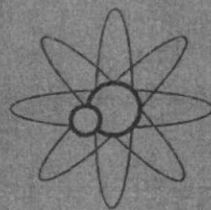


KRAKOWSKIE PRZEDSIĘBIORSTWO PROJEKTOWO-BADAWCZE
AAXIS® - SYSTEMY KOMPUTEROWE



BIURO KONSULTACYJNO-TECHNICZNE

30-324 KRAKÓW UL. MONTE CASSINO 31
tel./fax: (48 12) 267 29 67; gsm: (48 601) 40 66 06
e-mail: biuro@aaxis.pl; info: www.aaxis.pl

PROJEKT OCHRONY RADIOLOGICZNEJ

OBLICZENIA OSŁON STAŁYCH W PRACOWNI RTG
WYPOSAŻONEJ W TOMOGRAF

GENERAL ELECTRIC Medical Systems

BrightSpeed 16

INWESTOR:

SP ZOZ W BOCHNI SZPITAL POWIATOWY
32-700 BOCHNIA UL. KRAKOWSKA 31

OBIEKT:

PRACOWNIA TOMOGRAFII
SP ZOZ W BOCHNI SZPITAL POWIATOWY
32-700 BOCHNIA UL. KRAKOWSKA 31

EGZ 1/2

(WRZESIEŃ 2007)

ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA

- I. Wprowadzenie.
- II. Widok ogólny aparatu rentgenowskiego.
- III. PROJEKT OCHRONY RADIOLOGICZNEJ.
 1. Podstawa prawna opracowania.
 2. Założenia do obliczeń.
 - wartość dawki skutecznej za osłonami stałymi gabinetu rtg
 - podstawowe parametry aparatu rentgenowskiego
 - maksymalny czas pracy źródła promieniowania
 3. Obliczenia osłon stałych.
 - opis metody obliczeniowej
 - wzory
 - tablice
 - rysunki
 - plan pracowni rentgenowskiej
 - obliczenia numeryczne
 - wykaz oznaczeń.
 4. Analiza wyników.
 5. Zalecenia.
 6. Wyposażenie pracowni rtg dla potrzeb ochrony radiologicznej.
 7. Kontrola dozymetryczna.
 8. Znaki ostrzegawcze.
 9. Informacje dodatkowe
- IV. Znaki ostrzegawcze - załączniki do projektu.
- V. Sygnalizacja świetlna - załącznik do projektu.
- VI. Wkładka informacyjna.



30-324 KRAKÓW UL. MONTE CASSINO 31
tel./fax: (48 12) 267 29 67; gsm: (48 601) 40 66 06
e-mail: biuro@aaxis.pl; info: www.aaxis.pl

WPROWADZENIE

Opracowanie zawiera projekt ochrony radiologicznej sporządzony dla Samodzielnego Publicznego Zakładu Opieki Zdrowotnej w Bochni Szpital Powiatowy, zlokalizowanego w Bochni przy ul. Krakowskiej 31.

W projekcie dokonano wyliczeń wymaganych grubości osłon stałych przed promieniowaniem X oraz przedstawiono zalecenia związane z zakresem prac niezbędnych do przeprowadzenia w powstającej pracowni tomografii w związku z planowanym zainstalowaniem w niej aparatu tomograficznego typu BrightSpeed 16, firmy GENERAL ELECTRIC MEDICAL SYSTEMS.

System rentgenowski tomografu jest sterowany przez zespół mikroprocesorów, co zapewnia stałą kontrolę zarówno nad jakością ekspozycji, jak i nad bezpieczeństwem pacjenta (pomiar dozy pochłoniętej).

W projekcie ochrony radiologicznej do obliczeń przyjęto najmniej korzystne ustawienia parametrów pracy tomografu, z przewidzianych do stosowania w praktyce oraz uwzględniono osłonność własną istniejących przegród budowlanych.

Przedstawiono również wytyczne technologiczne mające na celu ochronę pracowników i pacjentów przed promieniowaniem rentgenowskim.

Pracownia tomografii obejmuje pomieszczenia usytuowane na parterze budynku Szpitala Powiatowego w Bochni.

W skład pracowni rtg wchodzi: gabinet rentgenowski, sterownia, kabina dla pacjentów, pomieszczenie przygotowawcze, korytarz wewnętrzny oraz kabina higieny osobistej.

Powierzchnia gabinetu rtg wynosi ok. 27 m², a wysokość 3.2 m. Sufit zostanie obniżony do wysokości 2.8 m przy zastosowaniu płyt kartonowo-gipsowych.

Powyżej znajdują się pomieszczenia sanitarne. Strop zbudowany jest z betonu zbrojonego o grubości 20 cm.

Ten fragment budynku nie jest podpiwniczony.

Ściany zewnętrzne i wewnętrzne gabinetu rtg zbudowane są z cegły pełnej. Pomieszczenie posiada dwa, umieszczone na wysokości 2.20 m okna.

Pomieszczenia pracowni rtg wyposażone będą w wentylację mechaniczną wywiewno-nawiewną, stanowiącą fragment systemu wentylacyjnego budynku.


W skład instalacji sanitarnej pracowni rtg wchodzi, zamontowana w kabinie higieny osobistej, umywalka wyposażona w baterię dostarczającą ciepłą i zimną wodę. Urządzenia podłączone są do systemu wodno-kanalizacyjnego budynku.

Lokalizację urządzeń w pracowni rtg wraz z jej niezbędnym wyposażeniem oraz opisem rodzaju osłanianych pomieszczeń przedstawiono na planie sytuacyjnym (rys. nr 01/POR-06/09/07/RTG-T).

Wykorzystane w obliczeniach projektowych dane zaczerpnięto z materiałów udostępnionych przez firmę GENERAL ELECTRIC Medical Systems: parametry techniczne oraz instalacyjne tomografu, Inwestora: wyciąg z dokumentacji technicznej budynku i informacje przekazane w formie ustnej, z obowiązujących aktów prawnych: dawki dopuszczalne, współczynniki oraz z wizji lokalnych - obmiary uzupełniające.

W opracowaniu zamieszczono dokumentację fotograficzną przedstawiającą widok ogólny tomografu przewidzianego do zainstalowania w pracowni.

Podstawę prawną opracowania, wyszczególnioną w jego dalszej części, stanowią akty prawne obowiązujące we wrześniu 2007 r.

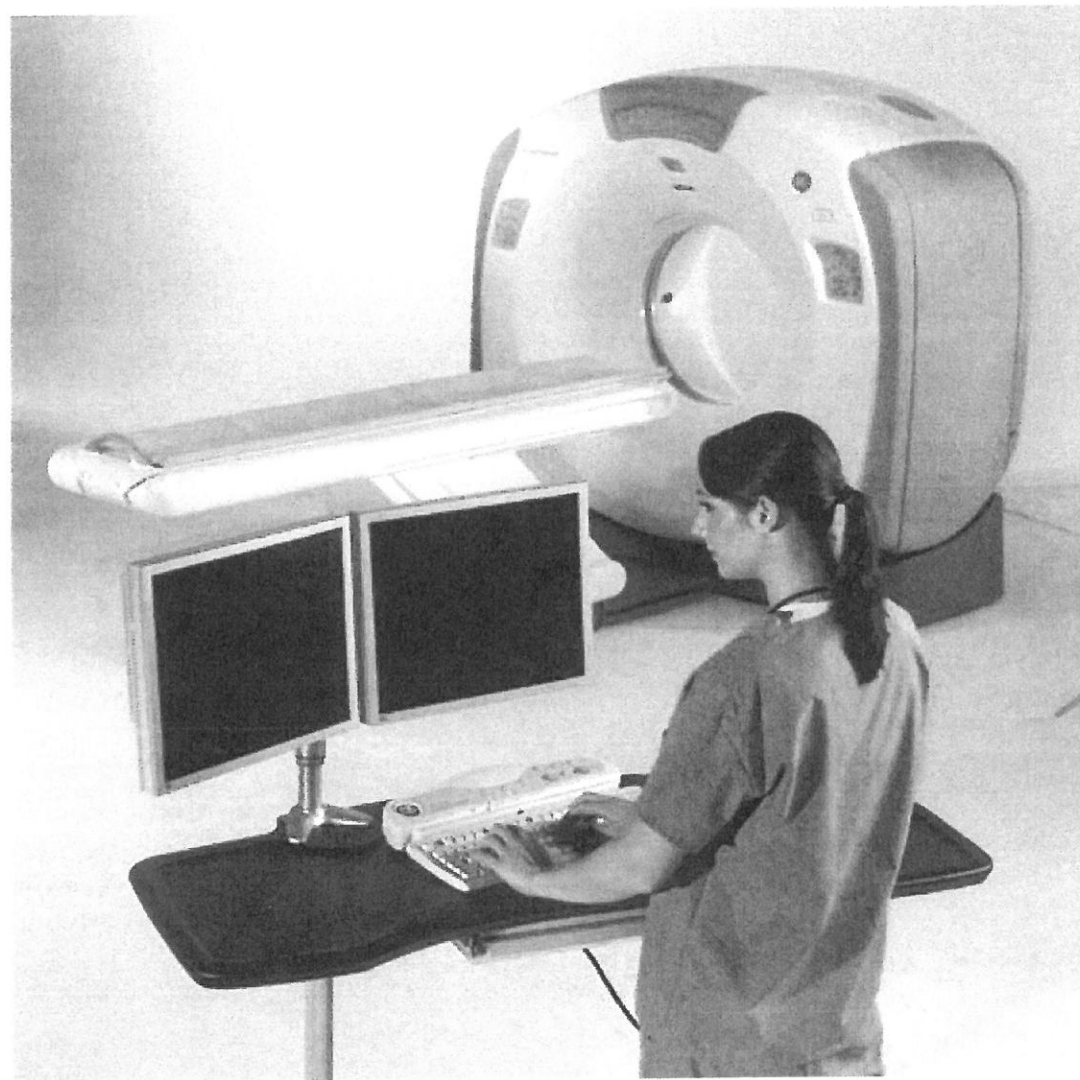

Inż. Wacław Piuter
uprawnienia do prowadzenia działań obejmujących
System Zapewnienia Jakości w Diagnostyce Radiologicznej
wydane przez Polskie Lekarskie Towarzystwo Radiologiczne
(certyfikat nr 1220)

KRAKOWSKIE PRZEDSIĘBIORSTWO PROJEKTOWO-BADAWCZE
AAXIS[®]-SYSTEMY KOMPUTEROWE

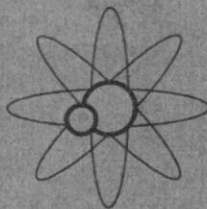
**BIURO
KONSULTACYJNO-TECHNICZNE**

30-324 KRAKÓW UL. MONTE CASSINO 31
tel./fax: (48 12) 267 29 67; gsm: (48 601) 40 66 06
e-mail: biuro@aaxis.pl; info: www.aaxis.pl

WIDOK OGÓLNY TOMOGRAFU
GE Medical Systems
BrightSpeed 16



KRAKOWSKIE PRZEDSIĘBIORSTWO PROJEKTOWO-BADAWCZE
AAXIS® - SYSTEMY KOMPUTEROWE



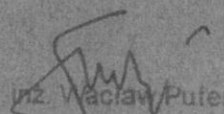
BIURO KONSULTACYJNO-TECHNICZNE

30-324 KRAKÓW UL. MONTE CASSINO 31
tel./fax: (48 12) 267 29 67; gsm: (48 601) 40 66 06
e-mail: biuro@aaxis.pl; info: www.aaxis.pl

PROJEKT nr POR-06/09/07/RTG-T (WRZESIEŃ 2007) OCHRONY RADIOLOGICZNEJ

OBLICZENIA OSŁON STAŁYCH W PRACOWNI RTG
WYPOSAŻONEJ W TOMOGRAF
GENERAL ELECTRIC Medical Systems
BrightSpeed 16

KONSULTANT WIODĄCY:

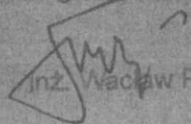

Inż. Wacław Puter
uprawnienia do prowadzenia działań obejmujących
System Zapewnienia Jakości w Diagnostyce Radiologicznej
wydane przez Polskie Lekarskie Towarzystwo Radiologiczne
(certyfikat nr 1220)

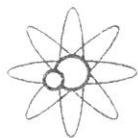
RECENZENT WERYFIKATOR:

główny specjalista w zakresie
bezpieczeństwa i higieny pracy

DYREKTOR BIURA:


mgr inż. Wacław Ropa


Inż. Wacław Puter



PODSTAWA PRAWNA OPRACOWANIA

Podstawę prawną opracowania zawierającego projekt ochrony radiologicznej stanowią poniższe akty prawne:

- *Ustawa z dnia 29. listopada 2000 r. PRAWO ATOMOWE (Dz. U. nr 3/01) z późniejszymi zmianami (Dz. U. nr 100/01, Dz. U. nr 154/01, Dz. U. nr 47/02, Dz. U. nr 135/02, Dz. U. nr 70/04, Dz. U. nr 52/07, tekst jednolity - Dz. U. nr 42/07, poz. 276).*
- *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18. stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. nr 20/05, poz. 168)*
- *Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21. sierpnia 2006 r. w sprawie szczególnych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. nr 180/06, poz. 1325).*
- ~~○ *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2002 r. w sprawie szczególnych warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego (Dz. U. nr 239/02, poz. 2029).*~~
- *Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 25. sierpnia 2005 r. w sprawie bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej (Dz. U. nr 194/05, poz. 1625).*
- *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 20. lutego 2007 r. w sprawie podstawowych wymagań dotyczących terenów kontrolowanych i nadzorowanych (Dz. U. nr 131/07, poz. 910).*
- *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 23. marca 2007 r. w sprawie wymagań dotyczących rejestracji dawek indywidualnych (Dz. U. nr 131/07, poz. 913).*
- *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3. grudnia 2002 r. w sprawie dokumentów wymaganych przy składaniu wniosku o wydanie zezwolenia na wykonywanie działalności związanej z narażeniem na działanie promieniowania jonizującego albo przy zgłaszaniu wykonywania tej działalności (Dz. U. nr 220/02, poz. 1851), ze zmianami z dnia 27. kwietnia 2004 r. (Dz. U. nr 98/04, poz. 981).*
- *Polska Norma PN-86/J-80001. Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych.*

ZAŁOŻENIA DO OBLICZEŃ

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 21. sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. nr 180/06, poz. 1325), konstrukcja ścian, stropów, okien, drzwi oraz zainstalowane urządzenia ochronne w pracowni rentgenowskiej zabezpieczają osoby pracujące:

- ✓ w gabinecie rentgenowskim przed otrzymaniem dawki skutecznej przekraczającej 6 mSv/rok
- ✓ w pomieszczeniach pracowni rentgenowskiej poza gabinetem rtg przed otrzymaniem dawki przekraczającej 3 mSv/rok
- ✓ w pomieszczeniach poza pracownią rtg, a także osoby z ogółu ludności przebywające w sąsiedztwie przed otrzymaniem dawki przekraczającej 0.5 mSv/rok
- ✓ w pracowniach rtg usytuowanych w budynkach mieszkalnych osoby z ogółu ludności, przed promieniowaniem związanym z funkcjonowaniem gabinetu rtg, przed otrzymaniem dawki 0.1 mSv/rok.

