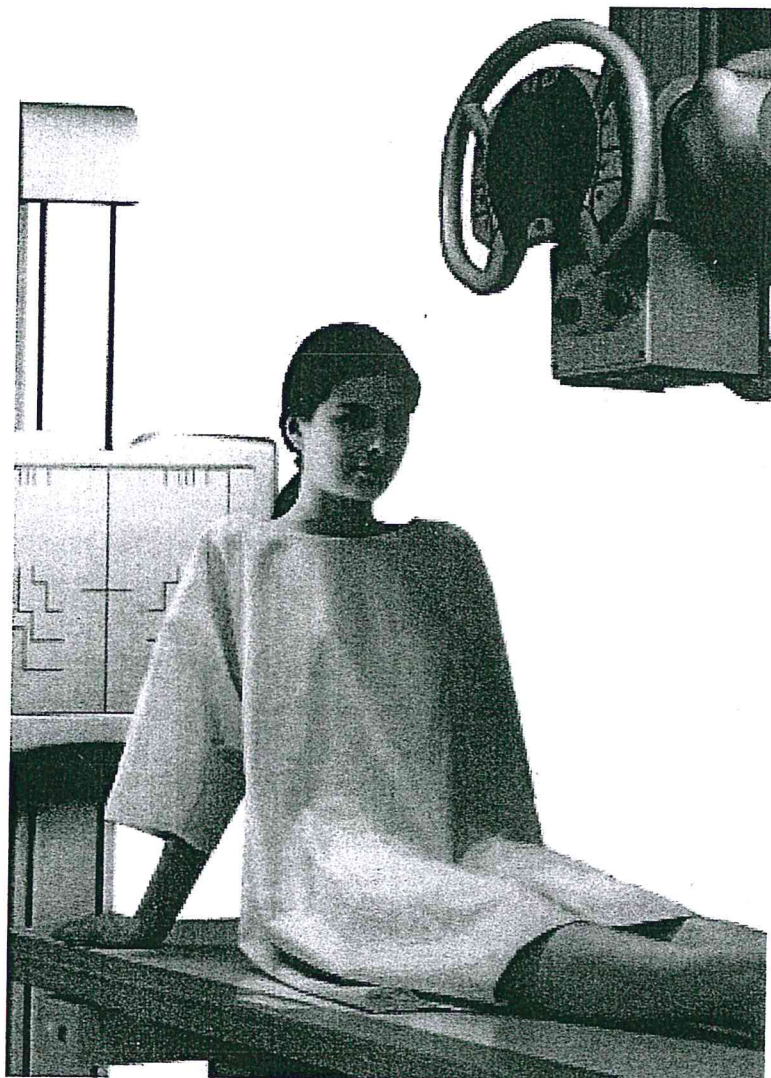


# **DOKUMENTACJA TECHNICZNA**

## **/ PROJEKT OCHRONY RADIOLOGICZNEJ/**

Obliczanie osłon stałych przed promieniowaniem jonizującym dla diagnostycznej pracowni rentgenowskiej.



**W Centrum Diagnostyki i Terapii Onkologicznej w Katowicach**

Opracował  
Mgr inż. Marcin Karel

### Konfiguracja sprzętowa:

Ogólno diagnostyczny aparat RTG Shimadzu UD 150L-40E w konfiguracji:

- Generator wysokiego napięcia UD 150L-40E
- stół do zdjęć BK 120 MK
- kolumna jezdna FH-20HR
- statyw BR – 120M

