

Elementy dokumentacji technicznej pomieszczeń pracowni izotopowej klasy Z, w których będzie wykonywana działalność będąca przedmiotem wniosku, wskazujące na spełnienie warunków bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej

Autor opracowania: Katarzyna Doner

Lokalizacja:

**Akademia Wojsk Lądowych
im. gen. Tadeusza Kościuszki
ul. Czajkowskiego 109
51-147 Wrocław**

Katarzyna Doner
Inspektor Ochrony Radiologicznej
uprawnienia IOR-3, nr IOR/58/2018



Wrocław, 2024 r.

1.1 CEL OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest określenie warunków bezpiecznej pracy z promieniowaniem jonizującym przy stosowaniu (i przechowywaniu) zamkniętych źródeł promieniotwórczych w pracowni izotopowej klasy Z, z wydzielonym magazynem źródeł promieniotwórczych.

Opracowanie zawiera analizę zagrożenia i zasady prowadzenia pracy w pracowni, gdzie czynnikiem narażenia jest promieniowanie jonizujące pochodzące od stosowanych zamkniętych źródeł promieniotwórczych. Podstawowym celem pracowni jest działalność dydaktyczna.

Niniejsze opracowanie uwzględnia aktualny stan prawny w zakresie ochrony radiologicznej działalności polegającej na stosowaniu promieniowania jonizującego w pracowni.

1.2 MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

Opracowania dokonano w oparciu o aktualnie obowiązujące przepisy prawne i normy:

1. Dokumentacja źródłowa – „OCHRONA RADIOLOGICZNA DZIAŁALNOŚCI PRACOWNI IZOTOPOWEJ KLASY Z”, autor: Anna Kokosza, październik 2017 r.
2. Ustawa z dnia 29 listopada 2000r. – Prawo atomowe wraz z aktami wykonawczymi
3. Dokumentacja projektowa – jednostka projektowa: Tecla sp. z o.o., ul. Daszyńskiego 3/6, 50-309 Wrocław

1.3 ZAŁOŻENIA DO PROJEKTU

LOKALIZACJA i ORGANIZACJA PRACY

Elementy istotne z punktu widzenia ochrony radiologicznej związane z lokalizacją Pracowni izotopowej klasy Z:

Pracownia jest zlokalizowana na parterze niemieszkalnego budynku, wysokość pracowni – 3,3 m (2,8 m do sufitu podwieszanego). Składa się ona z kompleksu pomieszczeń o numerach 017-020:

Znajduje się ona w kompleksie pomieszczeń dydaktycznych o numerach 017-020:

- Pomieszczenie 017 – Pomieszczenie pracowni izotopowej klasy Z o pow. 37,0 m², przeznaczona do pracy dla 12-16 osób (studenci), pomieszczenie posiada okna z roletami zewnętrznymi; w pomieszczeniu tym wydzielona została sterownia pracowni RTG;

- Pomieszczenie 018 – Pomieszczenie RTG (defektoskopia), pow. 20,7 m², pomieszczenie posiada okna z roletami zewnętrznymi
- Pomieszczenie 019 – Pomieszczenie magazynu źródeł promieniotwórczych, pow. 6,8 m², pomieszczenie nie posiada okna (zamurowane), pomieszczenie wyposażone we wzmocnione drzwi z kontrolą dostępu;
- Pomieszczenie 020 – Pomieszczenie WC

Pracownia izotopowa klasy Z, w której znajduje się również sterownia pracowni RTG sąsiaduje bezpośrednio z:

- pracownią RTG (pomieszczenie 018) ;
- magazynem źródeł promieniotwórczych (pomieszczenie 019);
- pracownią zastosowań praw fizyki (pomieszczenie 007)
- pracownią mechaniki (pomieszczenie 006)
- wiatrołapem;
- terenem zewnętrznym (z dwóch stron – plac asfaltowy (od strony wejścia), trawnik (od strony okien)).

Układ przestrzenny jest zgodny z wymogami ochrony przeciwpożarowej. Wszystkie elementy wyposażenia wewnętrznego wykonane będą z materiałów ognioodpornych. Obiekt zaliczony zostanie do kategorii zagrożenia ludzi ZL II w myśl *rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. z 2010 r. Nr 109 poz. 719)*. Obiekt mieści się w klasie odporności pożarowej „B”.

Lokalizacja pracowni zapobiega narażeniu na zalanie wodą.

Nad pracownią znajdują się pomieszczenia biurowe, pod pracownią znajduje się grunt.

Istniejące osłony stałe:

- Strop nad pracownią zbudowany jest następująco:

P2	STROP MIĘDZYKONDYGNACYJNY	
	warstwa wykończeniowa (płytki/kamień)	2 cm
	wylewka cementowa zbrojona siatką/jastrych	5 cm
	warstwa rozdzielająca - folia PE	
	styropian akustyczny, elastyczny	5 cm
	np. Austrotherm STK EPS T	
	strop żelbetowy gęstożebrowy istniejący	24 cm
	tynk wewnętrzny gipsowy *	1,5 cm

gęstość betonu 2100kg/m³

- Ściana pomiędzy pracownią a terenem zewnętrznym wykonana jest m. in. z materiału o gęstości 1900kg/m^3 + tynk cementowo-wapienny (41 cm).

