

**PROJEKT TECHNICZNY
W ZAKRESIE OCHRONY RADIOLOGICZNEJ
pomieszczenia przeznaczonego do instalacji
skanera CT/PET Gemini TF, firmy Philips**

**Zakład Medycyny Nuklearnej w Centrum
Onkologii - Instytut im. M. Skłodowskiej-Curie
w Warszawie**

**Warszawa
ul. Roentgena 5**

Autorzy:
mgr inż. Irena Kwolczak-El Korbi
mgr inż. Jan Kopeć



Warszawa, październik 2008 r.

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

SPIS TREŚCI

	Strona
1. Przedmiot opracowania	4
2. Przepisy prawne	4
3. Zastosowanie i dane techniczne skanera CT/PET Gemini TF	5
4. Opis pracowni	5
5. Technologia	6
6. Założenia do projektu istotne z punktu widzenia ochrony radiologicznej	7
6.1 Dawki graniczne: przyjęte do obliczeń dawki promieniowania dla osób przebywających w pobliżu	8
6.2 Lokalizacja	9
6.3 Obciążenie robocze	10
6.4 Ocena zagrożenia pracowników	11
6.5 Ruch ludzi w obiekcie i otoczeniu	12
6.6 Współczynniki czasu przebywania	12
6.7 Materiały stosowane na osłony	12
6.8 Tereny kontrolowane	13
7. Obliczenia osłon	13
7.1 Wzory wyjściowe	14
7.2 Obliczenia osłon w Pracowni Tomografii Pozytonowej – skaner CT/PET – aparat Gemini TF	18

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

7.2.1 Obliczenie grubości osłon dla miejsc określonych na rys. 1	18
8. Wymagania branżowe	39
8.1 Ściany i stropy	39
8.2 Drzwi rtg	39
8.3 System obserwacji i komunikacji z pacjentem	40
8.4 Wentylacja	40
8.5 Instalacja wodno-kanalizacyjna	40
8.6 Instalacja elektryczna	40
8.7 Opis systemu ochrony przeciw – pożarowej	41
8.8 System sygnalizacyjno – ostrzegawczy	41
8.9 Wyposażenie pracowni dla potrzeb ochrony radiologicznej	41
8.10 Bezpieczna eksploatacja	42
8.11 Przekazanie pracowni do eksploatacji	42
9. Bibliografia	42