### I. Część opisowa

#### 1) Podstawa opracowania

- Projekt budowlany (podkład architektoniczny)
- Polska Norma PN-86/J-8000 1.
- Ustawa – Prawo atomowe z dnia 8 września 2012 (Dz. Z 2012 poz. 264).
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. Nr 20 poz. 168).
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21.08.2006r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz. U. Nr 180 poz. 1325).
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18.02.2011r. w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej (Dz. U. 2011 Nr 51 poz. 265).
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 20 lutego 2007r. w sprawie podstawowych wymagań dotyczących terenów kontrolowanych i nadzorowanych (Dz. U. Nr 131 poz. 910).
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18.01.2005r. w sprawie planów postępowania awaryjnego w przypadku zdarzeń radiacyjnych (Dz. U. Nr 20 poz. 169).
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 20.02.2007r. zmieniające rozporządzenie w sprawie planów postępowania awaryjnego w przypadku zdarzeń radiacyjnych (Dz. U. Nr 131 poz. 912).
- Rozporządzenie ministra Zdrowia z dnia 01.12.2006r. w sprawie nadawania uprawnień inspektora ochrony radiologicznej w pracowniach stosujących aparaty rentgenowskie w celach medycznych ( Dz. U. Nr 239 poz. 1737).

Wojewódzka Stacja Sanitarno Epidemiologiczna  
w Katowicach

ul. Raciborska 39 40-957 KATOWICE  
tel. Centr (32) 351 23 00 fax (32) 351 23 18

 (32) 351 23 02

- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22.12.2006r. w sprawie nadzoru i kontroli w zakresie przestrzegania warunków ochrony radiologicznej w jednostkach organizacyjnych stosujących aparaty rentgenowskie do celów diagnostyki medycznej, radiologii zabiegowej, radioterapii powierzchniowej i radioterapii schorzeń nowotworowych ( Dz. U. z 2007r. Nr 1 poz.11)

## 2) Lokalizacja

Działka, na której zlokalizowana jest inwestycja posiada nieregularny kształt. Ogranicza ją od Południa – ulica Ceglana, od wschodu, - ulica Porfirowa. Przedmiotowy budynek położony na terenie Uniwersytetu Medycznego w Katowicach ul. Ceglana 35. Przedmiotowa działka jest ogrodzona.

Pomieszczenia, które wybrano na lokalizację Centrum Diagnostyki i Terapii Onkologicznej mieszczą się na poziomie piwnic w budynku Instytutu Samodzielnego Publicznego Szpitala Klinicznego. Poziom posadzki poziomu -1 (piwnica) zagłębione są w stosunku do otaczającego terenu o ok.2,0m.

Pomieszczenie przeznaczone na aparat RTG z jednej strony otoczone jest przez teren zewnętrzny. Dostępne jest dla pacjenta z komunikacji ogólnej poprzez kabinki, oraz dla personelu poprzez pomieszczenie sterowni. Przegrody pionowe wewnętrzne wykonane z bloczka betonowego – 24cm od strony poczekalni i sterowni, zewnętrzne - istniejące ściany żelbetowe gr ok.40cm od strony wejścia do kabinek oraz zewnętrznej elewacji Drzwi z warstwą ołowiu o wartości 0,5 oraz 1,0 mmPb (przegroda z korytarzem os strony kabinek, 1,5mm i 2,0 mm Pb od strony sterowni. Ściana pomiędzy pomieszczeniem aparatu a poczekalnią pacjentów jest wykonana z bloczka betonowego o grubości 24cm Rys 2. Wysokość pomieszczenia do sufitu podwieszanego: 2,50m. Rys 3 nad którym znajduje się strop właściwy o grubości 30cm wykonany z żelbetu na wysokości 4m.

## 3) Wymagania dla pracowni

- Konstrukcja ścian, stropów, okien i drzwi oraz urządzenia ochronne w pracowni rtg zabezpieczają pracowników:
  - w gabinecie rtg przed otrzymaniem w ciągu roku dawki przekraczającej 6 mSv.
  - w pomieszczeniu pracowni rtg poza gabinetem rentgenowskim przed otrzymaniem w ciągu roku dawki przekraczającej 3 mSv.
  - w pomieszczeniu poza pracownią rentgenowską osoby z ogółu ludności, przebywające w sąsiedztwie przed otrzymaniem w ciągu roku dawki przekraczającej 0,5 mSv.
- Wysokość gabinetu rentgenowskiego nie może być mniejsza niż 2,5 m

