

# Prace, pracownicy i ich narzędzia pracy w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej



Opracowanie zaliczeniowe z przedmiotu „Metody i Techniki Jądrowe”

Pod opieką prowadzącego: prof. dr hab. Jana Pluty

Rok akademicki 2014/2015

Wykonała: Monika Krasuska

Wydział Fizyki

Grupa K-FM

## Spis treści

Wstęp.....	3
1. Lokalizacja i organizacja Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej.....	3
2. Historia.....	5
3. Promieniowanie Jonizujące.....	7
4. Służba Awaryjna. Zespół Prewencji i Służby Dozymetrycznej.....	8
5. Pracownia Dawek Indywidualnych i Środowiskowych .....	12
6. Stanowisko Cytogenetycznej Rekonstrukcji Dawek .....	15
7. Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania Jod Promieniotwórczy w tarczycy.....	18
8. Dozymetria Radonu.....	21
9. Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych.....	24
10. Stacje Monitorujące Powietrze.....	31
11. Promieniotwórczość Materiałów Budowlanych.....	32
12. Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych.....	33
13. Szkolenie Inspektorów Ochrony Radiologicznej.....	34
14. Współpraca.....	36
15. DODATEK. Fizyk Medyczny- Wywiad z mgr inż. Dariuszem Aksamitem.....	37
Bibliografia.....	39

## **Wstęp**

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej jest to ośrodek naukowo-badawczy działającą od 1957 roku. Podlega Państwowej Agencji Atomistyki i prowadzi kontrolę skażeń promieniotwórczych środowiska oraz skażeń wewnętrznych. Zajmuje się ochroną przed skutkami promieniowania jonizującego społeczeństwa i osób narażonych zawodowo oraz wzorcowaniem przyrządów dozymetrycznych. Znajdują się tam cztery laboratoria akredytowane: Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych, Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej, Pracownia Dawek Indywidualnych i Środowiskowych oraz Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych.

CLOR jest również znanym producentem wysokoczułych polskich stacji wykrywania skażeń radioaktywnych powietrza ASS-500. Poza Polską zainstalowano je w kilkunastu krajach, m.in. w Niemczech, Francji, Danii, Austrii, Hiszpanii, a także na poligonie atomowym Mururoa.

W rozdziale pierwszym przedstawiono lokalizację i strukturę organizacyjną CLOR. Rozdział drugi zawiera krótką historię laboratorium. W rozdziale trzecim umieszczono wstęp o promieniowaniu jonizującym z którym pracownicy CLOR spotykają się na co dzień. Kolejne rozdziały opisują poszczególne stanowiska i laboratoria. Praca zawiera również wywiady z pracownikami Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej.

### **1. Lokalizacja i organizacja Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej**

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, w skrócie CLOR, znajduje się w Warszawie przy ulicy Konwaliowej 7.

Kontakt:

tel./fax. +48 22 811 16  
16

tel. + 48 22 811 00 11

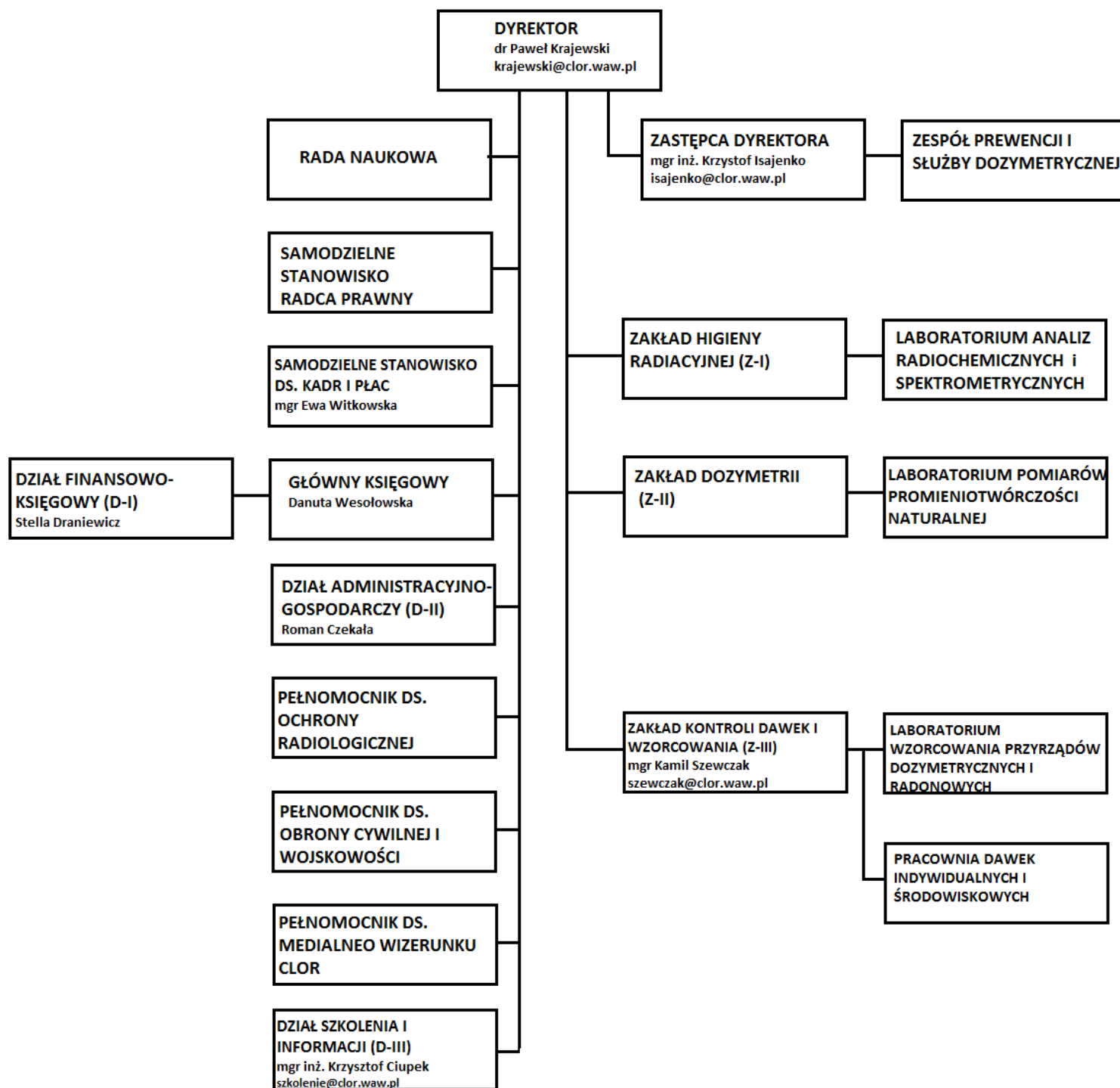
[dyrektor@clor.waw.pl](mailto:dyrektor@clor.waw.pl)  
lub

[szkolenie@clor.waw.pl](mailto:szkolenie@clor.waw.pl)



Rysunek 1 Mapa lokalizacji Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej składa się nie tylko z samych laboratoriów, ale posiada szeroką strukturę organizacyjną w skład której wchodzi m.in. Rada Naukowa, Dział Szkoleń i wiele innych. Szczegółowa organizacja i struktura zostały przedstawione na rysunku 2.



Rysunek 2 Struktura organizacyjna Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej

## 2.Historia

Historia została opracowana na podstawie „„Wspomnienia z przeszłości Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej”, prof. dr hab. Jerzy Peńsko [3]

W pierwszej połowie 1956 roku postanowiono powołać instytucję państwową, która zajęłaby się organizacją całokształtu ochrony radiologicznej w Polsce. Pierwszy zachowany dokument dotyczący przygotowań do powstania nowej organizacji nosi datę 15 czerwca 1957 roku. Jest to umowa pomiędzy „Pełnomocnikiem Rządu” i Obywatel mgr inż. Tadeuszem Musiałowiczem na „opracowanie projektu statutu, schematu organizacyjnego, planu etatów na rok 1957, oraz założeń do projektu adaptacji lokalu Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej”. W dniu 13 lipca 1957 roku powołano do życia Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, w jego skład wchodził: Ryszard Szepeke, Tadeusz Musiałowicz, Adam Kuchciński, Jerzy Sokołowski i Jerzy Peńsko. Rok później przystosowano część pomieszczeń w budynku „Elektrociepłowni Żerań”. Na parterze znajdował się warsztat mechaniczny, a na piętrze sala z aparatem rentgenowskim i ławą kalibracyjną oraz pierwsze pracownie i laboratoria.

Zaraz po rozpoczęciu pracy wprowadzono indywidualną kontrolę narażenia pracowników oraz rozpoczęto ewidencję i kontrolę pracowni izotopowych na terenie Polski. W 1964 roku powołano awaryjne pogotowie radiacyjne które otrzymało nazwę „Ośrodka Dyspozycyjnego Służby Awaryjnej” który posiadał sprzęt dozymetryczny, środki łączności i uprzywilejowany samochód.

Z pośród wielu zadań ochrony pracowników różnych zakładów, jakie pojawiły się przed Centralnym Laboratorium w pierwszych latach jego działalności warto wymienić jeszcze dwa: jedno dotyczyło narażenia górników w kopalniach rudy uranowej, drugie dotyczyło personelu medycznego.



Rysunek 3 Sprzęt i aparatura pomiarowa Ośrodka Dyspozycyjnego Służby Awaryjnej. Źródło: „Wspomnienia z przeszłości Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej”, prof. dr hab. Jerzy Peńsko [3]



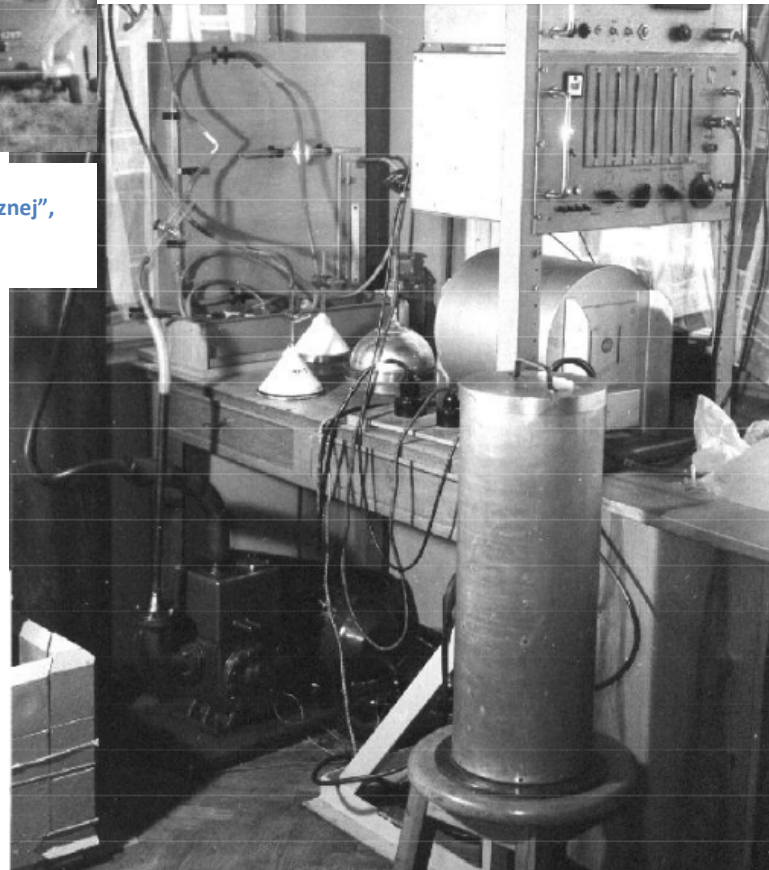
Rysunek 4 „Karosa” autobus- laboratorium do pracy w terenie. Źródło: „Wspomnienia z przeszłości Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej”, prof. dr hab. Jerzy Peńsko <sup>[3]</sup>

W 1960 roku zaczęto badać problem narażenia ludności Polski we własnym środowisku mieszkalnym. Narażenie to pochodzi od naturalnych radioizotopów promieniotwórczych znajdujących się w otoczeniu człowieka.

