	0,0137	8,7	0,16
5-6	400	0,075	30	3,6	1,0	350	0,0102	4,35	0,23
5-6	400	1,5	600	24,0	1,6	2300	0,0104	8,7	0,12
6-1	400	1,5	600	46,3	1,2	650	0,0712	52,2	0,14
SD	400	1,5	600	207,6	2,0	6500	0,0319	8,7	0,37
SG	400	0,375	150	20,6	1,5	1800	0,0114	8,7	0,13

\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 3 grubość osłon pozostaje bez zmiany.

7.5.4. ZESTAWIENIE WYMAGANYCH GRUBOŚCI OSŁON Z OŁOWIU

osłona	obliczona grubość osłony		przyjęta wymagana grubość warstwy ołowiu dla osłony
	przed promieniowaniem rozproszonym od tkanki	przed promieniowaniem rozproszonym od detektora	
	mm Pb		
1-2	1,4	0,7	1,4
1-2	1,8	0,8	1,8
2-3	0,9	0,4	0,9
3-4	0,7	0,3	0,7
3-4	0,8	0,4	0,8
4-5	1,2	0,5	1,2
5-6	1,0	0,5	1,0
5-6	1,6	0,8	1,6
6-1	1,2	0,5	1,2
SD	2,0	1,2	2,0
SG	1,5	0,7	1,5

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 na stole. 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.

8. WNIOSKI I ZALECENIA

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

* uwzględnia dodatkową osłonę przegrodę budowlaną pracowni sąsiadującej

8.1. ZESTAWIENIE MINIMALNEJ GRUBOŚCI DODATKOWYCH OSŁON DLA DRZWI

D1, D2, D3 – drzwi systemowe z warstwą **blachy ołowiowej o grubości 2,0 mm**.

O1 - okno podglądowe o równoważniku min. **2,0 mm Pb dla 100 kV**.

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].

Sala hybrydowa wyposażona jest w ostrzegawczą sygnalizację świetlną umieszczoną nad drzwiami do gabinetu, włączaną równocześnie z zasilaniem generatora zgodnie z wymaganiami oraz w sygnalizację świetlną umieszczoną nad drzwiami informującą o występowaniu promieniowania.

1.3. SALA OPERACYJNA , POMIESZCZENIE NR 01.BLO.32

(PUSTA STRONA)

1. CEL PROJEKTU

Celem sporządzenia projektu jest obliczenie wymaganej grubości osłon stałych przed promieniowaniem rtg dla angiografu jednopłaszczyznowego w pomieszczeniu 01.BLO.32.

2. DOKUMENTY BĘDĄCE PODSTAWĄ PROJEKTU

1. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (tekst jednolity Dz.U. 2019 poz. 1792).
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 r. poz. 884).
3. Rozporządzenie 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).
4. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. z 2005 r. 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. z 2015 r. poz. 1355).
6. Polska Norma PN-86/J-80001 - Obliczenia osłon stałych.
7. Projekt budowlany wykonawczy.

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 Gabinetu wynosi 50,43 m², a jej wysokość (mierzona między stropami) wynosi 3,6 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).

Zgodnie z Ustawą Prawo Atomowe, Kierownik Jednostki Organizacyjnej, w tym przypadku Instytutu Kardiologii w Aninie, odpowiedzialny jest za sprawdzenie zaproponowanych parametrów, aby zapewnić ich prawidłowe użycie. Parametry, takie jak wielkość ekspozycji, tygodniowe obciążenie robocze, tygodniowe ilość procedur, maksymalne obciążenie czasowo prądowe itd. zostały opracowane na podstawie zaleceń

z Polskiej normy „PN-86/J-80001 - Obliczenia osłon stałych” oraz parametrów, uwzględniając specyfikację pracy. Jednostka organizacyjna powinna zweryfikować parametry zastosowane do obliczeń osłon przed promieniowaniem jonizującym, ich zgodność z regulacjami prawnymi oraz swoimi zaleceniami. Jednostka organizacyjna odpowiedzialna jest za zapewnienie, że użyte parametry zostały przeanalizowane i zaakceptowane przez wszystkie strony.