- Wiązka promieniowania pierwotnego nie może być kierowana w stronę sterowni i drzwi.
- W pracowni rentgenowskiej zapewnia się łączność głosową i wizualną pomiędzy personelem medycznym przebywającym w sterowni, a pacjentem przebywającym w gabinecie rtg.
- Gabinet rentgenowski wyposaża się w wentylację zapewniającą co najmniej 1,5 krotną wymianę powietrza w ciągu godziny.
- Gabinet z diagnostycznym aparatem rtg wyposaża się w ostrzegawczą sygnalizację świetlną, umieszczoną nad drzwiami do gabinetu, włączaną równocześnie z zasilaniem generatora.
- W gabinecie rtg nie można umieszczać sprzętów ani urządzeń nie związanych z działaniem aparatu rtg lub wykonywanymi procedurami radiologicznymi.
- Diagnostyczną pracownię rtg wyposaża się w sprzęt ochronny przed promieniowaniem jonizującym dobrany do typu aparatu rtg i rodzaju wykonywanych badań rentgenowskich.
- Ocena i opis wyników badań rtg odbywa się w wydzielonym pomieszczeniu (możliwość zaciemnienia okna).
- W pracowni rtg w widocznym miejscu znajduje się informacja o konieczności powiadomienia rejestratorki i operatora aparatu rtg przed wykonaniem badania o tym, że pacjentka jest w ciąży.
- Drzwi do pracowni rtg są oznakowane znakiem ostrzegawczym przed promieniowaniem jonizującym.
- Nadzór w zakresie ochrony radiologicznej pacjenta sprawuje właściwy terenowo państwowy wojewódzki inspektor sanitarny.
- Obsługę aparatu rtg wykonywać będą pracownicy (technicy rtg) przeszkoleni w w/w zakresie. Nadzór nad pracownią w zakresie ochrony radiologicznej sprawować będzie Inspektor Ochrony Radiologicznej z uprawnieniami R.
- Aparat rentgenowski instaluje się w taki sposób, aby był zapewniony swobodny dostęp do pacjenta co najmniej z dwóch stron oraz odległość źródła promieniowania (ogniska lampy) od najbliższej ściany wynosiła co najmniej 1,5 m przy pionowym kierunku wiązki promieniowania.

Projekt Techniczny Ochrony Radiologicznej pracowni RTG w Centrum Diagnostyki i Terapii  
Onkologicznej w Katowicach

- Pracownicy obsługujący aparaty rtg będą zakwalifikowani do kategorii B narażenia na promieniowanie jonizujące (dawka  $1\text{mSv} < D_x < 6\text{mSv/rok}$ ).
- Pracownicy obsługujący i nadzorujący procedury rtg posiadać będą aktualne certyfikaty w zakresie ochrony radiologicznej pacjenta.

## II. Część obliczeniowa

### 1. Obliczanie grubości osłon stałych.

Obliczenia wykonano w oparciu o normę PN-86/J- 80001 „Materiały i sprzęt ochronny przed promieniowaniem X i gamma. Obliczanie osłon stałych”.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 21.08.2006r. w sprawie warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi ( Dz. U. Nr 180 poz. 1325) do obliczeń przyjęto następujące wartości dawek:

- a) Dla osób zatrudnionych w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące:

$$3\text{mSv/rok} - 2,61\text{ mGy/rok} - 0,0522\text{ mGy/tydz.} - 52,2\text{ }\mu\text{Gy/tydz.}$$

- b) Dla pomieszczeń poza pracownią rentgenowską oraz osób z ogółu ludności przebywających w sąsiedztwie:

$$0,5\text{mSv/rok} - 0,435\text{ mGy/rok} - 0,0083\text{ mGy/tydz.} - 8,3\text{ }\mu\text{Gy/tydz.}$$

- Czas (t) narażenia na promieniowanie jonizujące w ciągu tygodnia:

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

gdzie:

T – współczynnik określający prawdopodobieństwo przebywania ludzi w miejscu Osłanianym.