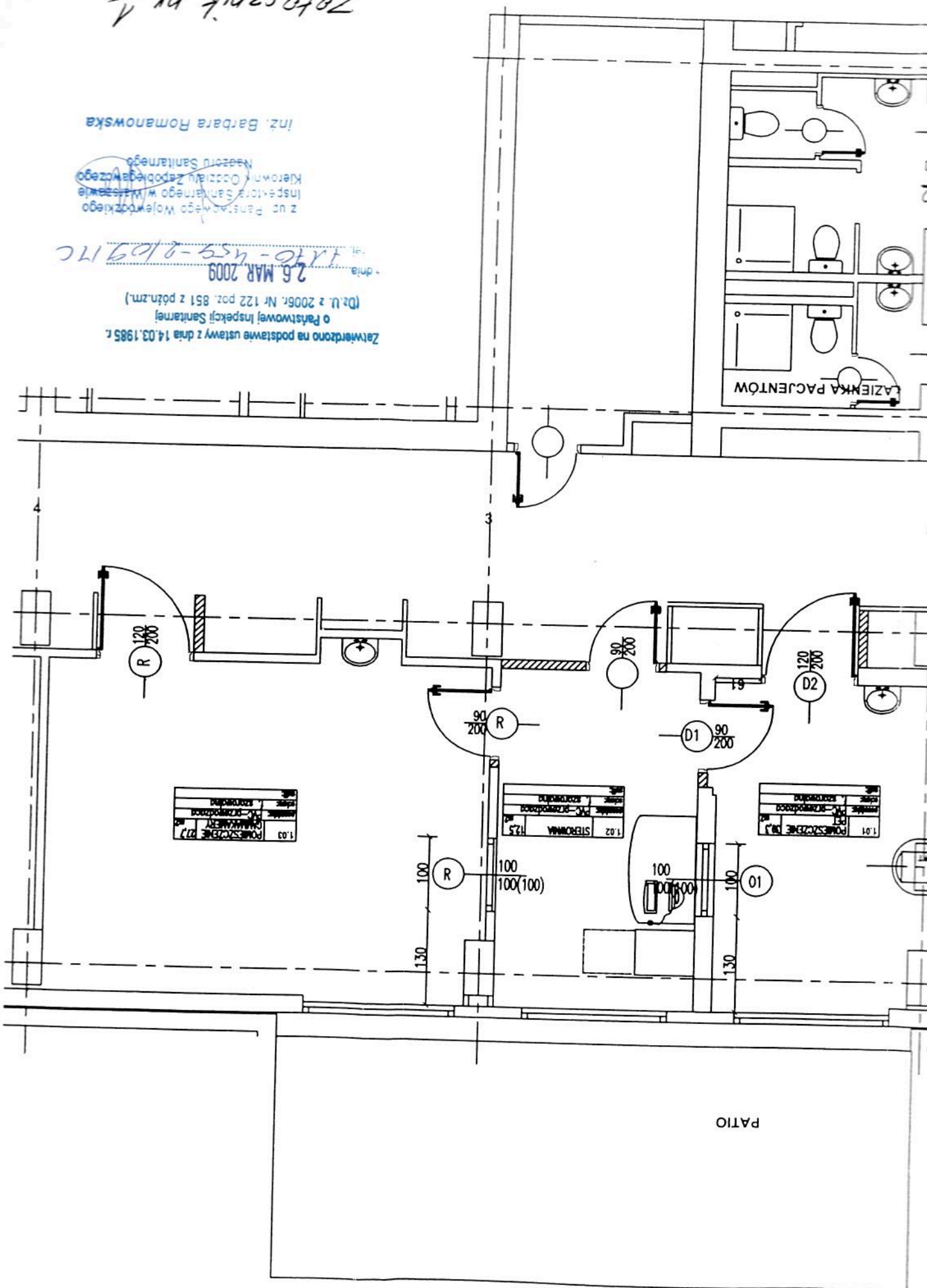
Załącznik nr 1

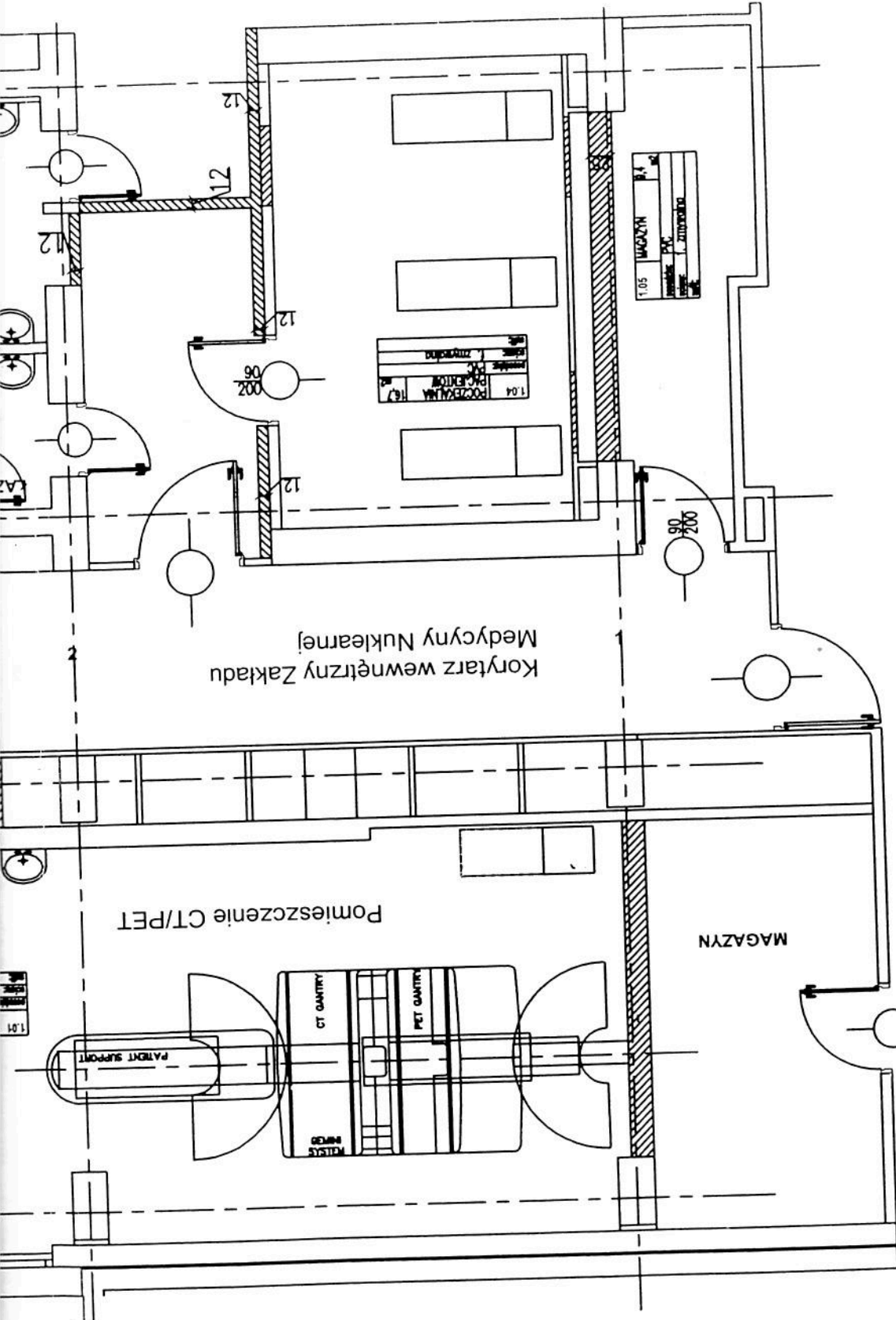
inż. Barbara Romanowska

z up. Państwowego Wojewódzkiego
Inspektora Sanitarnego w Warszawie
Kierownik Oddziału Zapobiegawczego
Nadzoru Sanitarnego

data: 2-6 MAR 2009
1416-45-810917C

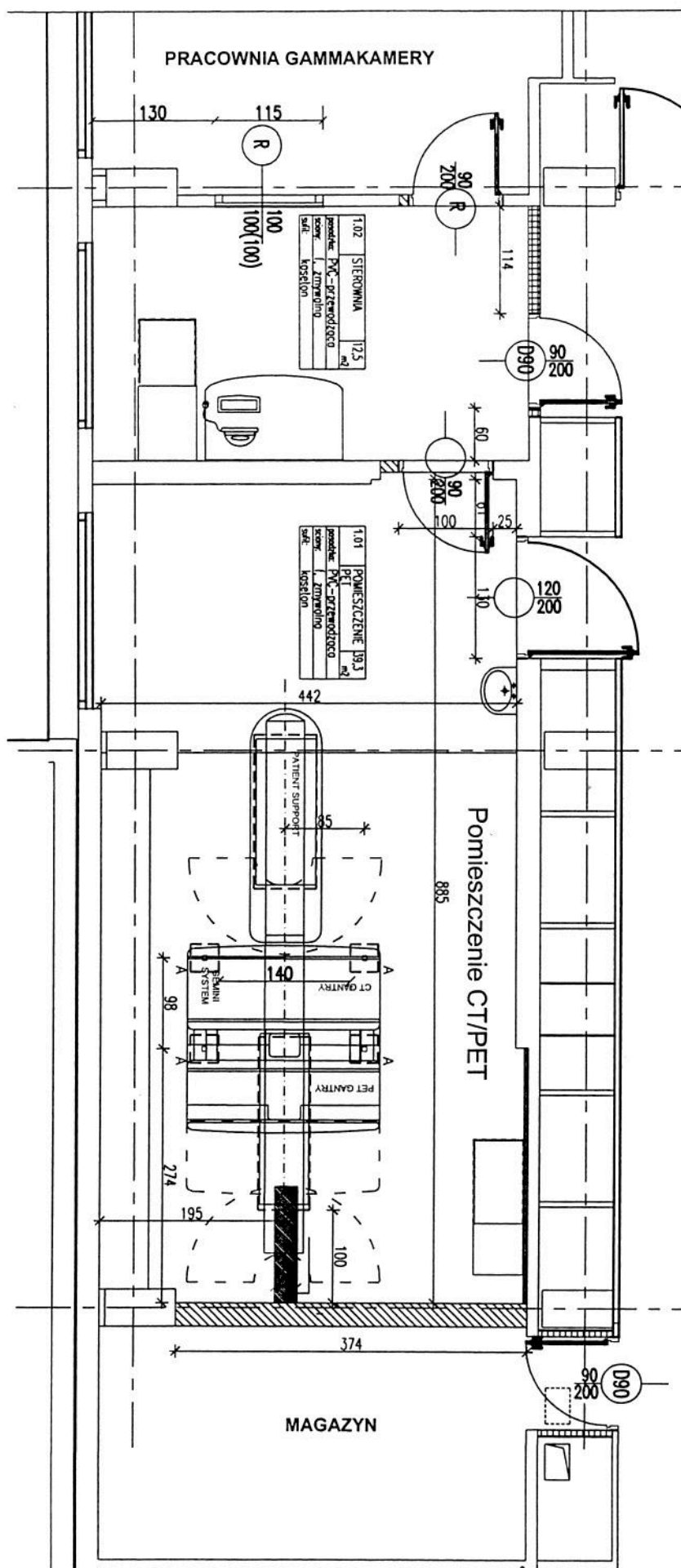
Zatwierdzono na podstawie ustawy z dnia 14.03.1985 r.
o Państwowej Inspekcji Sanitarnej
(Dz. U. z 2006r. Nr 122 poz. 851 z późn. zm.)





Korytarz ogólnodostępny Centrum Onkologii

Załącznik nr 1



Załącznik nr 2

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest projekt techniczny w zakresie ochrony radiologicznej dostosowania / adaptacji istniejącego pomieszczenia w Zakładzie Medycyny Nuklearnej w Centrum Onkologii im. Marii Skłodowskiej – Curie w Warszawie przy ulicy Roentgena 5, pod kątem instalacji skanera CT/PET Gemini TF, firmy Philips. W adaptowanym pomieszczeniu zainstalowana była gammakamera.

Projekt wykonano w oparciu o:

- Plan zabudowy, z omawianym pomieszczeniem przedstawia załącznik nr 1.
- Plan usytuowania skanera CT/PET Gemini TF w pracowni, na podstawie założeń producenta, firmy Philips, przedstawia załącznik nr 2.
- Dane techniczne aparatu: skanera CT/PET Gemini TF, załącznik nr 3.

Rzut poziomy pomieszczenia, z usytuowaniem urządzenia, w rozumieniu punktów istotnych dla ochrony radiologicznej, przedstawia rysunek 1.

Celem opracowania jest obliczenie grubości osłon stałych umożliwiających instalację i pracę wymienionego aparatu.

Do obliczeń przyjęto skaner CT/PET Gemini TF, firmy Philips.

2. Przepisy prawne

- a) Ustawa Prawo Atomowe z dn. 29 listopada 2000r. – (Dz.U. z 2007r. Nr 42, poz. 276 Dz.U z 2008r Nr 93, poz.583) w wersji ujednoliconej.
- b) Norma PN-86/J-80001 – Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i Gamma, obliczanie osłon stałych.
- c) Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 25 sierpnia 2005 r. w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej. Dz. U. Nr 194. poz. 1625.
- d) Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dn. 12 lipca 2006r w sprawie. szczegółowych warunków pracy ze źródłami promieniowania jonizującego, Dz. U. Nr 140. poz. 994.

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

- e) Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21 sierpnia 2006 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi, Dz. U. Nr 180. poz. 1325.
- f) Rozporządzenia Prezesa Rady Ministrów z dnia 18.01.2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. Nr 20. poz. 168).

3. Zastosowanie i dane techniczne skanera CT/PET Gemini TF

Skaner CT/PET Gemini TF jest wielofunkcyjnym, w pełni skomputeryzowanym, sterowanym mikroprocesorowo urządzeniem stosowanym w diagnostyce. Zostanie zainstalowany w istniejącym, omawianym pomieszczeniu, zgodnie z planem usytuowania.