1 mSv → 0.087 cGy

1 mSv/rok → $16.73 \cdot 10^{-4}$ cGy/tydz. = 16.7 μGy/tydz.

Do obliczeń przyjęto:

- ✓ dla pracowników, za osłonami - wartość dawki skutecznej na poziomie 2 mSv/rok (w sterowni) i 0.5 mSv/rok (w pozostałych pomieszczeniach pracowni rtg)
- ✓ dla osób z ogółu ludności, za osłonami - wartość dawki skutecznej na poziomie 0.5 mSv/rok.

GŁÓWNE PARAMETRY TECHNICZNE TOMOGRAFU GE MEDICAL SYSTEMS BrightSpeed 16

- napięcie anodowe - 90-140 kV
- prąd anodowy - 20-500 mA
- parametry prądowo-napięciowe - max 400 mA przy 140 kV
- max 500 mA przy 90 kV
- ognisko optyczne - 0.5/1.0 mm
- czasy ekspozycji - 32 s (duże ogn.), 37 s (małe ogn.)
- filtracja - równoważna 2.5 mm Al
- odległość ogniska od końca kolimatora - 20 cm
- powierzchnia opromieniania w płaszczyźnie końca kolimatora - $1.7 \cdot 10^{-5}$ m²

Zakłada się, że w ciągu dnia, tomografem GE MEDICAL SYSTEMS BrightSpeed 16, zostanie wykonanych nie więcej niż 8 pełnych badań diagnostycznych.

Przyjmując pięciodniowy tydzień pracy, otrzymujemy 40 eksp./tydz.

Do obliczeń przyjęto maksymalne napięcie pracy lampy oraz uśrednione parametry prądowo-czasowe (wynikające z ustawień przewidzianych do stosowania w praktyce), zwiększone o 20 %.

Czas pracy źródła promieniowania w ciągu tygodnia t_0 [h] wyniesie:

$$t_0 = 40 \text{ [eksp./tydz]} \cdot 32 \text{ [s/eksp.]} / 3600 \text{ [s/h]}$$

$$t_0 = 0.356 \text{ h}$$

do obliczeń przyjęto $t_0 = 0.36 \text{ h}$

Zakłada się, że na obliczaną osłonę (w zależności od rodzaju ekspozycji) będzie padać promieniowanie rozproszone przez tkankę pacjenta, promieniowanie rozproszone przez materiał przegród budowlanych oraz promieniowanie uboczne.

W ocenie narażenia uwzględniono osłonność własną istniejących lub przewidzianych do zainstalowania, zgodnie z projektem, przegród budowlanych.

OBLICZENIA OSŁON STAŁYCH

Obliczeń grubości osłon stałych dokonano metodą numeryczną przy wykorzystaniu programu Orad-X v3.3.

Algorytmy obliczeniowe programu bazują na wzorach matematycznych i zależnościach przedstawionych w postaci tablic oraz graficznie w Polskiej Normie PN-86/J-80001.

W programie zastosowano dwa algorytmy obliczeniowe:

- promieniowanie wiązki głównej (WG)
- promieniowanie rozproszone i uboczne (RiU).

Dane z tablic oraz krzywych zostały przetransponowane do tabelarycznej bazy danych oraz do bibliotek zawierających funkcje i procedury, z których korzysta program obliczeniowy.

Baza danych została skonstruowana w taki sposób, aby poszukiwane przez program wartości mogły być interpolowane liniowo w każdym przedziale.

Dane wejściowe do obliczeń tworzą wartości dopuszczalne określone obowiązującymi przepisami, wynikające z Polskiej Normy PN-86/J-80001 współczynniki przeliczeniowe, wielkości związane z parametrami źródeł promieniowania i geometrią pracowni/gabinetu rtg oraz wartości wynikające z przyjętych założeń.

Dane wejściowe przedstawiane są w postaci tablic.

Wyniki obliczeń uzależnione są od zastosowanego algorytmu i zawierają:

- promieniowanie wiązki głównej (WG) → krotność osłabienia promieniowania (k), wynikająca z niego wymagana grubość osłony z ołowiu i z materiału przeliczeniowego
- promieniowanie rozproszone i uboczne (RiU) → wartość zredukowanej mocy dawki promieniowania rozproszonego przez wodę lub tkankę - C_1 ; wartość zredukowanej mocy dawki promieniowania rozproszonego przez materiał (inny niż woda lub tkanka - przegroda budowlana, badana próbka itp.) - C_2 ; wartość tygodniowej dawki promieniowania ubocznego, wyrażanego procentowo w stosunku do dawki tygodniowej i wynikające z wyliczonych wartości wymagane grubości osłon z ołowiu i z materiałów przeliczeniowych.

Wyniki obliczeń przedstawiane są w postaci tablic oraz w postaci wykresów stanowiących wizualizację graficzną przeprowadzonych algorytmów.

Wykresy przedstawiają grubości osłon rzeczywistych, grubości osłon przeliczeniowych, oraz wymagane grubości osłon przeliczeniowych.

Osloną przeliczeniową, czyli wykorzystywaną w trakcie obliczeń numerycznych, jest osłona rzeczywista, jeśli gęstość materiału tworzącego osłonę podana jest w tablicach PN-86/J-80001.

Dla osłon wykonanych z materiałów, których gęstość różni się od gęstości materiałów podanych w tablicach PN-86/J-80001, wprowadzana jest osłona przeliczeniowa o gęstości najbardziej zbliżonej do gęstości materiału, którego osłonność przedstawiona jest w PN.

Grubość osłony rzeczywistej (np. wykonanej z pustaka cienkościennego) sprawdzana jest do wartości, jaką uzyskalaby po utracie wolnych przestrzeni.

Gęstość tak powstałej osłony zostaje skorygowana przez współczynnik osłonności, którego wartość została dobrana doświadczalnie w trakcie pomiarów.

Następnie program ustala grubość osłony przeliczeniowej wykorzystując, zgodnie z PN, współczynnik korygujący h wg wzoru:

$$h = \rho_0 / \rho \quad [--]$$

ρ_0 - gęstość materiału podana w tablicy [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]

ρ - gęstość materiału stosowanego [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]

Dobór poszczególnych osłon stałych, które podlegają procedurom obliczeniowym, wynika z rozmieszczenia węzłów pomiędzy przegrodami budowlanymi pracowni/gabinetu rtg (załamania, zmiany rodzaju materiału itp.).

Na planie sytuacyjnym pomieszczeń węzły oznaczane są dużymi literami.

W pierwszej fazie obliczeń, jeśli nie przewiduje się występowania zagrożenia za przegrodą, która na kierunku wzdłużnym złożona jest z elementów o różnych gęstościach lub z materiału jednorodnego, lecz o różnych grubościach, przeprowadza się procedury obliczeniowe dla całej przegrody, bez podziału wynikającego z rozmieszczenia węzłów oraz bez wprowadzenia osłony przeliczeniowej.

Jeśli uzyskana w wyniku obliczeń wymagana grubość osłony przeliczeniowej wyniesie poniżej 0.1 mm Pb, to jest to koniec obliczeń (zagrożenie radiologiczne za osłoną nie występuje).

Wydruk strony obliczeniowej nie zawiera wizualizacji graficznej, lecz notatkę o treści: dla każdego miejsca znajdującego się za obliczaną przegrodą WARUNEK OCHRONY RADIOLOGICZNEJ JEST SPEŁNIONY.

Jeżeli wymagana grubość osłony przeliczeniowej wyniesie 0.1 mm Pb lub więcej, to dokonuje się podziału przegrody zgodnie z rozmieszczeniem węzłów i powtarza procedurę obliczeniową w normalnym trybie.

WZORY.

1. Czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia w osłanianym miejscu.

$$t = T \cdot U \cdot t_0$$

- t - czas narażenia na promieniowanie w ciągu tygodnia w miejscu osłanianym [min]
- T - współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu [-]
- U - współczynnik określający prawdopodobieństwo skierowania użytecznej wiązki promieniowania w kierunku obliczanej osłony [-]
- t₀ - maksymalny czas pracy źródła promieniowania w ciągu tygodnia [s, min, h]

2. Krotność osłabienia promieniowania X przez osłonę z ołowiu.

$$k = D^{\circ} \cdot i \cdot t \cdot y / D \cdot I^2$$

- k - krotność osłabienia promieniowania przez osłonę [-]
- D[°] - moc dawki promieniowania w odległości 1 m od ogniska lampy przeliczona dla prądu anodowego 1 mA [cGy · min⁻¹ · m² · mA⁻¹]
- i - nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej [mA]
- t - czas narażenia w ciągu tygodnia na promieniowanie w miejscu osłanianym [min]
- y - współczynnik osłabienia w ośrodku [-]

- D - dawka tygodniowa określana przez dawki dopuszczalne dla osób należących do określonej kategorii narażenia [cGy]
- l - najmniejsza odległość ogniska lampy rtg od miejsca osłanianego w określonych warunkach pracy aparatu rentgenowskiego [m]

3. Zredukowana moc dawki promieniowania X rozproszonego przez tkankę lub wodę C_1 , bez uwzględnienia promieniowania ubocznego.

$$C_1 = D \cdot l^2 / (t \cdot i)$$

- C_1 - zredukowana moc dawki promieniowania rozproszonego przez tkankę lub wodę [$\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$]
- D - dawka tygodniowa określana przez dawki dopuszczalne dla osób należących do określonej kategorii narażenia [μGy]
- l - najmniejsza odległość powierzchni materiału rozpraszającego promieniowanie wiązki głównej od miejsca osłanianego w określonych warunkach pracy [m]
- t - czas narażenia w ciągu tygodnia na promieniowanie rozproszone w miejscu osłanianym [h]
- i - nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej [mA]

Wyznaczenie grubości osłony na podstawie wartości C_1 , zgodnie z p. 2.5.2.2. PN-86 /J-80001, jest możliwe przy spełnieniu warunków:

$$l \geq 0.5 \text{ m}, f^2 / s \geq 2$$

- s - powierzchnia materiału rozpraszającego napromieniana wiązką główną [m^2]
- f - odległość powierzchni rozpraszającej promieniowanie wiązki głównej od ogniska lampy rentgenowskiej [m]

4. Zredukowana moc dawki promieniowania X rozproszonego przez materiał (inny niż woda lub tkanka) C_2 , bez uwzględnienia promieniowania ubocznego.

$$C_2 = D \cdot l^2 \cdot f^2 / (t \cdot i \cdot s)$$

- C_2 - zredukowana moc dawki promieniowania rozproszonego [$\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$]

- D - dawka tygodniowa określana przez dawki dopuszczalne dla osób należących do określonej kategorii narażenia [μGy]
- l - najmniejsza odległość powierzchni materiału rozpraszającego promieniowanie wiązki głównej od miejsca osłanianego w określonych warunkach pracy aparatu rentgenowskiego [m]
- f - odległość powierzchni rozpraszającej promieniowanie wiązki głównej od ogniska lampy rtg [m]
- t - czas narażenia w ciągu tygodnia na promieniowanie rozproszone w miejscu osłanianym [h]
- i - nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej [mA]
- s - rzut powierzchni materiału rozpraszającego, napromienianej wiązką główną, na płaszczyznę prostopadłą do kierunku wiązki w odległości f [m^2]

Wyznaczenie grubości osłony na podstawie wyliczonej wartości C_2 , zgodnie z p. 2.5.3.2. PN-86/J-80001, jest możliwe przy spełnieniu warunku:

$$l \geq 0.5 \text{ m}$$

Ze względu na fakt, że stosunek $f^2/s = d^2/s_0$

- f - odległość powierzchni rozpraszającej promieniowanie wiązki głównej od ogniska lampy rtg [m]
- s - rzut powierzchni materiału rozpraszającego, napromienianej wiązką główną, na płaszczyznę prostopadłą do kierunku wiązki w odległości f [m^2]
- d - odległość ogniska od końca kolimatora [m]
- s_0 - powierzchnia materiału rozpraszającego napromieniona wiązką główną w odległości d [m^2]

wzór stosowany w obliczeniach numerycznych przyjmuje postać:

$$C_2 = D \cdot l^2 \cdot d^2 / (t \cdot i \cdot s_0)$$

Wielkości d i s_0 stanowią parametry techniczne właściwe dla określonego typu aparatu rentgenowskiego.

W przypadku projektu, dla którego wyliczane są obydwie wartości C_1 i C_2 , przyjmuje się do obliczeń dawkę promieniowania wynoszącą $1/2 D$, gdyż suma obydwu oddziaływań nie może przekraczać w osłanianym miejscu dawki tygodniowej, wynikającej z dawek dopuszczalnych dla osób należących do określonej grupy narażenia.