U – współczynnik określający prawdopodobieństwo skierowania użytecznej wiązki promieniowania w kierunku obliczonej osłony.

$t_0$  – maksymalny czas pracy źródła promieniowania w ciągu tygodnia na jednej zmianie [s, min, godz.]

Jeżeli nie udokumentowano innych wartości należy przyjmować:

T-1 dla miejsc stałego przebywania ludzi (miejsc stałej pracy, pomieszczenia mieszkalne, miejsca przeznaczone dla dzieci).

T-0,25 dla miejsc czasowo wykorzystywanych przez ludzi (korytarze, WC, itp.).

T-0.05 dla miejsc krótkiego czasu przebywania (ulice, place, klatki schodowe).

Projekt Techniczny Ochrony Radiologicznej pracowni RTG w Centrum Diagnostyki i Terapii Onkologicznej w Katowicach

U - 1 dla podłóg

U - 1 dla ścian i sufitów jeżeli przewiduje się ich napromieniowanie wiązką główną.

U - 0,25 dla ścian nie napromieniowanych wiązką główną przy pracach rutynowych.

U - 0,05 dla sufitów nie napromieniowanych wiązką główną przy pracach rutynowych.

Dla osłon chroniących przed promieniowaniem rozproszonym lub ubocznym U - 1.

Ośłony przed promieniowaniem pierwotnym  
/wiązka główna/

Krotność (k) osłabienia promieniowania przez osłonę:

$$K = \frac{\dot{D} \cdot I \cdot t \cdot y}{D \cdot l^2}$$

gdzie:

$\dot{D}$  - moc dawki w odległości 1 m od ogniska lampy przeliczona dla prądu anodowego 1mA [ $\text{mGy} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$ ]

I – nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej [mA]

t - czas narażenia w ciągu tygodnia osób przebywających w miejscu osłanianym wg pkt.  
2 · 3 PN [min]

D - dawka tygodniowa [mGy]

l - najmniejsza odległość ogniska lampy od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy [m].

$\gamma$  - współczynnik zgodny z pkt 2.4 PN.

- Dla PK-5 w sterowni dokonano przeliczenia zredukowanej mocy dawki  $C_2$  oraz promieniowania ubocznego. Dla pozostałych kierunków zagrożenia obliczeń nie wykonano

### Oslony przed promieniowaniem rozproszonym

Do obliczeń osłon przed promieniowaniem rozproszonym przez tkankę (pacjenta) – bez uwzględnienia promieniowania ubocznego) zastosowano procedurę obliczeniową wg pkt. 2.5.2.1. PN tj. zredukowana moc dawki ( $C_1$ ):

$$C_1 = \frac{D \cdot l^2}{t \cdot I}$$

D = dawka tygodniowa mGy

Projekt Techniczny Ochrony Radiologicznej pracowni RTG w Centrum Diagnostyki i Terapii  
Onkologicznej w Katowicach

$l$  = najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego promieniowanie od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy, m

$t$  = czas narażenia w ciągu tygodnia na promieniowanie rozproszone, h

$I$  = nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej, mA

**Gabinet RTG ogólnie diagnostyczny**

Dane do obliczeń:

- ilość pacjentów na tydzień - 100
- napięcie anodowe - 100 kV
- prąd anodowy - 220 mA
- czas ekspozycji - 0,5 sek
- filtracja zewnętrzna - 1,5 mm AL.
- $t_0$  – maksymalny czas pracy źródła promieniowania w ciągu tygodnia:  
 $t_0 = 100 \text{ eksp./tydz.} \cdot 0,5 \text{ (eksp./60 sek.) min} = 0,84 \text{ min. (0,014 godz.)}$

➤ **punkt kontrolny Pk – 1**

Za osłoną znajduje się kabinka dla pacjentów. Przyjęto:  $U=1$ .  $T=0,25$ .