5. KONSTRUKCJA ISTNIEJĄCYCH PRZEGRÓD BUDOWLANYCH

Oznaczenie na rysunku	Opis i konstrukcja przegrody	Równoważnik ołowiu dla 100 kV
1-2	Ściana wewnętrzna gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 1,5 mm	1,5 mm
2-3	Ściana wewnętrzna gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
3-4	Ściana wewnętrzna gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
4-5	Ściana wewnętrzna gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
5-6	Ściana wewnętrzna gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
6-1	Ściana żelbetowa 25 cm	>4 mm
SD	strop dolny płyta żelbetowa 28 cm, szlichta betonowa 7 cm,	>5 mm
SG	strop górny płyta żelbetowa 28 cm, szlichta betonowa 7 cm,	>5 mm

6. PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE APARATU RTG

Typ	Jednopłaszczyznowy angiograf rtg	
parametr	jednostka	wartość
Zakres napięcia anodowego	kV	50 - 125
zakres prądu anodowego w trybie fluoroskopii	mA	130
szerokość impulsu	ms	do 20 przy 15 fps
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	< 0,4
Typ anody	wirująca	
Ramię C		
SID	cm	115
Detektor obrazowy		
typ	Amorficzna krzemowa matryca fotodiodowa na podłożu ciągłym	
rozmiar	cm	31 x 31

7. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

7.1. ZAŁOŻENIA PRZYJĘTE DO OBLICZEŃ

- a) Przyjęto na podstawie danych przykładowego 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.
- b) Do obliczeń przyjęto jako nominalne parametry: $U = 90 \text{ kV}$, $I = 130 \text{ mA}$, czas procedury $t = 30 \text{ min}$.
- c) Uwzględniono jednocześnie długość trwania impulsu równą 8 ms oraz maksymalną liczbę 15 impulsów w czasie 1 s w trybie fluoroskopii pulsacyjnej DSA.
- d) 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.
- e) Wymagane grubości ołowiu dla zredukowanej mocy dawki C1 oraz C2 odczytano dla napięcia 100 kV , co jest wystarczającym założeniem dla wartości napięcia anodowego.
- f) Analizy wielkości promieniowania ubocznego dokonano na podstawie wartości dawki podawanej przez producenta lampy rtg.
- g) 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.
- h) 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.
- i) Dopuszczalne dawki przyjęto na podstawie rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi.
- j) We wnioskach końcowych dokonano analizy równoważnika grubości ołowiu zaprojektowanych 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.

7.2. PARAMETRY EKSPOZYCJI RTG

Parametr	Oznaczenie	Wartość	Jednostka
napięcie maksymalne	U_{nom}	90	kV
prąd maksymalny	I_{nom}	130	mA
czas procedury	t_p	30	min
		1800	s
długość impulsu	t_{imp}	8	ms
liczba impulsów na sekundę	pps	15	-
czas ekspozycji w trakcie procedury	t_e	216	s
liczba procedur tygodniowo	-	25	-
czas pracy źródła	t_o	90	min
		1,5	h
wymiary panelu cyfrowego		0,31 x 0,31	m
powierzchnia panelu cyfrowego	s	0,096	m ²
SID	f	1,15	m

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

osłona	opis pomieszczenia za osłoną	nr na rysunku	T	D [μGy]
1-2	Serwerownia	01.BLO.35	0,05	4,35
1-2	Sala fizjoterapii	01.BLO.37	1	4,35
2-3	Przygotowanie lekarzy	01.BLO.34	0,25	8,7
3-4	Magazyn bielizny	01.BLO.33	0,05	8,7
3-4	Komunikacja	01.BLO.09	0,25	8,7
4-5	Korytarz	01.BLO.02	0,25	8,7
5-6	Sterownia 2 wejście	01.BLO.25.2	0,25	4,35
5-6	Sala operacyjna	01.BLO.31	1	4,35
6-1	Sterownia 3	01.BLO.25.3	1	52,2
SD	Korytarz Pokój kier.-apt Pokój adm.-szk. Pokój adm.-przyj. Kom. Przyjęć	00.APT.01 00.APT.26 00.APT.27 00.APT.28 00.APT.29	1	8,7
SG	Korytarz Sala 2-osobowa Sala 2-osobowa Sala 2-osobowa	02.KAR.04 02.KAR.40 02.KAR.43 02.KAR.44	0,25	8,7

