

# PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE OCHRONA RADIOLOGICZNA

## Wstęp

Kwestie związane ze stosowaniem źródeł promieniowania jonizującego, substancji radioaktywnych, a także przemysłem jądrowym, wciąż łączą się z tematem ich wpływu na środowisko naturalne oraz ludzi. Dla większości, promieniotwórczość to wynalazek człowieka i często niewiedza, że promieniowanie występowało i występuje w środowisku naturalnym od początku świata. Badania i odkrycia końca XIX wieku zapoczątkowały nową erę w historii człowieka. XX wiek umożliwił stosowanie źródeł promieniowania jonizującego na szeroką skalę w nauce, przemyśle i medycynie.

## Czym jest promieniowanie jonizujące?

Promieniowanie jonizujące to wysyłanie i przenoszenie energii, wywołując na swej drodze jonizację. Zjawisko to polega na wyrwaniu elektronów z atomów i powstaniu w ten sposób jonu dodatniego i swobodnego elektronu.

O istnieniu promieniowania jonizującego wiemy dopiero od stu lat, a dokładnie od 1895 roku, kiedy to fizyk niemiecki, Wilhelm Konrad Roentgen odkrył tajemnicze promieniowanie, które nazwał promieniowaniem X. Nie oznacza to jednak, że promieniowanie jonizujące jest nowym elementem, który człowiek wprowadził do środowiska.

Rok po sukcesie Roentgena, fizyk francuski, Henri Becquerel dokonał kolejnego odkrycia – zjawiska promieniotwórczości. Promieniowanie jonizujące towarzyszyło i towarzyszy człowiekowi zawsze i wszędzie, ale człowiek bardzo długo o tym nie wiedział. W XX wieku zostało wprowadzone do środowiska szereg sztucznych źródeł promieniowania jonizującego, jak chociażby aparaty rentgenowskie, akceleratory, reaktory jądrowe

## Rodzaje promieniowania jonizującego i ich właściwości

Odkrycie różnych rodzajów promieniowania i poznanie właściwości umożliwiło wykorzystanie ich w wielu dziedzinach nauki, przemysłu i medycyny. Zarówno to, jak i możliwość bezpiecznego stosowania wymaga opisu poszczególnych rodzajów promieniowania jonizującego.

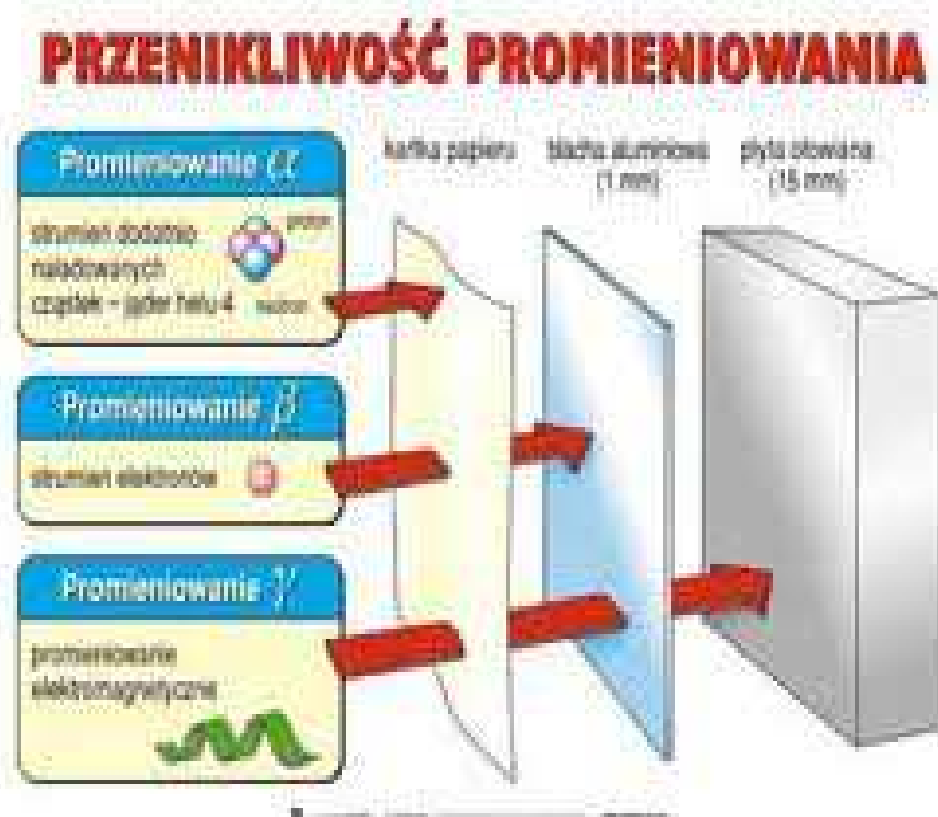
**1. Promieniowanie  $\alpha$  (alfa)** – to strumień jąder atomów helu - 4 (jonów helu) wysyłanych przez izotopy promieniotwórcze. Promieniowanie to jest bardzo silnie jonizujące bezpośrednio, a więc groźne przy wchłonięciach do organizmu. Jest przy tym słabo przenikliwe, czyli silnie pochłaniane przez materię np. pochłonie je całkowicie kartka papieru. Maksymalny zasięg w powietrzu to ok. 10 cm.

**2. Promieniowanie  $\beta$  (beta)** – to strumień elektronów wytwarzanych w aparatach rentgenowskich lub akceleratorach ale promieniowanie  $\beta$  to także strumień elektronów ( $\beta^-$ ) lub pozytonów ( $\beta^+$ ) wysyłanych przez izotopy promieniotwórcze. Wywołuje ono jonizację, jest przenikliwe a maksymalny zasięg w powietrzu to kilkanaście metrów. Skutecznie pochłaniane jest przez materiały lekkie np. tworzywa sztuczne, aluminium.