Na osłonę pada promieniowanie rozproszone przez ciało pacjenta ( $C_1$ )

$$t = U \cdot T \cdot t_0 = 1 \cdot 0,25 \cdot 0,014 = 0,0035 \text{ godz.}$$

$$C_1 = \frac{D \cdot l^2}{t \cdot I} = \frac{8,3 \cdot (4)^2}{0,0035 \cdot 220} = 172,47 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

- wymagana grubość osłony z ołowiu dla 100 kV wynosi 0,2 mm.

- **punkt kontrolny Pk – 2**

Za osłoną znajduje się kabinka dla pacjentów. Przyjęto:  $U=1$ .  $T=0,25$ .

Na osłonę pada promieniowanie rozproszone przez ciało pacjenta ( $C_1$ )

$$t = U \cdot T \cdot t_0 = 1 \cdot 0,25 \cdot 0,014 = 0,0035 \text{ godz.}$$

$$C_1 = \frac{8,3 \cdot (3,50)^2}{0,0035 \cdot 220} = 132 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

- wymagana grubość osłony z ołowiu dla 100 kV wynosi 0,3 mm.

➤ punkt kontrolny Pk- 3

Za osłoną znajduje się korytarz- poczekalnia. Przyjęto:  $U = 1$ .  $T = 0,25$ .

Na osłonę pada wiązka główna promieniowania X.

$$t = U \cdot T \cdot t_0 = 1 \cdot 0,25 \cdot 0,84 = 0,21 \text{ min}$$

$$k = \frac{\dot{D} \cdot I \cdot t \cdot \gamma}{D \cdot l^2} \quad \text{gdzie: przyjęto } \gamma = 1$$

$$k = \frac{11,8 \cdot 220 \cdot 0,21}{0,0083 \cdot (3,0)^2} = 7298$$

- wymagana grubość osłony z ołowiu dla  $U = 100 \text{ kV}$  wynosi  $2 \text{ mm}$ .

➤ punkt kontrolny Pk - 4

Za osłoną znajduje się sterownia. Przyjęto:  $U = 1$ .  $T = 1$ .

Na osłonę pada promieniowanie rozproszone przez ciało pacjenta ( $C_1$ ).

$$t = U \cdot T \cdot t_0 = 1 \cdot 1 \cdot 0,014 = 0,014 \text{ godz.}$$

$$C_1 = \frac{52,2 \cdot (2,4)^2}{0,014 \cdot 220} = 97,62 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

- wymagana grubość osłony z ołowiu dla  $U = 100 \text{ kV}$  wynosi  $0,3 \text{ mm}$ .

-Punkt kontrolny Pk - 5

Za osłoną (szyba) znajduje się sterownia. Przyjęto:  $U = 1$ .  $T = 1$ .

Na osłonę pada promieniowanie rozproszone przez ciało pacjenta ( $C_1$ ).

$$t = U \cdot T \cdot t_0 = 1 \cdot 1 \cdot 0,014 = 0,014 \text{ godz.}$$

$$C_1 = \frac{52,2 \cdot (2,25)^2}{0,014 \cdot 220} = 85,8 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

- wymagana grubość osłony z ołowiu dla  $U = 100 \text{ kV}$  wynosi  $0,4 \text{ mm}$ .

Zredukowana moc dawki  $C_2$  :

$$C_2 = \frac{D \cdot l^2 \cdot f^2}{t \cdot I \cdot s}$$

Gdzie:

D = dawka tygodniowa mGy

l = najmniejsza odległość przedmiotu rozpraszającego promieniowanie od miejsca osłanianego w ustalonych warunkach pracy, m

t = czas narażenia w ciągu tygodnia na promieniowanie rozproszone, h

I = nominalne natężenie prądu anodowego lampy rentgenowskiej, mA

s = rzut powierzchni przedmiotu rozpraszającego na którą pada promieniowanie, na płaszczyznę prostopadłą do kierunku wiązki pierwotnej promieniowania w odległości f, m<sup>2</sup>

f = odległość przedmiotu rozpraszającego od ogniska lampy, m

$$C_2 = \frac{D \cdot l^2 \cdot f^2}{t \cdot I \cdot s} = \frac{52,2 \cdot (2,25)^2 \cdot (1,6)^2}{0,014 \cdot 220 \cdot 0,12} = 1830,4 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