Jest zamontowany do stropu podłogi i składa się z następujących głównych podzespołów:

- tomografu 16-rzędowego,
- skanera PET (usytuowanego za tomografem),
- łóżka,
- konsoli,
- komputera.

Dane techniczne tomografu:

- zakres napięć lampy rentgenowskiej do 140 kV (przy generatorze 100kW);
- zakres prądów dla małego ogniska do 335mA (możliwy przy ograniczonym napięciu);
- zakres prądów dla dużego ogniska do 715mA (możliwy przy ograniczonym napięciu);
- ognisko lampy: małe (0,7x0,6mm) i duże (0,9x0,9mm), zgodne z normą IEC;
- filtracja lampy zgodna z normą IEC i DIN (2,5mm Al.).

4. Opis pracowni

Zgodnie z rysunkiem 1, zagospodarowanie pomieszczeń tworzy pracownię diagnostyczną, w której możliwe będzie wykonywanie badania z zastosowaniem skanera CT/PET Gemini TF.

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

Pracownia zawiera:

- pomieszczenie, w którym zainstalowany będzie aparat;
- pomieszczenie sterowni.

W celu wykonania badania wymagane są dodatkowo:

- pokój podawania pacjentowi radiofarmaceutyku (przygotowawczy);
- pokój oczekiwania na badanie;
- Oczekiwanie pacjenta po badaniu (kwarantanna), jeśli jest wymagane;
- toaleta.

5. Technologia

Wykonanie badań w pracowni będzie odbywało się w sposób następujący:

- wypełnienie karty pacjenta, wprowadzenie danych pacjenta do komputera;
- przygotowanie pacjenta do badania – podanie pacjentowi radiofarmaceutyku F-18 FDG;
- przygotowanie pacjenta do badania – oczekiwanie na badanie (absorpcja radiofarmaceutyku w ciele pacjenta);
- wykonywanie badania;
- oczekiwanie pacjenta po badaniu (kwarantanna).

Przygotowanie pacjenta do badania – podanie pacjentowi radiofarmaceutyku F-18 FDG

F-18 FDG jest znacznikiem aktywności metabolicznej gromadzonej normalnie w mózgu, sercu, szpiku kostnym, jelicie, nerkach, aktywnych mięśniach i zwiększonej koncentracji w wielu metabolicznie aktywnych nowotworach. Wykorzystywanym izotopem jest Fluorine F18, który rozpada się emitując pozytony, o czasie połowicznego rozpadu 110 minut. Użyteczne do diagnostyki obrazowej promieniowanie fotonowe gamma o energii 511 keV powstaje na skutek anihilacji pozytonów z elektronami.

Przygotowanie pacjenta do badania – oczekiwanie na badanie (absorpcja radiofarmaceutyku w ciele pacjenta)

Przed podaniem pacjentowi F-18 FDG, aby zmniejszyć koncentrację w mięśniach, pacjent powinien być na łóżku lub fotelu bez poruszania się przez czas od 30 do 90 minut w zależności od rodzaju badania i praktyk stosowanych w ośrodku.

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

Po upływie czasu absorbowania radiofarmaceutyku pacjent powinien opróżnić pęcherz, w którym gromadzi się około 15% zaaplikowanej aktywności. Zaleca się przeznaczenie dla pacjentów oddzielnej, od ogólnie dostępnej, toalety.

Wykonywanie badania

Po upływie czasu absorbowania radiofarmaceutyku pacjent jest przewożony do pomieszczenia skanera, następnie układany na stole diagnostycznym, wspólnym dla tomografu i skanera PET i przez bardzo krótki okres czasu poddawany badaniu CT, a następnie badaniu skanera.

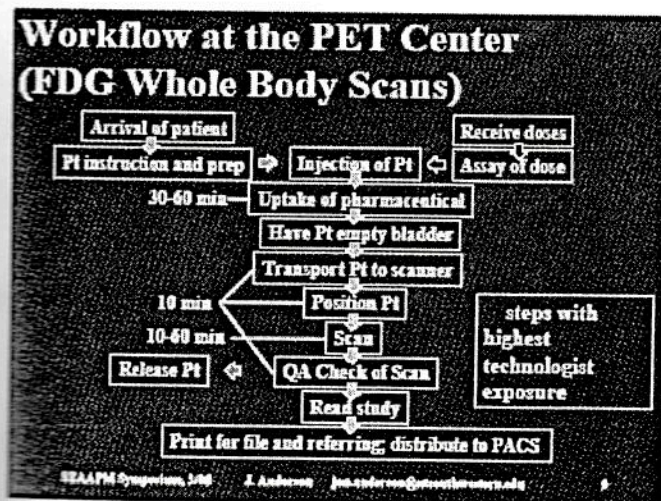
Pacjent przebywa w pomieszczeniu, w trakcie badania, przez 30-60 minut.

Oczekiwanie pacjenta po badaniu (kwarantanna)

Po badaniu pacjent może przebywać w pokoju „kwarantanny” do czasu spadku aktywności zaaplikowanego radiofarmceutyku, jeśli jest to konieczne.

Pacjent z zaaplikowanym radiofarmaceutykiem jest głównym źródłem promieniowania, które musi być uwzględnione przy obliczeniach ochrony radiologicznej.

Przykładowy opis technologii wg John A. Anderson



6. Założenia do projektu istotne z punktu widzenia ochrony radiologicznej

Czynniki mające wpływ na ochronę radiologiczną to:

- liczba obrazowanych (badanych) pacjentów,

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

- ilość izotopu podana pacjentowi,
- czas jaki pacjent przebywa w pracowni / oddziale diagnostyki,
- lokalizacja, odległość źródła promieniowania,
- bezpośrednie otoczenie pracowni / oddziału.

6.1 Dawki graniczne: przyjęte do obliczeń dawki promieniowania dla osób przebywających w pobliżu

W celu określenia wielkości osłon stałych, chroniących:

- osoby pracujące w Zakładzie Medycyny Nuklearnej w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące (sterownia, korytarz, magazyn);
- osoby pracujące w Pracowni Tomografii Komputerowej w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące (pracownia tomografii);
- pracowników szpitala, którzy nie podlegają narażeniom zawodowym, a przebywają w sąsiedztwie źródła promieniowania podczas pracy (pomieszczenia nad i pod pracownią, korytarze);
- osoby z populacji / pacjentów, przebywających na badaniach w Zakładzie Medycyny Nuklearnej, z małym prawdopodobieństwem równoczesnego dłuższego przebywania w sąsiedztwie źródła promieniowania (korytarz / poczekalnia);

zostały przyjęte, do obliczeń dla celów budowlanych, następujące dawki graniczne, wyrażone jako dawki skuteczne (efektywne):

- a) dawka graniczna dla osób narażonych zawodowo:
co oznacza, pesymizując: 6 mSv/rok,
0,12 mSv/tydz.
- b) dawka graniczna dla pracowników szpitala (osób nie narażonych zawodowo):
co oznacza: 0,3 mSv/rok,
0,006 mSv /tydz.
- c) dawka skuteczna (efektywna) dla ludności – pacjentów przebywających na badaniach w Zakładzie Medycyny Nuklearnej:
co oznacza: 0,3 mSv /rok,
0,006 mSv / tydz.,

Z uwagi na sumowanie się dawek przy obsłudze urządzenia i kontaktu z pacjentem, dla pracowników pracowni skanera CT/PET Gemini TF przyjęto dla osób narażonych zawodowo dawkę skuteczną 0,12 mSv / tydzień.

Uwaga: 1 tydzień pracy dla osób nie narażonych zawodowo = 40 h
1 tydzień pracy dla osób narażonych zawodowo = 25 h.

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

6.2 Lokalizacja

Na podstawie dostarczonych planów architektonicznych, adaptowane pomieszczenie znajduje się na parterze, w Zakładzie Medycyny Nuklearnej w Centrum Onkologii im. Marii Skłodowskiej – Curie w Warszawie przy ulicy Roentgena 5. Pomieszczenie było przystosowane do pracy gammakamery.

Wysokość pomieszczenia wynosi 3,3 m.