7.4. CZAS NARAŻENIA

osłona	t_0		T	U	t	
	min	h			min	h
1-2	90	1,5	0,05	1	4,5	0,075
1-2	90	1,5	1	1	90	1,5
2-3	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
3-4	90	1,5	0,05	1	4,5	0,075
3-4	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
4-5	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
5-6	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
5-6	90	1,5	1	1	90	1,5
6-1	90	1,5	1	1	90	1,5
SD	90	1,5	1	1	90	1,5
SG	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375

7.5. WYNIKI OBLICZEŃ WYMAGANEJ GRUBOŚCI OSŁON STAŁYCH

7.5.1. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROM. X ROZPROSZONYM OD TKANKI bez uwzględniania promieniowania ubocznego

osłona	odległość przedmiotu rozpraszającego od osłony	zredukowana moc dawki C_1	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	3,5	5,5	1,0
1-2	5,5	0,7	1,8
2-3	4,7	3,9	1,0
3-4	4,4	17,3	0,6
3-4	7	8,7	0,8
4-5	6,3	7,1	0,8
5-6	4,1	1,5	1,5
5-6	5,7	0,7	1,8
6-1	3,2	2,7	1,2
SD	1,7	0,1	2,0
SG	2,7	1,3	1,5

Obliczeń oraz odczytów dokonano dla napięcia 100 kV

**7.5.2. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROM. X ROZPROSZONYM
OD DETEKTORA OBRAZOWEGO**

bez uwzględniania promieniowania ubocznego

osłona	odległość przedmiotu rozpraszającego od osłony	zredukowana moc dawki C2	odczytana grubość osłony z ołowiu	przeliczona grubość osłony z ołowiu
	m	$\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	mm Pb	mm Pb
1-2	3,5	100	0,6	0,4
1-2	5,5	12	1,3	0,8
2-3	4,7	72	0,8	0,5
3-4	4,4	315	0,3	0,2
3-4	7	159	0,5	0,3
4-5	6,3	129	0,6	0,4
5-6	4,1	27	1,1	0,7
5-6	5,7	13	1,3	0,8
6-1	3,2	50	0,8	0,5
SD	1,7	2	1,8	1,2
SG	2,7	24	1,1	0,7

7.5.3. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROMIENIOWANIEM UBOCZNYM

Do obliczeń przyjęto wartość mocy dawki promieniowania ubocznego $\dot{D}_u = 0,4 \text{ mGy/h} = 400 \text{ }\mu\text{Gy/h}$

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	400	0,075	30	2,4	1,0	350	0,0070	4,35	0,16
1-2	400	1,5	600	19,8	1,8	4000	0,0050	4,35	0,11
2-3	400	0,375	150	6,8	1,0	350	0,0194	8,7	0,22
3-4	400	0,075	30	1,5	0,6	100	0,0155	8,7	0,18
3-4	400	0,375	150	3,1	0,8	200	0,0153	8,7	0,18
4-5	400	0,375	150	3,8	0,8	200	0,0189	8,7	0,22
5-6	400	0,375	150	8,9	1,5	1800	0,0050	4,35	0,11
5-6	400	1,5	600	18,5	1,8	4000	0,0046	4,35	0,11
6-1	400	1,5	600	58,6	1,2	650	0,0901	52,2	0,17
SD	400	1,5	600	207,6	2,0	6500	0,0319	8,7	0,37
SG	400	0,375	150	20,6	1,5	1800	0,0114	8,7	0,13

\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 3 grubość osłon pozostaje bez zmiany.

7.5.4. ZESTAWIENIE WYMAGANYCH GRUBOŚCI OSŁON Z OŁOWIU

osłona	obliczona grubość osłony		przyjęta wymagana grubość warstwy ołowiu dla osłony
	przed promieniowaniem rozproszonym od tkanki	przed promieniowaniem rozproszonym od detektora	
	mm Pb		
1-2	1,0	0,4	1,0
1-2	1,8	0,8	1,8
2-3	1,0	0,5	1,0
3-4	0,6	0,2	0,6
3-4	0,8	0,3	0,8
4-5	0,8	0,4	0,8
5-6	1,5	0,7	1,5
5-6	1,8	0,8	1,8
6-1	1,2	0,5	1,2
SD	2,0	1,2	2,0
SG	1,5	0,7	1,5

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 na stole. 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.