Analogicznie, w przypadku dwóch lub większej ilości aparatów rentgenowskich zainstalowanych w jednym pomieszczeniu gabinetu/pracowni rentgenowskiej (niezależnie od tego, że nie pracują równocześnie) ich sumaryczne oddziaływanie nie może przekraczać dawki dopuszczalnej.

W związku z powyższym, wartość D zostaje rozdzielona w odpowiedni sposób pomiędzy aparaty przewidziane do zainstalowania w pomieszczeniu.

Współczynniki rozdziału dobierane są za pomocą procedury obliczeniowej, dla której dane wejściowe stanowią: parametry techniczne poszczególnych aparatów rtg (napięcie anodowe, prąd anodowy i maksymalny czas ekspozycji) oraz przewidywana przez inwestora, wymagana tygodniowa ilość ekspozycji.

Opisu algorytmu obliczeniowego nie podajemy, gdyż jego działanie jedynie optymalizuje dobór grubości osłon (nie pozwala na ich zbytne przewymiarowanie) i nie ma wpływu na poprawność (z punktu widzenia ochrony radiologicznej) uzyskiwanych w trakcie dalszych obliczeń wyników.

Współczynniki rozdziału, dla określonego typu aparatu rtg, mogą przyjmować wartości stałe (mało skomplikowane układy lub tam, gdzie można pozwolić sobie na pewne przewymiarowanie osłon) albo zmieniają się w sposób dynamiczny w zależności od osłanianego miejsca (bardziej skomplikowane układy lub tam, gdzie nie można sobie pozwolić na przewymiarowanie osłon).

W części OBLICZENIA OSŁON STAŁYCH tablica DANE WEJŚCIOWE przedstawia przyjmowaną do dalszych obliczeń wartość tygodniowej dawki dopuszczalnej D [μGy] pomnożoną przez współczynnik rozdziału.

W obliczeniach wartości C_2 uwzględniono, określony w Polskiej Normie, współczynnik y osłabienia w ośrodku, wynikający z przejścia wiązki głównej promieniowania przez napromieniany materiał.

5. Tygodniowa dawka promieniowania ubocznego.

$$D_u = D_u^* \cdot t / l^2$$

- D_u - tygodniowa dawka promieniowania ubocznego [μGy]
- D_u^* - moc dawki promieniowania ubocznego przyjęta lub pomierzona [$\mu\text{Gy}/\text{h}$]
- t - czas narażenia w ciągu tygodnia na promieniowanie w miejscu osłanianym [h]
- l - najmniejsza odległość ogniska lampy rtg od miejsca osłanianego w określonych warunkach pracy aparatu rentgenowskiego [m]

Zgodnie z PN-86/J-80001, aby grubości osłon stałych wyliczone dla promieniowania rozproszonego spełniały warunek ochronności dla promieniowania ubocznego, musi być spełniona zależność:

$$D_u < D \cdot 10 \%$$

D_u - tygodniowa dawka promieniowania ubocznego [μ Gy]
 D - dawka tygodniowa określana przez dawki dopuszczalne dla osób należących do określonej kategorii narażenia [μ Gy]

TABLICE

Na podstawie tablic zaczerpniętych z Polskiej Normy PN-86/J-80001 została utworzona baza danych oraz biblioteki zawierające funkcje i procedury do programu obliczeniowego.

Tam, gdzie było to konieczne, wartości umieszczone w tablicach zagęszczono lub rozszerzono z zastosowaniem interpolacji lub ekstrapolacji.

Poniżej wyszczególniono tablice, z których korzysta program obliczeniowy.

W opisach tablic zastosowano oznaczenia odpowiadające numeracji przyjętej w Polskiej Normie PN-86/J-80001.

1. Tablica nr 1. Współczynnik y dla osłabienia w wodzie lub tkance.
2. Tablica nr 2. Moc dawki promieniowania X w wiązce głównej w zależności od filtracji zewnętrznej.
3. Tablica nr 4. Grubości osłon z żelaza o gęstości 7.9 g/cm^3 równoważne odpowiedniej grubości ołowiu dla promieniowania X przy różnych napięciach na lampie rtg.
4. Tablica nr 5. Grubości osłon z barytobetonu o gęstości 3.2 g/cm^3 równoważne odpowiedniej grubości ołowiu dla promieniowania X przy różnych napięciach na lampie rentgenowskiej.
5. Tablica nr 6. Grubości osłon z barytobetonu o gęstości 2.7 g/cm^3 równoważne odpowiedniej grubości ołowiu dla promieniowania X przy różnych napięciach na lampie rentgenowskiej.
6. Tablica nr 7. Grubości osłon z betonu o gęstości $2.1-2.2 \text{ g/cm}^3$ równoważne odpowiedniej grubości ołowiu dla promieniowania X przy różnych napięciach na lampie rentgenowskiej.
7. Tablica nr 10. Współczynniki, przez które należy pomnożyć grubość osłony przed rozproszonym promieniowaniem X wykonanej z ołowiu, dla obliczenia grubości osłon z innych materiałów.
8. Tablica nr 11. Współczynniki, przez które należy pomnożyć grubość osłony przed rozproszonym promieniowaniem X wykonanej z ołowiu, gdy materiałem rozpraszającym są inne materiały niż beton i cegła.

RYSUNKI

Zaczerpnięte z Polskiej Normy PN-86/J-80001 rysunki zostały przeskalowane w celu uzyskania większej dokładności, a następnie stabilizowane, zagęszczone i rozszerzone z wykorzystaniem interpolacji oraz ekstrapolacji.

Program obliczeniowy korzysta z krzywych przechowywanych w bibliotekach w postaci funkcji.

Krzywe w postaci wykresów wydrukowanych przy zastosowaniu metod numerycznych, zostały przedstawione poniżej.

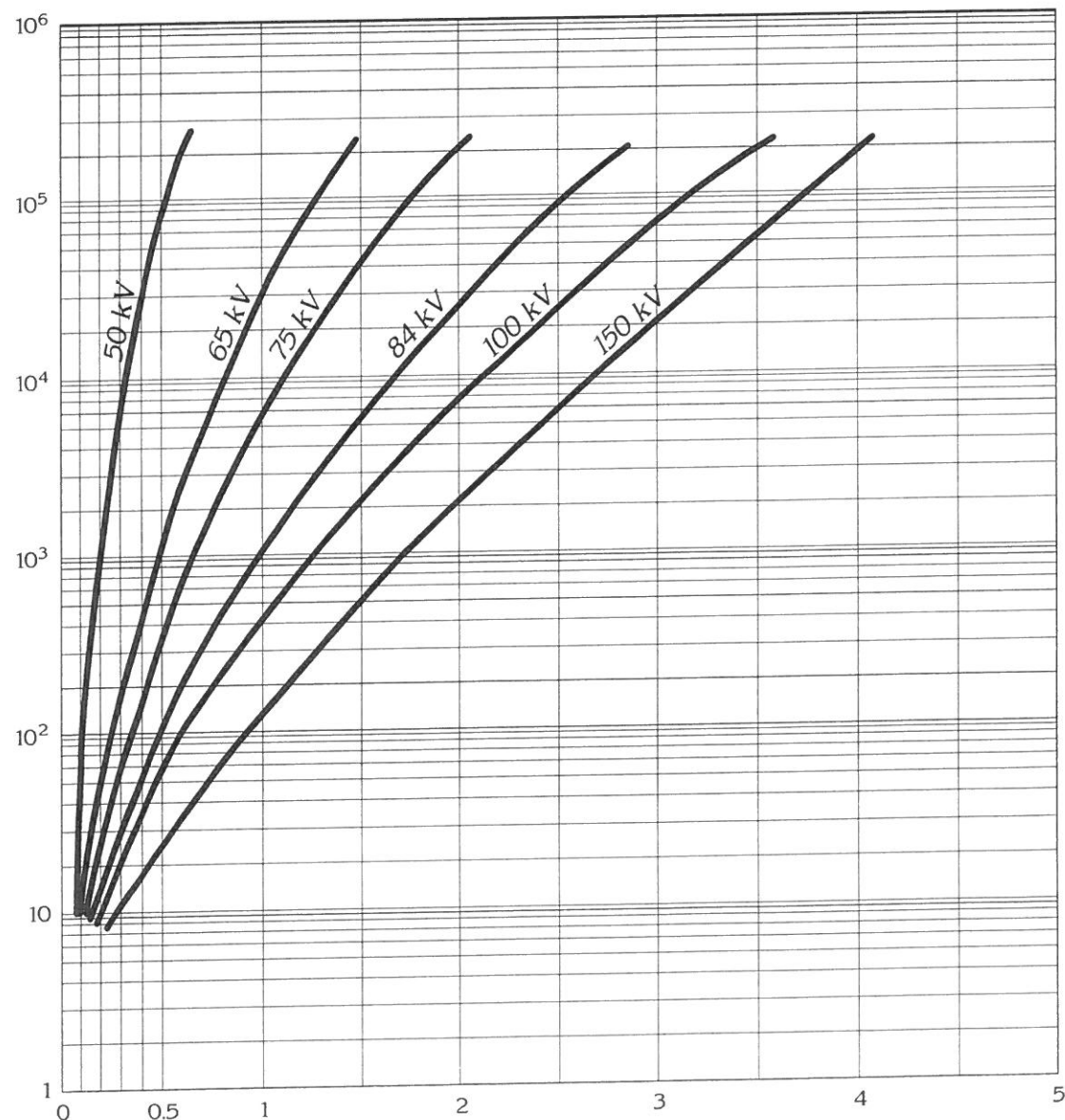
Zachowano numerację przyjętą w Polskiej Normie PN-86/J-80001.

1. Rys. nr 1. (PN-86/J-80001)

Zależność krotności osłabienia promieniowania $X [-]$ od grubości warstwy ołowiu [mm] o gęstości $\rho = 11.3 \text{ g/cm}^3$.

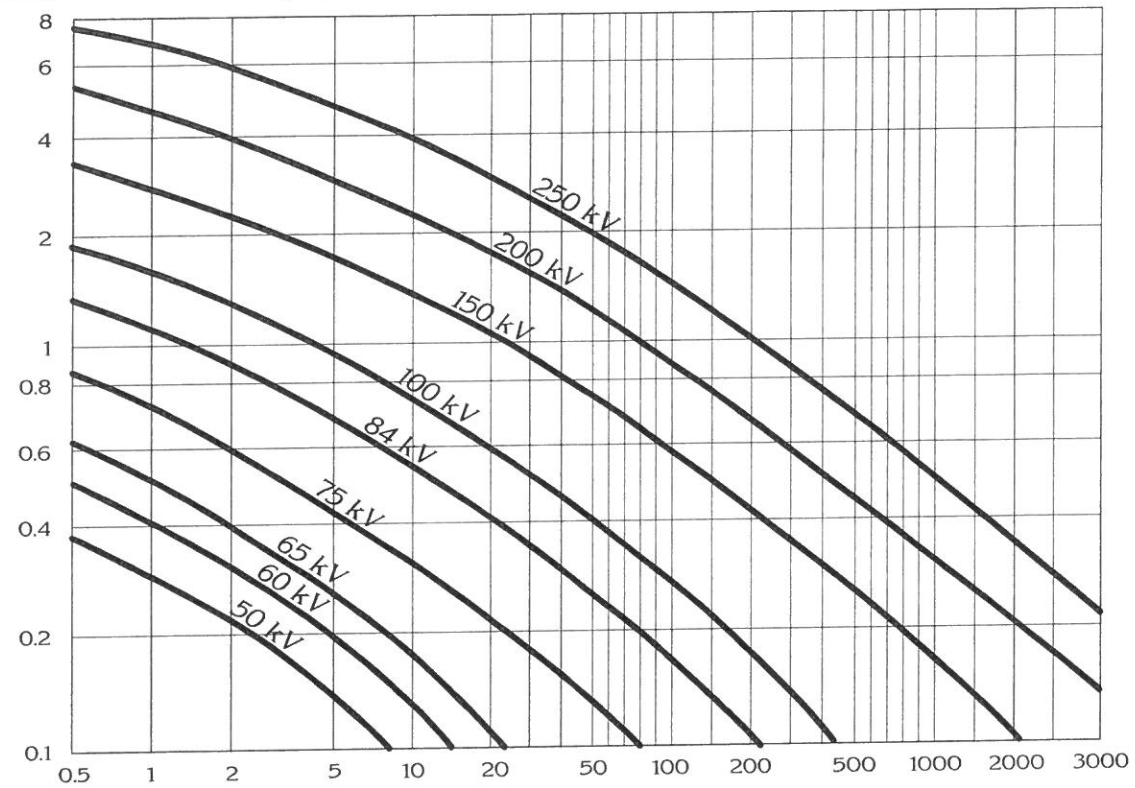
Założenia:

napięcie stałe, filtracja własna 1 mm szkła lub 0.07 mm miedzi, szeroka wiązka promieniowania.