S1	ŚCIANA ZEWNĘTRZNA (system ETICS)	
	tynk zewnętrzny cienkowarstwowy strukturalny lub okładzina ceramiczna wg. elewacji	2 cm
	styropian fasadowy $\lambda \leq 0.038 \text{ W/(mK)}$, np. Austrotherm EPS 038 Fasada Super	16 cm
	istniejąca ściana z cegły pełnej	41 cm
	tynk wewnętrzny gipsowy *	1,5 cm

- Ściana pomiędzy pracownią izotopową klasy Z i pomieszczeniem 006 oraz 007 wykonana jest m. in. z bloczków ceramicznych (cegła pełna) o gęstości 1600kg/m^3 i grubości 24 cm.

W1	ŚCIANA WEWNĘTRZNA	
	tynk wewnętrzny gipsowy *	1,5 cm
	istniejąca ściana z cegły	35 cm
	tynk wewnętrzny gipsowy *	1,5 cm

- Ściana pomiędzy pracownią RTG i wiatrolapem oraz pomiędzy pomieszczeniem 017 i 018 wykonana jest m. in. z materiału o gęstości 1600kg/m^3 i grubości 24 cm (cegła pełna).

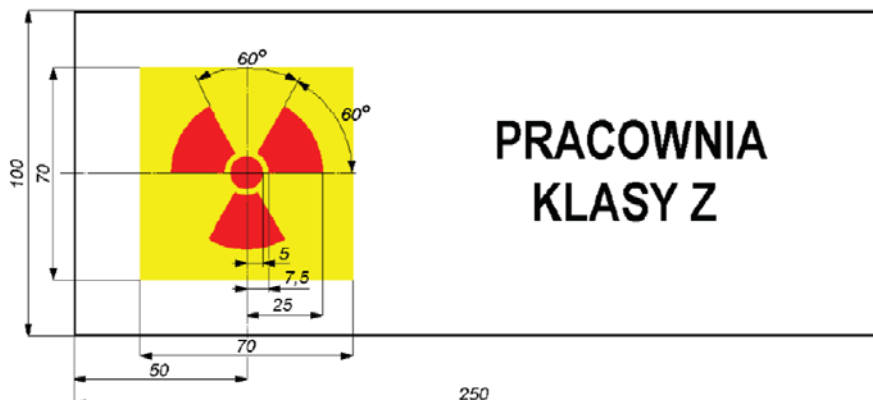
W2	ŚCIANA WEWNĘTRZNA	
	tynk wewnętrzny gipsowy *	1,5 cm
	istniejąca ściana z bloczków ceram.	24 cm
	tynk wewnętrzny gipsowy *	1,5 cm

- Ściana pomiędzy pracownią RTG i magazynem wykonana jest m. in. z bloczków ceramicznych (cegła pełna) o gęstości 1600kg/m^3 i grubości 12 cm.

W3	ŚCIANA WEWNĘTRZNA	
	tynk wewnętrzny gipsowy *	1,5 cm
	istniejąca ściana z bloczków ceram.	12 cm
	tynk wewnętrzny gipsowy *	1,5 cm

Wejście do pracowni izotopowej klasy Z i magazynu źródeł promieniotwórczych jest oznaczone tablicami informacyjnymi, których wzory są określone w zgodne z załącznikiem nr 1 i 2 rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 29 marca 2022 r. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego (Dz. U. z 2022, poz. 967).

1. Wzór tablicy informacyjnej do oznakowania wejścia do pracowni izotopowej klasy Z*

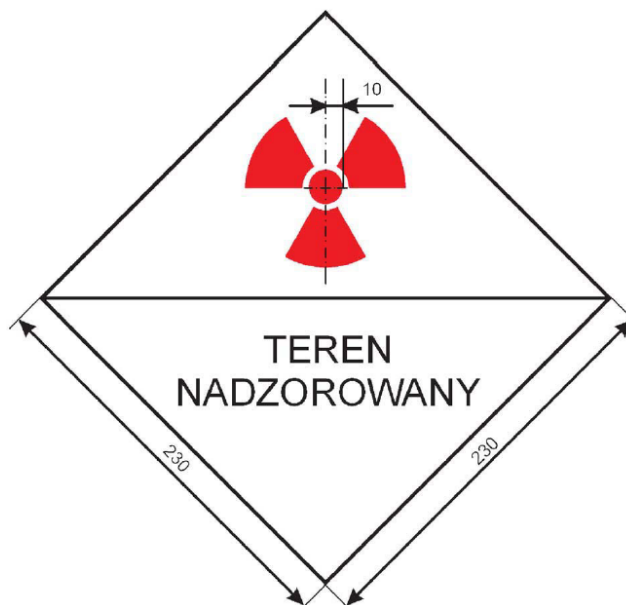


* Wymiary podano w milimetrach.

Teren pracowni stanowi teren nadzorowany oznakowany zgodnie z załącznikiem 2 do rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 20 lutego 2007 r. w sprawie podstawowych wymagań dotyczących terenów kontrolowanych i nadzorowanych (Dz.U. 2007 nr 131 poz. 910 oraz Dz. U. z 2020 r. poz. 2303).