8. WNIOSKI I ZALECENIA

osłona	równoważnik ołowiu przegrody budowlanej	wymagana grubość osłony	minimalna grubość dodatkowej osłony
	mm Pb		
1-2	1,5	1,0	0
1-2	3,0*	1,8	0
2-3	2,0	1,0	0
3-4	2,0	0,6	0
3-4	2,0	0,8	0
4-5	2,0	0,8	0
5-6	2,0	1,5	0
5-6	3,5*	1,8	0
6-1	>4	1,2	0
SD	>4	2,0	0
SG	>4	1,5	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 na stole. 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.

* uwzględnia dodatkową osłonę przegrodę budowlaną pracowni sąsiadującej

8.1. ZESTAWIENIE MINIMALNEJ GRUBOŚCI DODATKOWYCH OSŁON DLA DRZWI

D1, D2, D3 – drzwi systemowe z warstwą **blachy ołowiowej o grubości 2,0 mm**.

O1 - okno podglądowe o równoważniku min. **2,0 mm Pb dla 100 kV**.

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].

Sala hybrydowa wyposażona jest w ostrzegawczą sygnalizację świetlną umieszczoną nad drzwiami do gabinetu, włączaną równocześnie z zasilaniem generatora zgodnie z wymaganiami oraz w sygnalizację świetlną umieszczoną nad drzwiami informującą o występowaniu promieniowania.

1.4. SALA FIZJOTERAPII , POMIESZCZENIE NR 01.BLO.37

(PUSTA STRONA)

1. CEL PROJEKTU

Celem sporządzenia projektu jest obliczenie wymaganej grubości osłon stałych przed promieniowaniem rtg dla angiografu jednopłaszczyznowego w pomieszczeniu 01.BLO.37.

2. DOKUMENTY BĘDĄCE PODSTAWĄ PROJEKTU

1. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (tekst jednolity Dz.U. 2019 poz. 1792).
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 r. poz. 884).
3. Rozporządzenie 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).
4. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. z 2005 r. 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. z 2015 r. poz. 1355).
6. Polska Norma PN-86/J-80001 - Obliczenia osłon stałych.
7. Projekt budowlany wykonawczy.

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 Gabinetu wynosi 54,65 m², a jej wysokość (mierzona między stropami) wynosi 3,6 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).

Zgodnie z Ustawą Prawo Atomowe, Kierownik Jednostki Organizacyjnej, w tym przypadku Instytutu Kardiologii w Aninie, odpowiedzialny jest za sprawdzenie zaproponowanych parametrów, aby zapewnić ich prawidłowe użycie. Parametry, takie jak wielkość ekspozycji, tygodniowe obciążenie robocze, tygodniowe ilość procedur, maksymalne obciążenie czasowo prądowe itd. zostały opracowane na podstawie zaleceń

z Polskiej normy „PN-86/J-80001 - Obliczenia osłon stałych” oraz parametrów, uwzględniając specyfikację pracy. Jednostka organizacyjna powinna zweryfikować parametry zastosowane do obliczeń osłon przed promieniowaniem jonizującym, ich zgodność z regulacjami prawnymi oraz swoimi zaleceniami. Jednostka organizacyjna odpowiedzialna jest za zapewnienie, że użyte parametry zostały przeanalizowane i zaakceptowane przez wszystkie strony.

5. KONSTRUKCJA ISTNIEJĄCYCH PRZEGRÓD BUDOWLANYCH

Oznaczenie na rysunku	Opis i konstrukcja przegrody	Równoważnik ołowiu dla 100 kV
1-2	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
2-3	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
3-4	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
4-5	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
5-6	Ściana wewnątrz gipsowo kartonowa z blachą ołowianą o grubości 2 mm	2 mm
6-1	Ściana żelbetowa 25 cm	>4 mm
SD	strop dolny płyta żelbetowa 28 cm, szlichta betonowa 7 cm,	>5 mm
SG	strop górny płyta żelbetowa 28 cm, szlichta betonowa 7 cm,	>5 mm

6. PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE APARATU RTG

Typ	Jednopłaszczyznowy angiograf rtg	
parametr	jednostka	wartość
Zakres napięcia anodowego	kV	50 - 125
zakres prądu anodowego w trybie fluoroskopii	mA	130
szerokość impulsu	ms	do 20 przy 15 fps
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	< 0,4
Typ anody	wirująca	
Ramię C		
SID	cm	115
Detektor obrazowy		
typ	Amorficzna krzemowa matryca fotodiodowa na podłożu ciągłym	
rozmiar	cm	31 x 31

7. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

7.1. ZAŁOŻENIA PRZYJĘTE DO OBLICZEŃ

- a) Przyjęto na podstawie danych przykładowego 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.
- b) Do obliczeń przyjęto jako nominalne parametry: $U = 90 \text{ kV}$, $I = 130 \text{ mA}$, czas procedury $t = 30 \text{ min}$.
- c) Uwzględniono jednocześnie długość trwania impulsu równą 8 ms oraz maksymalną liczbę 15 impulsów w czasie 1 s w trybie fluoroskopii pulsacyjnej DSA.
- d) 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.
- e) Wymagane grubości ołowiu dla zredukowanej mocy dawki C1 oraz C2 odczytano dla napięcia 100 kV, co jest wystarczającym założeniem dla wartości napięcia anodowego.
- f) Analizy wielkości promieniowania ubocznego dokonano na podstawie wartości dawki podawanej przez producenta lampy rtg.
- g) 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.
- h) 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.
- i) Dopuszczalne dawki przyjęto na podstawie rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi.
- j) We wnioskach końcowych dokonano analizy równoważnika grubości ołowiu zaprojektowanych 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.

7.2. PARAMETRY EKSPOZYCJI RTG

Parametr	Oznaczenie	Wartość	Jednostka
napięcie maksymalne	U_{nom}	90	kV
prąd maksymalny	I_{nom}	130	mA
czas procedury	t_p	30	min
		1800	s
długość impulsu	t_{imp}	8	ms
liczba impulsów na sekundę	pps	15	-
czas ekspozycji w trakcie procedury	t_e	216	s
liczba procedur tygodniowo	-	25	-
czas pracy źródła	t_o	90	min
		1,5	h
wymiary panelu cyfrowego		0,31 x 0,31	m
powierzchnia panelu cyfrowego	s	0,096	m ²
SID	f	1,15	m

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

osłona	opis pomieszczenia za osłoną	nr na rysunku	T	D [μGy]
1-2	Komunikacja	01.BLO.41	0,25	8,7
1-2	Sekretariat	01.BLO.40	1	8,7
2-3	Śluza	01.BLO.01	0,25	8,7
3-4	Komunikacja	01.BLO.09	0,25	8,7
4-5	Przygotowanie lekarzy	01.BLO.36	0,25	8,7
5-6	Serwerownia	01.BLO.35	0,05	4,35
5-6	Sala operacyjna	01.BLO.32	1	4,35
6-1	Sterownia 4	01.BLO.25.4	1	52,2
SD	Korytarz Kom. Przyjęć Wiatrołap Ekspedycja	00.APT.01 00.APT.29 00.APT.30 00.APT.31	1	8,7
SG	Korytarz Sala 2-osobowa Sala 2-osobowa Sala 2-osobowa	02.KAR.04 02.KAR.44 02.KAR.47 02.KAR.48	0,25	8,7

7.4. CZAS NARAŻENIA

osłona	t_0		T	U	t	
	min	h			min	h
1-2	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
1-2	90	1,5	1	1	90	1,5
2-3	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
3-4	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
4-5	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375
5-6	90	1,5	0,05	1	4,5	0,075
5-6	90	1,5	1	1	22,5	0,375
6-1	90	1,5	1	1	90	1,5
SD	90	1,5	1	1	90	1,5
SG	90	1,5	0,25	1	22,5	0,375

7.5. WYNIKI OBLICZEŃ WYMAGANEJ GRUBOŚCI OSŁON STAŁYCH

7.5.1. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROM. X ROZPROSZONYM OD TKANKI bez uwzględniania promieniowania ubocznego

osłona	odległość przedmiotu rozpraszającego od osłony	zredukowana moc dawki C_1	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	4,3	2,2	1,3
1-2	6,7	1,3	1,5
2-3	4,3	3,9	1,0
3-4	5,4	3,5	1,2
4-5	4,5	7,1	0,8
5-6	3,9	7,5	0,8
5-6	6,0	0,7	1,8
6-1	3,6	2,7	1,2
SD	1,7	0,1	2,0
SG	2,7	1,3	1,5