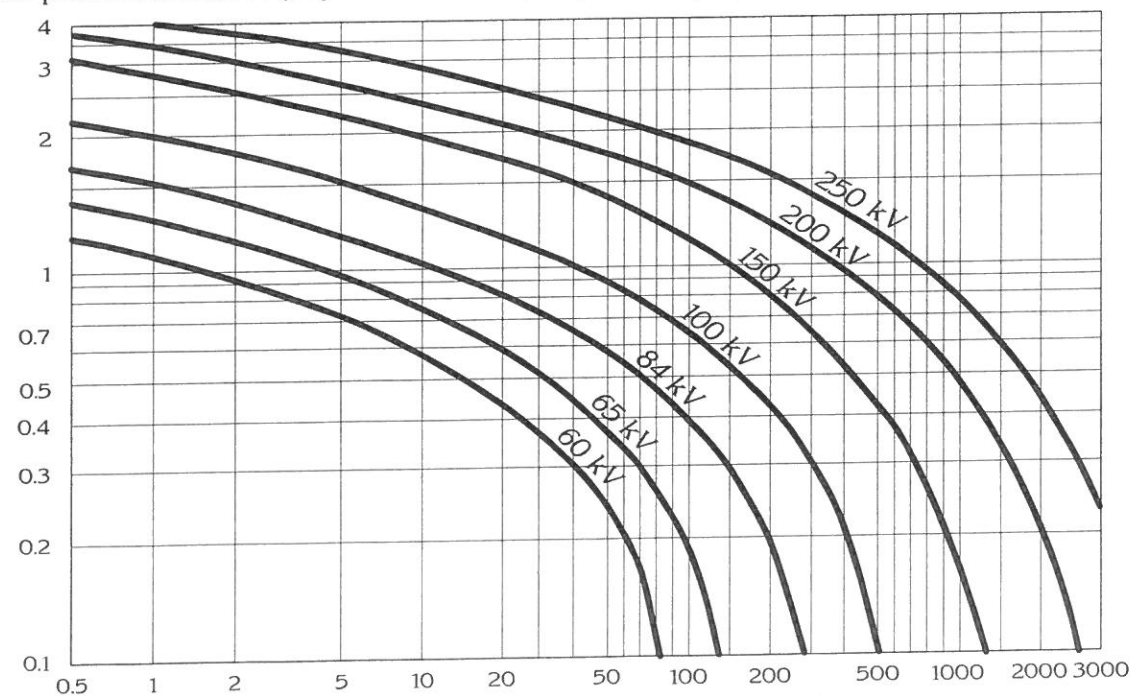
2. Rys. nr 3. (PN-86/J-80001)

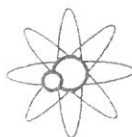
Zależność grubości warstwy ołowiu [mm] o gęstości $\rho = 11.3 \text{ g/cm}^3$ od zredukowanej mocy dawki promieniowania X [$\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$] rozproszonego przez wodę lub tkankę.



3. Rys. nr 4. (PN-86/J-80001)

Zależność grubości warstwy ołowiu [mm] o gęstości $\rho = 11.3 \text{ g/cm}^3$ od zredukowanej mocy dawki promieniowania X [$\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$] rozproszonego przez beton lub cegłę.





Nr zadania: POR-06/09/07/RTG-T
Zleceniodawca: SP-ZOZ w BOCHNI Szpital Powiatowy
32-700 Bochnia, ul. Krakowska 31
Obiekt: Pracownia tomografii - gabinet rentgenowski
Lokalizacja: 32-700 Bochnia, ul. Krakowska 31
Przedmiot obliczeń: Osłona stała I - przegroda A-D
Konstrukcja przegrody: cegła pełna 50 cm, okna na wys. 2.20 m
Oslaniane miejsce: podwórze
Typ aparatu RTG: Tomograf GE MEDICAL SYSTEMS BrightSpeed 16
Obliczenia numeryczne: Wojciech Krzysztofek
Weryfikacja: Wacław Puter

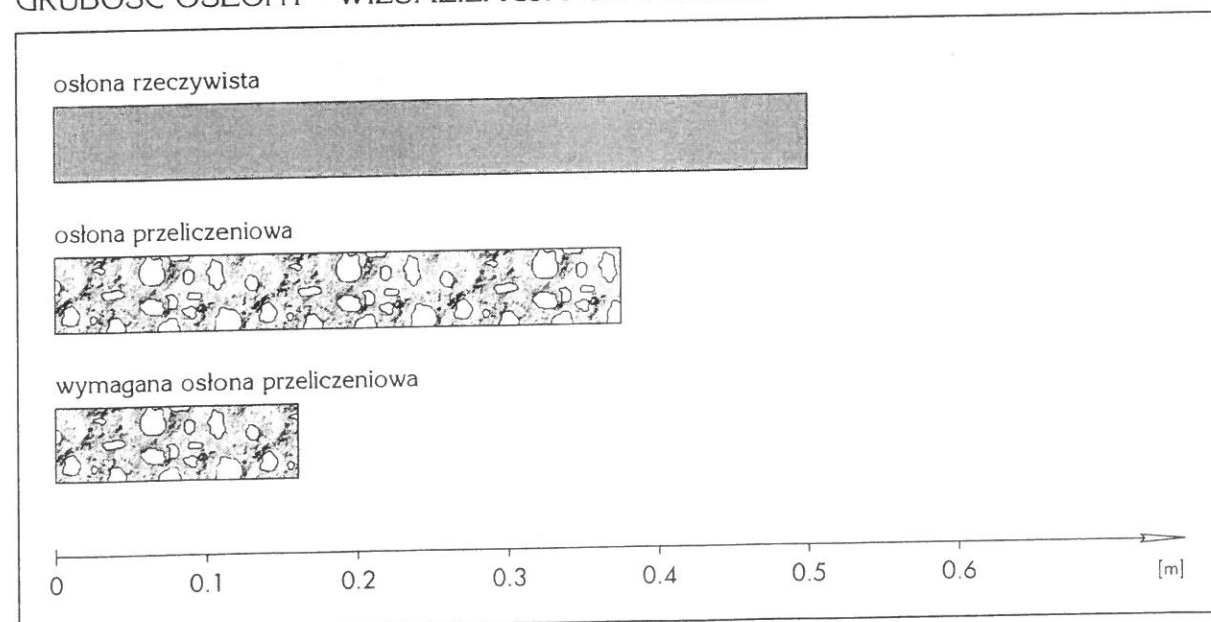
DANE WEJŚCIOWE:

u [kV]	i [mA]	d [m]	s ₀ [m ²]	t ₀ [h]	D [μGy]	D _u [μGy]	l _{c1} [m]	l _{c2} [m]	y _T [-]	T [-]	U [-]
140	400	0.2	1.7 · 10 ⁻⁵	0.36	8.35	0.25	2.0	2.0	0.29	0.05	1

WYNIKI OBLICZEŃ:

C ₁ [μGy·m ² h·mA]	x _{pb} [mm]	x _p [mm]	C ₂ [μGy·m ² h·mA]	x _{pb} [mm]	x _p [mm]	D _{ut} [%D]	x _{pb} [mm]	x _p [mm]
2.3	2.1	168	24286	—	—	0.02	—	—

GRUBOŚĆ OSŁONY - WIZUALIZACJA GRAFICZNA:



Nr zadania: POR-06/09/07/RTG-T
 Zleceniodawca: SP-ZOZ w BOCHNI Szpital Powiatowy
 32-700 Bochnia, ul. Krakowska 31
 Obiekt: Pracownia tomografii - gabinet rentgenowski
 Lokalizacja: 32-700 Bochnia, ul. Krakowska 31
 Przedmiot obliczeń: Osłona stała II - przegroda D-E
 Konstrukcja przegrody: cegła pełna 29 cm, ołów 1.0 mm

Osłaniane miejsce: pomieszczenie przygotowawcze
 Typ aparatu RTG: Tomograf GE MEDICAL SYSTEMS BrightSpeed 16
 Obliczenia numeryczne: Wojciech Krzysztofek
 Weryfikacja: Wacław Puter

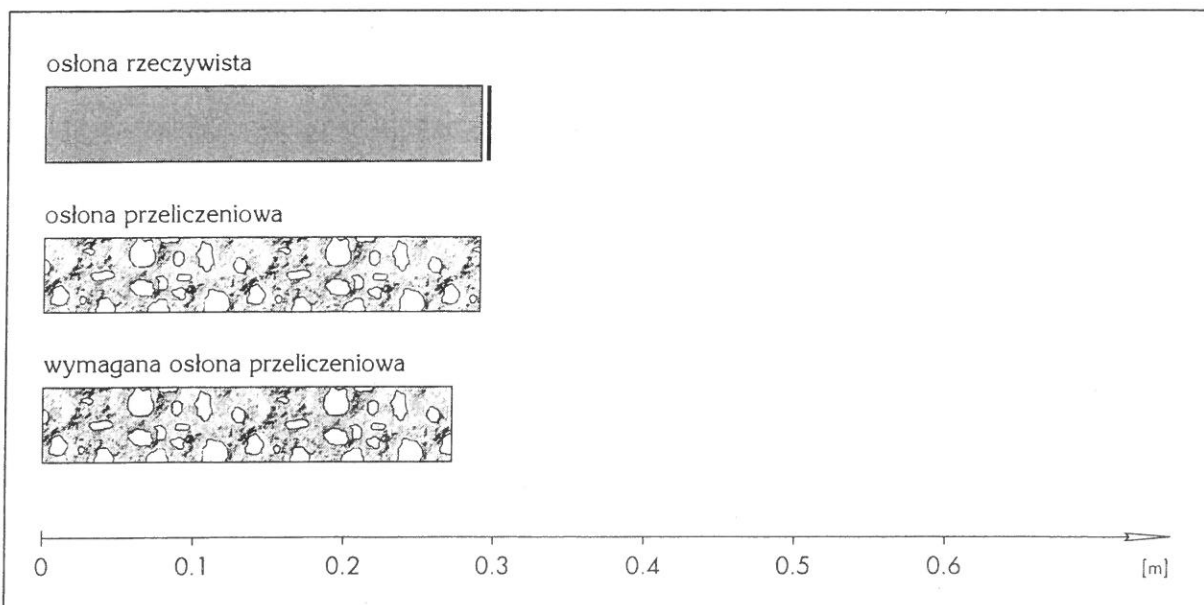
DANE WEJŚCIOWE:

u [kV]	i [mA]	d [m]	s ₀ [m ²]	t ₀ [h]	D [μGy]	D _u [μGy]	l _{C1} [m]	l _{C2} [m]	y _T [-]	T [-]	U [-]
140	400	0.2	1.7 · 10 ⁻⁵	0.36	8.35	0.25	4.3	4.3	0.29	1	1

WYNIKI OBLICZEŃ:

C ₁ [$\frac{\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2}{\text{h}\cdot\text{mA}}$]	x _{Pb} [mm]	x _P [mm]	C ₂ [$\frac{\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2}{\text{h}\cdot\text{mA}}$]	x _{Pb} [mm]	x _P [mm]	D _{ut} [%D]	x _{Pb} [mm]	x _P [mm]
0.5	3.4	272	4678	—	—	0.06	—	—

GRUBOŚĆ OSŁONY - WIZUALIZACJA GRAFICZNA:



Nr zadania: POR-06/09/07/RTG-T
 Zleceniodawca: SP-ZOZ w BOCHNI Szpital Powiatowy
 32-700 Bochnia, ul. Krakowska 31
 Obiekt: Pracownia tomografii - gabinet rentgenowski
 Lokalizacja: 32-700 Bochnia, ul. Krakowska 31
 Przedmiot obliczeń: Osłona stała III - przegroda E-F
 Konstrukcja przegrody: płyta HDF, olów 2.5 mm płyta HDF

Oślaniane miejsce: korytarz wewnętrzny
 Typ aparatu RTG: Tomograf GE MEDICAL SYSTEMS BrightSpeed 16
 Obliczenia numeryczne: Wojciech Krzysztofek
 Weryfikacja: Wacław Puter

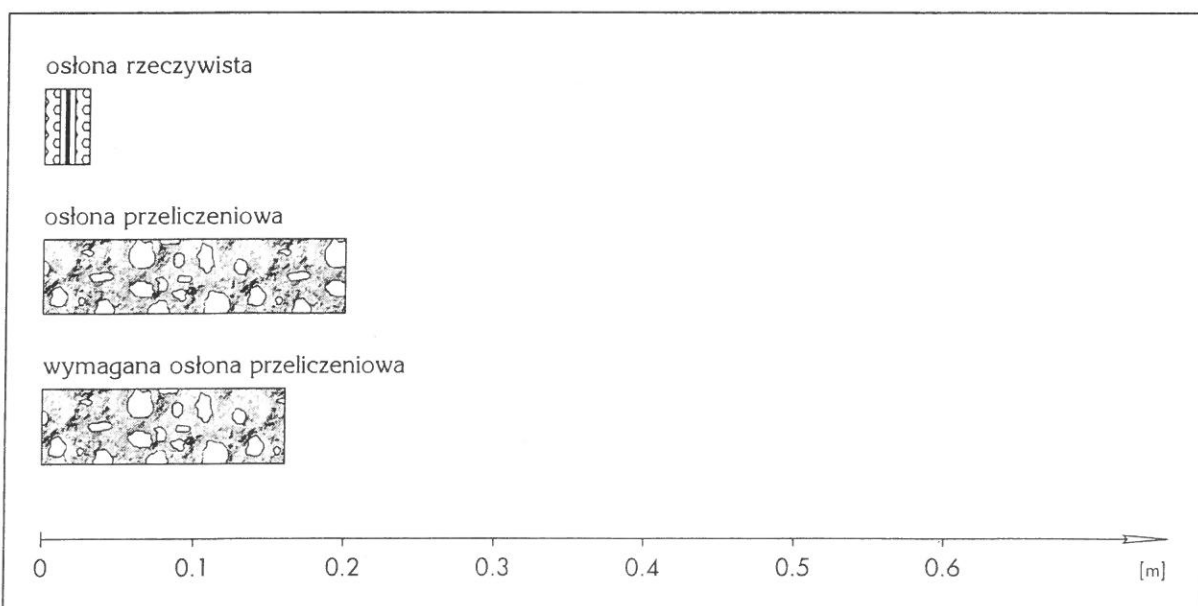
DANE WEJŚCIOWE:

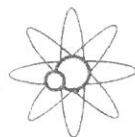
u [kV]	i [mA]	d [m]	s ₀ [m ²]	t ₀ [h]	D [μGy]	D _u [μGy]	I _{C1} [m]	I _{C2} [m]	y _T [-]	T [-]	U [-]
140	400	0.2	1.7 · 10 ⁻⁵	0.36	8.35	0.25	4.5	4.5	0.29	0.25	1

WYNIKI OBLICZEŃ:

C ₁ [$\frac{\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2}{\text{h}\cdot\text{mA}}$]	x _{pb} [mm]	x _p [mm]	C ₂ [$\frac{\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2}{\text{h}\cdot\text{mA}}$]	x _{pb} [mm]	x _p [mm]	D _{ut} [%D]	x _{pb} [mm]	x _p [mm]
2.3	2.1	168	20491	—	—	0.01	—	—

GRUBOŚĆ OSŁONY - WIZUALIZACJA GRAFICZNA:





Nr zadania: POR-06/09/07/RTG-T
Zleceniodawca: SP-ZOZ w BOCHNI Szpital Powiatowy
32-700 Bochnia, ul. Krakowska 31
Obiekt: Pracownia tomografii - gabinet rentgenowski
Lokalizacja: 32-700 Bochnia, ul. Krakowska 31
Przedmiot obliczeń: Osłona stała IV - przegroda F-H
Konstrukcja przegrody: na kierunku F-H przegroda złożona z materiałów o różnych gęstościach
ściana: cegła pełna 25 cm, ołów 0.5 mm; drzwi: drewno 4 cm, Pb 2.5 mm
sterownia
Oslaniane miejsce: Tomograf GE MEDICAL SYSTEMS BrightSpeed 16
Typ aparatu RTG: Wojciech Krzysztofek
Obliczenia numeryczne: Wacław Puter
Weryfikacja:

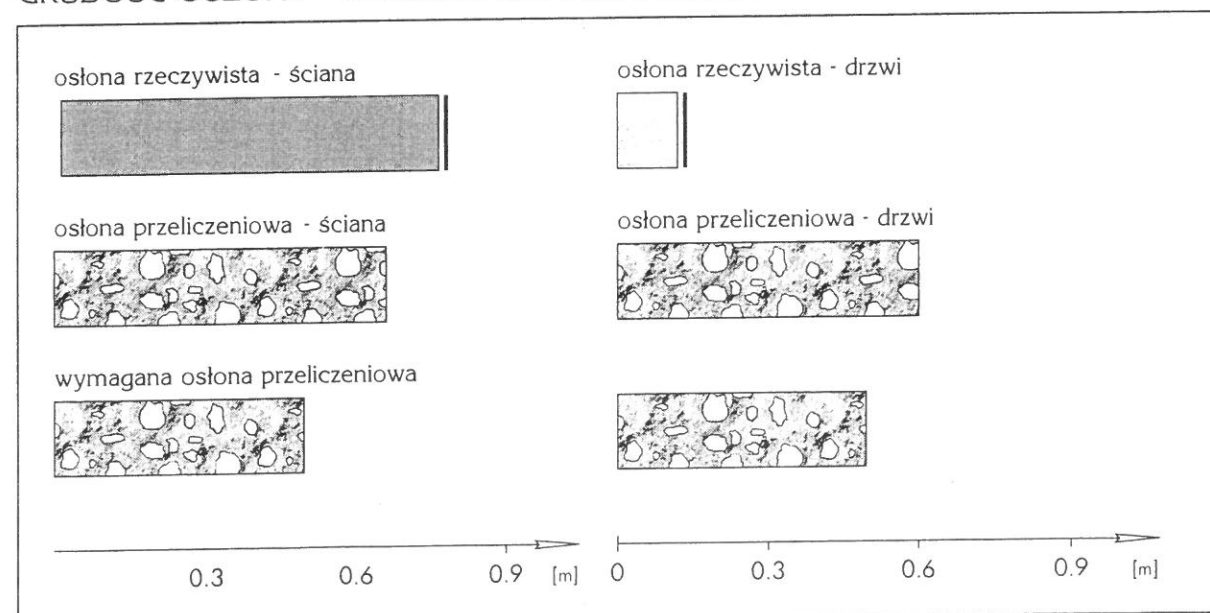
DANE WEJŚCIOWE:

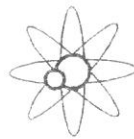
u [kV]	i [mA]	d [m]	s ₀ [m ²]	t ₀ [h]	D [μGy]	D _u [μGy]	l _{C1} [m]	l _{C2} [m]	y _T [-]	T [-]	U [-]
140	400	0.2	1.7 · 10 ⁻⁵	0.36	33.40	0.25	4.3	4.3	0.29	1	1

WYNIKI OBLICZEŃ:

C ₁ [μGy·m ² / h·mA]	x _{Pb} [mm]	x _P [mm]	C ₂ [μGy·m ² / h·mA]	x _{Pb} [mm]	x _P [mm]	D _{ut} [%D]	x _{Pb} [mm]	x _P [mm]
2.1	2.1	168	18710	—	—	0.01	—	—

GRUBOŚĆ OSŁONY - WIZUALIZACJA GRAFICZNA:





Nr zadania: POR-06/09/07/RTG-T
Zleceniodawca: SP-ZOZ w BOCHNI Szpital Powiatowy
32-700 Bochnia, ul. Krakowska 31
Obiekt: Pracownia tomografii - gabinet rentgenowski
Lokalizacja: 32-700 Bochnia, ul. Krakowska 31
Przedmiot obliczeń: Osłona stała V - przegroda H-K
Konstrukcja przegrody: na kierunku H-K przegroda złożona z materiałów o różnych gęstościach
ściana: cegła pełna 25 cm, Pb 0.5 mm; okno: szyba - równ. 3.0 mm Pb
sterownia
Oslaniane miejsce: Tomograf GE MEDICAL SYSTEMS BrightSpeed 16
Typ aparatu RTG: Wojciech Krzysztofek
Obliczenia numeryczne: Wacław Puter
Weryfikacja:

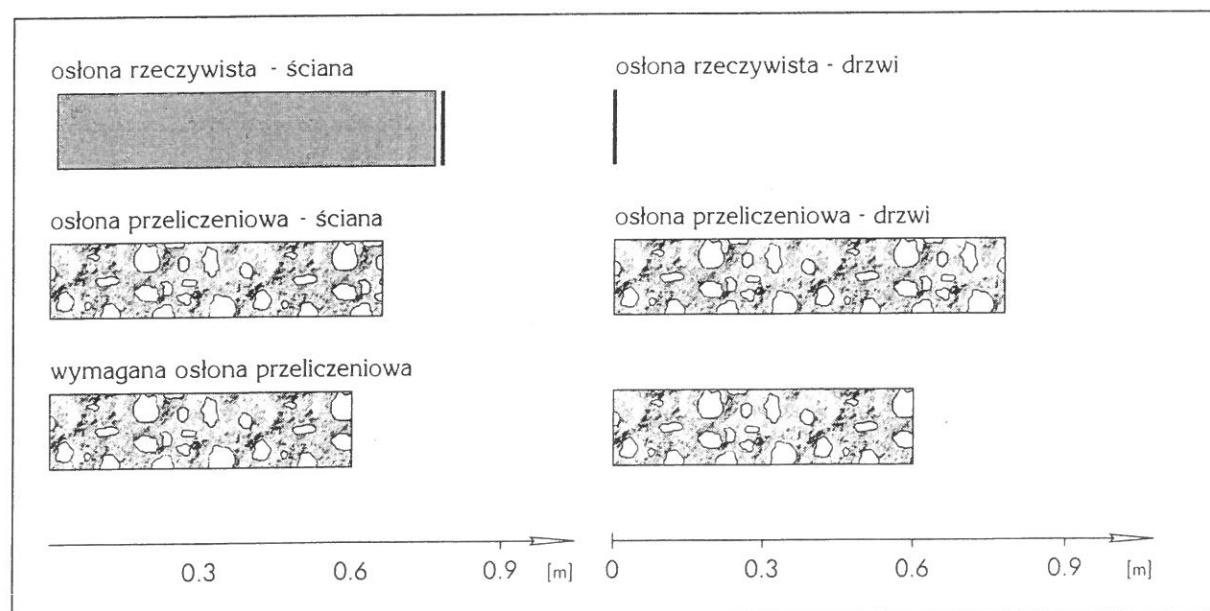
DANE WEJŚCIOWE:

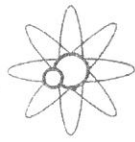
u [kV]	i [mA]	d [m]	s ₀ [m ²]	t ₀ [h]	D [μGy]	D ₀ [μGy]	l _{C1} [m]	l _{C2} [m]	y _T [-]	T [-]	U [-]
140	400	0.2	1.7 · 10 ⁻⁵	0.36	33.40	0.25	3.4	3.4	0.29	1	1

WYNIKI OBLICZEŃ:

C ₁ [μGy·m ² h·mA]	x _{Pb} [mm]	x _p [mm]	C ₂ [μGy·m ² h·mA]	x _{Pb} [mm]	x _p [mm]	D _{ut} [%D]	x _{Pb} [mm]	x _p [mm]
1.3	2.6	208	11698	—	—	0.02	—	—

GRUBOŚĆ OSŁONY - WIZUALIZACJA GRAFICZNA:





Nr zadania: POR-06/09/07/RTG-T
Zleceniodawca: SP-ZOZ w BOCHNI Szpital Powiatowy
32-700 Bochnia, ul. Krakowska 31
Obiekt: Pracownia tomografii - gabinet rentgenowski
Lokalizacja: 32-700 Bochnia, ul. Krakowska 31
Przedmiot obliczeń: Osłona stała VI - przegroda K-L
Konstrukcja przegrody: na kierunku K-L przegroda złożona z materiałów o różnych gęstościach
ściana: cegła pełna 25 cm, Pb 1.5 mm; drzwi: drewno 4 cm, Pb 3.5 mm
Osłaniane miejsce: kabina
Typ aparatu RTG: Tomograf GE MEDICAL SYSTEMS BrightSpeed 16
Obliczenia numeryczne: Wojciech Krzysztofek
Weryfikacja: Wacław Puter

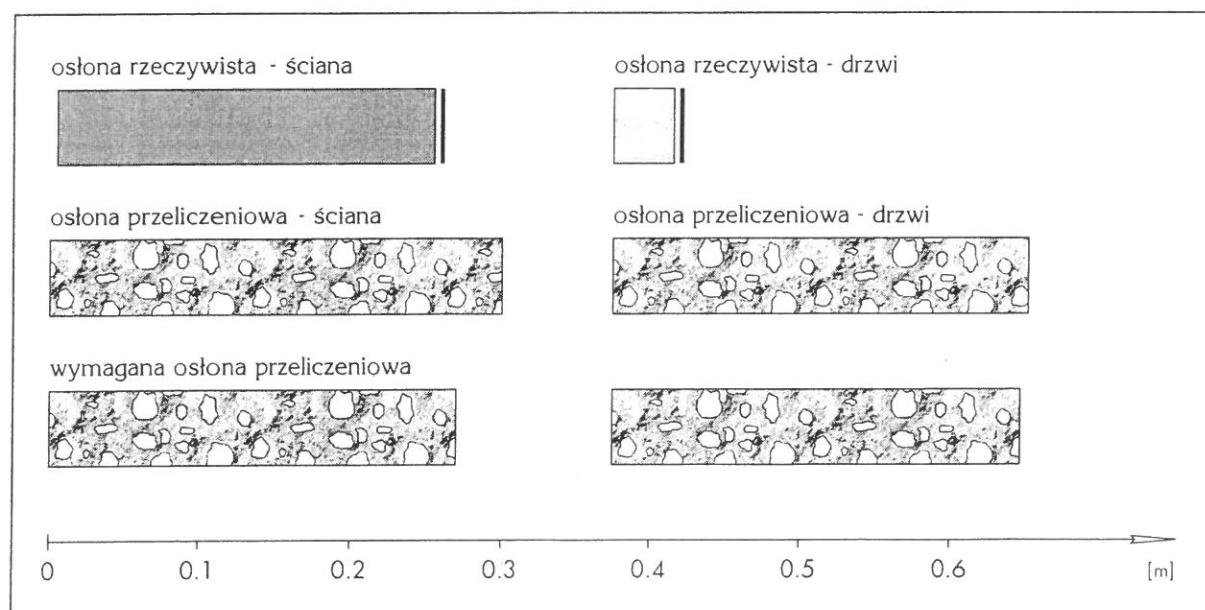
DANE WEJŚCIOWE:

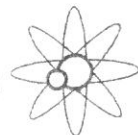
u [kV]	i [mA]	d [m]	s ₀ [m ²]	t ₀ [h]	D [μGy]	D _u [μGy]	I _{C1} [m]	I _{C2} [m]	y _T [-]	T [-]	U [-]
140	400	0.2	1.7 · 10 ⁻⁵	0.36	8.35	0.25	3.3	3.3	0.29	1	1

WYNIKI OBLICZEŃ:

C ₁ [μGy·m ² / h·mA]	x _{Pb} [mm]	x _p [mm]	C ₂ [μGy·m ² / h·mA]	x _{Pb} [mm]	x _p [mm]	D _{ut} [%D]	x _{Pb} [mm]	x _p [mm]
0.4	3.4	272	3306	—	—	0.16	—	—

GRUBOŚĆ OSŁONY - WIZUALIZACJA GRAFICZNA:





Nr zadania: POR-06/09/07/RTG-T
Zleceniodawca: SP-ZOZ w BOCHNI Szpital Powiatowy
32-700 Bochnia, ul. Krakowska 31
Obiekt: Pracownia tomografii - gabinet rentgenowski
Lokalizacja: 32-700 Bochnia, ul. Krakowska 31
Przedmiot obliczeń: Osłona stała VII - przegroda M-N
Konstrukcja przegrody: cegła pełna 29 cm
Osłaniane miejsce: korytarz
Typ aparatu RTG: Tomograf GE MEDICAL SYSTEMS BrightSpeed 16
Obliczenia numeryczne: Wojciech Krzysztofek
Weryfikacja: Waław Puter