W 1961 roku utworzono organizację pod nazwą „Centralny Ośrodek Pomiarów Skażeń Promieniotwórczych”, której kierownictwo znajdowało się w Biurze Wojskowym Pełnomocnika Rządu. Miała ona

organizować i brać udział w parodobowych ćwiczeniach działań w warunkach wojny jądrowej na terytorium Polski. Obliczano zasięg skażeń terenu i szacunkową liczbę tysięcy i milionów śmiertelnie i częściowo porażonych przez wybuch w atmosferze ładunku jądrowego o zadanej mocy. W czerwcu 1970 roku przeniesiono Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej do nowego budynku w którym znajduje się po dziś dzień.

W latach pięćdziesiątych rozpoczęły się próbnе wybuchy bomb jądrowych, spowodowało to uruchomienie „laboratorium na kółkach”. Pozwalało ono na badanie próbek środowiska, wstępnej analizy i pomiarów.



Rysunek 5 Aparatura do pomiaru stężeń radonu-222 w powietrzu. Źródło: „Wspomnienia z przeszłości Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej”, prof. dr hab. Jerzy Peńsko <sup>[3]</sup>

### **3.Promieniowanie Jonizujące**

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej zajmuje się promieniowaniem jonizującym i jego skutkami. Dlatego też warto wspomnieć czym jest promieniowanie jonizujące.

Promieniowaniem jonizującym nazywamy każde promieniowanie cząsteczkowe lub elektromagnetyczne które oddziałując z materią wywołuje zjawisko jonizacji czyli oderwania bądź wybicia przynajmniej jednego elektronu od atomu lub cząstki. Promieniowanie ze względu na charakter można podzielić na falowe (emisja kwantów) oraz korpuskularne dzieli się na bezpośrednie (protony, elektrony, cząstki alfa) i pośrednio (neutrony).

Powszechnie występujące promieniowanie jonizujące to:

- Promieniowanie alfa ( $\alpha$ )
- Promieniowanie beta ( $\beta$ )
- Promieniowanie gamma ( $\gamma$ ) lub rentgenowskie (X)
- Promieniowanie neutronowe. <sup>[5]</sup>

#### **4. Służba Awaryjna. Zespół Prewencji i Służby Dozymetrycznej.**

W 1958 roku powstała Krajowa Całodobowa Służba Awaryjna która we współpracy z Techniczną Inspekcją Pracy i Inspekcją Sanitarno- Epidemiologiczną prowadziła systematyczną kontrolę użytkowników źródeł promieniotwórczych w całym kraju. W tym samym roku powołano również Dział Kontroli Zakładów w którym zorganizowano system pomiaru i kontroli dawek indywidualnych wśród pracowników zakładów izotopowych i jądrowych. Wprowadzono również system kontroli oraz doradztwa technicznego w zakładach stosujących źródła promieniowania jonizującego. <sup>[1]</sup>

W grudniu 2004 roku powołano Krajową Całodobową Służbę Awaryjną działającą w CLOR której rok później zadania przejęło Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych Państwowej Agencji Atomistyki. Jednakże w CLOR powstała wtedy prywatny Zespół Prewencji i Służby Dozymetrycznej, który odpłatnie zapewnia porady i pomoc w wypadkach uzasadnionych obaw zwiększonego ryzyka napromienienia źródłami promieniowania jonizującego.

Zdarzenia którymi zajmuje się Zespół Prewencji i Służby Dozymetrycznej to:

- Awarie urządzeń
- Kradzież lub zagubienie źródła i jego odnalezienie
- Podejrzanie o promieniotwórczość
- Pożar lub zalanie obiektu ze źródłami
- Ćwiczenia awaryjne



Rysunek 6 Samochód Zespołu Prewencji i Służby Dozymetrycznej.  
Źródło: [www.clor.waw.pl](http://www.clor.waw.pl)

Krótki wywiad z inż. Andrzejem Wiśniewskim- pracownika wchodzącego w skład Zespołu Prewencji i Służby Dozymetrycznej.

#### **M.K: - Jak wyglądają interwencje którymi zajmuje się Zespół Prewencji i Służby Dozymetrycznej?**

**A.W:-** W tej chwili cała działalność sprowadza się do poszukiwania skażonego złomu, elementów które wchodzi w skład całego wagonu ze złomem i są skażone izotopami promieniotwórczymi. W 95% sprowadza się to do radu-226 który bierze się stąd że w kopalniach jak są różne obiegi wodne, a woda na głębokości jest dobrze nasączona radonem i to powoduje postanie osadu takiego jak w rurach ciepłowniczych czy nawet garnkach jak się gotuje. W tym osadzie jest pełno radu-226 który stwierdzamy na podstawie pomiarów spektrometrem. Wygląda to w ten sposób że wagon jadąc do huty mijają bramkę dozymetryczną. Jest to czuła bramka dozymetryczna, która jest w stanie wykryć podniesiony poziom promieniowania o 20-30 % (bo trafiają się takie wydruki z bramki gdzie przekroczenie było 20%). Bierze się to stąd że znajduje się tam osobna sonda odniesienia która rejestruje tło i równolegle w tym samym momencie kiedy wagon przejeżdża są porównywane wskazania z czterech różnych detektorów które skanują cały wagon. Dwa na górze po lewej i



prawej stronie wagonu i dwa takie same na dole. Alarm powoduje zatrzymanie na wagonu w którym jest podwyższony poziom promieniowania. Wtedy przychodzi zgłoszenie i zespół złożony z dwóch osób jedzie i dokonuje pomiarów. Ponieważ bramka nie sygnalizuje w którym miejscu jest to skażenie, używamy sprzętu jakim jest Rust-3 z sondą SSU i badamy cały wagon co kilka centymetrów od góry do dołu. Mamy tą przewagę nad bramką, że sondy znajdują się około pół metra od bramki a my robimy to po samej burcie czyli zyskujemy te pół metra dzięki czemu możemy dokonać lokalizacji. My również oczywiście mierzymy tło żebyśmy wiedzieli czego szukamy, ale jak zbliżamy się do wagonu to przy wagonie tło jest niższe. Prawdopodobnie chodzi o to że ten złom pochłania promieniowanie i dlatego jego jest mniej. Często jest tak że przy małych przekroczeniach jak odsuniemy sondę na odległość 0,5 metra to praktycznie pokazuje już tło. W momencie gdy zbliżamy się do miejsca gdzie jest element skażony to wskazanie zdecydowanie zaczyna rosnać. Ale trzeba zmierzyć cały wagon, ponieważ nie mamy pewności czy to już jest koniec, bywały przypadki kiedy znajdując jeden punkt, mierzyliśmy dalej i znajdowaliśmy jeszcze jeden, dwa, trzy inne punkty o podwyższonym promieniowaniu. Często można też zorientować o ilości punktów po wydrukach z bramek dozymetrycznych, które otrzymujemy razem ze zgłoszeniem. Jeśli już mamy lokalizację to następuje rozładunek, ale tylko tej części gdzie znajduje się podwyższony poziom promieniowania. Zdarzają się ciekawe przypadki kiedy w takim ogromnym wagonie się znajduje sama tarczkę od busoli czy starego zegarka która jest pokryta farbą radową. To jest satysfakcja kiedy się z takiego 40 tonowego wagonu wyciągnie się taki malutki drobiazg.

**M.K: -Czy takie interwencje prowadzone są tylko w hutach?**

**A.W:-** W 99% a nawet niektórych latach to w 100% przypadków cała interwencja odbywa się na terenie huty.

**M.K: -Czy może pan/pani powiedzieć kilka słów o ostatniej takiej interwencji?**

**A.W:-** To może z poprzednich lat dostaliśmy zgłoszenie i wydruk z bramki, pojechaliśmy na interwencję i znaleźliśmy 35 kg pojemnik ze źródłem Co-60. Rzadko zdarza się coś takiego znaleźć. Aż trzy bramki wskazywały podwyższony poziom o 21%, 22% i 166%. Tło które zmierzaliśmy wynosiło 45 nSv, a w jednym miejscu przy burcie wskazania przyrządu wynosiły 347 nSv. Udało się znaleźć tylko jedno miejsce o podwyższonym poziomie promieniowania. Dawka przy pojemniku wynosiła 33,5 mSv ale na odcinku 50 cm było to już 2,27 mSv. Wiedząc że znajdowało się tam źródło kobaltowe postanowiliśmy oszacować jego aktywność która na tamten dzień była nie mniejsza niż 1,8 MBq i później ZŁOP, który zabiera takie skażone przedmioty, potwierdził że tam było 2,5 MBq.

**M.K: -Dziękuję za rozmowę.**

Poniżej znajduje się zgłoszenie, omawiane przez pana Andrzeja, wraz z wydrukiem z bramki dozymetrycznej. Materiały zostały udostępnione przez inż. Andrzeja Wiśniewskiego i nie zawierają poufnych danych.

Załącznik 1

Warszawa, 04.07.2014

"CLOR"  
Centralne Laboratorium  
Ochrony Radiologicznej  
Ul. Konwaliowa 7  
03-194 Warszawa  
Fax: **(0 22) 811-16-16**

**Dotyczy:** Zlecenie na wykonanie usługi

Niniejszym zlecam Państwu wykonanie usługi wydzielenia czynnika radioaktywnego z wagonu ze złomem w klasie ~~W5H~~ Wagon ten o numerze.. znajduje się na torze bocznicowym w firmie

2.

**Osoby do bezpośredniego kontaktu:**

Fakturą za wykonaną usługę proszę obciążyć naszą firmę;  
(adres firmy wraz z NIP-em)

Rysunek 7 Zlecenie na wykonanie usługi interwencyjnej.