Ściany adaptowanego pomieszczenia wykonane są:

- Ściana „A”, oddzielająca pomieszczenie skanera od sterowni, wykonana jest z cegły pełnej o grubości 25 cm i pokryta tynkiem barytowym o grubości 5 cm.
- Ściana „B₁”, oddzielająca pomieszczenie skanera od korytarza wewnętrznego Zakładu Medycyny Nuklearnej, wykonana jest z cegły pełnej o grubości 12 cm, pokrytej tynkiem zwykłym o grubości 2 cm.
- Ściana „B₂”, oddzielająca pomieszczenie skanera od korytarza wewnętrznego Zakładu Medycyny Nuklearnej, wykonana jest z cegły pełnej o grubości 25 cm, pokrytej tynkiem zwykłym o grubości 2 cm.
- Ściana „C₁”, oddzielająca pomieszczenie skanera od magazynu, powinna być wykonana zgodnie z obliczeniami niniejszego projektu.
- Ściana „C₂”, oddzielająca pomieszczenie magazynu od korytarza ogólnie dostępnego jest wykonana z płyt kartonowo gipsowych.
- Ściany „D₁” i „D₂” wykonane są z betonu komórkowego o łącznej grubości 48 cm.
- Strop sufitu „E”, oddzielający pomieszczenie skanera od pomieszczeń aptecznych, wykonany jest z betonu zwykłego o grubości 22 cm i pokryty jest wylewką o grubości 5 cm.
- Strop podłogi „F”, oddzielający pomieszczenie skanera od pomieszczeń wentylatorni wykonany jest z betonu zwykłego o grubości 22 cm i pokryty wylewką o grubości 5 cm.

Nad stropem sufitu „E” znajdują się pomieszczenia apteki szpitala (pracownicy szpitala – osoby nienarażone zawodowo).

Pod pomieszczeniem skanera znajdują się pomieszczenia wentylatorni (pracownicy szpitala – osoby nienarażone zawodowo).

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

Do opisywanego pomieszczenia przylegają:

- sterownia – pracownicy zakładu (osoby narażone zawodowo),
- magazyn zakładu – pracownicy zakładu (osoby narażone zawodowo),
- korytarz wewnętrzny zakładu – pracownicy zakładu (osoby narażone zawodowo) i pacjenci (osoby nienarażone zawodowo),
- pomieszczenie tomografu komputerowego – pracownicy szpitala (osoby narażone zawodowo),
- patio – pacjenci (osoby nienarażone zawodowo),
- apteka szpitalna na pierwszej kondygnacji (nad stropem sufitu „E”) – pracownicy szpitala (osoby nienarażone zawodowo),
- pomieszczenie wentylatorni w piwnicy (pod stropem podłogi „F”) – pracownicy szpitala (osoby nienarażone zawodowo).

System wentylacji w omawianym pomieszczeniu zapewnia 4 wymiany powietrza na godzinę i spełnia wymagania odnośnie pracowni diagnostycznych.

Usytuowanie aparatu jest ściśle określone z punktu wymagań instalacyjnych urządzenia.

Rysunek numer 1 (opracowany na podstawie zał. nr 1, 2 i wizji lokalnej) przedstawia usytuowanie aparatu, wymiary pomieszczenia oraz punkty zagrożeń przyjęte do obliczeń.

6.3 Obciążenie robocze

Aparat CT/PET Gemini TF będzie stosowany do celów diagnostycznych.

W przypadku badań z zastosowaniem skanera CT/PET uwzględnia się promieniowanie od tomografu (rozproszone i uboczne) oraz od pacjenta (promieniowanie fotonowe o energii 511 keV na skutek oddziaływania (anihilacji) pozytonów z elektronami), który jest podstawowym źródłem promieniowania.

Obciążenie robocze dla tomografu:

- > Obciążenie robocze (tygodniowe) aparatu dla jednej zmiany

$$W = I \times t$$

gdzie:

I – natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej [mA]

t – czas działania aparatu (emisji promieniowania) w ciągu tygodnia [min]

przyjęto, zgodnie z normą DIN na poziomie

$$W = 20000 \text{ mA} \times \text{min} \times \text{tydz}^{-1} \text{ (1200000 mAs/tydz)}$$

- > napięcie na lampie $U = 120 \text{ kV}$

- > filtracja zewnętrzna $g = 2,5 \text{ mm Al.}$

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

Do obliczeń przyjęto 35% powyższego obciążenia roboczego W, tj.
 $7000 \text{ mA} \times \text{min} \times \text{tydz}^{-1} = 117 \text{ mA} \times \text{h} \times \text{tydz}^{-1}$.

Obciążenie $W = 20000 \text{ mA} \times \text{min} \times \text{tydz}^{-1}$ (1200000 mAs/tydz) jest dużą wartością. Przyjmując czas badania (pracy z wiązką) 25 sek., przy prądzie 300mA, przy 6-ciu pacjentach na godzinę i 5-cio godzinnym tygodniu pracy otrzymujemy:
 $25 \text{ sek} \times 6 \text{ pac./godz.} \times 5 \text{ godz.} \times 300 \text{ mA} = 1125000 \text{ mAs/tydz.}$, co jest wartością mniejszą od przyjętej do obliczeń.

Obciążenie robocze dla skanera PET:

- obciążenie robocze pomieszczenia skanera –
10 pacjentów/dzień \times 5 dni = 50 pacjentów/tydzień
- obciążenie robocze dla izotopu –
zakłada się zaaplikowanie pacjentowi 15 mCi (555 MBq) z czasem absorpcji 60 minut.

Pacjent przybywa do pomieszczenia badania z aktywnością 12 mCi.

6.4 Ocena zagrożenia pracowników

Zgodnie z Ustawą Prawo Atomowe z dn. 29.11.2000r. - Dz.U. Nr 31 z 2001r, poz. 18, z późniejszymi zmianami, art. 9 i 12, pracownicy Zakładu Medycyny Nuklearnej są zakwalifikowani do kategorii A, co oznacza, że mogą być narażeni na dawkę skuteczną powyżej 6mSv/rok, a których ogranicznik dawki (limit użytkowy dawki) nie przekroczy 20mSv/rok.

Ocena narażenia pracowników jest prowadzona na podstawie kontrolnych pomiarów dawek indywidualnych.

Zgodnie z metodyką obliczeń, zastosowaną w niniejszym projekcie, parametry osłon przed promieniowaniem jonizującym zawierają margines bezpieczeństwa poprzez:

- przyjęcie dla pracowników pracowni skanera CT/PET Gemini TF dawki skutecznej 0,12 mSv / tydzień.
- zrównanie dawki miejscowej z dawką pochłoniętą przez organizm dla miejsc długotrwałego przebywania,
- zrównanie dawki miejscowej dla miejsca przebywania z wartością maksymalną za osłoną,
- zryczałtowanie współczynnika przebywania,

6.5 Ruch ludzi w obiekcie i otoczeniu

Opis lokalizacji ścian został przedstawiony w rozdziale 1, a pomieszczenia przyległe do nich przedstawione są na rys. nr 1.

Punkty istotne dla ochrony radiologicznej zostaną przeliczone w:

- o sterowni – osoby narażone zawodowo;
- o korytarzu wewnętrznym zakładu medycyny nuklearnej – pracownicy zakładu, (osoby narażone zawodowo) i pacjenci / osoby z populacji (osoby nienarażone zawodowo);
- o korytarzu ogólnie dostępnym Centrum Onkologii, przylegającym do magazynu – pracownicy szpitala, (osoby narażone zawodowo) i pacjenci / osoby z populacji (osoby nienarażone zawodowo);
- o pomieszczeniu tomografu – pracownicy szpitala (osoby narażone zawodowo);
- o patio – pracownicy szpitala (osoby nienarażone zawodowo);
- o magazynie zakładu – pracownicy zakładu (osoby narażone zawodowo);
- o aptece szpitalnej na pierwszej kondygnacji (nad stropem sufitu „E”) – pracownicy szpitala (osoby nienarażone zawodowo);
- o pomieszczeniu wentylatorni w piwnicy (pod stropem podłogi „F”) – pracownicy szpitala (osoby nienarażone zawodowo).

6.6 Współczynniki czasu przebywania

Wartości współczynnika czasu przebywania T przyjęte do obliczeń zostały określone zgodnie z PN-86/J-80001.

Dla celów obliczeniowych (określenia grubości osłony) współczynnik przebywania T uwzględnia oczekiwaną (zgodnie z PN-86/J-80001) długość czasu przebywania osób w obszarze, który ma być chroniony, niezależnie od rzeczywistego (krótszego) czasu przebywania.