Załącznik nr 2

ZNAK OSTRZEGAWCZY DO OZNAKOWANIA GRANIC TERENU NADZOROWANEGO



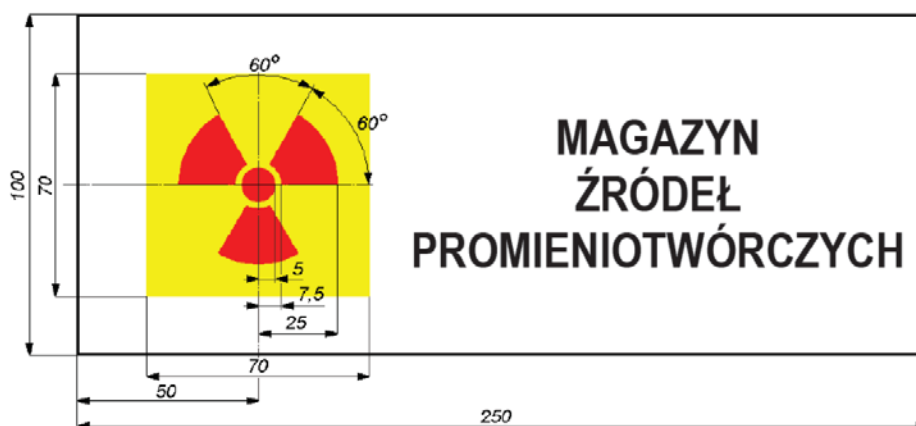
Objaśnienie: wymiary minimalne [w mm]

Teren ten objęty jest szczególnym nadzorem w celu ochrony przed promieniowaniem jonizującym i dostęp do niego jest ograniczony zastosowanymi środkami technicznymi.

Podłogi, ściany i instalacje przygotowane zostaną w sposób umożliwiający usunięcie powstałych na ich powierzchniach potencjalnych skażeń promieniotwórczych (łatwo zmywalne).

Zapewnia się wentylowanie mechaniczne pomieszczenia pracowni odrębnym systemem wentylacyjnym umożliwiającym co najmniej 1,5-krotną wymianę powietrza w ciągu godziny. Pomieszczenie magazynu wyposażone będzie w co najmniej 6-krotną wymianę powietrza w ciągu godziny (włączane na 10 min. przed wejściem pracownika do magazynu). Magazyn źródeł promieniotwórczych oznacza się tablicą informacyjną, której wzór jest określony w załączniku nr 2 do rozporządzenia.

WZÓR TABLICY INFORMACYJNEJ DO OZNAKOWANIA MIEJSCA PRZECHOWYWANIA
ŹRÓDEŁ PROMIENIOTWÓRCZYCH*



* Wymiary podano w milimetrach.

W pomieszczeniu, w którym są przechowywane źródła nie przechowuje się substancji łatwopalnych, o właściwościach wybuchowych, żrących i o właściwościach utleniających, a także gazów sprężonych.

1.4. WYTYCZNE BRANŻOWE

Wszelkie prace budowlano – instalacyjne należy prowadzić zgodnie z zasadami sztuki budowlanej. Poza tym przyjęto, że:

- wszystkie materiały budowlane i wykończeniowe zastosowane w pracowni muszą posiadać odpowiednią odporność ogniową,
- podłoga pokryta zostanie wykładziną homogeną gładką nienasiąkliwą zachodzącą łukiem na ściany,
- powierzchnie określone jako antyelektrostatyczne powinny posiadać rezystancje w zakresie $50 \text{ k}\Omega < R < 100 \text{ M}\Omega$,
- ściany i sufity będą pomalowane farbą zmywalną,
- wszystkie powierzchnie robocze oraz meble winny być pokryte materiałem gładkim, nienasiąkliwym i łatwo zmywalnym bez możliwości trwałego zabrudzenia.

1.5. INSTALACJA PRZECIWPOŻAROWA

Instalacje elektryczne będą zabezpieczone na wypadek pożaru wyłącznikami znajdującymi się na zewnątrz pracowni (wg ogólnych zasad) wyposażone będą w podstawowy sprzęt przeciwpożarowy zgodnie z obowiązującymi przepisami.

1.6 INSTALACJA ELEKTRYCZNA

Pomieszczenia zostaną wyposażone w instalację podtynkową dostosowaną do przewidywanego obciążenia. Osprzęt zewnętrzny będzie gładki, łatwy do dekontaminacji. Oświetlenie zgodne z normami obowiązującymi w laboratoriach konwencjonalnych.

1.7 ZABEZPIECZENIA

Wszystkie pomieszczenia, w których będą występować źródła promieniowania jonizującego zostaną oznakowane zgodnie z obowiązującymi, w momencie uruchamiania Pracowni, przepisami. Wejście do pracowni izotopowej po zakończeniu pracy zamykane będzie na klucz. Drzwi do szafy będącej magazynem źródeł promieniowania osłony fizycznej i będą zamykane na zamek.

Pracownia izotopowa zaliczona do klasy Z z magazynem źródeł promieniotwórczych jest wyposażona w:

1. sprzęt dozymetryczny dostosowany do używanych źródeł promieniowania jonizującego;
2. stałe (jeśli są konieczne) i ruchome osłony przed promieniowaniem jonizującym;
3. pojemniki osłonowe do przechowywania źródeł promieniotwórczych;
4. wymaganą przepisami wentylację mechaniczną;

2.0 OCHRONA RADIOLOGICZNA W PRACOWNI

Dokumentacja pracowni zawierać będzie m. in.:

- 1) zezwolenie;
- 2) regulamin pracy, o którym mowa w Kodeksie pracy;
- 3) instrukcje pracy ze źródłami promieniotwórczymi, ustalające szczegółowe postępowanie w zakresie ochrony radiologicznej dla każdego rodzaju wykonywanych prac;
- 4) zakładowy plan postępowania awaryjnego;
- 5) rejestr wyników pomiarów dozymetrycznych w środowisku pracy;
- 6) wykaz pracowników wykonujących pracę w pracowni, z podziałem na kategorie
- 7) instrukcje obsługi i świadectwa wzorcowania sprzętu dozymetrycznego;

8) ewidencję źródeł promieniotwórczych;

Osoby biorące udział w pracach prowadzonych w pracowni wyposaża się w środki ochrony indywidualnej właściwe dla prowadzonych prac.