**protokół alarmowy**

Thermo Electron Corporation R&amp;D

strona 1 z 1

protokół # 3

alarm z dnia: 7/3/2014 3:42:08 PM

alarm z pojazdem #11

charakterystyka :

predkosc : 0 km/h (wjazd)

alarm:

tak

alarm szluczna aktywnosc:

tak

alarmy korelacyjne:

nie

dostawca materialu

notatka :

wydruk w dniu: 03.07.2014, 15:42

podpis: \_\_\_\_\_

nr	oznaczenie kanału		wartosc: pomiar otoczenia promieniotworczego			ndco ml <sup>100</sup>
1	Gamma 1	[cps]	948	929	18	
2	A Gamma 2	[cps]	1172	986	208	21 %
3	A Gamma 3	[cps]	1083	867	186	22 %
4	A Gamma 4	[cps]	2891	1011	1680	166 %
6	NBR Co 1		4.33	6.21	-30 %	
7	NBR Co 2		4.01	5.97	-33 %	
8	NBR Co 3		3.62	6.26	-42 %	
9	A NBR Co 4		13.58	5.83	129 %	129 %
10	A NBR Co 1, 2, 3, 4		6.68	5.98	12 %	12 %
11	X 1	[cps]	801	987	-188	
12	X 2	[cps]	750	902	-152	
13	X 3	[cps]	809	1086	-258	
14	X 4	[cps]	1005	1024	-19	
15	X 1, 2, 3, 4	[cps]	3104	3688	-884	
16	NBR Co 1		3.75	3.81	-2 %	
17	NBR Co 2		3.64	3.52	3 %	
18	NBR Co 3		3.69	3.56	3 %	
19	NBR Co 4		3.70	3.78	-2 %	
20	NBR Co 1, 2, 3, 4,		3.50	3.61	-3 %	

A = alarm

\* wartosc pomiarowa unormowana do 100 promieniotworzenia

Rysunek 8 Wydruk z bramki dozymetrycznej. Widoczne na nim 3 odczyty z bramek o podwyższonej wartości: 21%, 22% oraz 166%.

## 5. Pracownia Dawek Indywidualnych i Środowiskowych.

Pracownia Dawek Indywidualnych i Środowiskowych Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej w Warszawie istnieje od 45 lat. W 2003 roku otrzymała akredytację Laboratorium Badawczego nr AB 450 [CLOR-4]. Prowadzone są tam badania indywidualnego narażenia na promieniowanie jonizujące osób zatrudnionych w zakładach stosujących źródła promieniowania jonizującego. Obecnie Pracownia prowadzi kontrolę dawek około 5000 osób narażonych na promieniowanie jonizujące. Kontrolowane osoby zatrudnione są w większości w medycynie, przemyśle oraz sektorze naukowym.

Pracowników dzielimy na dwie kategorie:

1. Pracownicy kategorii A- pracownicy którzy w przeciągu roku mogą otrzymać dawkę efektywną większą niż 6mSv lub dawkę równoważną przekraczającą jedną trzecią dozwolonych limitów dla soczewek oczu (150mSv) oraz skóry i kończyn (500 mSv).
2. Pracownicy kategorii B- pracownicy którzy w przeciągu roku mogą otrzymać dawkę efektywną większą niż 1mSv lub dawkę równoważną przekraczającą jedną dwunastą dozwolonych limitów dla soczewek oczu (150mSv) oraz skóry i kończyn (500 mSv).

Dla pracowników kategorii A stosuje się dawkomierze indywidualne, a dla pracowników kategorii B dawkomierze środowiskowe.

Aby można było wyznaczyć indywidualne równoważniki dawek Hp(10) i Hp(0,07) zostały opracowane dawkomierze fotometryczne i dawkomierze termoluminescencyjne które umożliwiły pomiary dawek od promieniowania rentgenowskiego, gamma, beta oraz neutronów termicznych w zakresie dawek od 0,1 mSv do 2 Sv.

Dawkomierz fotometryczny (fotograficzny) określa dawkę promieniowania jonizującego na podstawie zmian gęstości optycznej błony. Błona fotograficzna umieszczona zostaje w plastikowej kasetce w światłoszczelnym opakowaniu. Na wewnętrznej stronie kasetki znajdują się filtry które umożliwiają określenie rodzaju promieniowania. W opakowaniu znajduje się okienko przez które pada promieniowanie. Stopień zaczernienia błony mówi o ilości promieniowania, czyli dawki. Umożliwia również określenie rodzaju i energii tego promieniowania. Dawkomierz fotometryczny pozwala na mierzenie dawek promieniowania beta, gamma i X jak i dawki pochodzącej od neutronów termicznych.



Rysunek 9 Dawkomierz fotometryczny. Źródło: clor.waw.pl



Dawkomierz termoluminescencyjny jest substancją która po napromienieniu, a następnie ogrzaniu wywołuje luminescencję o natężeniu proporcjonalnym do dawki promieniowania. Składa się z płytki na której umieszczone są pastylki, całość umieszczona jest w opakowaniu a następnie w breloku który może posiadać filtr bądź też nie. Za pomocą dawkomierza termoluminescencyjnego można mierzyć dawki promieniowania X, gamma, beta i neutronów.

Rysunek 10 Dawkomierz termoluminescencyjny. Używany przez pracowników kategorii A. Źródło: Własne



Rysunek 11 Czytnik pozwalający na odczytywanie widm z dawkomierzy termoluminescencyjnych.  
Źródło: Własne



Rysunek 12 Kasetki z dozymetrami termoluminescencyjnymi które zostały już odczytane. Obok widoczne są koperty w których znajdują się dozymetry które należy jeszcze odczytać. Źródło: Własne.

Wywiad z pracownikiem mgr inż. Dariuszem Aksamitem

**M.K:- Zajmuje się pan dozymetrami termoluminescencyjnymi. Jak wygląda odczytywanie danych z takiej pastylki?**

**D.A:-** Technicznie sprawa jest prosta: wystarczy pastylkę podgrzać i zmierzyć intensywność jej świecenia, a następnie otrzymany wynik przemnożyć przez odpowiedni współczynnik kalibracyjny. Pierwszą część realizuje nam czytnik RE-1 i RE-2000 firmy Mirion Technologies. Znajduje się tam komora pomiarowa do której trafia pastylka, wyciągnięta automatycznie z dozymetru podanego do czytnika. Do komory dostaje się rozgrzany do około 250stC azot, ogrzewając pastylkę. Ten sposób grzania nazywamy grzaniem eksponencyjnym lub

stałotemperaturowym, w przeciwieństwie do czytników zmiennotemperaturowych, gdzie podnosimy temperaturę stopniowo. Rozgrzana pastylka – za sprawą termoluminescencji – świeci na 385nm, co jest mierzone przez fotopowielacz. Liczba zliczeń, czyli błysków, które zarejestrował fotopowielacz, jest proporcjonalna do pochłoniętej przez pastylkę dawki. Pozostało wymnożyć otrzymaną liczbę zliczeń przez odpowiedni współczynnik i mamy informację o dawce.

Tyle technika, ale ważna jest tu też praca organizacyjna. Ze względu na liczbę klientów, czyli zakładów stosujących promieniowanie jonizujące, konieczna jest sprawna praca techników podczas rutynowych odczytów. Przyjęcie dozymetrów, rozpakowanie ich, przygotowanie do odczytu, obliczenie dawek (w programie pobierającym pliki z czytnika), wgranie wyników do bazy danych umożliwiających podgląd wyników klientom, generowanie sprawozdania z badań, przygotowanie kolejnej partii detektorów, anilacja (wygrzanie w celu skasowania pozostałego sygnału) odczytanych detektorów – to cały łańcuch pracy, która musi być wykonana każdego kwartału ponownie, z taką samą skrupulatnością, jeśli system ma działać. Liczne procedury wewnętrzne regulują tę pracę, żeby nie zdarzały się pomyłki jak użycie błędnego współczynnika, odczyt w złej temperaturze czy pomylenie numeru dozymetru i przypisanie dawki innej osobie.

***M.K:- Jak często dokonuje się odczytów? Czy istnieją jakieś czynniki które utrudniają lub wręcz uniemożliwiają odczyty?***

**D.A:-** Zdecydowana większość pomiarów odbywa się w cyklu kwartalnym, czyli klient użytkuje nasze dozymetry przez trzy miesiące i przysyła je do odczytu (dostając w zamian przygotowaną nową serię na następny kwartał), ale często prowadzimy odczyty w cyklu miesięcznym, zdarza się też, że w dwumiesięcznym – wszystko zależy od specyfiki pracy klienta. Inne potrzeby ma zakład medycyny nuklearnej, gdzie każdego dnia może pojawić się skażenie, a inną gabinet dentystyczny z aparatem RTG. Sporadycznie może się okazać, że w zakładzie pracy nastąpiła awaria i dostajemy zlecenie odczytania dozymetrów w dowolnym momencie okresu pomiarowego, co wymaga szczególnej uwagi.

Ponieważ pastylki są grzane do wysokiej temperatury, a następnie mierzymy delikatne świecenie, to każde zanieczyszczenie może wpłynąć na proces odczytu. Zdarza się, że dozymetry z pastylkami zostały czymś zalane: ktoś trzymał go na biurku (zamiast na sobie...) i trącił puszkę z colą, ktoś w przemyśle pracuje z olejami, ktoś w szpitalu wyprał fartuch razem z dozymetrem... A zdarza się, że ktoś odstoniętą pastylkę pomaże długopisem lub otworzy dozymetr i weźmie pastylkę w palce – a potem nam w czytniku pozostawiony tłuszcz się zwęglą, a odczyt staje się niemożliwy... Na szczęście nowe konstrukcje dozymetrów coraz bardziej je uodporniają na wpływ użytkownika, uniemożliwiając otwarcie bez specjalnego narzędzia i stając się coraz bardziej szczelne. Stosuje się też po kilka pastylek w jednym dozymetrze, żeby porównać wyniki i ewentualnie odczyt z którejś pastylki odrzucić. Natomiast jeśli klient zgubił dozymetr to niestety, ale jak byśmy się nie starali, to dawki z niego nie odczytamy!

**M.K:- Co jest największym wyzwaniem w Pana pracy?**

**D.A:-** Różnorodność odbiorców naszych usług (szpitale, instytuty naukowe, zakłady przemysłowe, służby jak straż graniczna) implikuje różnorodność ich potrzeb oraz różnorodność warunków w jakich użytkowane są nasze detektory. Czasem wisi on trzy miesiące na ścianie spokojnie pracującego zakładu stomatologicznego i z kwartału na kwartał mamy odczyty na poziomie tła, czasem jest to dozymetr, który pracownik zakładu medycyny nuklearnej nosił na palcu podczas syntez w pracowni radiochemicznej, czasem oddaje nam go geolog, który mierzył w górach próbki skał przenośnym analizatorem rentgenowskim... zmienia się potencjalne ryzyko, zmienia się energia i typ mierzonego promieniowania, zmieniają się warunki środowiskowe na jakie dozymetr jest wystawiony. Wszystko to trzeba mieć na uwadze, żeby zapewnić, że odczyty są wiarygodne. Uwzględnienie wszystkich czynników wpływających na odczyt i wzięcie na nie poprawki to zdecydowanie ciekawe wyzwanie!