Dla celów obliczeniowych (określenia grubości osłony) współczynnik przebywania osób narażonych zawodowo wynosi $T=1$ i uwzględnia to, że osoby te mogą być narażone na promieniowanie podczas godzin pracy w różnych miejscach przebywania.

6.7 Materiały stosowane na osłony

Do obliczeń osłonowości dla celów budowlanych przyjęto (na podstawie obliczeń metodą Monte Carlo i danych AAPM Task Group):

– ciał $\rho = 11,3 \text{ g/cm}^3$, wartość współczynnika dziesięciokrotnego osłabienia: $Z_r = \text{TVL}_{\text{Pb}} = t_{1/10} = 1,8 \text{ cm}$.

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

- beton zwykły $\rho = 2,3 \text{ g/cm}^3$, $Z_r = \text{TVL}_b = 22 \text{ cm}$
- cegła pełna $\rho = 1,6 \text{ g/cm}^3$, $Z_r = \text{TVL}_c = 34 \text{ cm}$

6.8 Tereny kontrolowane

Terenami kontrolowanymi będą: pomieszczenie skanera oraz sterownia.

7. Obliczenia osłon

Obliczenia przeprowadzono na podstawie:

- normy PN-86/J-80001 – Obliczanie osłon stałych (obliczenia osłon dla tomografu);
- normy DIN 6812/1994r: Medizinische Röntgenanlagen bis 300 kV, stosując nomenklaturę i oznaczenia normy polskiej (obciążenie robocze dla tomografu w ciągu tygodnia);
- mapy rozkładu mocy równoważnika dawki (wykresu izodawek) dostarczonego przez firmę Philips (obliczenia osłon dla tomografu - porównawcze);
- Raport NCRP nr 79; NCRP nr 38; ICRP nr 60;
- Zalecenia Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej (ICRP);
- Melissa C. Martin, M. S., FACR, FACMP – PET/CT _ Site Planning and Shielding Design;
- John A. Anderson AAPM Task Group – PET and PET/CT Shielding, mars 2005;
- Książki i broszury dotyczące ochrony przed promieniowaniem jonizującym;
- Polskie Normy: PN-67 J-01001, PN-79 J-80002, PN-71 J-80102; PN-79 J-80104, PN-J-05000.

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

7.1 Wzory wyjściowe

a. Wzory stosowane przy obliczeniach skanera PET

Krotność osłabienia promieniowania przez osłonę

$$k = \frac{D_{obl}}{D} \quad \dots\dots(1)$$

gdzie:

- D_{obl} - moc dawki w miejscu osłanianym bez uwzględnienia osłony [cGy/tydz]
 D - ogranicznik dawki (limit użytkowy dawki) w miejscu osłanianym [cGy/tydz]

$$D_{obl} = \frac{\Gamma \times A \times t}{L^2} \times R_T \times y \quad \dots\dots(2)$$

$$t = T \times t_0 \quad \dots\dots(3)$$

gdzie:

- Γ - równoważna wartość stałej ekspozycyjnej [cGy \times m² \times h⁻¹ \times GBq⁻¹]
 A - aktywność źródła [GBq]
 t - czas narażenia osób przebywających za osłoną [h/tydz]
 T - współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w miejscu osłanianym
 t_0 - czas pracy źródła promieniowania w ciągu tygodnia [h/tydz.]
 L - najmniejsza odległość źródła promieniowania od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy [m]
 R_T - współczynnik określający spadek aktywności w trakcie badania
 y - współczynnik osłabienia promieniowania w ośrodku znajdującym się pomiędzy źródłem promieniowania a miejscem osłanianym

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

Stosując ogólny wzór na osłabienie promieniowania, otrzymujemy:

$$k = e^{\mu s} \quad \text{dla } k = 10 \quad 10 = e^{\mu TVL}$$

Po przekształceniach otrzymujemy zależność krotności osłabienia od grubości warstw dziesięciokrotnego osłabienia

$$k = 10^{\left(\frac{S}{TVL}\right)} \quad \dots\dots(4)$$

gdzie:

- μ - liniowy współczynnik osłabienia [cm⁻¹]
- S - grubość warstwy osłonnej [cm]
- e - podstawa logarytmu naturalnego
- TVL - grubość warstwy dziesięciokrotnego osłabienia promieniowania [cm]

Ostatecznie wzór na grubość warstwy osłonnej przybierze postać

$$S = TVL \times \lg \left(\frac{\Gamma \times t_0 \times T \times A}{D \times L^2} \times R_T \times y \right) \quad \dots\dots(5)$$

b. Wzory stosowane przy obliczeniach CT

Do obliczenia grubości osłon stałych przed **promieniowaniem pierwotnym X** stosuje się wzór na krotność osłabienia promieniowania (pkt 2.5.1.2 normy PN)

Krotność osłabienia promieniowania przez osłonę

$$k = \frac{D^* \times I \times t}{D \times l^2} \times y \quad \dots\dots(6)$$

gdzie:

- D^* - moc dawki wg pkt 2.5.1. w odległości 1 m od ogniska lampy, przeliczona dla prądu anodowego 1 mA, [mGy × min⁻¹ × m² × mA⁻¹]

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

- I - nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej, [mA]
- t - czas narażenia w ciągu tygodnia osób przebywających w miejscu osłanianym, wyznaczony zgodnie z pkt 2.3, [min/tydz]
- y - współczynnik osłabienia promieniowania w ośrodku znajdującym się pomiędzy źródłem promieniowania a miejscem osłanianym zgodnie z pkt 2.4.
- D - dawka tygodniowa, określona zgodnie z pkt 2.2., [mGy/tydz]
- l - najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy, [m].

Czas narażenia „t” [min/tydz]

$$t = T \times U \times t_0 \quad \text{.....(7)}$$

gdzie:

- T - współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w osłanianym miejscu zgodnie z pkt 2.3.,
- U - współczynnik określający prawdopodobieństwo skierowania użytecznej wiązki promieniowania w kierunku osłony zgodnie z pkt 2.3.,
- t₀ - maksymalny czas pracy źródła promieniowania w ciągu tygodnia na jednej zmianie, [min/tydz]

Iloczyn natężenia prądu anodowego „I” i czasu pracy źródła „t₀” definiowany jest jako obciążenie robocze „W” [mA × min × tydz⁻¹].

$$W = I \times t_0 \quad \text{.....(8)}$$

Po przekształceniu wzorów otrzymano

$$k = \frac{D^* \times W \times T \times U}{D \times I^2} \times y \quad \text{.....(9)}$$

Grubość osłon z ołowiu wyznacza się na podstawie krzywych pokazanych na rys.1,2

namy.
Grubości osłon z innych materiałów przyjmuje się zgodnie z tabl. 4÷9.

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

Ośłony przed promieniowaniem rozproszonym przez wodę lub tkankę obliczono stosując wzór na zredukowaną moc dawki pkt 2.5.2.1. normy.

Zredukowana moc dawki „ C_1 ” [$\text{mGy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$]

$$C_1 = \frac{D \times l^2}{t \times I} \quad \dots\dots(10)$$

gdzie:

- D - dawka tygodniowa określona zgodnie z 2.2., [mGy/tydz]
- l - najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego promieniowanie od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy, [m]
- I - nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej, [mA].
- t - czas narażenia w ciągu tygodnia na promieniowanie rozproszone, - wyznaczony zgodnie z pkt 2.3., [h].