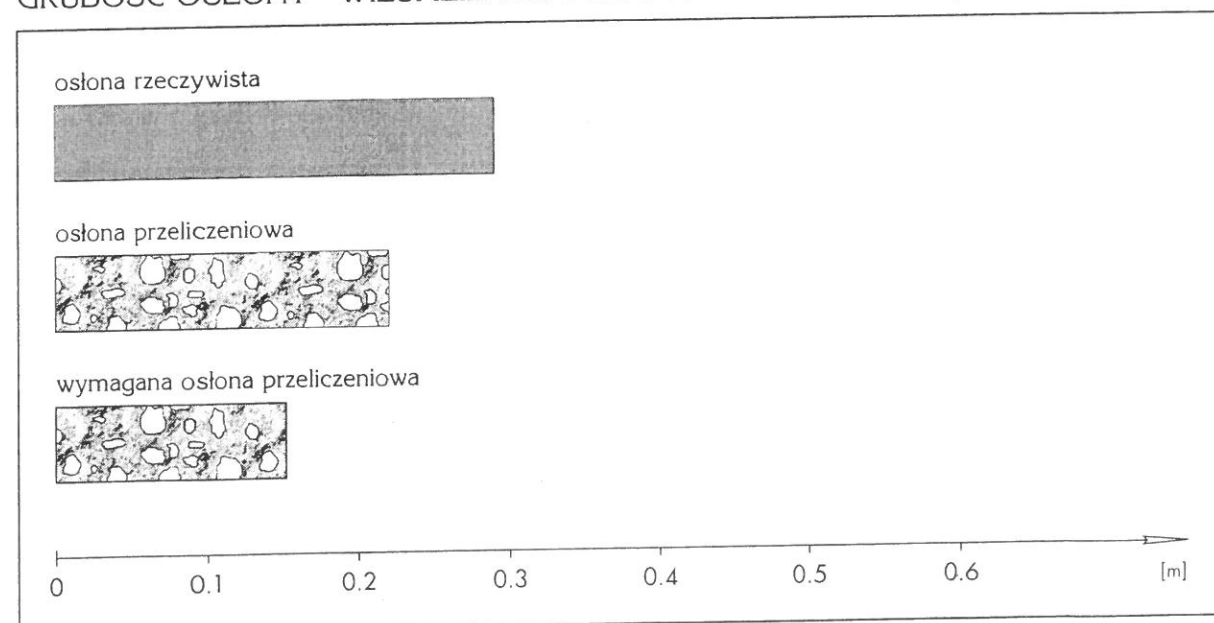
DANE WEJŚCIOWE:

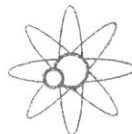
u [kV]	i [mA]	d [m]	s ₀ [m ²]	t ₀ [h]	D [μGy]	D _u [μGy]	l _{c1} [m]	l _{c2} [m]	y _T [-]	T [-]	U [-]
140	400	0.2	1.7 · 10 ⁻⁵	0.36	8.35	0.25	5.6	5.6	0.29	0.25	1

WYNIKI OBLICZEŃ:

C ₁ [$\frac{\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2}{\text{h}\cdot\text{mA}}$]	x _{pb} [mm]	x _p [mm]	C ₂ [$\frac{\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2}{\text{h}\cdot\text{mA}}$]	x _{pb} [mm]	x _p [mm]	D _{ut} [%D]	x _{pb} [mm]	x _p [mm]
3.6	1.9	152	31733	—	—	0.01	—	—

GRUBOŚĆ OSŁONY - WIZUALIZACJA GRAFICZNA:





Nr zadania: POR-06/09/07/RTG-T
Zleceniodawca: SP-ZOZ w BOCHNI Szpital Powiatowy
32-700 Bochnia, ul. Krakowska 31
Obiekt: Pracownia tomografii - gabinet rentgenowski
Lokalizacja: 32-700 Bochnia, ul. Krakowska 31
Przedmiot obliczeń: Osłona stała VIII - przegroda N-A
Konstrukcja przegrody: cegła pełna 29 cm
Oslaniane miejsce: rozdzielnia elektryczna
Typ aparatu RTG: Tomograf GE MEDICAL SYSTEMS BrightSpeed 16
Obliczenia numeryczne: Wojciech Krzysztofek
Weryfikacja: Wacław Puter

DANE WEJŚCIOWE:

u [kV]	i [mA]	d [m]	s_0 [m ²]	t_0 [h]	D [μGy]	D_u [μGy]	l_{C1} [m]	l_{C2} [m]	y_T [-]	T [-]	U [-]
140	400	0.2	$1.7 \cdot 10^{-5}$	0.36	8.35	0.25	2.2	2.2	0.29	0	1

Za osłoną nie występują miejsca przebywania ludzi.
Brak zagrożenia radiologicznego - OBLICZEŃ NIE WYKONUJE SIĘ

Nr zadania: POR-06/09/07/RTG-T
 Zleceniodawca: SP-ZOZ w BOCHNI Szpital Powiatowy
 32-700 Bochnia, ul. Krakowska 31
 Obiekt: Pracownia tomografii - gabinet rentgenowski
 Lokalizacja: 32-700 Bochnia, ul. Krakowska 31
 Przedmiot obliczeń: Osłona stała IX - sufit
 Konstrukcja przegrody: beton zbrojony 20 cm, ołów 1.0 mm

Oślaniane miejsce: pomieszczenia sanitarne
 Typ aparatu RTG: Tomograf GE MEDICAL SYSTEMS BrightSpeed 16
 Obliczenia numeryczne: Wojciech Krzysztofek
 Weryfikacja: Waław Puter

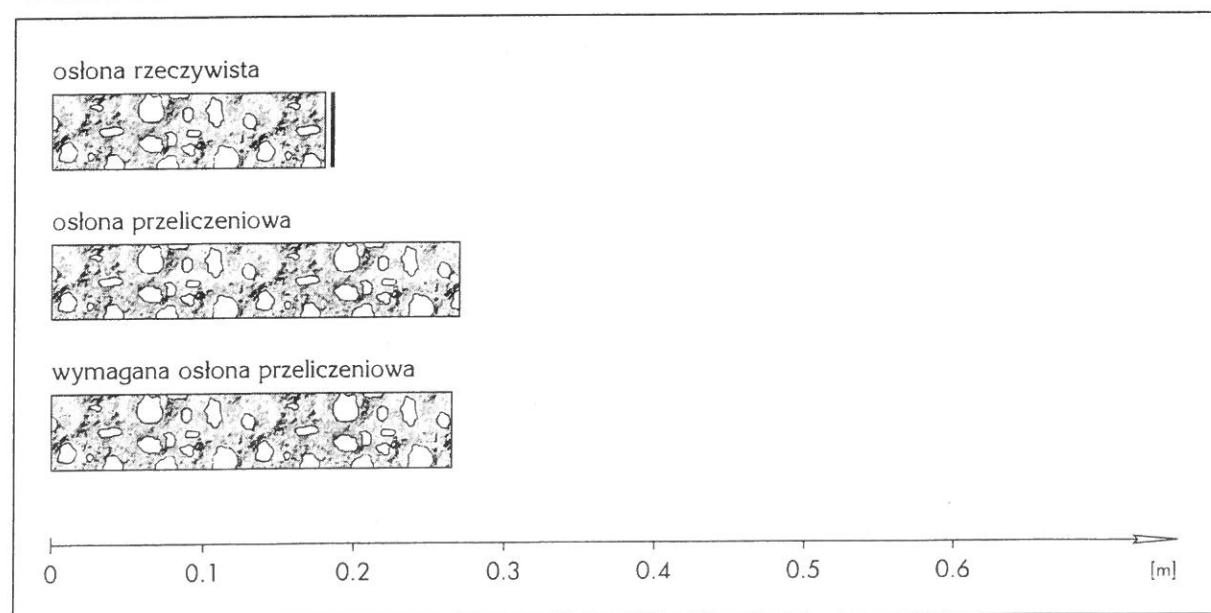
DANE WEJŚCIOWE:

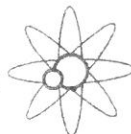
u [kV]	i [mA]	d [m]	s ₀ [m ²]	t ₀ [h]	D [μGy]	D _u [μGy]	I _{C1} [m]	I _{C2} [m]	y _T [-]	T [-]	U [-]
140	400	0.2	1.7 · 10 ⁻⁵	0.36	8.35	0.25	2.2	2.2	0.29	0.25	1

WYNIKI OBLICZEŃ:

C ₁ [$\frac{\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2}{\text{h}\cdot\text{mA}}$]	x _{pb} [mm]	x _p [mm]	C ₂ [$\frac{\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2}{\text{h}\cdot\text{mA}}$]	x _{pb} [mm]	x _p [mm]	D _{ut} [%D]	x _{pb} [mm]	x _p [mm]
0.6	3.3	264	4898	—	—	0.06	—	—

GRUBOŚĆ OSŁONY - WIZUALIZACJA GRAFICZNA:



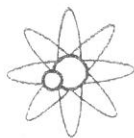


Nr zadania: POR-06/09/07/RTG-T
Zleceniodawca: SP-ZOZ w BOCHNI Szpital Powiatowy
32-700 Bochnia, ul. Krakowska 31
Obiekt: Pracownia tomografii - gabinet rentgenowski
Lokalizacja: 32-700 Bochnia, ul. Krakowska 31
Przedmiot obliczeń: Osłona stała X - podłoga
Konstrukcja przegrody: posadzka, wylewka cementowa, podsypka, grunt rodzimy
Oslaniane miejsce: grunt
Typ aparatu RTG: Tomograf GE MEDICAL SYSTEMS BrightSpeed 16
Obliczenia numeryczne: Wojciech Krzysztofek
Weryfikacja: Wacław Puter

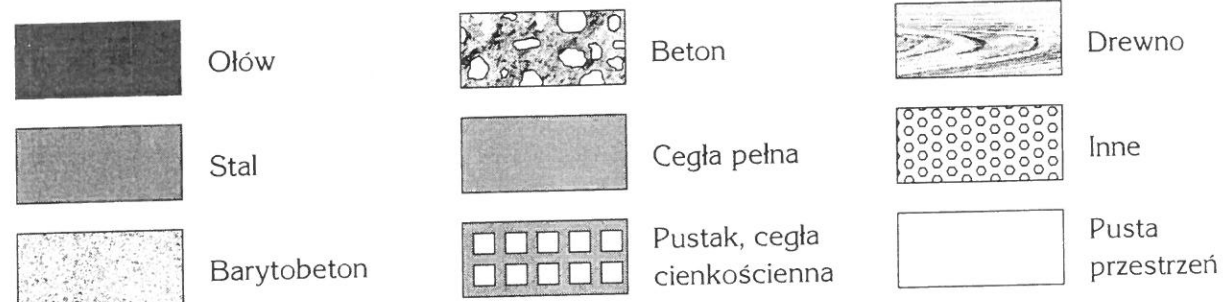
DANE WEJŚCIOWE:

u [kV]	i [mA]	d [m]	s ₀ [m ²]	t ₀ [h]	D [μGy]	D _u [μGy]	l _{C1} [m]	l _{C2} [m]	y _T [-]	T [-]	U [-]
140	400	0.2	1.7 · 10 ⁻⁵	0.36	8.35	0.25	1.5	1.5	0.29	0	1

Za osłoną nie występują miejsca przebywania ludzi.
Brak zagrożenia radiologicznego - OBLICZEŃ NIE WYKONUJE SIĘ



OZNACZENIA MATERIAŁÓW PRZEGRÓD BUDOWLANYCH



OZNACZENIA ALFANUMERYCZNE

DANE WEJŚCIOWE

- u – napięcie anodowe
- i – prąd anodowy
- d – odległość ogniska od końca kolimatora
- s_0 – powierzchnia materiału rozpraszającego napromieniana wiązką główną w odległości d
- t_0 – tygodniowy czas pracy źródła
- D – dawka tygodniowa wynikająca z dawek dopuszczalnych dla osób należących do określonej kategorii narażenia, w odniesieniu do rozpatrywanego aparatu rtg
- D_u – moc dawki promieniowania ubocznego
- D^* – moc dawki w odległości 1 m od ogniska lampy przeliczona dla prądu anodowego 1 mA
- l_{C1} – najmniejsza odległość miejsca osłanianego od materiału rozpraszającego - dla C_1
- l_{C2} – najmniejsza odległość miejsca osłanianego od materiału rozpraszającego - dla C_2
- y – współczynnik osłabienia w ośrodku
- T – współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu
- U – współczynnik określający prawdopodobieństwo skierowania użytecznej wiązki promieniowania w kierunku obliczanej osłony

WYNIKI OBLICZEŃ

- C_1 – zredukowana moc dawki promieniowania rozproszonego przez wodę lub tkankę
- C_2 – zredukowana moc dawki promieniowania rozproszonego przez inne materiały
- D_{ut} – tygodniowa dawka promieniowania ubocznego
- k – krotność osłabienia promieniowania
- x_{pb} – wymagana grubość osłony z ołowiu
- x_p – wymagana grubość osłony z materiału przeliczeniowego

ANALIZA WYNIKÓW

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że w projektowanym gabinecie rtg ISTNIEJĄCE ORAZ ZAPROJEKTOWANE (zgodnie z rys. nr 01/POR-06/09/07/RTG-T) OSŁONY STAŁE SPEŁNIAJĄ WARUNKI OCHRONY RADIOLOGICZNEJ.

1. Osłony stałe wymagające dodatkowego wzmocnienia:

- ✓ przegroda D-E (ściana osłaniająca pomieszczenie przygotowawcze pacjentów) → wzmocnienie blachą 1 mm Pb
- ✓ przegroda B-C (ściana działowa) → wzmocnienie blachą 2 mm Pb
- ✓ przegroda E-F (drzwi przesuwne osłaniające korytarz wewnętrzny) → zastosowanie materiałów o łącznej ochronności odpowiadającej 2.5 mm Pb
- ✓ przegroda F-H (ścianka osłonowa sterowni z drzwiami drewnianymi) → wzmocnienie ścianki blachą 0.5 mm Pb, wzmocnienie drzwi blachą 2.5 mm Pb
- ✓ przegroda H-K (ścianka osłonowa sterowni z oknem kontrolnym) → wzmocnienie ścianki blachą 0.5 mm Pb, zastosowanie szkła o równoważniku 3 mm Pb
- ✓ przegroda K-L (ścianka osłonowa kabiny z drzwiami drewnianymi) → wzmocnienie ściany blachą 1.5 mm Pb, drzwi blachą 3.5 mm Pb
- ✓ sufit → wzmocnienie blachą 1 mm Pb.