**M.K:- Dziękuję za rozmowę.**



**Rysunek 13 mgr inż. Dariusz Aksamit przy pracy. Źródło: Własne.**

## **6. Stanowisko Cytogenetycznej Rekonstrukcji Dawek**



**Rysunek 14 Stanowisko Cytogenetycznej Rekonstrukcji Dawek. Na zdjęciu widoczny jest mikroskop wraz z powiększeniem obrazu na którym znajdują się chromosomy. Źródło: [www.clor.waw.pl](http://www.clor.waw.pl)**

Rozdział „Stanowisko Cytogenetycznej Rekonstrukcji Dawek powstało na podstawie artykułu Marii Kowalskiej „Aberracje chromosomowe jako biologiczny wskaźnik napromienienia organizmu i dozymetr biologiczny „<sup>[2]</sup>

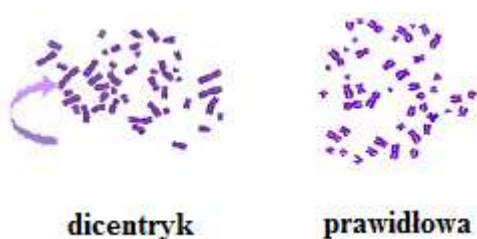
Stanowisko Cytogenetycznej Rekonstrukcji Dawek działa w ramach Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych . W grudniu 2010 r. jako pierwsze w Polsce, uzyskało akredytację Polskiego Centrum Akredytacji (PCA) dla metody cytogenetycznej oceny dawki

pochłoniętej. Jego zadaniem jest wyznaczenie, w oparciu o normę ISO 19238:2004 „Radiation Protection - Performance criteria for service laboratories performing biological dosimetry by cytogenetics” oraz normę PN-EN ISO/IEC 17025:2005 „Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących”, dawki pochłoniętej w ciele człowieka narażonego na działanie promieniowania jonizującego na podstawie oceny częstości występowania chromosomów dicentrycznych w limfocytach krwi obwodowej jako swoistego, biologicznego markera dawki przy napromienieniu zewnętrznym.

W zakresie akredytacji wyznaczane są dawki pochłonięte od promieniowania gamma  $^{60}\text{Co}$  i promieniowania rentgenowskiego o energii 122keV, dla zakresu pomiarowego od 0,25Gy do 4 Gy. Poza zakresem akredytacji istnieje możliwość wyznaczenia dawek od promieniowania gamma pochodzącego z innych radioizotopów, promieniowania r<sub>tg</sub> o innych energiach oraz szybkich neutronów jak również wyznaczenie dawki za pomocą metody przedwczesnej kondensacji chromosomów (z ang. *Premature Chromosome Condensation*, PCC), gdy istnieje możliwość narażenia na dawki promieniowania fotonowego większe od 4 Gy.

Dozymetria biologiczna pozwala na ocenę dawki pochłoniętej na podstawie zmian zachodzących w organizmie człowieka.

Cytogenetyczną metodę dozimetrii biologicznej stosuje się w przypadku wystąpienia zdarzenia radiacyjnego w którym brały udział osoby nie posiadające dawkomierza osobistego albo gdy uległ on uszkodzeniu bądź skażeniu substancjami promieniotwórczymi, a w miejscu zdarzenia nie były prowadzone kontrolne pomiary radiometryczne. Ma również zastosowanie gdy znacznie przekroczono dawkę graniczną lub gdy osoba pracuje w warunkach zmiennych pól promieniowania lub przewlekłego, wewnętrznego i zewnętrznego narażenia radiacyjnego.



Rysunek 15 Komórki prawidłowe i dicentryki. Źródło: [www.ifj.edu.pl/edu/mgr/nz55\\_7.php?lang=pl](http://www.ifj.edu.pl/edu/mgr/nz55_7.php?lang=pl)

Wyznaczanie częstości występowania chromosomów dicentrycznych jest najdokładniejszą i najlepiej sprawdzoną metodą laboratoryjną która pozwala na ocenę natężenia czynnika uszkadzającego DNA (np. dawki

pochłoniętej promieniowania) na podstawie zmian w komórkach lub tkankach człowieka (np. komórkach krwi obwodowej lub szpiku kostnego, kościach czy szklawie zębów). Na podstawie korelacji skutków napromienienia z badaniami modelowymi można oszacować dawkę pochłoniętą.

Chromosom to forma organizacji materiału genetycznego wewnątrz komórki. Chromosomy są zbudowane z dwóch chromatyd siostrzanych (podłużnych jego części) połączonych w jednym punkcie centromerem. Struktura i liczba chromosomów jest stała i



charakterystyczna dla danego gatunku. Ludzka komórka somatyczna zawiera 46 chromosomów, które występują w parach jako chromosomy homologiczne. Dzielą się one na 22 pary autosomów i 1 parę chromosomów płciowych (u kobiet złożona z dwóch chromosomów X, u mężczyzny z chromosomu X i chromosomu Y). Struktura chromosomu nie jest niezmienna, podlega on bowiem zmianom zwanym mutacjami. Mutacje dotyczące bezpośrednio chromosomów to aberracje chromosomowe lub mutacje genomowe.<sup>[4]</sup>

Dicentryki to najczęściej występujące aberracje chromosomowe powstające w wyniku wymiany części materiału chromosomowego pomiędzy dwoma pękniętymi chromosomami. Po równomiernym napromienieniu występują we wszystkich komórkach ciała, a ich częstość jest proporcjonalna do wielkości pochłoniętej dawki promieniowania.

Badania wykonuje się w dojrzałych limfocytach krwi obwodowej, które są długożyciowe. Pobudza się je do dzielenia w hodowli utrwała podczas pierwszego popromiennego podziału komórkowego, kiedy to chromosomy stają się maksymalnie zagęszczone i najłatwiej je oglądać pod mikroskopem. Zajmuje to zazwyczaj około 46-52 godziny. Następnie chromosomy nakładane są na szkiełka mikroskopowe i barwione barwnikiem Giemsy i porównuje z częstością dicentryków w limfocytach które zostały napromienione *in vitro* w podobnych warunkach. Należy przeanalizować 1000 komórek lub znaleźć 100 chromosomów dicentrycznych, a obserwowaną częstość występowania chromosomów dicentrycznych, przetwarza się na wartość dawki pochłoniętej za pomocą odpowiedniej krzywej wzorcowej. Krzywa ta wyznaczana jest w oparciu o wartości uzyskane w procesie wzorcowania polegającym na określeniu zależności między wzorcowymi dawkami promieniowania a częstościami występowania chromosomów dicentrycznych komórek napromienianych *in vitro*.

Dicentryki najlepiej sprawdzają się przy rekonstrukcji dawek niezbyt odległych w czasie, ponieważ poziom limfocytów zawierających chromosomy dicentryczne maleje. Połowiczny czas życia limfocytów z chromosomami dicentrycznymi w krwi obwodowej ocenia się na 130 dni.

Niestety ta metoda sprawdza się gdy dawki nie są większe od 4Gy, gdyż potem spada liczba limfocytów we krwi obwodowej lub następuje długotrwałe opóźnienie mitotyczne, spowodowane brakiem zdolności do „wejścia” w mitozę jego opóźnienie. Stosuje się wtedy metodę polegającą na przedwczesnej kondensacji chromosomów, które nie są jeszcze w fazie mitozy, uzyskiwaną poprzez działaniem inhibitorem fosfataz na komórki.

W Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej krzywe wzorcowe dla promieniowania gamma Co-60 oraz promieniowania rentgenowskiego o energii 122 keV, generowanego przy napięciu przyspieszającym 250 kV. Wykonano je w oparciu o limfocyty krwi obwodowej sześciu dawców. Limfocyty napromieniano wzorcowymi dawkami promieniowania X i gamma o wartościach: 0 (kontrola), 0.25, 0.5, 0.75, 1, 2, 3, 4 Gy, przy mocy dawki 0.35 Gy/min

## **7. Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania. Jod Promieniotwórczy w tarczycy**

W roku 1998 zainstalowano w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej aparaturę pozwalającą na pomiar zawartości jodu promieniotwórczego w tarczycy. Laboratorium Jodowe prowadzi systematyczne pomiary kontrolne napromienienia tarczycy jodem promieniotwórczym pracowników zakładów medycyny nuklearnej oraz ocenę dawek od wchłonięć jodu promieniotwórczego.

Zakres działalności:

- pomiar aktywności  $^{131}\text{I}$ ,  $^{125}\text{I}$  oraz  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  w tarczycach osób narażonych
- określenie dawki skutecznej
- analiza i optymalizacja źródeł narażenia
- wyznaczanie limitu użytkowego dawki
- ustawienie parametrów pracy i kalibracja urządzeń pomiarowych
- szkolenie w zakresie oceny i monitoringu narażenia wewnętrznego
- kontrola i pomiar aktywności w odstojnikach zakładów medycyny nuklearnej

Ocenę dawek prowadzi się na podstawie pomiarów aktywności  $^{131}\text{I}$  w tarczycy zgodnie z przepisami prawnymi znajdującymi się w :

- Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe.

- Rozporządzenie rady ministrów z dnia 28 maja 2002r, w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego

- Rozporządzenie ministra zdrowia z dnia 24 grudnia 2002r w sprawie warunków bezpieczeństwa stosowania promieniowania jonizującego w celach medycznych oraz sposobu wykonywania kontroli wewnętrznej nad przestrzeganiem tych warunków.

Laboratorium posiada stacjonarny oraz przenośny Zestaw Spektrometru Promieniowania Gamma.

W skład stacjonarnego Zestawu Spektrometru Promieniowania Gamma wchodzi:

- detektor  $\text{Na}(\text{TI})$  (typ 8024) - kryształ 3 x 3 cale, rozdzielczość 7.5% dla 661.6 keV,
- detektor  $\text{Na}(\text{TI})$  (typ 51SL12) - kryształ 2 x 0.5 cala, przeznaczony do pomiaru niskich energii gamma o zdolności rozdzielczej 15 % dla  $^{57}\text{Co}$  (122 keV) z przedwzmacniaczem AS-15,
- wbudowany fotopowielacz i wewnętrzna osłona



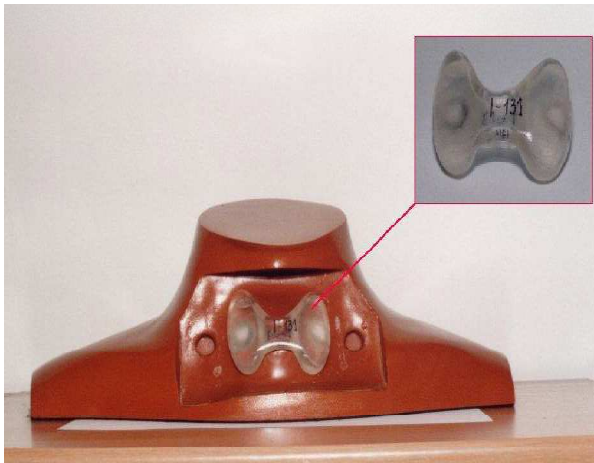
Rysunek 16 Stacjonarny Zestaw Promieniowania Gamma. Źródło: [www.clor.waw.pl](http://www.clor.waw.pl)

antymagnetyczna,

- karta komputerowa AccuSpect NaI Plus Board, stanowiąca wielokanałowy analizator spektrometryczny (4096 kanałów),
- pakiet oprogramowania do analizy i akwizycji widm GENIE-2000 Basic Spectroskopy.