Po przekształceniach wzorów otrzymano

$$C_1 = \frac{D \times l^2}{W \times T} \quad \dots\dots(11)$$

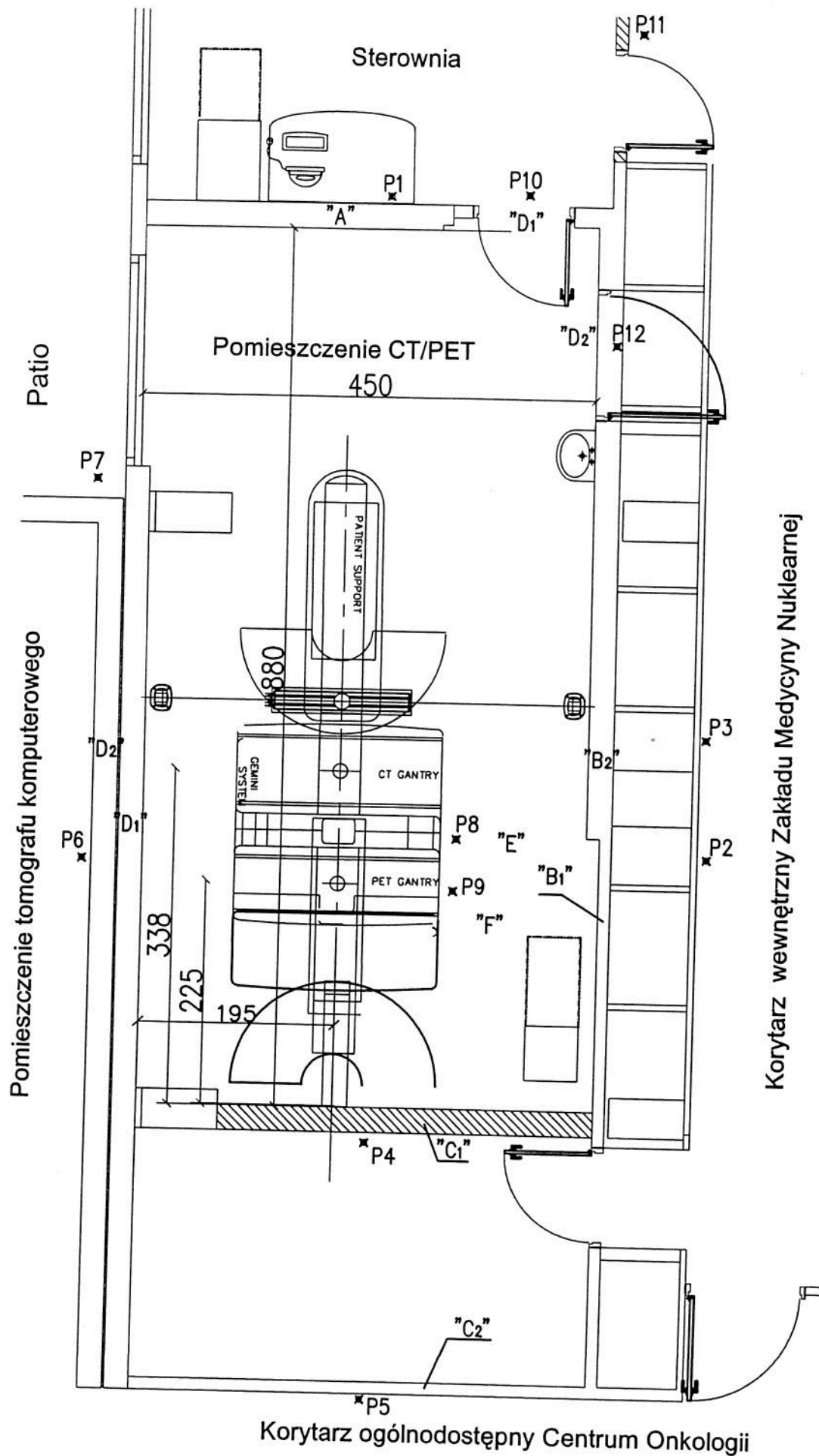
gdzie:

- W - obciążenie robocze [$\text{mA} \times \text{h} \times \text{tydz}^{-1}$]

Pozostałe oznaczenia jak poprzednio.

Grubość osłon z ołowiu wyznaczono z odpowiedniej krzywej podanej na rys.3 normy PN-86/J-80001. Grubości osłon z innych materiałów przyjęto zgodnie z tabl. 10.

W przypadku badań z zastosowaniem tomografu komputerowego uwzględnia się tylko promieniowanie rozproszone i uboczne.



Rysunek 1 - Rzut pomieszczenia

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

7.2 Obliczenia osłon w Pracowni Tomografii Pozytonowej – skaner CT/PET – aparat Gemini TF

Dane przyjęte do obliczeń:

a. Dla skanera PET

- przyjęta aktywność źródła $A = 12 \text{ [mCi]} = 44,4 \times 10^{-2} \text{ [GBq]}$
- czas przebywania źródła w pomieszczeniu – praktycznie około 5 godzin dziennie co daje 25 godzin tygodniowo na jedną zmianę.
- równoważna wartość stałej ekspozycyjnej dla anihilacji gamma 0,511 MeV z emisji beta pozytron $\Gamma = 0,696 \text{ [m}^2 \text{ mrem/h mCi]} = 18,8 \times 10^{-2} \text{ [m}^2 \text{ mGy/h GBq]}$ wg Melissa C. Martin, M.S., FACR, FACMP
ACMP Annual Meeting & Workshops Scottsdale, AZ June 13, 2004.

b. Dla CT

Dane do obliczeń przyjęto zgodnie z zaleceniami f-my Philips, jednocześnie pokrywają się one z danymi przyjmowanymi przez normę DIN 6812/1994 dla rentgenowskich aparatów medycznych.

- obciążenie robocze $W = 20000 \text{ mA} \times \text{min} \times \text{tydz}^{-1}$
- napięcie na lampie (średnio) $U = 120 \text{ kV}$
- filtracja zewnętrzna $g = 2,5 \text{ mm Al.}$

Do obliczeń przyjęto 35% powyższego obciążenia roboczego, ponieważ obciążenie to dotyczy pracy CT w reżymie 10 pacjentów na godzinę a w przypadku urządzenia PET/CT badanych jest maksymalnie 3 pacjentów na godzinę

7.2.1 Obliczenie grubości osłon dla miejsc określonych na rys. 1

Pkt. P1 Ściana „A” - sterownia

Dane do obliczeń dla PET:

$$\Gamma = 18,8 \times 10^{-2} \text{ [m}^2 \text{ mGy/h GBq]}$$

$$A = 44,4 \times 10^{-2} \text{ [GBq]}$$

$$T = 1$$

$$t_0 = 25 \text{ [h]}$$

$$R_T = 0,94 \text{ dla czasu badania pacjenta wynoszącego około 20 min}$$

$$y = 0.5$$

$$L = 6 \text{ [m]}$$

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

$TVL_{Pb} = 1,8$ [cm] - warstwa dziesięciokrotnego osłabienia dla ołowiu
 $D = 0,12$ [mSv/tydz] = $0,104$ [mGy/tydz]

$$S = TVL_{Pb} \times \lg \left(\frac{\Gamma \times t_0 \times T \times A}{D \times L^2} \times R_T \times y \right) =$$
$$1,8 \times \lg \left(\frac{18,8 \times 10^{-2} \times 25 \times 1 \times 44,4 \times 10^{-2}}{0,104 \times 6^2} \times 0,94 \times 0,5 \right) = -1,05 \text{ cm}$$

Ściana „A” nie wymaga dosłonięcia.

Dane do obliczeń dla CT:

$$W = 35\% \text{ } 20000 \text{ mA} \times \text{min} \times \text{tydz}^{-1} = 7000 \text{ mA} \times \text{min} \times \text{tydz}^{-1} = 117 \text{ mA} \times \text{h} \times \text{tydz}^{-1}$$

$$T = 1$$

$$l = 5,8 \text{ m}$$

$$D = 0,12 \text{ [mSv/tydz]} = 0,104 \text{ [mGy/tydz]} = 104 \text{ } \mu\text{Gy/tydz.}$$

$$C_1 = \frac{104 \times 5,8^2}{117 \times 1} = 29,9 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Wyznaczona z wykresu rys.3 dla $C_1 = 29,9 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$ i napięcia na lampie 120 kV, konieczna grubość osłony wynosi 0,68 mm Pb.

Istniejąca ściana „A” wykonana jest z cegły pełnej o grubości 25 cm i pokryta tynkiem barytowym o grubości 5 cm co jest równoważne 4 mm Pb.

Ściana „A” spełni warunek osłonności.

Pkt. P2 Ściana „B₁” - korytarz wewnętrzny Zakładu Medycyny Nuklearnej

Obliczenia dla pacjentów.