Kontrola oraz ewidencja źródeł promieniotwórczych

Kontrola źródeł promieniotwórczych obejmuje sprawdzenie, nie rzadziej niż raz na rok kalendarzowy:

1) zgodności stanu źródeł z dokumentami ewidencji źródeł promieniotwórczych;

Załącznik nr 9

WZÓR

.....
(nazwa i adres jednostki organizacyjnej)

KARTA EWIDENCYJNA ZAMKNIĘTEGO ŹRÓDŁA PROMIENIOTWÓRCZEGO

Data przychodu		
Izotop promieniotwórczy		
Aktywność oraz data jej określenia		
Typ źródła		
Numer świadectwa źródła i numer źródła		
Numer zezwolenia		
Nazwa i adres producenta		
Nazwa i adres dostawcy		
Miejsce przechowywania lub zainstalowania		
Typ i numer pojemnika magazynowego lub roboczego		
Pomiar szczelności	data	
	wynik	
	numer protokołu	
Zdjęto z ewidencji	nazwa i adres instytucji przejmującej	
	numer i data dokumentu przekazania	
Imię, nazwisko i podpis osoby, która dokonała wpisu w karcie, oraz data wpisu		

Załącznik nr 10

WZÓR

.....
(nazwa i adres jednostki organizacyjnej)KARTA EWIDENCYJNA RUCHU
ZAMKNIĘTEGO ŹRÓDŁA PROMIENIOTWÓRCZEGO.....
(izotop promieniotwórczy, aktywność i numer źródła)

Lp.	Data	Pobrano					Zwrot		Uwagi
		typ urządzenia, pojemnika	nr fabryczny urządzenia	miejsce stosowania	imię i nazwisko	podpis	data	imię i nazwisko przyjmującego	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2) szczelności zamkniętych źródeł promieniotwórczych;

(kontrolę szczelności wykonuje się także po zdarzeniu radiacyjnym oraz innym incydencie mogącym mieć wpływ na szczelność źródła, w szczególności po pożarze, korzystaniu ze źródła przez osobę nieuprawnioną, czasowej utracie posiadania źródła i po odzyskaniu go po kradzieży)

3) warunków stosowania i przechowywania źródeł promieniotwórczych;

4) sposobu zabezpieczenia źródeł promieniotwórczych przed utratą, uszkodzeniem, kradzieżą lub dostaniem się w ręce osób nieuprawnionych.

Kierownik jednostki organizacyjnej wykonującej działalność na której wykonywanie jest wymagane zezwolenie, sporządza ewidencję posiadanych zamkniętych źródeł promieniotwórczych według stanu na dzień 31 grudnia danego roku, na karcie ewidencyjnej, przesyła kopię tej karty Prezesowi Państwowej Agencji Atomistyki w terminie do dnia 31 stycznia roku następnego.

WZÓR

.....
 (nazwa i adres jednostki organizacyjnej)

KARTA EWIDENCYJNA
 POSIADANYCH ZAMKNIĘTYCH ŹRÓDEŁ PROMIENIOTWÓRCZYCH
 WEDŁUG STANU NA DZIEŃ 31 grudnia 20... r.

Lp.	Izotop promieniotwórczy	Aktywność według świadectwa źródła	Data określenia aktywności	Nr świadectwa, nr i typ źródła	Typ pojemnika lub nazwa urządzenia	Miejsce użytkowania lub magazynowania
1	2	3	4	5	6	7

Kierownik jednostki organizacyjnej:

.....
 (imię i nazwisko, podpis)

Inspektor ochrony radiologicznej:

.....
 (imię i nazwisko, numer uprawnień, podpis)

2.1 CHARAKTERYSTYKA ŹRÓDEŁ ZAMKNIĘTYCH

W pracowni izotopowej klasy Z stosowane będą następujące źródła:

Stront (Sr-90) – źródło punktowe w folii polietylenowej o aktywności 100 MBq

a) $t_{1/2} = 28,4$ lat

b) $R_{\max} = 210$ mg/cm²

Część aktywna o średnicy maksymalnie 4 mm umieszczona jest centralnie między dwoma krążkami z folii polietylenowej o grubości 0,3 mm każdy. Oba krążki są ze sobą zgrzane i umieszczone w pierścieniu z aluminium, co uniemożliwia wydostanie się materiału promieniotwórczego.

Złożone źródło ma średnicę 30 mm i wysokość 2,5 mm.

Cez (Cs-137) – źródło punktowe w folii polietylenowej o aktywności 100 MBq

a) $t_{1/2} = 30,07$ lat

b) $\Gamma = 0,008$ cGym²/GBqh

Część aktywna o średnicy maksymalnie 4 mm umieszczona jest centralnie między dwoma krążkami z folii polietylenowej o grubości 0,3 mm każdy. Oba krążki są ze sobą zgrzane i

umieszczone w pierścieniu z aluminium, co uniemożliwia wydostanie się materiału promieniotwórczego. Złożone źródło ma średnicę 30 mm i wysokość 2,5 mm.