W skład przenośnego Zestawu Spektrometru Promieniowania Gamma wchodzi:

- detektor NaI(Tl) (typ 8024 ) – kryształ 3 x 3 cale, rozdzielczość 7.5% dla 661.6 keV,
  - analizator NaI INSpEctor - zintegrowany przenośny analizator wielokanałowy do spektroskopii gamma detektorami NaI,
  - wzmacniacz spektrometryczny
  - przetwornik analogowo-cyfrowy ADC,
  - zasilacz wysokiego jak i niskiego napięcia,
  - pakiet oprogramowania do analizy i akwizycji widm GENIE-2000 Basic Spectroskopy.
- [1]



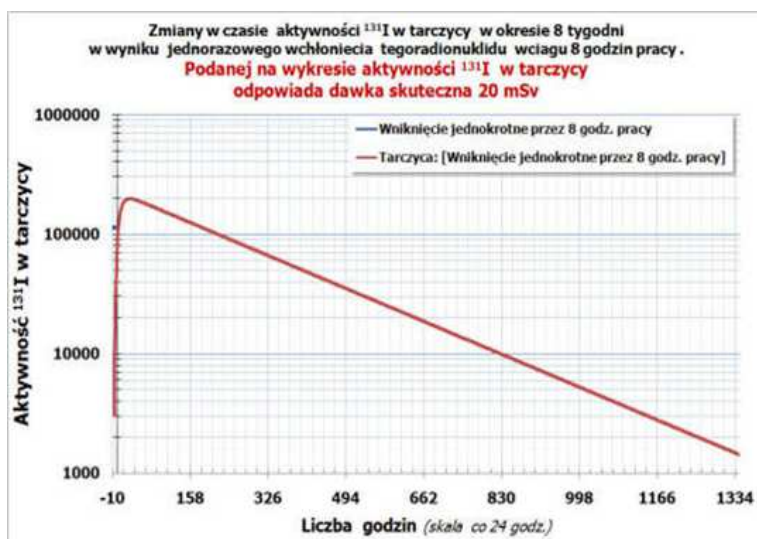
Rysunek 17 Fantom tarczycy na którym przeprowadzane są kalibracje wydajnościowe. Źródło: [www.clor.waw.pl](http://www.clor.waw.pl)

Laboratorium wyposażone jest również w fantom tarczycy typ RS-232 firmy RSD – Radiology Support Devices Inc USA. Jest to model bez głowy, składający się z szyi odcinka szyjnego kręgosłupa, mostka obojczyka i dwóch pojemników tarczycy podobnych które są napełnione roztworem I-131 i I-125. Został wykonany według standardu „The Lawrence Livemore Realistic Phantom” z poliuretanu z dodatkiem  $\text{CaCO}_3$ , o stężeniu niezbędnym dla symulacji gęstości tkanek ludzkiego ciała.

Przy pomocy tego fantomu przeprowadzane są kalibracje wydajnościowe zestawu przenośnego dla I-131 i I-125 oraz optymalizacja odległości położenia detektorów względem tarczycy w obu układach (stacjonarnym i przenośnym).

Najbardziej wiarygodną ocenę dawki skutecznej jest Bezpośredni pomiar aktywności promieniotwórczego jodu w tarczycy pracownika chociaż wymaga to znajomości rozkładu czasowego wnikania tego radionuklidu do organizmu pracownika. Wyróżnia się kilka typów wchłonięcia izotopów:

1. jednorazowe wniknięcie I-131 do organizmu pracownika do którego może dojść w wypadku zdarzenia radiacyjnego. Wielkość i zmiany w czasie aktywności I-131 mierzonych w tarczycy przedstawiono na wykresach:



Rysunek 13 Źródło: [www.clor.waw.pl](http://www.clor.waw.pl)

Aby obliczyć dawkę skuteczną jaką otrzymał dany pracownik, należy ustalić czas jaki upłynął od wniknięcia - do pomiaru I-131 w tarczycy, a po przeprowadzeniu pomiaru aktywności I-131 w tarczycy tego pracownika podzielić wynik pomiaru przez odpowiedni poziom odniesienia i pomnożyć przez 20.



Rysunek 14 Źródło: [www.clor.waw.pl](http://www.clor.waw.pl)

2. ciągłe wnikanie I-131 do organizmu pracownika przy stałym w czasie stężeniu aktywności I-131
3. wielokrotne wnikanie – określona liczba wniknięć w ciągu roku w zależności od cyklu pracy z jodem promieniotwórczym. Występuje podział na dwa warianty:
  - wariant 1: osoba przebywa 8 godzin dziennie w warunkach znaczącego stężenia aktywności I-131 w powietrzu
  - wariant 2: osoba przebywa 8 godzin w ciągu tygodnia w warunkach podwyższonego stężenia aktywności I-131

Aby obliczyć dawkę skuteczną jaką otrzymał dany pracownik (w mSv), należy przy założeniu cyklicznego powtarzania się czynności pracownika, po przeprowadzeniu pomiaru aktywności  $^{131}\text{I}$  w tarczycy tego pracownika podzielić wynik pomiaru przez odpowiedni poziom odniesienia i pomnożyć przez 20.

Przepisy dopuszczają również monitorowanie otoczenia pracowni – tzn. określenia średniego stężenia aktywności I-131 w powietrzu. Niestety jest to tylko szacunkowa metoda oceny dawek. Do wyliczenia dawki skuteczniej jaką otrzymał pracownik potrzebne jest przeprowadzenie pomiaru stężenia I-131 w pomieszczeniu i ustalenie typu pracy z jodem promieniotwórczym I-131 najbliższemu wariantowi podanemu w tabeli. Następnie należy podzielić wynik pomiaru przez odpowiedni poziom odniesienia i pomnożyć przez 20.

## 8. Dozymetria Radonu

Radon Rn-222 jest to promieniotwórczy gaz szlachetny, który występuje w przyrodzie. Jest bezzapachowy, bezsmakowy, niewidoczny i cięższy od powietrza. Powstaje w wyniku rozpadu radu. Głównym źródłem radonu jest gaz wydostający się z gleby, materiały budowlane, woda i gaz ziemny. Stanowi on 54% rocznej dawki dla mieszkańca Polski, która wynosi około 3mSv.<sup>[6]</sup>

Można go mierzyć za pomocą:



Rysunek 18 Przyrządy dozymetryczne. Po lewej stronie znajduje się radiometr górniczy, po prawej stronie znajduje się AlphaGUARD Źródło: Własne.

1. Detektorów węglem aktywnym- jest to szczelny pojemnik z aktywnym węglem który posiada zdolność adsorpcji radonu. Pomiar trwa 3-4 doby a odczyt detektora następuje w laboratorium.

2. Detektory Pico-Rad- wykorzystuje aktywny węgiel. Pomiar trwa 2-7 dni i jego odczyt następuje w laboratorium.

3. Detektory CR-39- składa się z folii CR-39 znajdującej się w plastikowym pojemniku przez które przenikają cząsteczki alfa emitowane przez radon i uszkodzają folię. Czas pomiaru to 2-3 miesiące.

4. Metody aktywne- polegają na bezpośredniej rejestracji radonu przy pomocy przenośnych komór jonizacyjnych.<sup>[1]</sup>

W Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej znajduje się Radonowe Stanowisko Wzorcowe, które jest komorą klimatyczną. Można w niej wytworzyć wzorcowe wartości stężeń radonu oraz jego produktów rozpadu, pozwala również określać rozkład średnic aerozoli będących nośnikami pochodnych radonu. Pozwala to na oszacowanie dawki efektywnej od promieniowania na układ oddechowy jak i kalibrację przyrządów.



Rysunek 19 Komora radonowa widoczna z zewnątrz. Źródło: Własne.



Rysunek 20 Widok wnętrza komory radonowej. Źródło: Własne.

Stężenie radonu mierzone jest w sposób ciągły referencyjnym przyrządem AlphaGUARD firmy Genitron Instruments GmbH działającym na zasadzie dyfuzyjnej komory jonizacyjnej. Natomiast stężenie energii potencjalnej  $\alpha$  monitorowane jest za pomocą przyrządów:

-WLx firmy Pylon

-modułu Radon WL Meter firmy Thomson & Nielsen

-spektrometru średnic aktywnych aerozoli RPPSS-Mk2 produkcji ARPANSA

Wzorcowanie wykonuje się według stosownych procedur:

- *QPP 1WRn* - Wzorcowanie przyrządów i eksponowanie wzorcowymi stężeniami detektorów i przyrządów do pomiaru stężenia radonu w powietrzu
- *QPP 2WRn* - Wzorcowanie przyrządów do pomiaru stężenia energii potencjalnej krótko-życiowych pochodnych radonu<sup>[1]</sup>



Wywiad z inż. Zuzanną Jarosz pracującą z komorą radonową.

***M.K:- Jak wygląda praca z komora radonową? Czy jest to urządzenie trudne w obsłudze?***

**Z.J:-** Komora klimatyczno – radonowa w CLOR to coś więcej niż tylko szczelnie zamknięty blaszany pokój. Pozwala na uzyskanie wewnątrz dowolnych warunków klimatycznych temperatury i wilgotności powietrza w bardzo szerokim zakresie (od -30 do 60 st C i od 10 do nawet 98% wilgotności). Służy głównie do wzorcowania przyrządów radonowych, ale dzięki dodatkowemu wyposażeniu mamy też możliwość prowadzenia badań i pomiarów stężenia radonu, stężenia energii potencjalnej alfa produktów rozpadu radonu i badania rozkładu średnic aerozoli promieniotwórczych.

Rysunek 21 inż. Zuzanna Jarosz podczas pracy.  
Źródło: Materiały prywatne Zuzanny Jarosz

Należy jednak pamiętać, że w przypadku stanowiska radonowego mamy do czynienia ze źródłem promieniowania jonizującego. Nie tylko w postaci soli radu znajdujących się w źródłach o znacznej aktywności podłączonych na zewnątrz komory, ale także z dużo bardziej szkodliwym promieniowaniem alfa i promieniotwórczym gazem radonem o stężeniach często przekraczających kilkaset, a nawet kilka tysięcy razy stężenia występujące w naszym otoczeniu. Pracujemy tu w warunkach narażenia i musimy zachowywać wszelkie środki ostrożności.