2. Osłony stałe nie wymagające dodatkowego wzmocnienia:

- ✓ pozostałe istniejące przegrody.

ZALECENIA

GABINET RENTGENOWSKI

1. Przyjęty w założeniach do obliczeń maksymalny czas pracy tomografu w ciągu tygodnia: 0.36 h → 40 eksp./tydz nie może być przekraczany.
2. Ekspozycja powinna być dokonywana zza osłony stałej (przegroda G-K). Na planie pracowni rtg (rys. nr 01/POR-06/09/07/RTG-T) miejsce to zostało oznaczone symbolem zmiennego stanowiska pracownika (ZSP).
3. W trakcie dokonywania ekspozycji należy zapewnić łączność głosową oraz wizualną operatora aparatu rtg z pacjentem.
4. Gabinet rtg powinien być wyposażony w wentylację zapewniającą co najmniej 1.5-krotną wymianę powietrza w ciągu godziny.
5. Po zainstalowaniu i podłączeniu aparatu rentgenowskiego do sieci wymagane jest (zgodnie z zaleceniami producenta) dokonanie pomiaru skuteczności jego uziemienia, ewentualnie zerowania.

6. Po dokonaniu adaptacji pomieszczenia do potrzeb ochrony radiologicznej należy wystąpić do Państwowego Wojewódzkiego Inspektora Sanitarnego w Krakowie o wydanie zezwoleń na uruchomienie pracowni rtg i stosowanie aparatu rentgenowskiego (szczegóły w części INFORMACJE DODATKOWE).

CIEMNIA RENTGENOWSKA

Ze względu na cyfrową obróbkę danych pomieszczenie ciemni rtg nie występuje.

WYPOSAŻENIE PRACOWNI RENTGENOWSKIEJ DO POTRZEB OCHRONY RADIOLOGICZNEJ

Pracownia rentgenowska powinna być wyposażona zgodnie z poniższym zestawieniem:

1. Sprzęt ochronny zabezpieczający przed promieniowaniem rentgenowskim:
 - fartuchy ochronne z gumy ołowiowej dla pacjentów, posiadające certyfikat bezpieczeństwa CE
 - komplet osłon stanowiących standardowe wyposażenie aparatów rtg.
2. Tablica informacyjna ze znakiem ostrzegawczym przed promieniowaniem jonizującym umieszczona na drzwiach pracowni rtg.
3. Informacja o konieczności powiadomienia osoby rejestrującej i operatora aparatu rtg o ciąży pacjentki, umieszczona w widocznym miejscu.
4. Zezwolenie na uruchomienie pracowni i zezwolenie na stosowanie aparatów rentgenowskich.
5. Dokumentacja projektowa pracowni rentgenowskiej (projekt ochrony radiologicznej) zatwierdzona przez Państwowego Wojewódzkiego Inspektora Sanitarnego przed uruchomieniem aparatu rentgenowskiego.
6. Dokumentacje techniczne dotyczące budowy, działania i obsługi aparatów rentgenowskich, w tym również urządzeń sygnalizacyjnych i blokujących (jeśli są wymagane).
7. Instrukcje obsługi i świadectwa wzorcowania aparatury dozymetrycznej (jeśli jest stosowana w pracowni).
8. Protokoły pomiarów dozymetrycznych i protokoły pokontrolne.
9. Zapisy dotyczące wewnętrznych testów kontroli parametrów technicznych aparatów rentgenowskich i obróbki błon rtg oraz dokumenty spełnienia testów akceptacyjnych urządzeń nowo instalowanych.
10. Program bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej działalności związanej z narażeniem na promieniowanie jonizujące przy stosowaniu diagnostycznych aparatów rtg w pracowni rentgenowskiej.

11. Instrukcja ochrony radiologicznej zawierająca wykaz aktów stanowiących podstawę prawną, wyposażenie pracowni w wymagany sprzęt ochronny, informacje dotyczące osób związanych z ochroną radiologiczną oraz ogólne zasady bezpieczeństwa pacjentów; instrukcja powinna być umieszczona w widocznym miejscu, a na kopii instrukcji, przechowywanej w dokumentacji pracowni, powinny znajdować się podpisy pracowników i data podpisania).
12. Regulamin pracy z aparatem rentgenowskim ustalający szczegółowe zasady postępowania w zakresie ochrony radiologicznej pracowników oraz pacjentów i innych osób narażonych na promieniowanie w trakcie wykonywania badań diagnostycznych.
13. Zakładowy plan postępowania awaryjnego.
14. Ewidencja osób zatrudnionych w pracowni rtg z podziałem na odpowiednie kategorie narażenia.
15. Informacje o uprawnieniach osób zatrudnionych na stanowiskach wymagających specjalnych uprawnień oraz o uprawnieniach inspektora ochrony radiologicznej.
16. Orzeczenia lekarskie stwierdzające brak przeciwwskazań do pracy w narażeniu na promieniowanie jonizujące.
17. Informacje o rodzaju i zakresie prowadzonej kontroli narażenia pracowników.
18. Program szkolenia pracowników gabinetów rentgenowskich z zakresu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej oraz dokumenty potwierdzające jego realizację.
19. Protokół odbioru wentylacji w pracowni i ciemni rentgenowskiej.
20. Decyzja Państwowego Powiatowego Inspektora Sanitarnego stwierdzająca spełnienie warunków sanitarno-higienicznych.
21. Zbiór obowiązujących przepisów prawnych dotyczących ochrony radiologicznej i zasad stosowania źródeł promieniowania jonizującego w medycynie.

UWAGA:

w podmiocie, w którym aparat rentgenowski jest stosowany bez uruchomienia pracowni rentgenowskiej, dokumenty opisane w p. 4-21, są dostępne u inspektora ochrony radiologicznej.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 25. sierpnia 2005 r. w sprawie bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej (Dz. U. nr 194/05, poz. 1625) do dnia 31. grudnia 2006 roku w pracowni rentgenowskiej powinien być wdrożony i stosowany SYSTEM ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ.

W związku z powyższym, w skład wyposażenia pracowni rtg powinna wchodzić również dokumentacja SYSTEMU ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ, zawierająca m. in.: księgę jakości, zapisy dotyczące pełnomocnika ds. systemu zarządzania jakością oraz kompetencji i szkoleń personelu, procedury ogólne, postępowanie i nadzór nad dokumenta-

cją medyczną, zasady eksploatacji wyposażenia medycznego i kontrolno-pomiarowego, zasady postępowania z wynikami niezgodnymi z przyjętymi kryteriami, ochrona radiologiczna pacjenta, zasady postępowania z pacjentem, ochrona radiologiczna personelu medycznego, czynniki rakotwórcze lub mutagenne, opracowane w jednostce formularze itp. dokumenty.

KONTROLA DOZYMETRYCZNA

O wyborze sposobu prowadzenia kontroli dozymetrycznej (indywidualna kontrola dawek promieniowania jonizującego lub kontrola dozymetryczna środowiska pracy) decyduje kierownik (właściciel) jednostki organizacyjnej, w obrębie której funkcjonuje gabinet rentgenowski.

ZNAKI OSTRZEGAWCZE

PRACOWNIA RENTGENOWSKA

Na drzwiach gabinetu rtg należy umieścić tablicę ostrzegawczą zgodną ze wzorem tablicy do oznakowania pracowni rentgenowskiej wg załącznika nr 1 do rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 21. sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. nr 180/06, poz. 1325) → ZNAKI OSTRZEGAWCZE (załącznik do projektu ochrony radiologicznej).

Nad drzwiami prowadzącymi do gabinetu rentgenowskiego należy umieścić lampę sygnalizacyjną w kolorze czerwonym z napisem:

UWAGA !
PROMIENIOWANIE RENTGENOWSKIE
NIE WCHODZIĆ

Lampa powinna być włączana automatycznie wraz z doprowadzeniem wysokiego napięcia do lampy rentgenowskiej i wyłączana automatycznie po jego odcięciu → SYGNALIZACJA ŚWIETLNA (załącznik do projektu ochrony radiologicznej).

KOBIETY CIĘŻARNE

Wskazane jest umieszczenie na drzwiach tabliczki informującej kobiety w ciąży o konieczności powiadomienia osoby rejestrującej oraz operatora aparatu rentgenowskiego o swoim stanie → ZNAKI OSTRZEGAWCZE (załącznik do projektu ochrony radiologicznej).

TEREN KONTROLOWANY i TEREN NADZOROWANY

Zgodnie z art. 18. ustawy z dnia 29. listopada 2000 r. PRAWO ATOMOWE z późniejszymi zmianami (Dz. U. nr 3/01, Dz. U. nr 100/01, Dz. U. nr 154/01, Dz. U. nr 47/02, Dz. U. nr 135/02, Dz. U. nr 70/04, tekst jednolity - Dz. U. nr 42/07, poz. 276) w celu dostosowania działań i środków ochrony radiologicznej pracowników do wielkości i rodzajów zagrożeń, kierownik jednostki organizacyjnej wprowadza podział lokalizacji miejsc pracy na:

- tereny kontrolowane, tam, gdzie istnieje możliwość otrzymania dawek określonych dla pracowników kategorii A (powyżej 6 mSv/rok) lub mogą występować duże zmiany mocy dawki promieniowania jonizującego
- tereny nadzorowane, tam, gdzie istnieje możliwość otrzymania dawek określonych dla pracowników kategorii B (powyżej 1 mSv/rok) i które nie zostały zaliczone do terenów kontrolowanych.

Granice ww. terenów oznacza się odpowiednio znakami ostrzegawczymi, których wzory przedstawiono w załącznikach nr 1 i nr 2 do rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 20. lutego 2007 r. w sprawie podstawowych wymagań dotyczących terenów kontrolowanych i nadzorowanych (Dz. U. nr 131 /07, poz. 910) → ZNAKI OSTRZEGAWCZE (załącznik do projektu ochrony radiologicznej).

INFORMACJE DODATKOWE

Państwowy Wojewódzki Inspektor Sanitarny, w oparciu o art. 4 ustawy z dnia 29. listopada 2000 r. PRAWO ATOMOWE z późniejszymi zmianami (tekst jednolity - Dz. U. nr 42/07, poz. 276) oraz w oparciu o rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3. grudnia 2002 r. w sprawie dokumentów wymaganych przy składaniu wniosku o wydanie zezwolenia na wykonywanie działalności związanej z narażeniem na promieniowanie jonizujące albo przy zgłaszaniu wykonywania tej działalności (Dz. U. nr 220/02, poz. 1851), ze zmianami (Dz. U. nr 98/04, poz. 981) na wniosek podmiotu gospodarczego wydaje zezwolenie na wykonywanie działalności związanej z narażeniem.

Zezwolenie może być wydane, jeżeli:

1. Wnioskodawca zastosował środki techniczne i organizacyjne niezbędne do zapewnienia, przez cały okres prowadzenia działalności wskazanej we wniosku, przestrzegania właściwych dla danej działalności wymagań i warunków bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej zgodnych z przepisami Prawa Atomowego oraz Polskimi Normami z zakresu atomistyki, uznanymi za obowiązujące na podstawie odrębnych przepisów.
2. Dotrzyma parametrów podanych we wniosku i załączonej do niego dokumentacji.
3. Spełni następujące wymagania i warunki bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej:
 - przy pracy wykonywanej w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące będzie przestrzegana zasada, by narażenie było tak małe, jak może być osiągnięte

przy uwzględnieniu możliwości technicznych, ekonomicznych i socjalnych - Zasada ALARA (ang. As Low As Reasonably Achievable - tak nisko jak jest to osiągalne przy zachowaniu rozsądku).

- w warunkach narażenia będą zatrudniane wyłącznie osoby, u których nie stwierdzono przeciwwskazań lekarskich do pracy w takich warunkach, posiadające odpowiednie umiejętności oraz mające niezbędną dla zajmowanego stanowiska pracy znajomość przepisów bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej
- na stanowiskach mających istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej (określonych w odrębnych przepisach) będą zatrudnione osoby posiadające wymagane uprawnienia
- pracownicy zatrudnieni w warunkach narażenia na promieniowanie będą mieli zapewnioną opiekę lekarską, niezbędne środki ochrony osobistej i sprzęt dozymetryczny
- wnioskodawca będzie prowadził kontrolę dozymetryczną środowiska pracy, a w miarę potrzeby kontrolę indywidualnych dawek promieniowania jonizującego
- w jednostce będzie prowadzona ewidencja i kontrola źródeł promieniowania jonizującego oraz ewidencja wyników pomiarów dozymetrycznych.

Uzyskiwanie zezwolenia odbywa się w dwóch etapach:

1. Należy złożyć wniosek do Państwowego Wojewódzkiego Inspektora Sanitarnego w Krakowie (31-202 Kraków ul. Prądnicka 76) o wydanie postanowienia w sprawie uzgodnienia załączonego projektu ochrony radiologicznej.
2. Po otrzymaniu postanowienia zawierającego pozytywną opinię Państwowego Wojewódzkiego Inspektora Sanitarnego i dokonaniu adaptacji pomieszczenia do potrzeb ochrony radiologicznej, należy złożyć wniosek o stosowanie aparatu rtg.