Kobalt (Co-60) – źródło punktowe w folii polietylenowej o aktywności 100 MBq

a) $t_{1/2} = 5,3$ lat

b) $\Gamma = 0,0308$ cGym²/GBqh

Część aktywna o średnicy maksymalnie 4 mm umieszczona jest centralnie między dwoma krążkami z folii polietylenowej o grubości 0,3 mm każdy. Oba krążki są ze sobą zgrzane i umieszczone w pierścieniu z aluminium, co uniemożliwia wydostanie się materiału promieniotwórczego. Złożone źródło ma średnicę 30 mm i wysokość 2,5 mm.

2.2. PRZCHOWYWANIE ŹRÓDEŁ ZAMKNIĘTYCH W MAGAZYNIE

Źródła przechowywane w pojemniku osłonowym DO-2 i zabezpieczone w metalowej szafie w magazynie. Pojemnik osłonny DO-2: grubość ścianki 5 cm.

2.3. CHARAKTERYSTYKA WYKONYWANYCH PRAC ZE ŹRÓDŁAMI

Prace wykonywane podczas zajęć programowych ze studentami polegają na przeniesieniu źródeł na stanowiska pomiarowe i umieszczenie ich w domkach osłonowych DO-1 (grubość ścianki 5 cm) lub za ścianką osłonową z cegieł ołowianych o grubości 7 cm.

W trakcie roku będzie przeprowadzone łącznie do 160 godzin zajęć w pracowni - w tym narażenia na ciągłą pracę studentów ze źródłami do 20 godzin łącznie w ciągu roku (rocznie do obliczeń przyjęto łącznie 160 godzin prac pracowników pracujących w narażeniu na promieniowanie jonizujące i 20 godzin prac studentów ze wszystkimi źródłami) przy jednoczesnym zastosowaniu odpowiednich osłon (domki osłonowe, cegły ołowiane). Na promieniowanie pochodzące bezpośrednio ze źródła - bez stosowania osłon student będzie narażony maksymalnie kilka minut w ciągu jednej godziny zajęć. Czas narażenia w tej sytuacji nie przekroczy 5 min na każdą godzinę wykonywanych prac i będzie mieć miejsce wyłącznie w momencie przenoszenia zamkniętego źródła promieniotwórczego z pojemnika osłonowego i umieszczenia go na stanowisku pomiarowym, które również będzie osłonięte z każdej strony poza miejscem wyprowadzenia poziomej wiązki w kierunku detektorów i powtórnego przenoszenia źródła ze stanowiska do pojemnika osłonowego po wykonaniu doświadczenia.

Zgodnie z obowiązującym prawem pracownia izotopowa klasy Z będzie wyposażona w takie urządzenia ochronne i zabezpieczające oraz praca będzie tak zorganizowana, aby dawki

promieniowania jonizującego otrzymywane przez osoby zatrudnione w pracowni i w pomieszczeniach do niej przyległych, a także przez osoby z ogółu ludności przebywające w sąsiedztwie, nie przekraczały limitów użytkowych lub dawek granicznych określonych w przepisach.

3.0 DAWKI GRANICZNE I LIMITY DAWEK

Zgodnie z Załącznikiem nr 4 do ustawy Prawo atomowe dawka graniczna, wyrażona jako dawka skuteczna (efektywna) wynosi:

- 20 mSv/rok lub inaczej 0,4 mSv/tydzień – dla osób zatrudnionych w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące,
- 1 mSv/rok lub inaczej 0,02 mSv/tydzień – dla osób z ogółu ludności.

Równocześnie zgodnie z rozporządzeniem Rady Ministrów w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego zapisane jest dodatkowe ograniczenie dla otoczenia pracowni:

- Stopień osłabienia promieniowania jonizującego przez ściany zewnętrzne i stropy pracowni zapobiega otrzymaniu przez osoby z ogółu ludności w ciągu kolejnych 12 miesięcy dawki skutecznej (efektywnej) promieniowania jonizującego, związanej z prowadzeniem działalności z promieniowaniem jonizującym w pracowni, przekraczającej:

- 0,1 milisiwerta (mSv) w przypadku pracowni zlokalizowanej w budynku mieszkalnym albo w budynku zamieszkania zbiorowego,
 - 0,3 milisiwerta (mSv) w przypadku pozostałych pracowni,
- z uwzględnieniem czasu narażenia tych osób, rodzaju prowadzonych w pracowni prac rodzaju stosowanych osłon.

W niniejszym opracowaniu przyjęto, że osoby pracujące w warunkach narażenia zawodowego w pomieszczeniach Pracowni klasy Z i w ich otoczeniu będą kwalifikowane tylko do kat. B.

Do obliczeń przyjęto następujące ograniczniki (limity użytkowe dawek):

Dla osób z ogółu ludności:

0,3 milisiwerta (mSv) = 0,006 mSv/tydz. = 0,000522 cGy/tydz.= 5,22 [μGy/tydz.], dla osób niezatrudnionych w pracowni AWL – osoby z ogółu ludności.

Dla pracowników pracujących w narażeniu na promieniowanie jonizujące:

3,0[mSv/rok] = 0,261 cGy/rok = 52,2 [μGy/tydz.]

4.0 OSŁONY PRACOWNI IZOTOPOWEJ Z

*) w kompleksie pracowni RTG i pracowni izotopowej klasy Z zajęcia dydaktyczne w obu pracowniach nie będą odbywały się jednocześnie.