Wymagana grubość osłony z ołowiu wynosi: < 0,1mm Pb

Z obliczeń wynika, że wartość  $C_2 > C_1$  stąd prymujemy się grubość osłony wyliczonej dla  $C_1$  (wyższą).

Tygodniowa dawka promieniowania ubocznego w sterowni:

$$D_u = \frac{\dot{D} \cdot t}{l^2} = \frac{9,5 \cdot 0,014}{(2,3)^2} = 0,025$$

$$\frac{D_u}{k} = \frac{0,025}{70\,000} = 0,00036 \mu\text{Gy}$$

- tygodniowa dawka promieniowania ubocznego jest mniejsza niż 10 % dawki tygodniowej, przyjętej do obliczeń.

Wobec zastosowanych osłon stałych promieniowanie uboczne nie wpływa na zwiększenie grubości istniejących osłon.

➤ **punkt kontrolny Pk – 6**

Za osłoną znajduje się ziemia. W w/w kierunku nie wystąpi zagrożenie radiacyjne. Obliczeń nie wykonuje się

➤ **Ostona – podłoga.**

Za osłoną brak pomieszczeń (podłoga na gruncie). W w/w kierunku nie wystąpi zagrożenie radiacyjne. Obliczeń nie wykonuje się

➤ **Ostona – sufit.**

Za osłoną znajdują się pomieszczenia służbowe. Przyjęto: U – 1. T – 1.

Wojewódzka Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna

w Katowicach

ul. Raciborska 100 40-001 KATOWICE

tel. Centr. (32) 351 23 00 fax (32) 351 23 15

Na osłonę pada promieniowanie rozproszone przez ciało pacjenta ( $C_1$ ).

$$t = U \cdot T \cdot t_0 = 0,014 \text{ godz.}$$

$$C_1 = \frac{8,3 \cdot (3,2)^2}{0,014 \cdot 220} = 27,6 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1} \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1}$$