***M.K:- Jakich przyrządów używa Pani do pomiaru stężeń radonu?***

**Z.J:-** Używam zarówno mierników aktywnych, które pokazują wynik pomiaru w czasie rzeczywistym, jak też detektorów pasywnych, które dają informację o średnim stężeniu radonu w dłuższym okresie czasu. Są to detektory śladowe, z węglem aktywnym, elektretowe, scyntylacyjne – każdy z nich ma inne właściwości i dobiera się je odpowiednio do warunków planowanej ekspozycji.

**M.K:- Jakie prowadziła pani najciekawsze badania w CLOR?**

**Z.J:-** Zazwyczaj badania radonu są dość przewidywalne – znamy średnie wartości stężenia radonu, jakich możemy się spodziewać w budynkach, jakich na zewnątrz, jakich na niższych piętrach, w piwnicach, w powietrzu glebowym. Samo wzorcowanie przyrządów też jest czynnością raczej powtarzalną. Zdarzyło mi się jednak prowadzić badania, których wynik zupełnie mnie zaskoczył. Polegały one na pomiarach stężenia radonu pochodzącego od nieosłoniętych elementów tarcz zegarowych i innych przedmiotów codziennego użytku pokrytych farbą radową.

**M.K:- Co jest największym wyzwaniem w Pani pracy?**

**Z.J:-** W Polsce świadomość dotycząca zagrożenia wynikającego z obecności radonu w powietrzu jest wciąż bardzo mała. Więcej osób słyszało o leczniczych właściwościach kąpeli radonowych niż o tym, że radon i jego produkty rozpadu stanowią drugi z głównych czynników powodujących nowotwory układu oddechowego. Dlatego myślę, że próba zwrócenia uwagi na ten temat, uświadomienia zagrożenia i konieczności prowadzenia pomiarów w naszym otoczeniu jest pewnego rodzaju misją, którą staram się realizować poprzez swoją pracę.

**M.K:- Dziękuję za rozmowę.**

## **9. Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych.**



Rysunek 22 Wejście do Pracowni Wzorcowania. Drzwi otwierane są jedynie za pomocą specjalnej karty lub kodu- osoby z zewnątrz mogą wchodzić tylko w obecności pracowników pracowni. Źródło: Własne.



W 1967 roku powstało Laboratorium Wzorcowania, które w 2003 roku uzyskało Certyfikat Akredytacji Laboratorium Wzorcującego Nr AP 057 potwierdzony przez Polskie Centrum Akredytacji. W 2010 roku Pracownia wzorcowania połączyła się z Pracownia Dozymetrii Radonu. <sup>[1]</sup>

Laboratorium wykonuje rocznie około 700 wzorcowań dla około 50 typów różnych przyrządów i sond stosowanych dla potrzeb kontroli narażenia zawodowego lub monitoringu narażenia ludności i środowiska.

W laboratorium znajdują się stanowiska kalibracyjne:

- **Stanowisko kalibracyjne gamma**



Rysunek 23 Stanowisko kalibracyjne gamma. Na pierwszym planie znajduje się biurko na którym pozostawione SA przyrządy dozymetryczne w dalszej części widać iradiator oraz lasery które pomagają w ustawianiu przyrządów w wiązce. Źródło: Własne.



Rysunek 24 Irradiator wraz z ławą kalibracyjną. Widoczna jest również kamera dzięki której mamy możliwość podglądu przyrządów podczas napromieniania. Źródło: Własne.

W skład stanowiska wchodzi iradiator zawierający źródła Cs-137, Co-60 i Am-241 które są co trzy miesiące odpowiednio wzorcowane na moc dawki. Przyrządy dozymetryczne mocowane są na specjalnej ławie kalibracyjnej długości 6 m, a całość jest obsługiwana ze sterowni. Napromienienia odbywają się zgodnie z procedurą wzorcowania QPP 1G obowiązującą w laboratorium.



Rysunek 25 Sterownia stanowiska gamma. Po prawej stronie znajdują się monitory. Na jednym możliwy jest podgląd obrazu z kamery znajdującej się w pracowni, a na drugim ustawiana jest odległość ławy kalibracyjnej. Źródło: Własne.

- ***Stanowisko kalibracyjne promieniowania rentgenowskiego***

W skład stanowiska wchodzi generator promieniowania rentgenowskiego, typu HF 320C Pantak o zakresie wysokich napięć 5 – 320 kV i zakresie prądu 0,1 – 10 mA. Przyrządy dozymetryczne mocowane są na ławie kalibracyjnej długości 7 m. Zdalny odczyt danych pomiarowych z badanych przyrządów jest możliwy w sterowni w przy pomocy kamery TV.



Rysunek 26 Sterownia stanowiska promieniowania rentgenowskiego. Widoczny jest UNIDOS a po lewej stronie znajduje się urządzenie sterujące karuzelą z warstwami pochłonnymi. Źródło; Własne.

Napromienienia odbywają się zgodnie z wymaganiami norm ISO 4037-1, 2 i 3. Istnieje możliwość ustawienia serii „wąskich widm”:

Tabela 1 Energie widm na stanowisku kalibracyjnym promieniowania rentgenowskiego.

Widmo	Energia [keV]
N-60	48
N-80	65
N-100	83
N-120	100
N-150	118
N-200	164
N-250	208



Rysunek 27 Stanowisko kalibracyjne promieniowania rentgenowskiego. Na zdjęciu widoczna jest ława kalibracyjna do której przymocowana została litrowa komora jonizacyjna. W dalszej części zdjęcia znajduje się koło z filtrami, które pozwalają na uzyskanie poszczególnych widm wymienionych w tabeli 1. Źródło: Własne.

- **Stanowisko kalibracyjne beta**

Stanowisko wyposażone jest w trzy źródła  $\beta$ - promieniotwórcze

- $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$  - średnia energia promieniowania beta wynosi 0,8 MeV, które objęte jest akredytacją
- $^{85}\text{Kr}$  - średnia energia promieniowania beta wynosi 0,24 MeV, które objęte jest akredytacją
- $^{141}\text{Pm}$  - średnia energia promieniowania beta wynosi 0,06 MeV, nie jest objęte akredytacją

System zgodny jest z wymaganiami zawartymi w normie ISO 6980.



Rysunek 28 Stanowisko kalibracyjne beta. Na zdjęciu widoczny jest również fantom na który przymocowywane SA dozymetry podczas napromieniowań. Z tyłu znajduje się stanowisko neutronowe. Źródło; Własne.

- **Stanowisko kalibracyjne neutronowe**

Stanowisko wyposażone w izotopowe źródło promieniowania neutronowego Am-Be o emisji neutronów wynoszącej  $1,1 \times 10^7$  n/s.



Rysunek 29 Stanowisko kalibracyjne neutronowe. Szyny pozwalają na regulowanie odległości. Źródło: Własne.

- **Stanowisko kalibracyjne skażeń powierzchniowych**

Stanowisko wyposażone jest w zestaw wzorcowych źródeł powierzchniowych promieniowania:

$\alpha$  - źródłem jest Am- 241

$\beta$ - źródłem są C-14, Cl-36, Sr-90

- **Stanowisko kalibracyjne radonowe**

Stanowisko wyposażone jest w komorę radonową. Całość została opisana w rozdziale 8. Dozymetria Radonu.



Rysunek 30 Komora radonowa. Widok wnętrza komory. Źródło: Własne.

Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych wykonuje pomiary zgodnie z procedurami:

- *QPP 1G* - Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych z zastosowaniem promieniowania gamma
- *QPP 3G* - Napromienianie Wzorcowymi Dawkami Promieniowania Gamma Dawkomierzy Indywidualnych Filmowych i Termoluminescencyjnych
- *QPP 1R* - Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych z zastosowaniem promieniowania rentgenowskiego
- *QPP 2R* - Napromienianie wzorcowymi dawkami promieniowania rentgenowskiego dawkomierzy indywidualnych filmowych i termoluminescencyjnych

- *QPP 2S* - Wzorcowanie mierników i monitorów powierzchniowej emisji promieniowania emiterami alfa i beta
- *QPP B* - Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych oraz napromienianie dawkomierzy pasywnych i aktywnych z zastosowaniem promieniowania beta
- *QPP 1WRn* - Wzorcowanie przyrządów i ekspozycja wzorcowymi stężeniami detektorów i przyrządów do pomiaru stężenia radonu w powietrzu
- *QPP 1WRn* - Wzorcowanie przyrządów do pomiaru stężenia energii potencjalnej krótko-życiowych pochodnych radonu <sup>[1]</sup>

Krótki wywiad z mgr inż. Katarzyną Wołoszczuk- kierownikiem Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych:

***M.K:- Wyznacza Pani aktywności źródeł promieniotwórczych znajdujących się w CLOR. Jak należy wykonywać wzorcowanie źródeł? Jakich przyrządów używa Pani do tego celu?***

K.W:- Nie wyznaczam aktywności źródeł, tylko raz na kwartał robię pomiary mocy dawki, wyznaczając tzw. wartości wzorcowe. Pomiary są robione zestawami komory jonizacyjnej + elektrometru.

***M.K:- Jak często należy dokonywać nowych pomiarów?***

K.W:- Pomiary wykonywane są raz na kwartał, ze względu na stosunkowo krótki okres półrozpadu Co-60.

***M.K:- Jakie zadania należą do Pani obowiązków jako kierownika Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych?***

K.W:- W Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych pełnię funkcję kierownika laboratorium i kierownika ds. technicznym, wiąże się z tym m.in. kontrola jakości pomiarów, nadzór nad wyposażeniem, szkolenie nowych pracowników, formalności związane z akredytacją, reprezentowanie lab. na konferencjach, udział w projektach i grantach.

***M.K:- Co jest największym wyzwaniem w Pani pracy?***

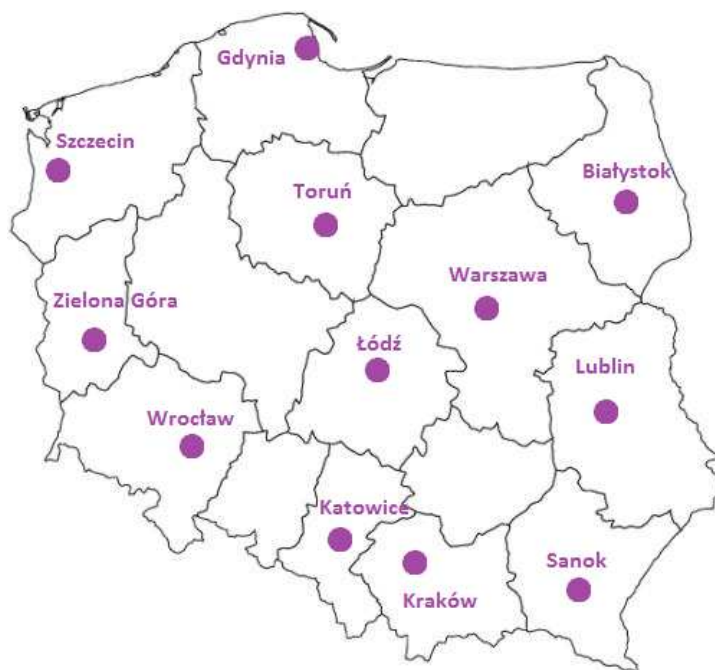
K.W:- Największym wyzwaniem w pracy jest obecnie utrzymanie sensownej proporcji między pracą "papierkową" a badawczą.