4.1 METODYKA OBLICZEŃ

Wszystkie źródła promieniowania znajdujące się w Pracowni potraktowano jako źródła punktowe dla rozpatrywanych odległości, zatem dawka w odległości „d” od źródła może być obliczana z wzoru:

$$D = \frac{\Gamma \cdot A \cdot t}{K \cdot d^2}$$

gdzie:

Γ - równoważna wartość stałej ekspozycyjnej dla podanego izotopu;

A - aktywność podanego izotopu

t - czas ekspozycji

K - krotność osłabienia promieniowania przez osłonę

d – odległość od źródła

W celu pesymizacji przyjęto, że wykonywana będzie praca z tym samym źródłem na stanowisku pomiarowym przez 200h (mimo, że praca w pracowni nie będzie przekraczała w sumie 200h/rok dla wszystkich źródeł gamma)

4.2 OBLICZENIA OSŁON

Przyjęto maksymalny czas pracy na stanowisku dydaktycznym do 3,2 godzin w tygodniu przez 50 tygodni w ciągu roku, co daje łączny czas pracy 160 godzin (4,5 godziny „lekcyjne” w tygodniu) w ciągu roku dla pracowników pracujących w narażeniu na promieniowanie jonizujące (czas pracy łącznie liczony dla wszystkich źródeł). Dla studentów przyjęto czas narażenia na poziomie 12,5 %, tj. 20h w roku.

Dla pracowników/studentów na stanowisku dydaktycznym przyjęto odległość źródło – osoba: 0,5m, dla osób nienarażonych na promieniowanie jonizujące przyjęto odległość 1m.

Dla pierwiastków β promieniotwórczych obliczono maksymalny zasięg promieniowania w powietrzu i innych materiałach.

Stront (Sr-90) – źródło punktowe w folii polietylenowej o aktywności 100 MBq

a) $t_{1/2} = 28,4$ lat

b) $R_{\max} = 210 \text{ mg/cm}^2$

c) Energia max [MeV] udział % = 0,61

d) Energia średnia [MeV] = 0,2

Osłona przed promieniowaniem beta umożliwia całkowite pochłonięcie padającego promieniowania pod warunkiem, że jej grubość będzie większa, niż zasięg maksymalny R_{\max} tego promieniowania w materiale osłony.

Zasięg maksymalny promieniowania beta wyrażony jest w jednostkach masy powierzchniowej (mg/cm^2).

Masa powierzchniowa to:

$$m_p = a\rho$$

gdzie:

a - grubość warstwy

ρ – gęstość materiału osłony

Zatem, aby pochłoniąć całkowicie promieniowanie beta musi być spełniony warunek:

$$R_{\max} \leq a\rho$$

Maksymalny zasięg promieniowania w powietrzu:

$$a = 210 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2} / 1,3 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-3} = 161 \text{ cm} = 1,61 \text{ m}$$

Maksymalny zasięg promieniowania w szkle:

$$a = 210 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2} / 2600 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-3} = 0,08 \text{ cm}$$

Maksymalny zasięg promieniowania w szkle organicznym:

$$a = 210 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2} / 1200 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-3} = 0,175 \text{ cm}$$

Maksymalny zasięg promieniowania w aluminium:

$$a = 210 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2} / 2700 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-3} = 0,07 \text{ cm}$$

Maksymalny zasięg promieniowania w ołowiu:

$$a = 210 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2} / 11300 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-3} = 0,0019 \text{ cm}$$

Maksymalny zasięg promieniowania w cegle pełnej:

$$a = 210 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2} / 1600 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-3} = 0,131 \text{ cm}$$

Maksymalny zasięg promieniowania w betonie:

$$a = 210 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2} / 2200 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-3} = 0,095 \text{ cm}$$

Zastosowanie jednego z powyższych materiałów osłonnych gwarantuje pełną osłonę przed promieniowaniem beta również w pomieszczeniach sąsiednich i znajdujących się powyżej pracowni/magazynu.

Cez (Cs-137) – źródło punktowe w folii polietylenowej o aktywności 100 MBq

a) $t_{1/2} = 30,07 \text{ lat}$

b) $\Gamma = 0,008 \text{ cGym}^2/\text{GBqh}$

Założenia:

Czas pracy pracownika pracującego w narażeniu na promieniowanie jonizujące na stanowisku pracy - 160 h/rok

Czas przebywania studenta na stanowisku dydaktycznym podczas zajęć edukacyjnych 20h/rok

Źródło pozostaje poza osłoną około 5 min na każdą godzinę ekspozycji promieniowania na stanowisku edukacyjnym, co stanowi około 8,4 % czasu oddziaływania promieniowania ze źródła, które nie jest osłonięte, czyli:

- 13,4 h/rok dla pracowników pracujących w narażeniu na promieniowanie jonizujące

- 1,67 h/rok dla studentów przebywających przy stanowisku dydaktycznym

Źródło bez osłony – stanowisko dydaktyczne

Stanowisko pracy dla pracowników – źródło bez osłony – maksymalna dawka, którą otrzyma pracownik:

$$D = \frac{\Gamma \cdot A \cdot t}{K \cdot d^2}$$

$$D = 0,008 \text{ cGym}^2/\text{GBqh} \cdot 0,1 \text{ GBq} \cdot 13,4 \text{ h} / 0,5\text{m} \cdot 0,5\text{m} = 0,043 \text{ cGy/rok}$$

Stanowisko edukacyjne dla studentów – źródło bez osłony:

$$D = 0,008 \text{ cGym}^2/\text{GBqh} \cdot 0,1 \text{ GBq} \cdot 1,67\text{h/rok} / 0,5\text{m} \cdot 0,5\text{m} = 0,0053 \text{ cGy/tydz.}$$