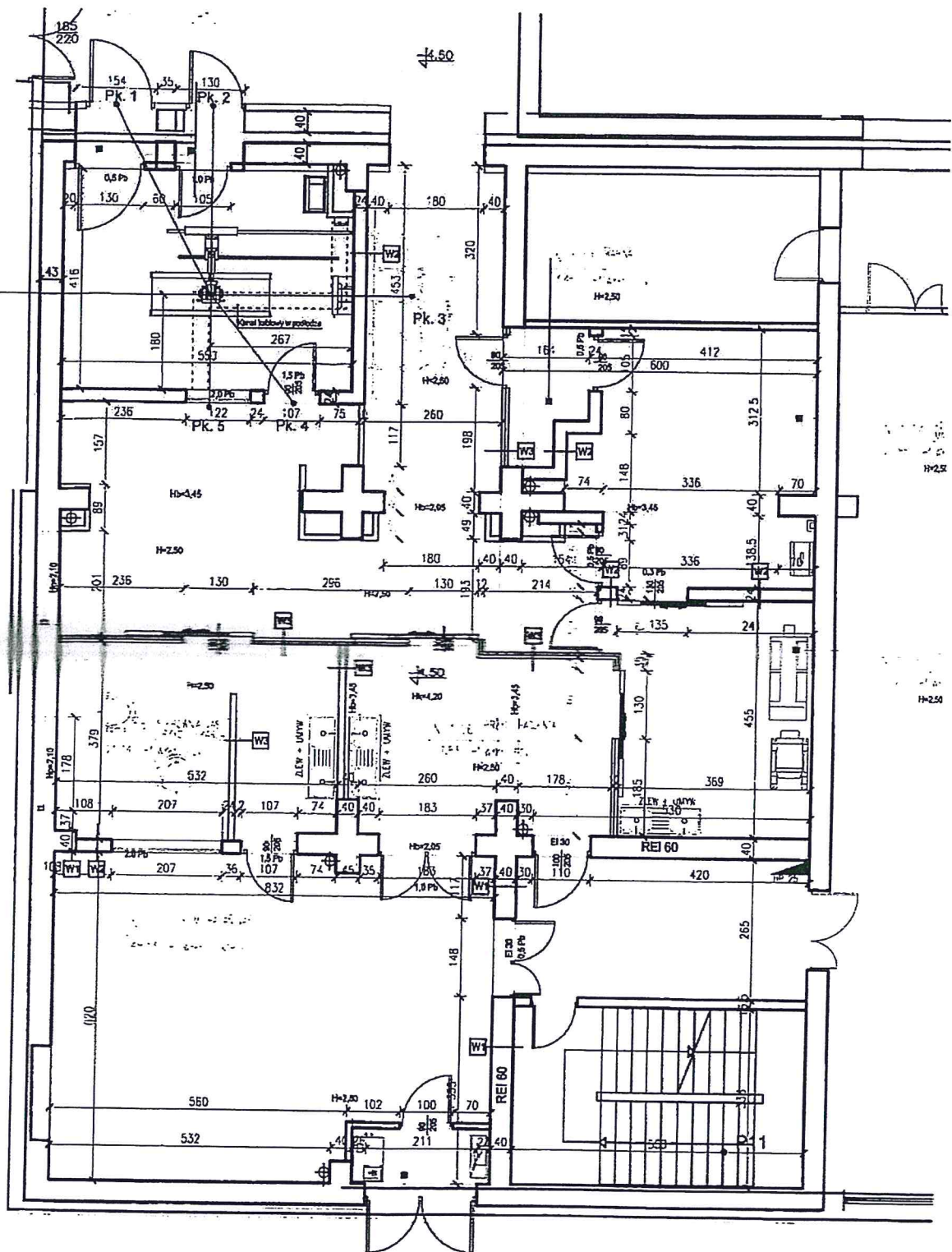
- wymagana grubość osłony z ołowiu dla  $U = 100 \text{ kV}$  wynosi  $0,6 \text{ mm}$ .

#### ZESTAWIENIE GRUBOŚCI OSŁON STAŁYCH

| Lp. | Osłona (PK)      | Wymagana grubość osłony z ołowiu [mm] | Istniejąca osłona [mm]            | Spełnia wymagania? |
|-----|------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| 1   | PK-1             | 0,2                                   | 0,5 Pb                            | Tak                |
| 2   | PK-2             | 0,3                                   | 1,0 Pb                            | Tak                |
| 3   | PK-3             | 2,0                                   | Ekwiwalent 4mm Pb (240 mm betonu) | Tak                |
| 4   | PK-4             | 0,3                                   | 1,5 Pb                            | Tak                |
| 5   | PK-5             | 0,4                                   | 2,0 Pb                            | Tak                |
| 6   | PK-6             | -                                     |                                   |                    |
| 7   | Osłona - podłoga | -                                     |                                   |                    |
| 8   | Osłona - sufit   | 0,6                                   | Ekwiwalent 5mm Pb (300 mm betonu) | Tak                |