***M.K:- Dziękuję bardzo!***

## 10. Stacje Monitorujące Powietrze

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej jest właścicielem sieci 12 stacji ASS-500, wchodzących w skład polskiego systemu wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych. Stacje te zlokalizowane są w następujących miejscowościach:

- Warszawa
- Białystok
- Katowice
- Gdynia
- Kraków
- Lublin
- Łódź
- Sanok
- Szczecin
- Toruń
- Wrocław
- Zielona Góra



Rysunek 31 Mapa stacji wykrywania skażeń promieniotwórczych.

Wyniki ze wszystkich stacji są wysyłane w cyklu tygodniowym do Zakładu Dozymetrii Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej, gdzie opracowuje się zbiorcze raporty miesięczne i kwartalne przekazywane do Państwowej Agencji Atomistyki. <sup>[1]</sup>



Rysunek 32 Stacja ASS-500. Widok wnętrza stacji. Stacja znajduje się na zewnątrz budynku CLOR.  
Źródło: [www.badania-nieniszczace.info](http://www.badania-nieniszczace.info)

Stacja ASS-500 jest przeznaczona do monitoringu zanieczyszczeń powietrza w sytuacji normalnej i zagrożenia radiacyjnego. Możliwy jest pobór aerozoli z objętości nawet 105 m<sup>3</sup>. Pozwala to na wykonanie precyzyjnych pomiarów spektrometrycznych które mogą być prowadzone w zmiennych warunkach atmosferycznych. W normalnej sytuacji prowadzony jest tygodniowy okres poboru próbek, a w sytuacji zagrożenia częstość pobierania próbek zostaje zwiększona.

Do pomiarów stosowany jest filtr Petrinowa typu FPP-15-15 o wysokiej wydajności zbierania. Dodatkowo stacja jest wyposażona w sondę scyntylicyjną, która rejestruje sytuacje radiologiczną on-line. Raz na godzinę przesyłane zostaje do komputera widmo, które jest wskaźnikiem pojawienia się zagrożeń radiacyjnych .

Filtry pochodzące ze stacji badane są za pomocą spektrometru HPGe wzorcowanego za pomocą Cs-137 i Ba-133. Na podstawie analizy filtrów można wyznaczyć i oznaczyć ilościowo radionuklidy sztuczne i naturalne nawet przy stężeniach rzędu 1  $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ . Detektor analizujący próbki znajduje się w niskotłowym domku osłonowym (zmniejsza to dwukrotnie tło). Każda próbka mierzona jest dwa razy. Wstępny pomiar trwa 3000s i jeśli nic nie wykaże to drugi wykonywany jest po 2 dobach i trwa 80 000s.

Przygotowanie próbki polega na sprasowaniu jej do postaci krążka o średnicy 51 mm i grubości 4-8 mm. W oparciu o pomiary określone są stężenia każdego radionuklidu występującego w badanym powietrzu.

## **11.Promieniotwórczość Materiałów Budowlanych**

Rozdział Promieniotwórczość Materiałów Budowlanych powstał na podstawie artykułu „Analiza i ocena zmian radioaktywności surowców i materiałów budowlanych stosowanych w Polsce”, Alfred Żak, Małgorzata Biernacka, Katarzyna Posluszny.

Od 1980 roku Pracownia Promieniotwórczości Naturalnej prowadzi badania atestacyjne surowców i materiałów przeznaczonych dla budownictwa. Badania są prowadzone zgodnie z wymaganiami Normy PN-EN ISO/IEC 17025 „Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących”. Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej posiada akredytację Nr AB 1108 na wykonywanie badań promieniotwórczości naturalnej w próbkach surowców i materiałów budowlanych.

Na wyposażeniu laboratorium znajduje się trzyzakresowy analizator służący do pomiarów zawartości naturalnych radionuklidów jakimi są Ra-226, Th-232, K-40. Pozwala on na określenie wartości wskaźników aktywności  $f_1$  i  $f_2$  oraz mocy dawki promieniowania.

Wskaźniki aktywności:

- Wskaźnik aktywności  $f_1$  określa zawartość naturalnych izotopów promieniotwórczych

$$f_1 = \frac{S_k}{3000} + \frac{S_{Ra}}{300} + \frac{S_{Th}}{200}$$

- Wskaźnik aktywności  $f_2$  określa zawartość radu Ra-226

$$f_2 = S_{Ra}$$

$S_{Ra}$  – stężenie radu Ra-226

$S_k$  – stężenie potasu K-40

$S_{Th}$  – stężenie toru Th-232

Wartości wskaźników aktywności  $f_1$  i  $f_2$  nie mogą przekraczać o więcej niż o 20% wartości:



- $f_1=1$  Bq/kg i  $f_2=200$  Bq/kg dla surowców i materiałów budowlanych stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego,
- $f_1=2$  Bq/kg i  $f_2=400$  Bq/kg dla odpadów przemysłowych stosowanych w obiektach budowlanych naziemnych wznoszonych na terenach zabudowanych lub przeznaczonych do zabudowy w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego, oraz niwelacji takich terenów,
- $f_1=3,5$  Bq/kg i  $f_2=1000$  Bq/kg dla odpadów przemysłowych stosowanych w częściach naziemnych obiektów budowlanych niewymienionych w poprzednim punkcie
- $f_1=7$  Bq/kg i  $f_2=2000$  Bq/kg dla odpadów przemysłowych stosowanych w częściach podziemnych obiektów budowlanych

Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej wykonuje:

- Analizy i oceny radioaktywności surowców i materiałów budowlanych,
- Wzorce kalibracyjne do pomiarów radioaktywności naturalnej surowców i materiałów budowlanych,
- Badania radioaktywności gamma różnych próbek środowiskowych,
- Analizę materiałów rozszczepialnych,
- Badania promieniowania gamma oraz ocenę poziomu narażenia człowieka.
- Ekspertyzy radiologiczne w terenie

## **12. Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych**



Rysunek 33 Laboratorium Analiz Radiochemicznych. Źródło: [www.badana-nieniszczace.info](http://www.badana-nieniszczace.info)

Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych jest laboratorium akredytowanym i działa w ramach Zakładu Higieny Radiacyjnej CLOR. Zajmuje się:

- Oznaczaniem stężenia promieniotwórczego izotopów gamma promieniotwórczych w próbkach żywności, pasz, wody, gleby, drewna, osadów dennych, metodą spektrometryczną.
- Oznaczaniem stężenia promieniotwórczego trytu, strontu-90, uranu-238, 234, 235 oraz całkowitej promieniotwórczości alfa i beta w próbkach wody metodą radiochemiczną.
- Oznaczaniem stężenia promieniotwórczego trytu, plutonu-239, 240, 238, uranu-238, 234, 235 w próbkach moczu metodą radiochemiczną.
- Oznaczaniem stężenia promieniotwórczego plutonu-239, 240, 238, strontu-90 i uranu-238, 234, 235 w próbkach żywności metodą radiochemiczną.
- Oznaczanie stężenia promieniotwórczego plutonu-239, 240, 238 w próbkach gleby i osadów dennych metodą radiochemiczną.

### ***13.Szkolenie Inspektorów Ochrony Radiologicznej***

Szkoleniem Inspektorów Ochrony Radiologicznej zajmuje się Dział Szkoleń.

Prowadzone szkolenia :

- na uprawnienia inspektora ochrony radiologicznej typu **IOR-1Z, IOR-1R, IOR-1, IOR-3**
- szkolenia typu **A-A** dla operatorów akceleratorów stosowanych do celów innych niż medyczne oraz dla operatorów akceleratorów stosowanych do kontroli na przejściach granicznych;
- szkolenia **S-A, S-Z** dla operatorów akceleratorów w celach medycznych lub urządzeń do teleterapii i brachyterapii;
- szkolenia różnych grup zawodowych którym jest potrzebna znajomość zasad ochrony radiologicznej
- szkolenia aktualizujące wiedzę dla osób, które pełnią funkcje Inspektorów Ochrony Radiologicznej (IOR) w zakładach pracy a ich uprawnienia IOR wygasają.

Każde szkolenie kończy się egzaminem zdawanym przed Komisją powołaną przez Prezesa PAA lub Głównego Inspektora Sanitarnego.

Warunki uczestnictwa w szkoleniu:

- zaświadczenie lekarskie pozwalające na pracę w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące
- posiadanie odpowiedniego wykształcenia
- posiadanie odpowiedniego stażu pracy

Szczegółowe wymagania znajdują się w:

Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 10 sierpnia 2012r.; Dz. U. 2012 poz. 1022

Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 1 grudnia 2006r.; Dz. U. Nr 239 poz. 1737



GLÓWNY INSPEKTOR SANITARNY

ZAŚWIADCZENIE Nr R / 2011  
(rok)

**O NADANIU UPRAWNIENÍ  
INSPEKTORA OCHRONY RADIOLOGICZNEJ TYPU R W PRACOWNIACH  
STOSUJĄCYCH APARATY RENTGENOWSKIE  
W CELACH MEDYCZNYCH**

Na podstawie art. 7 ust. 7 ustawy z dnia 29 listopada 2000 r. – Prawo atomowe (Dz.U. z 2004 r. Nr 161, poz. 1689, z późn. zm.)

Pan(i)

.....  
(imię i nazwisko)

data i miejsce urodzenia .....

nr ewidencyjny PESEL, a w przypadku gdy ten numer nie został nadany – numer paszportu, dowodu osobistego lub innego dokumentu potwierdzającego tożsamość .....

**uzyskał(a) uprawnienia inspektora ochrony radiologicznej typu R  
do sprawowania nadzoru w pracowniach stosujących aparaty rentgenowskie  
do celów diagnostyki medycznej, radiologii zabiegowej, radioterapii  
powierzchniowej i radioterapii schorzeń nienowotworowych**



(pieczęć okrągła)

Warszawa, dnia ..... 2011 r.

.....  
(Główny Inspektor Sanitarny)

## **14. Współpraca.**

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej współpracuje z ośrodkami krajowymi jak i zagranicznymi.