Źródła w osłonie/na osłoniętym stanowisku pomiarowym

Stanowisko pracy dla pracowników – źródło na stanowisku dydaktycznym, w osłonie:

$$K = \Gamma \cdot A \cdot t / D \cdot d^2$$

$$K = 0,008 \text{ cGym}^2/\text{GBqh} \cdot 0,1 \text{ GBq} \cdot 146,6 \text{ h/rok} / 0,218 \text{ cGy/rok} \cdot 0,5\text{m} \cdot 0,5\text{m} = 2,2$$

Stanowisko edukacyjne dla studentów – źródło na stanowisku dydaktycznym, w osłonie:

$$K = 0,008 \text{ cGym}^2/\text{GBqh} \cdot 0,1 \text{ GBq} \cdot 18,3\text{h/rok} / 0,256 \text{ cGy/rok} \cdot 0,5\text{m} \cdot 0,5\text{m} = 0,23$$

Wymagana osłona: 10 cm betonu lub 1 cm Pb

Na stanowisku pracy źródło powinno być osłonięte minimum 1 cm Pb.

Kobalt (Co-60) – źródło punktowe w folii polietylenowej o aktywności 100 MBq

a) $t_{1/2} = 5,3$ lat

b) $\Gamma = 0,0308 \text{ cGym}^2/\text{GBqh}$

Źródła bez osłony

Stanowisko pracy dla pracowników - źródło bez osłony – maksymalna dawka, którą otrzyma pracownik:

$$D = \frac{\Gamma \cdot A \cdot t}{K \cdot d^2}$$

$$D = 0,0308 \text{ cGym}^2/\text{GBqh} \cdot 0,1 \text{ GBq} \cdot 13,4\text{h}/0,5\text{m} \cdot 0,5\text{m} = 0,17 \text{ cGy/rok}$$

Stanowisko edukacyjne dla studentów – źródło bez osłony:

$$D = 0,0308 \text{ cGym}^2/\text{GBqh} \cdot 0,1 \text{ GBq} \cdot 1,67\text{h}/0,5\text{m} \cdot 0,5\text{m} = 0,02 \text{ cGy/rok}$$

Źródło w osłonie/na osłoniętym stanowisku pomiarowym:

Stanowisko pracy dla pracowników – źródło na stanowisku dydaktycznym, w osłonie:

$$K = \Gamma \cdot A \cdot t / D \cdot d^2$$

$$K = 0,0308 \text{ cGym}^2/\text{GBqh} \cdot 0,1 \text{ GBq} \cdot 146,6\text{h}/0,091\text{cGy/rok} \cdot 0,5\text{m} \cdot 0,5\text{m} = 19,8$$

Stanowisko edukacyjne dla studentów – źródło na stanowisku dydaktycznym, w osłonie:

$$K = 0,0308 \text{ cGym}^2/\text{GBqh} \cdot 0,1 \text{ GBq} \cdot 18,4\text{h} / 0,241\text{cGy/rok} \cdot 0,5\text{m} \cdot 0,5\text{m} = 0,94$$

Wymagana osłona: 35 cm betonu lub 6 cm Pb

Na stanowisku pracy źródło powinno być osłonięte minimum 6 cm Pb.

Określenie i dobór minimalnej osłony – pojemnika do przechowywania źródła oraz sprawdzenie osłon stanowiska dydaktycznego

MAGAZYN – pomieszczenie 007:

$d = 1 \text{ m}$ przy założeniu, że źródła będą przechowywane w pojemnikach osłonnych w szafie znajdującej się 1 m od ściany pomieszczenia 007.

$D = 0,000522 \text{ cGy/tydz}$ dla wszystkich źródeł gamma ($0,0261 \text{ cGy/rok}$)

$t = 16\text{h/tyg} \cdot 50 \text{ tyg} = 800\text{h/rok}$ – w Pracowni zastosowań praw fizyki oraz Pracowni mechaniki zajęcia odbywać się będą (zgodnie z deklaracją Kierownika jednostki) nie częściej, niż 2x w tygodniu po 8h.

Cez (Cs-137)

$$K = 0,008 \text{ cGym}^2/\text{GBqh} \cdot 0,1 \text{ GBq} \cdot 800\text{h/rok} / 0,01305 \text{ cGy/rok} \cdot 1\text{m} \cdot 1\text{m} = 49$$

Wymagana grubość pojemnika do przechowywania źródła - 5 cm Pb

Ściana pomiędzy pomieszczeniem Pracowni fizyki, Pracowni mechaniki a magazynem dodatkowo osłabia promieniowanie jonizujące pochodzące od ww. źródła.

Ww. osłona źródła będzie również wystarczająca w celu ochrony przed promieniowaniem osób przebywających w pomieszczeniu 018 (pracownia RTG). W pracowni RTG prawdopodobieństwo przebywania osób z ogółu ludności jest bardzo mało prawdopodobne, mogą tam przebywać wyłącznie pracownicy pracujący w narażeniu na promieniowanie jonizujące oraz studenci podczas przygotowywania stanowiska dydaktycznego z lampą RTG oddalonego od ściany pomiędzy pomieszczeniami 018 i 019 o $d = 4,5\text{m}$.