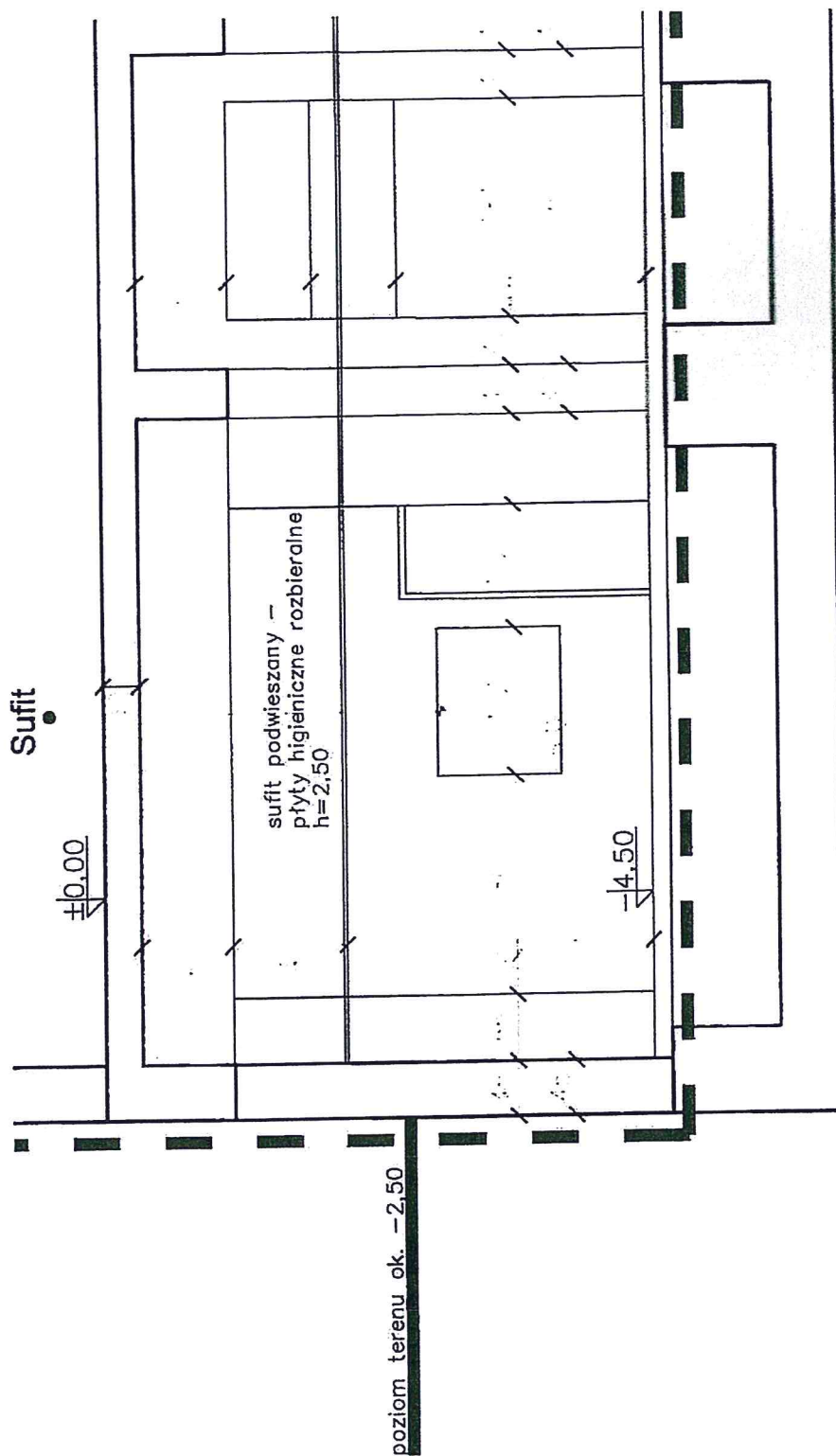
#### WNIOSEK

Istniejące osłony stałe spełniają wymogi ochrony radiologicznej i zapewniają bezpieczeństwo radiacyjne pracownikom i osobom przebywającym w sąsiedztwie gabinetu rentgenowskiego.



**Pkt.1. Pracownia RTG Centrum Diagnostyki i Terapii Onkologicznej w Katowicach w rzucie poziomym całej kondygnacji, Skala 1:100**





**Rys.3. Pracownia RTG Centrum Diagnostyki i Terapii Onkologicznej w Katowicach. Punkt pomiarowy w rzucie pionowym, skala 1:50**