Współpraca naukowa:

- Instytut Pierwiastków Transuranowych ITU, JRC, Unia Europejska: Współpraca w projekcie „Harmonizacja technik i metodologii w pomiarach promieniotwórczości w środowisku” (12 laboratoriów z 8 krajów) W ramach projektu będą prowadzone prace w zakresie weryfikacji metodyk stosowanych przy oznaczeniach rutynowych oraz w warunkach alarmowych.
- Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej, MAEA, Wiedeń, Austria:
  - a) CLOR jest współ-koordynatorem krajowym projektu MAEA “The regional Technical Cooperation project RER/9/094 Upgrading National Capabilities in Controlling Public Exposure”, 2007-2011,
  - b) udział w ćwiczeniach interkalibracyjnych: oznaczanie 238U, 234U, 226Ra i 228Ra w wodach,
  - c) udział w programie EMRAS (Environmental Modeling for Radiation Safety): prowadzenie Jodowej Grupy Roboczej zajmującej się testowaniem i walidacją modeli komputerowych służących do przewidywania dawek i skażeń środowiska przy uwolnieniach promieniotwórczego jodu z instalacji jądrowych.
- Komisja Helsińska (HELSINKI COMMISSION, BALTIC MARINE ENVIRONMENTAL PROTECTION COMMISSION, HELCOM MORS): CLOR prowadzi prace związane z monitoringiem substancji promieniotwórczych w Morzu Bałtyckim (współpraca wszystkich krajów nadbałtyckich).
- Wymiana wyników dotyczących radioaktywności przyziemnej warstwy powietrza: Belarus State Department for Hydrometeorology, Centre of Radiation and Environment Monitoring, Białoruś; Physikalisch – Technische Bundesanstalt, Niemcy; Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety, Finlandia; “Frederic Joliot-Curie” National Research Institute for Radiobiology and Radiohygiene, Węgry; State Nuclear Regulatory Administration, Ukraina; Federal Office of Public Health, Division of Radiation Protection, Szwajcaria.
- Współpraca w dziedzinie pomiarów radonu i jego produktów rozpadu: National Radiation Protection Institute, Development & Rn Standardization, Czechy; State Metrological Center for Radon, National Authority for NBC Protection, Czechy.
- Komisja Wspólnoty Europejskiej:
  - a) w projekcie PR6 STRP RAD PROT-2005/6-3.3.4.1-2 (2006-2009) „Triage, monitoring and treatment – handbook for management of the public in the event of malevolent use of radiation”;

- b) koordynuje prace związane z długoletnim programem szkoleniowym w zakresie bezpieczeństwa i ochrony radiologicznej oraz przeprowadzenie szkoleń w ramach projektu Transition Facility 2005/017-488.03.06 „Bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna”;
- c) uczestnikiem programu badawczego realizowanego w ramach 6-tego programu Ramowego UE „ERICA, Environmental Risks from Ionising Contaminants: Assessment and Management”;
- d) CLOR prowadzi punkt kontaktowy dla program UE “EUROPEAN TRAINING AND EDUCATION IN RADIATION PROTECTION PLATFORM”. <sup>[1]</sup>

## **15.DODATEK. Fizyk Medyczny- Wywiad z mgr inż. Dariuszem Aksamitem**

***M.K: - Wiele osób zastanawia się co tak naprawdę można robić po ukończeniu Fizyki medycznej. Czy mógłby Pan powiedzieć jakie są możliwości rozwoju zawodowego?***

**D.A:-** Być fizykiem medycznym. I rozumiem, że w pytanie do tego zmierza czym jest klasyczna praca fizyka medycznego? Rozdzielmy na początek fizyków pracujących klinicznie i naukowo. Miejscem tych pierwszych jest każdy zakład stosujący promieniowanie jonizujące: radioterapii, medycyny nuklearnej, obrazowania (tomografia komputerowa, rezonans magnetyczny). W tych miejscach prawo (rozporządzenia Ministra Zdrowia) wymaga, żeby na określoną liczbę pacjentów przypadała odpowiednia liczba etatów fizyków medycznych. W centrach onkologii główna praca to udział w planowaniu radioterapii (opracowanie planu leczenia (napromieniień) pacjenta wedle zaleceń lekarza-onkologa), testy specjalistyczne aparatury (akceleratorów do napromieniień), dozymetria wiązek terapeutycznych, kontrola jakości. W medycynie nuklearnej to oczywiście również testy aparatury i zapewnienie jej poprawnego działania, ale też dozymetria pacjenta wchłaniającego izotopy, często też zapewnienie ochrony radiologicznej w zakładzie (pomiar skażeń, kontrola dawek pracowników, gospodarowanie odpadami promieniotwórczymi). Przy diagnostyce obrazowej to oczywiście również testy i kontrola aparatury, ale też tworzenie nowych protokołów badań. Krótko mówiąc: dużo pracy ze sprzętem, dużo pomiarów, dużo analizowania danych, dużo pracy przy komputerze. Dużo wszystkiego, to intensywna praca, ale jeśli ratujemy ludzkie życie, to ciężko robić to na pół gwizdka. Jesteśmy na pierwszej linii frontu, praktycznie przy łóżku pacjenta.

Co innego praca naukowa – tu stanowimy zaplecze dla tej pierwszej linii. Dostarczamy im nowych detektorów, nowych aparatów, nowych metod badawczych, nowych wyników badań na komórkach i zwierzętach, nowych analiz danych epidemiologicznych... instytutów naukowych i kierunków badań, a także bardzo atrakcyjnych finansowo ofert uczestniczenia w grantach w ramach studiów doktoranckich (szczególnie na zagranicznych uczelniach) jest tak przytłaczająca ilość, że odeślę do googla. Praca naukowa jest dużo mniej regularna i rutynowa, pacjenta widzimy jako zapis w bazie danych, jest to z pewnością mniej obciążające

psychicznie. Ale za to badania potrafią być bardzo żmudne i niewdzięczne, a wyniki często są negatywne lub pojawiają się po latach prób – trzeba pamiętać, że nauka rozwija się małymi krokami. Od próbki czy symulacji komputerowej do nowego rozwiązania wdrożonego w szpitalu jest daleka droga. Ale bez niej wciąż leczylibyśmy trzema zdrowaśkami w piecu, a nie ciężkimi jonami!

Na marginesie dodam pewną oczywistość, że wcale po fizyce medycznej nie trzeba być fizykiem medycznym. Można być przedstawicielem handlowym firmy medycznej, pracować w banku czy korporacji, założyć firmę produkującą gry planszowe albo podróżować po świecie i utrzymywać się z reklam na swoim poczytnym blogu i pisania książek. Te studia z pewnością dają szeroką perspektywę i poszerzają horyzont, to bardzo cenne. A w życiu trzeba robić to co się uwielbia, to powinno być najważniejszym kryterium przy wyborze pracy z jakiej się będziemy utrzymywać. Nic gorszego niż sfrustrowany człowiek, który nie lubi swojej pracy!

***M.K: - Jakie cechy powinien mieć dobry fizyk medyczny?***

**D.A:-** Na pewno wrodzoną ciekawość i pęd do wiedzy, bo to bardzo dynamicznie rozwijająca się dziedzina i trzeba włożyć dużo wysiłku, żeby być na bieżąco – czytać olbrzymie ilości publikacji naukowych, jeździć na konferencje i szkolenia. To nie jest zawód typu ‘nauczyłem się raz i mam do emerytury posadkę’, ale cały czas trzeba uaktualniać swoją wiedzę i mieć świadomość, że zaraz i tak będzie nieaktualna.

Przyda się też cierpliwość – zarówno w pracy naukowej, o której pisałem wyżej, jak i tej szpitalnej. Same pomiary potrafią być bardzo żmudne, a czasem sprawdzane po kilka razy przez kilka osób – przypominam, że pomyłka może zakończyć się czyjąś śmiercią. A pacjent to nie próbka, którą jak się spali to przygotujemy sobie od nowa, albo symulacja, która jak się zacięła to puścimy na innym komputerze. Z tej perspektywy należy patrzeć na to, że program prowadzący do zdobycia tytułu specjalisty zajmuje kolejne trzy lata po studiach.

Czy trzeba pisać, że też odpowiedzialność? Osoba, która ma w zwyczaju machnąć ręką i rzucać tekstami „ojtamojtam”, która jest nierozważna, nieodpowiedzialna, lekkomyślna, która nie jest sumienna i skrupulatna powinna się trzymać z daleka od szpitala. Tę pracę trzeba wykonywać z refleksją nad tym co, jak i po co się robi. Nie jesteśmy od wciskania guzika „start”. I nie możemy olewać naszych obowiązków, tak jak często studenci olewają swoje...

***M.K:- Jest Pan zadowolony z wyboru kariery zawodowej? Czy jeśli miałby Pan możliwość ponownego wyboru, to podjąłby Pan taką samą decyzję?***

**D.A:-** Kłuje mnie słowo „kariera” bo kojarzy mi się z pięciem się po szczeblach w korporacji i oceną sukcesu człowieka jedynie przez pryzmat jego sytuacji finansowej. Ja o swojej pracy myślę w kategoriach przygody, wyzwania, pasji, odkrywania, a nie zawodu. Ale tak, jestem zadowolony z tego co robię, bo żyję tym co robię, cieszy mnie to, rozwija i daje ogromną

satysfakcję, że robię coś ciekawego, a jeszcze mi za to płacą. Co do zmiany wyboru, to co najwyżej może bym szybciej zdecydował się na wyjazd za granicę – to bardzo niezdrowo dla kreatywności siedzieć w jednym miejscu zbyt długo;)

**M.K:- Dziękuję bardzo.**

## **Bibliografia:**

- [1] [www.clor.waw.pl](http://www.clor.waw.pl) (odwiedzone: 23/01/2015)
- [2] „Aberracje chromosomowe jako biologiczny wskaźnik napromienienia organizmu i dozymetr biologiczny”, Maria Kowalska Dostępne: [http://www.clor.waw.pl/ochrona/doz\\_cyt/aberracje\\_chromosomowe.pdf](http://www.clor.waw.pl/ochrona/doz_cyt/aberracje_chromosomowe.pdf) (odwiedzone: 12/01/2015)
- [3] „Wspomnienia z przeszłości Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej”, prof. dr hab. Jerzy Peńsko, Dostępne: [http://www.clor.waw.pl/clor/historia/wspomnienia\\_pensko.pdf](http://www.clor.waw.pl/clor/historia/wspomnienia_pensko.pdf) (odwiedzone: 25/01/2015)
- [4] [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) hasło: Chromosom, (odwiedzone: 26/01/2015r)
- [5] <http://www.if.pw.edu.pl/~pluta/pl/dyd/mtj/za199/milewska/Dozymetria/page6.html> (odwiedzone: 24/01/2015)
- [6] Ulotka informacyjna „Radon Jak powstaje... Gdzie występuje... Jak go mierzymy... Jak się chronić...”, zaprojektowana i opracowana przez Laboratorium Promieniotwórczości Naturalnej Instytutu Fizyki Jądrowej PAN, Kraków 2004
- [7] „Analiza i ocena zmian radioaktywności surowców i materiałów budowlanych stosowanych w Polsce”, Alfred Żak, Małgorzata Biernacka, Katarzyna Posłuszny, Dostępne: [http://www.clor.waw.pl/ochrona/mat\\_bud/materialy\\_budowlane.pdf](http://www.clor.waw.pl/ochrona/mat_bud/materialy_budowlane.pdf) (odwiedzone: 25/01/2015)
- [8] „Działalność Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej”, Katarzyna Wołoszczuk, Dostępne: <http://www.badania-nieniszczace.info/Badania-Nieniszczace-Nr-01-08-2010/Serwis-Badania-Nieniszczace-01-08-2010-art-nr2.html> (odwiedzone: 24/01/2015)