Dane do obliczeń dla PET:

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

$$\Gamma = 18,8 \times 10^{-2} \text{ [m}^2 \text{ mGy/h GBq]}$$

$$A = 44,4 \times 10^{-2} \text{ [GBq]}$$

$$T = 0,1$$

$$t_0 = 25 \text{ [h]}$$

$$R_T = 0,94$$

$$y = 0,5$$

$$L = 3,5 \text{ [m]}$$

$$TVL_{Pb} = 1,8 \text{ [cm]}$$

$$D = 0,006 \text{ mSv/tydz} = 0,006 \times 0,87 = 5,22 \times 10^{-3} \text{ mGy/tydz}$$

$$S = TVL_{Pb} \times \lg \left(\frac{\Gamma \times t_0 \times T \times A}{D \times L^2} \times R_T \times y \right) =$$
$$1,8 \times \lg \left(\frac{18,8 \times 10^{-2} \times 25 \times 0,1 \times 44,4 \times 10^{-2}}{5,22 \times 10^{-3} \times 3,5^2} \times 0,94 \times 0,5 \right) = 0,34 \text{ cm}$$

Przeliczenie ściany osłonowej z cegły pełnej o gęstości $\rho = 1,6 \text{ g/cm}^3$

$TVL_c = 34 \text{ cm}$ - - warstwa dziesięciokrotnego osłabienia dla cegły pełnej

$$S_c = S_{Pb} \times \frac{TVL_c}{TVL_{Pb}} = 0,34 \times \frac{34}{1,8} = 6,4 \text{ cm}$$

Istniejąca ściana „B₁” wykonana jest z cegły pełnej o grubości 12 cm.

Dane do obliczeń dla CT:

$$W = 35\% \text{ } 20000 \text{ mA} \times \text{min} \times \text{tydz}^{-1} = 7000 \text{ mA} \times \text{min} \times \text{tydz}^{-1} = 117 \text{ mA} \times \text{h} \times \text{tydz}^{-1}$$

$$T = 0,1$$

$$L = 3,5 \text{ m}$$

$$D = 0,006 \text{ [mSv/tydz]} = 0,00522 \text{ [mGy/tydz]} = 5,22 \text{ } \mu\text{Gy/tydz.}$$

$$C_1 = \frac{5,22 \times 3,5^2}{117 \times 0,1} = 5,46 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Wyznaczona z wykresu rys.3 dla $C_1 = 5,46 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$ i napięcia na lampie

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

120 kV, konieczna grubość osłony wynosi 1,3 mm Pb.

Istniejąca ściana „B₁” wykonana jest z cegły pełnej o grubości 12 cm co jest równoważne 0,8 mm Pb. Brakuje 0,5 mm Pb.

Proponuje się dosłonięcie ściany „B₁” warstwą ołowiu o grubości 1,5 mm lub tynkiem barytowym o grubości 3 cm co stanowi ekwiwalent 1,3 mm Pb lub warstwą żelaza o grubości 25 mm (Norma DIN 6812 tabela 16, projekt PN-J/80001-01).

Obliczenia dla personelu.

Dane do obliczeń dla PET:

$$\Gamma = 18,8 \times 10^{-2} \text{ [m}^2 \text{ mGy/h GBq]}$$

$$A = 44,4 \times 10^{-2} \text{ [GBq]}$$

$$T = 0,25$$

$$t_0 = 25 \text{ [h]}$$

$$R_T = 0,94$$

$$y = 0,5$$

$$L = 3,5 \text{ [m]}$$

$$TVL_{Pb} = 1,8 \text{ [cm]}$$

$$D = 0,12 \text{ mSv/tydz} = 0,12 \times 0,87 = 0,104 \text{ mGy/tydz}$$

$$S = TVL_{Pb} \times \lg \left(\frac{\Gamma \times t_0 \times T \times A}{D \times L^2} \times R_T \times y \right) =$$
$$1,8 \times \lg \left(\frac{18,8 \times 10^{-2} \times 25 \times 0,25 \times 44,4 \times 10^{-2}}{0,104 \times 3,5^2} \times 0,94 \times 0,5 \right) = -1,29 \text{ cm}$$

Dane do obliczeń dla CT:

$$W = 35\% \ 20000 \text{ mA} \times \text{min} \times \text{tydz}^{-1} = 7000 \text{ mA} \times \text{min} \times \text{tydz}^{-1} = 117 \text{ mA} \times \text{h} \times \text{tydz}^{-1}$$

$$T = 0,25$$

$$L = 3,5 \text{ m}$$

$$D = 0,12 \text{ [mSv/tydz]} = 0,104 \text{ [mGy/tydz]} = 104 \text{ } \mu\text{Gy/tydz}.$$

$$C_1 = \frac{104 \times 3,5^2}{117 \times 0,25} = 43,6 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

Wyznaczona z wykresu rys.3 dla $C_1 = 43,6 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$ i napięcia na lampie 120 kV, konieczna grubość osłony wynosi 0,55 mm Pb.

Istniejąca ściana „B₁” wykonana jest z cegły pełnej o grubości 12 cm co jest równoważne 0,8 mm Pb.

Ściana „B₁” spełni warunek osłonności dla pracowników zakładu narażonych zawodowo.

Sprawdzenie dawki tygodniowej za proponowaną ścianą „B₁” w pkt. P2 dla grubości ściany $S_c = 12 \text{ cm}$ cegły pełnej pokrytej warstwą ołowiu o grubości $S_{Pb} = 0,15 \text{ cm}$:

Dawka od PET

Dane do obliczeń dla PET:

$S_c = 12 \text{ cm}$

$S_{Pb} = 0,15 \text{ cm}$

$\text{TVL}_c = 34 \text{ cm}$

- warstwa dziesięciokrotnego osłabienia dla cegły pełnej

$\text{TVL}_{Pb} = 1,8 \text{ cm}$

- warstwa dziesięciokrotnego osłabienia dla ołowiu

Po przekształceniach wzorów (1), (2) i (4) otrzymano

$$D_1' = \frac{\Gamma \times t_0 \times T \times A}{L^2 \times 10^{\left(\frac{S_c}{\text{TVL}_c} + \frac{S_{Pb}}{\text{TVL}_{Pb}}\right)}} \times R_T \times y =$$
$$\frac{18,8 \times 10^{-2} \times 25 \times 0,1 \times 44,4 \times 10^{-2}}{3,5^2 \times 10^{\left(\frac{12}{34} + \frac{0,15}{1,8}\right)}} \times 0,94 \times 0,5 = 0,00293 \text{ mGy / tydz}$$

Dawka od CT

Po przekształceniu wzoru (11) otrzymano

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

$$D_2' = \frac{C_1 \times W \times T}{l^2} = \frac{0,7 \times 10^{-3} \times 117 \times 0,1}{3,5^2} = 0,00067 \text{ mGy / tydz}$$

Wartość zredukowanej mocy dawki C_1 odczytano z wykresu rys. 3, dla grubości osłony 2,3 mm Pb (równoważne 12 cm cegły pełnej i 1,5 mm Pb) i napięcia na lampie 120 kV.

Limit użytkowy dawki:

$$D = 0,006 \text{ mSv/tydz.} = 0,00522 \text{ mGy/tydz}$$

$$D_1' + D_2' = 0,00293 + 0,00067 = 0,0036 \text{ mSv/tydz.}$$

$$D_1' + D_2' < D$$

Pkt. P3 Ściana „B₂” - korytarz wewnętrzny Zakładu Medycyny Nuklearnej

Obliczenia dla pacjentów.

Dane do obliczeń dla PET:

$$\Gamma = 18,8 \times 10^{-2} \text{ [m}^2 \text{ mGy/h GBq]}$$

$$A = 44,4 \times 10^{-2} \text{ [GBq]}$$

$$T = 0,1$$

$$t_0 = 25 \text{ [h]}$$

$$R_T = 0,94$$

$$y = 0,5$$

$$L = 3,5 \text{ [m]}$$

$$\text{TVL}_{\text{Pb}} = 1,8 \text{ [cm]}$$

$$D = 0,006 \text{ mSv/tydz} = 0,006 \times 0,87 = 5,22 \times 10^{-3} \text{ mGy/tydz}$$

$$S = \text{TVL}_{\text{Pb}} \times \lg \left(\frac{\Gamma \times t_0 \times T \times A}{D \times L^2} \times R_T \times y \right) =$$

$$1,8 \times \lg \left(\frac{18,8 \times 10^{-2} \times 25 \times 0,1 \times 44,4 \times 10^{-2}}{5,22 \times 10^{-3} \times 3,5^2} \times 0,94 \times 0,5 \right) = 0,34 \text{ cm}$$

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

Przeliczenie ściany osłonowej z cegły pełnej o gęstości $\rho = 1,6 \text{ g/cm}^3$

$TVL_c = 34 \text{ cm}$ - - warstwa dziesięciokrotnego osłabienia dla cegły pełnej

$$S_c = S_{pb} \times \frac{TVL_c}{TVL_{pb}} = 0,34 \times \frac{34}{1,8} = 6,4 \text{ cm}$$

Istniejąca ściana „B₂” wykonana jest z cegły pełnej o grubości 24 cm.