Kobalt (Co-60)

$$K = 0,0308 \text{ cGym}^2/\text{GBqh} \cdot 0,1 \text{ GBq} \cdot 800\text{h/rok} / 0,01305 \text{ cGy/rok} \cdot 1\text{m} \cdot 1\text{m} = 189$$

Wymagana grubość pojemnika do przechowywania źródła – 10 cm Pb

Źródło w pojemniku osłonowym przechowywane w magazynie źródeł powinno zostać osłonięte od strony Pracowni fizyki dodatkową ścianką o grubości minimum 5 mm Pb. Ściana pomiędzy pomieszczeniem Pracowni fizyki, Pracowni mechaniki a magazynem dodatkowo osłabia promieniowanie jonizujące pochodzące od ww. źródła.

Ww. osłona źródła będzie również wystarczająca w celu ochrony przed promieniowaniem osób przebywających w pomieszczeniu 018 (pracownia RTG). W pracowni RTG prawdopodobieństwo przebywania osób z ogółu ludności jest bardzo mało prawdopodobne, mogą tam przebywać wyłącznie pracownicy pracujący w narażeniu na promieniowanie jonizujące oraz studenci podczas przygotowywania stanowiska dydaktycznego z lampą RTG oddalonego od ściany pomiędzy pomieszczeniami 018 i 019 o $d = 4,5\text{m}$.

ŹRÓDŁO NA STANOWISKU DYDAKTYCZNYM – pomieszczenie sąsiadujące :

Cez (Cs-137)

$$K = 0,008 \text{ cGym}^2/\text{GBqh} \cdot 0,1 \text{ GBq} \cdot 200 \text{ h/rok} / 0,01305 \text{ cGy/rok} \cdot 1\text{m} \cdot 1\text{m} = 12,2$$

Wymagana osłona stanowiska dydaktycznego 2,5 cm Pb.

Ściana pomiędzy pomieszczeniem Pracowni fizyki, Pracowni mechaniki a stanowiskiem dydaktycznym dodatkowo osłabia promieniowanie jonizujące pochodzące od ww. źródła.

Kobalt (Co-60)

$$K = 0,0308 \text{ cGym}^2/\text{GBqh} \cdot 0,1 \text{ GBq} \cdot 200\text{h/rok} / 0,01305 \text{ cGy/rok} \cdot 1\text{m} \cdot 1\text{m} = 47$$

Wymagana osłona stanowiska dydaktycznego 7 cm Pb.

Ściana pomiędzy pomieszczeniem Pracowni fizyki, Pracowni mechaniki a stanowiskiem dydaktycznym dodatkowo osłabia promieniowanie jonizujące pochodzące od ww. źródła.

POMIESZCZENIA POWYŻEJ KOMPLEKSU PRACOWNI:

Magazyn:

$$d = 2,3 \text{ m}$$

$$D = 0,000522 \text{ cGy/tydz dla wszystkich źródeł gamma (0,0261 cGy/rok)}$$

$$t = 40\text{h/tyg} \cdot 50 \text{ tyg} = 2000\text{h/rok}$$

Cez (Cs-137)

$$K = 0,008 \text{ cGym}^2/\text{GBqh} \cdot 0,1 \text{ GBq} \cdot 2000\text{h/rok} / 0,01305 \text{ cGy/rok} \cdot 2,3\text{m} \cdot 2,3\text{m} = 23$$

Wymagana grubość pojemnika do przechowywania źródła - 3 cm Pb

Strop górny pomiędzy pomieszczeniami powyżej a magazynem dodatkowo osłabia promieniowanie jonizujące pochodzące od ww. źródła.

Kobalt (Co-60)

$$K = 0,0308 \text{ cGym}^2/\text{GBqh} \cdot 0,1 \text{ GBq} \cdot 2000\text{h/rok} / 0,01305 \text{ cGy/rok} \cdot 2,3\text{m} \cdot 2,3\text{m} = 89$$

Wymagana grubość pojemnika do przechowywania źródła – 8 cm Pb

Strop górny pomiędzy pomieszczeniami powyżej a magazynem dodatkowo osłabia promieniowanie jonizujące pochodzące od ww. źródła.

Źródło na stanowisku dydaktycznym:

Cez (Cs-137)

$$K = 0,008 \text{ cGym}^2/\text{GBqh} \cdot 0,1 \text{ GBq} \cdot 200 \text{ h/rok} / 0,01305 \text{ cGy/rok} \cdot 2,3\text{m} \cdot 2,3\text{m} = 2,3$$

Wymagana osłona stanowiska dydaktycznego 1 cm Pb.

Strop górny pomiędzy pomieszczeniami powyżej a pracownią izotopową klasy Z dodatkowo osłabia promieniowanie jonizujące pochodzące od ww. źródła.

Kobalt (Co-60)

$$K = 0,0308 \text{ cGym}^2/\text{GBqh} \cdot 0,1 \text{ GBq} \cdot 200\text{h/rok} / 0,01305 \text{ cGy/rok} \cdot 2,3\text{m} \cdot 2,3\text{m} = 8,9$$

Wymagana osłona stanowiska dydaktycznego 4 cm Pb.

Strop górny pomiędzy pomieszczeniami powyżej a pracownią izotopową klasy Z dodatkowo osłabia promieniowanie jonizujące pochodzące od ww. źródła.

PODSUMOWANIE:

Cez (Cs-137)

Minimalna osłona na stanowisku dydaktycznym:

2,5 cm Pb

Minimalna osłona w magazynie:

5 cm Pb

Kobalt (Co-60)

Minimalna osłona na stanowisku dydaktycznym:

5 cm Pb

Minimalna osłona w magazynie:

10 cm Pb