Obliczeń oraz odczytów dokonano dla napięcia 100 kV

**7.5.2. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROM. X ROZPROSZONYM
OD DETEKTORA OBRAZOWEGO**

bez uwzględniania promieniowania ubocznego

osłona	odległość przedmiotu rozpraszającego od osłony	zredukowana moc dawki C2	odczytana grubość osłony z ołowiu	przeliczona grubość osłony z ołowiu
	m	$\mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$	mm Pb	mm Pb
1-2	4,3	40	0,9	0,6
1-2	6,7	25	1,1	0,7
2-3	4,3	72	0,8	0,5
3-4	5,4	63	0,8	0,5
4-5	4,5	129	0,6	0,4
5-6	3,9	137	0,6	0,4
5-6	6,0	13	1,3	0,8
6-1	3,6	50	0,8	0,5
SD	1,7	2	1,8	1,2
SG	2,7	24	1,1	0,7

7.5.3. GRUBOŚĆ OSŁON Z OŁOWIU PRZED PROMIENIOWANIEM UBOCZNYM

Do obliczeń przyjęto wartość mocy dawki promieniowania ubocznego $\dot{D}_u = 0,4 \text{ mGy/h} = 400 \text{ }\mu\text{Gy/h}$

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	400	0,375	150	12,2	1,3	800	0,0153	8,7	0,18
1-2	400	1,5	600	19,8	1,5	1800	0,0110	8,7	0,13
2-3	400	0,375	150	6,8	1,0	350	0,0194	8,7	0,22
3-4	400	0,375	150	7,7	1,2	650	0,0119	8,7	0,14
4-5	400	0,375	150	3,8	0,8	200	0,0189	8,7	0,22
5-6	400	0,075	30	1,8	0,8	200	0,0089	4,35	0,21
5-6	400	1,5	600	18,5	1,8	4000	0,0046	4,35	0,11
6-1	400	1,5	600	58,6	1,2	650	0,0901	52,2	0,17
SD	400	1,5	600	207,6	2,0	6500	0,0319	8,7	0,37
SG	400	0,375	150	20,6	1,5	1800	0,0114	8,7	0,13

\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 3 grubość osłon pozostaje bez zmiany.

7.5.4. ZESTAWIENIE WYMAGANYCH GRUBOŚCI OSŁON Z OŁOWIU

osłona	obliczona grubość osłony		przyjęta wymagana grubość warstwy ołowiu dla osłony
	przed promieniowaniem rozproszonym od tkanki	przed promieniowaniem rozproszonym od detektora	
	mm Pb		
1-2	1,3	0,6	1,3
1-2	1,5	0,7	1,5
2-3	1,0	0,5	1,0
3-4	1,2	0,5	1,2
4-5	0,8	0,4	0,8
5-6	0,8	0,4	0,8
5-6	1,8	0,8	1,8
6-1	1,2	0,5	1,2
SD	2,0	1,2	2,0
SG	1,5	0,7	1,5

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 na stole. 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.

8. WNIOSKI I ZALECENIA

osłona	równoważnik ołowiu przegrody budowlanej	wymagana grubość osłony	minimalna grubość dodatkowej osłony
	mm Pb		
1-2	2,0	1,3	0
1-2	2,0	1,5	0
2-3	2,0	1,0	0
3-4	2,0	1,2	0
4-5	2,0	0,8	0
5-6	1,5	0,8	0
5-6	3,0*	1,8	0
6-1	>4	1,2	0
SD	>4	2,0	0
SG	>4	1,5	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 na stole. 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.

* uwzględnia dodatkową osłonę przegrodę budowlaną pracowni sąsiadującej

8.1. ZESTAWIENIE MINIMALNEJ GRUBOŚCI DODATKOWYCH OSŁON DLA DRZWI

D1, D2, D3 – drzwi systemowe z warstwą **blachy ołowiowej o grubości 2,0 mm**.

O1 - okno podglądowe o równoważniku min. **2,0 mm Pb dla 100 kV**.

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].

Sala hybrydowa wyposażona jest w ostrzegawczą sygnalizację świetlną umieszczoną nad drzwiami do gabinetu, włączaną równocześnie z zasilaniem generatora zgodnie z wymaganiami oraz w sygnalizację świetlną umieszczoną nad drzwiami informującą o występowaniu promieniowania.