Do wniosku należy dołączyć:

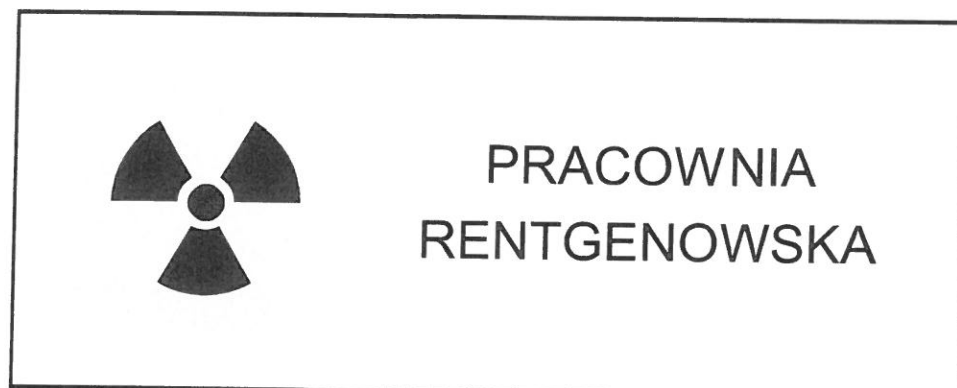
- wraz z pismem przewodnim do zatwierdzenia program szkolenia w zakresie ochrony radiologicznej
- decyzję Państwowego Powiatowego Inspektora Sanitarnego stwierdzającą spełnienie warunków sanitarno-higienicznych
- program bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej
- zakładowy plan postępowania awaryjnego
- dokumentację techniczną aparatu
- instrukcję obsługi aparatu
- dokumentację potwierdzającą spełnienie akceptacyjnych testów kontroli parametrów technicznych aparatu rtg
- dokumentację projektową pracowni rentgenowskiej i obliczeń osłon stałych dotyczących aparatów zainstalowanych w pracowni
- instrukcję pracy z aparatem rentgenowskim ustalającą szczegółowe zasady w zakresie ochrony radiologicznej pracowników i pacjentów
- informację o uprawnieniach osób obsługujących aparat rtg
- informację o rodzaju i zakresie prowadzonej kontroli narażenia pracowników na promieniowanie jonizujące oraz kontroli środowiska pracy i otoczenia.

Zezwolenie wydawane jest na podstawie złożonego wniosku, zatwierzonego projektu, przeprowadzonych sprawdzających pomiarach dozymetrycznych oraz dokumentacji przechowywanej u inspektora ochrony radiologicznej (IOR) zgodnie z wykazem → wyposażenie pracowni rtg do potrzeb ochrony radiologicznej; dokumenty powinny być podpisane przez kierownika pracowni, a niektóre również przez inspektora ochrony radiologicznej) oraz po stwierdzeniu przez pracowników Państwowej Wojewódzkiej Inspekcji Sanitarnej w trakcie przeprowadzonej kontroli, że zostały spełnione warunki wykonywania działalności związanej z narażeniem.

główny specjalista w zakresie
bezpieczeństwa i higieny pracy

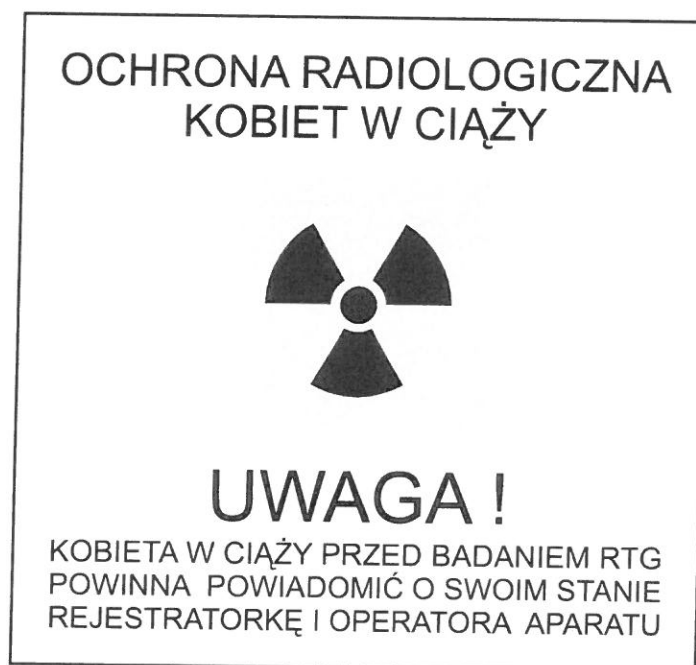

mgr inż. Mieczysław Ropa


inż. Wacław Puter
uprawnienia do prowadzenia działań obejmujących
System Zapewnienia Jakości w Diagnostyce Radiologicznej
wydane przez Polskie Lekarskie Towarzystwo Radiologiczne
(certyfikat nr 1220)



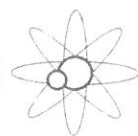
skala 1:2

Tablica ostrzegawcza PRACOWNIA RENTGENOWSKA zgodna ze wzorem tablicy do oznakowania pracowni rentgenowskiej wg załącznika nr 1 do rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 21. sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. nr 180/06, poz. 1325).



skala 1:2

Tablica ostrzegawcza OCHRONA RADIOLOGICZNA KOBIET W CIAŻY informująca kobiety w ciąży o konieczności powiadomienia o swoim stanie osobę rejestrującą i operatora aparatu rtg (propozycja fundacji biosfera® organizacji pożytku publicznego).



skala 1:25

Tablica ostrzegawcza TEREN KONTROLOWANY zgodna ze wzorem tablicy do oznakowania granic terenu kontrolowanego wg załącznika nr 1 do rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 20. lutego 2007 r. w sprawie podstawowych wymagań dotyczących terenów kontrolowanych i nadzorowanych (Dz. U. nr 131/07, poz. 910).



skala 1:25

Tablica ostrzegawcza TEREN NADZOROWANY zgodna ze wzorem tablicy do oznakowania granic terenu nadzorowanego wg załącznika nr 2 do rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 20. lutego 2007 r. w sprawie podstawowych wymagań dotyczących terenów kontrolowanych i nadzorowanych (Dz. U. nr 131/07, poz. 910).

KRAKOWSKIE PRZEDSIĘBIORSTWO
PROJEKTOWO-BADAWCZE



30-324 KRAKÓW UL. MONTE CASSINO 31
tel./fax: (48 12) 267 29 67; gsm: (48 601) 40 66 06
e-mail: systemy@aaxis.pl; info: www.aaxis.pl

BIURO KONSULTACYJNO-TECHNICZNE biuro@aaxis.pl

- SYSTEMY INFORMATYCZNE I TELEINFORMATYCZNE – PROJEKTOWANIE, DORADZTWO, ZARZĄDZANIE
- OCHRONA RADIOLOGICZNA – PROJEKTY, OBLICZENIA I MONTAŻ OSŁON STAŁYCH W PRACOWNIACH RTG, PROJEKTOWANIE I MODERNIZACJA SYSTEMÓW WENTYLACYJNYCH
- AUTOMATYKA PRZEMYSŁOWA – PROJEKTOWANIE SYSTEMÓW, MODERNIZACJA, TWORZENIE AUTOMATYCZNYCH STANOWISK MONTAŻOWYCH I POMIAROWYCH, SERWIS
- ŚRODOWISKO – RAPORTY ODDZIAŁYWANIA, EKSPERTYZY, UZGODNIENIA FORMALNO-PRAWNE, ZAGOSPODAROWANIE TERENU
- BUDOWNICTWO – PROJEKTY ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANE I BRANŻOWE, OBLICZENIA KONSTRUKCYJNE, ANALIZY TECHNICZNE KONSTRUKCJI, DORADZTWO, ARCHITEKTURA KRAJOBRAZU, PRACE REMONTOWO-BUDOWLANE, TECHNIKI WYSOKOŚCIOWE

LABORATORIUM RADIACYJNE labo@aaxis.pl

- PROMIENIOWANIE NIEJONIZUJĄCE I JONIZUJĄCE – BADANIA, POMIARY, EKSPERTYZY, DORADZTWO, TESTY JAKOŚCIOWE, POMIARY SKUTECZNOŚCI WENTYLACJI W PRACOWNIACH RTG

CENTRUM SZKOLENIOWO-WYDAWNICZE centrum@aaxis.pl

- OCHRONA LUDZI I MIEJSCA PRACY – KURSY I SZKOLENIA SPECJALISTYCZNE, PODSTAWOWE, OKRESOWE
- WYDAWNICTWA Z ZAKRESU DIAGNOSTYKI RADIOLOGICZNEJ

rentgenodiagnostyka:

- SZKOLENIA ZWIĄZANE Z UZYSKIWANIEM UPRAWNIENÍ INSPEKTORA OCHRONY RADIOLOGICZNEJ
- SPECJALISTYCZNE SZKOLENIA PERSONELU MEDYCZNEGO W DZIEDZINIE OCHRONY RADIOLOGICZNEJ PACJENTÓW
- SYSTEMY ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ W PRACOWNIACH RTG
- TESTY AKCEPTACYJNE, SPECJALISTYCZNE

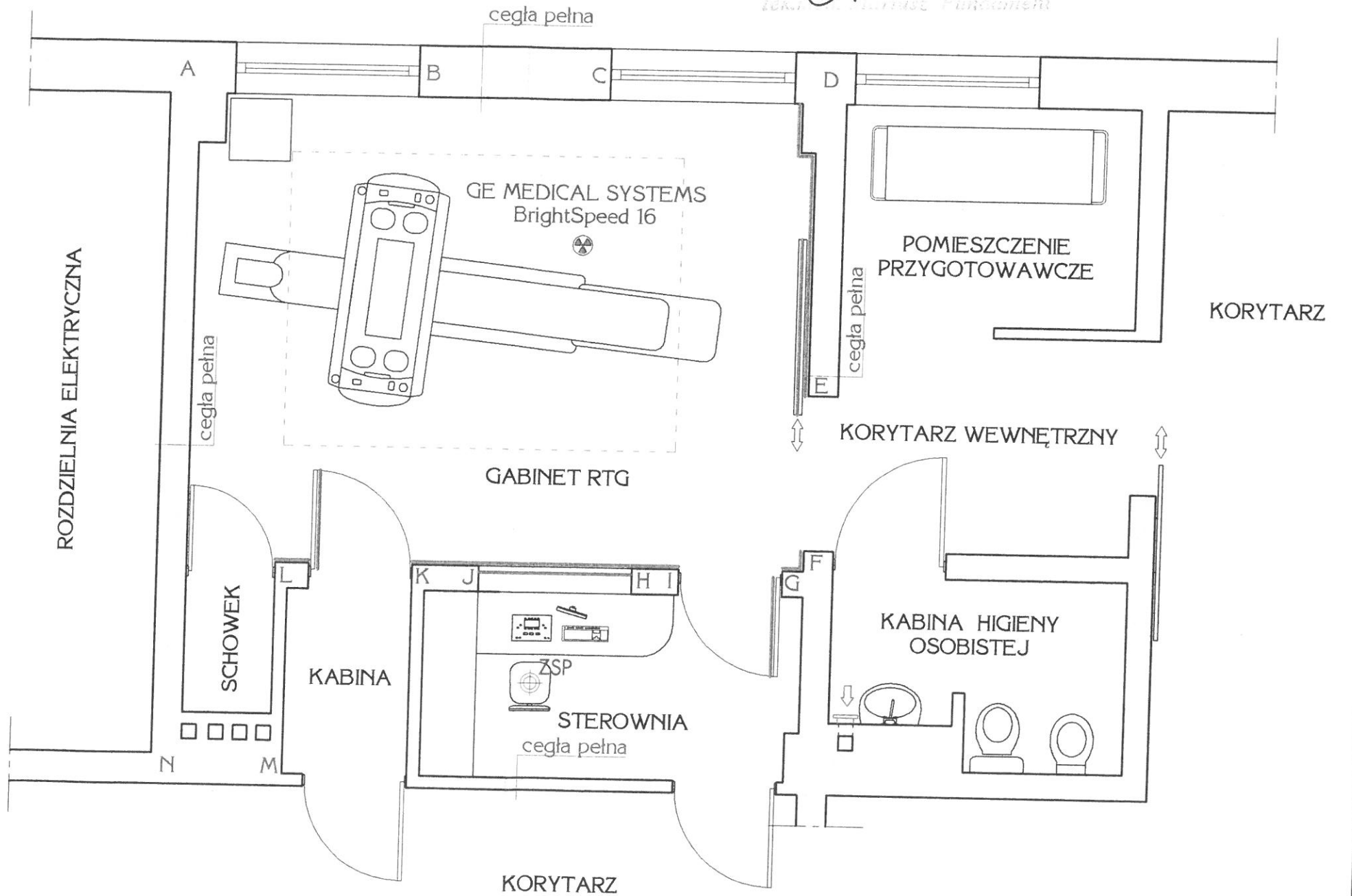
0 0.5 1 1.5 2 [m]

PANSTWOWY WOJEWODZKI
 INSTYTUT SANITARNY
 W KRAKOWIE
 31-202 Kraków, ul. Prądnicke 76
 tel. 012 416 310 012 416 30, 01225 49 500
 WSE.NNZ: 432 / 748/07
 Uzgodniono na podstawie ustawy
 z dnia 14.03.1985 r. o Inspekcji
 Sanitarnej (jedn. tekst Dz.U. nr 122
 poz. 851) pod warunkiem wprowadzenia
 uwag, opinii z dnia 2007 - 11 - 2
 Kraków



[Handwritten signature]
 Inżynier Projektant

PODWÓRZE



----- elementy przegród wzmocnione folią Pb

KRAKOWSKIE PRZEDSIĘBIORSTWO PROJEKTOWO-BADAWCZE AAXIS- SYSTEMY KOMPUTEROWE BIURO KONSULTACYJNO-TECHNICZNE 30-324 KRAKÓW UL. MONTE CASSINO 31 tel./fax: 48 12) 267 29 67; gsm: 48 601) 40 66 06 e-mail: biuro@aaxis.pl; Info: www.aaxis.pl	Temat:	Projekt ochrony radiologicznej
	Inwestor:	SP-ZOZ w BOCHNI Szpital Powiatowy
	Obiekt:	Pracownia tomografii
	Opracowanie numeryczne:	inż. Wojciech Krzysztofek
	Weryfikacja:	inż. Wacław Puter
Nr rysunku:	01/POR-06/09/07/RTG-T	Skala: 1:50