Ściana „B₂” spełni warunek osłonności.

Dane do obliczeń dla CT:

$$W = 35\% \ 20000 \text{ mA} \times \text{min} \times \text{tydz}^{-1} = 7000 \text{ mA} \times \text{min} \times \text{tydz}^{-1} = 117 \text{ mA} \times \text{h} \times \text{tydz}^{-1}$$

$$T = 0,1$$

$$l = 3,5 \text{ m}$$

$$D = 0,006 \text{ [mSv/tydz]} = 0,00522 \text{ [mGy/tydz]} = 5,22 \text{ } \mu\text{Gy/tydz}$$

$$C_1 = \frac{5,22 \times 3,5^2}{117 \times 0,1} = 5,46 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Wyznaczona z wykresu rys.3 dla $C_1 = 5,46 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$ i napięcia na lampie 120 kV, konieczna grubość osłony wynosi 1,3 mm Pb 120 kV.

Istniejąca ściana „B₂” wykonana jest z cegły pełnej o grubości 25 cm i pokryta tynkiem barytowym o grubości 5 cm co jest równoważne 4 mm Pb.

Ściana „B₂” spełni warunek osłonności.

Pkt. P4 Ściana „C₁” - magazyn

Dane do obliczeń dla PET:

$$\Gamma = 18,8 \times 10^{-2} \text{ [m}^2 \text{ mGy/h GBq]}$$

$$A = 44,4 \times 10^{-2} \text{ [GBq]}$$

$$T = 0,5$$

$$t_0 = 5 \times 8 = 40 \text{ [h]} \quad - \text{ praca dwuzmianowa}$$

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

$$R_T = 0,94$$

$$y = 0,5$$

$$L = 2,1 \text{ [m]}$$

$$TVL_{Pb} = 1,8 \text{ [cm]}$$

$$D = 0,12 \text{ mSv/tydz} = 0,12 \times 0,87 = 0,104 \text{ mGy/tydz}$$

$$S = TVL_{Pb} \times \lg \left(\frac{\Gamma \times t_0 \times T \times A}{D \times L^2} \times R_T \times y \right) =$$
$$1,8 \times \lg \left(\frac{18,8 \times 10^{-2} \times 40 \times 0,5 \times 44,4 \times 10^{-2}}{0,104 \times 2,1^2} \times 0,94 \times 0,5 \right) = 0,42 \text{ cm}$$

Dane do obliczeń dla CT:

$$W = 35\% \ 20000 \times 2 \text{ mA} \times \text{min} \times \text{tydz}^{-1} = 14000 \text{ mA} \times \text{min} \times \text{tydz}^{-1} = 234 \text{ mA} \times \text{h} \times \text{tydz}^{-1}$$

- praca dwuzmianowa

$$T = 0,5$$

$$L = 3,3 \text{ m}$$

$$D = 0,12 \text{ [mSv/tydz]} = 0,104 \text{ [mGy/tydz]} = 104 \text{ } \mu\text{Gy/tydz.}$$

$$C_1 = \frac{104 \times 3,3^2}{234 \times 0,5} = 9,68 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Wyznaczona z wykresu rys.3 dla $C_1 = 9,68 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$ i napięcia na lampie 120 kV, konieczna grubość osłony wynosi 0,98 mm Pb 120 kV.

Projektowana ściana „C₁” powinna być wykonana z cegły pełnej o grubości 25 cm.

*Sprawdzenie dawki tygodniowej w pkt. P4 dla grubości ściany „C₁”
S_c = 25 cm cegły pełnej:*

Dawka od PET

Dane do obliczeń dla PET:

$$TVL_c = 34 \text{ cm} \quad \text{-- warstwa dziesięciokrotnego osłabienia dla cegły pełnej}$$

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

$$D'_1 = \frac{\Gamma \times t_0 \times T \times A}{L^2 \times 10^{\left(\frac{S_c}{TVL_c}\right)}} \times R_T \times y =$$
$$\frac{18,8 \times 10^{-2} \times 40 \times 0,5 \times 44,4 \times 10^{-2}}{2,1^2 \times 10^{\left(\frac{25}{34}\right)}} \times 0,94 \times 0,5 = 0,033 \text{ mGy / tydz}$$

Dawka od CT

Dla grubości osłony 1,8 mm Pb (równoważne 25 cm cegły pełnej) i napięcia na lampie 120 kV, wartość zredukowanej mocy dawki odczytana z wykresu rys. 3 wynosi, $C_1 = 1,7 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$

$$D'_2 = \frac{C_1 \times W \times T}{l^2} = \frac{1,7 \times 10^{-3} \times 234 \times 0,5}{3,3^2} = 0,018 \text{ mGy / tydz}$$

Limit użytkowy dawki:

$$D = 0,12 \text{ mSv/tydz.} = 0,104 \text{ mGy/tydz}$$

$$D'_1 + D'_2 = 0,033 + 0,018 = 0,051 \text{ mSv/tydz.}$$

$$D'_1 + D'_2 < D$$

Pkt. P5 Ściany „C₁ i C₂” - korytarz

Dane do obliczeń dla PET:

$$\Gamma = 18,8 \times 10^{-2} [\text{m}^2 \text{ mGy/h GBq}]$$

$$A = 44,4 \times 10^{-2} [\text{GBq}]$$

$$T = 0,25$$

$$t_0 = 25 [\text{h}]$$

$$R_T = 0,94$$

$$y = 0,5$$

$$L = 5,1 [\text{m}]$$

$$TVL_{\text{Pb}} = 1,8 [\text{cm}]$$

$$D = 0,006 [\text{mSv/tydz}] = 0,00522 [\text{mGy/tydz}] = 5,22 \mu\text{Gy/tydz.}$$

OCHRONA RADIOLOGICZNA

Pomieszczenie skanera CT/PET Gemini TF

$$S = TVL_{Pb} \times \lg \left(\frac{\Gamma \times t_0 \times T \times A}{D \times L^2} \times R_T \times y \right) =$$
$$1,8 \times \lg \left(\frac{18,8 \times 10^{-2} \times 25 \times 0,25 \times 44,4 \times 10^{-2}}{5,22 \times 10^{-3} \times 5,1^2} \times 0,94 \times 0,5 \right) = 0,46 \text{ cm}$$

Dane do obliczeń dla CT:

$$W = 35\% \ 20000 \text{ mA} \times \text{min} \times \text{tydz}^{-1} = 7000 \text{ mA} \times \text{min} \times \text{tydz}^{-1} = 117 \text{ mA} \times \text{h} \times \text{tydz}^{-1}$$

$$T = 0,2$$

$$l = 6,1 \text{ m}$$

$$D = 0,006 \text{ [mSv/tydz]} = 0,00522 \text{ [mGy/tydz]} = 5,22 \text{ } \mu\text{Gy/tydz}.$$

$$C_1 = \frac{5,22 \times 6,1^2}{117 \times 0,25} = 6,6 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$$

Wyznaczona z wykresu rys.3 dla $C_1 = 6,6 \text{ } \mu\text{Gy} \times \text{h}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{mA}^{-1}$ i napięcia na lampie 120 kV, konieczna grubość osłony wynosi 1,2 mm Pb 120 kV.

Projektowana ściana „C₁” wykonana będzie z cegły pełnej o grubości 25 cm

Projektowana ściana „C₁” spełni warunek osłonności.

Sprawdzenie dawki tygodniowej w pkt. P5 dla grubości ściany „C₁”

S_c = 25 cm cegły pełnej:

Dawka od PET

Dane do obliczeń dla PET:

TVL_c = 34 cm - - warstwa dziesięciokrotnego osłabienia dla cegły pełnej