3. **Promieniowanie  $\gamma$  (gamma)** – to fale elektromagnetyczne wysyłane przez izotopy promieniotwórcze, **promieniowanie X** wytwarzane jest w aparatach rentgenowskich i akceleratorach. Oba promieniowania jonizują pośrednio, są bardzo przenikliwe i skutecznie pochłaniane przez materiały ciężkie np. ołów.

4. Neutrony (n) – ich strumień wytwarzanych jest w reakcjach jądrowych (głównie w reaktorach jądrowych, również w akceleratorach). Jonizują pośrednio i są bardzo przenikliwe

Właściwości promieniowania jonizującego umożliwiły stosowanie w ochronie radiologicznej odpowiednich osłon (patrz Rys.1)



. W przypadku braku możliwości zapobieżenia takiemu narażeniu wdraża się działania zmierzające do ograniczenia szkodliwego wpływu promieniowania na zdrowie ludzi i przyszłych pokoleń

**Ochrona radiologiczna oparta jest na dwóch głównych filarach:**

- Licencjonowaniu i nadzorze działalności związanej z narażeniem na promieniowanie jonizujące
- ograniczeniu narażenia promieniowanie jonizujące.

## **Licencjonowanie i nadzór działalności związanej z narażeniem na promieniowanie jonizujące**

Istniejące przepisy prawne ustalają, jak można stosować źródła promieniowania jonizującego tak, aby ludzie - zarówno ci pracujący z nimi, jak i przebywający czy mieszkający w pobliżu byli jak najmniej narażeni. Określone są również warunki, jakie muszą spełniać osoby, które mają podjąć pracę z promieniowaniem oraz obowiązki pracodawcy. Stworzony jest także system kontroli czy te warunki są przestrzegane.

Podstawowe wymagania dotyczące ochrony radiologicznej i bezpieczeństwa jądrowego, jakie powinny być przestrzegane w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące, reguluje w Polsce ustawa „Prawo atomowe” oraz akty wykonawcze w postaci Rozporządzeń Rady Ministrów.

Rozporządzenia Rady Ministrów dotyczą:

- dawek granicznych promieniowania jonizującego,
- warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego,
- rodzajów stanowisk mających istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej,
- szczegółowych warunków i trybu nadawania uprawnień dla osób, które mogą być zatrudnione na tych stanowiskach, oraz szczegółowych warunków i trybu nadawania uprawnień inspektora ochrony radiologicznej,
- dokumentów wymaganych przy składaniu wniosku o wydanie zezwolenia na wykonywanie działalności związanej z narażeniem na działanie promieniowania jonizującego albo przy zgłoszeniu wykonywania tej działalności,
- odpadów promieniotwórczych,
- wymagań na sprzęt dozymetryczny,
- wymagań w zakresie rejestracji dawek indywidualnych,
- wymagań dla terenów kontrolowanych i nadzorowanych,
- ochrony fizycznej materiałów jądrowych,
- warunków przewozu i wywozu z polskiego obszaru celnego oraz tranzytu przez polski obszar celny materiałów jądrowych, źródeł promieniotwórczych i urządzeń zawierających takie źródła,
- planów postępowania awaryjnego w przypadku zdarzeń radiacyjnych.

Wymagania dotyczące ochrony radiologicznej w pracowniach stosujących aparaty rentgenowskie w celach medycznych określone są w Rozporządzeniach Ministra Zdrowia.

Przy konstruowaniu ustawy 'Prawo atomowe' i aktów wykonawczych do niej, uwzględniono postanowienia umów międzynarodowych wiążących Polskę i aktów prawnych Unii Europejskiej.

### ***Ograniczenie narażenia na promieniowanie jonizujące***

#### **Podstawowe zasady ochrony radiologicznej**

Bezpieczeństwo pracy ze źródłami promieniowania jonizującego wymaga przestrzegania pewnych zasad. Zasady te wynikają z właściwości poszczególnych rodzajów promieniowania jonizującego oraz z właściwości substancji promieniotwórczych. Możemy zatem mówić o zasadach ochrony radiologicznej przy narażeniu zewnętrznym oraz wewnętrznym. Inne bowiem zasady obowiązują przy narażeniu spowodowanym napromienieniem wiązką promieniowania jonizującego ze źródła zewnętrznego (narażenie zewnętrzne), a inne w celu uniknięcia lub zminimalizowania skutków wchłonięcia substancji promieniotwórczej do organizmu (narażenie wewnętrzne). Przy narażeniu zewnętrznym możemy wyróżnić trzy główne zasady ochrony radiologicznej zobrazowane na Rys.2



1. Zachowanie odpowiedniej odległości od źródła promieniowania. Jest to najprostsza metoda ograniczenia dawek otrzymywanych przez pracowników
2. Skracanie czasu przebywania w pobliżu źródła. Aby zachować tę zasadę należy odpowiednio zorganizować czas pracy ze źródłami, np. wcześniejsze przygotowanie się i upewnienie, że posiadamy wszelkie niezbędne narzędzia i wyposażenie stanowiska pracy lub przetrenowanie czynności najpierw bez źródła tak, aby odpowiednio przygotować się do szybkiej i sprawnej pracy.
3. Stosowanie odpowiednich osłon. Gdy dwie pierwsze zasady nie są możliwe do zachowania należy stosować odpowiednie osłony. Grubość i rodzaj materiału wykorzystanego na osłony zależy od rodzaju, natężenia i energii promieniowania jonizującego. Właściwy dobór osłon wymaga znajomości mechanizmów oddziaływania promieniowania jonizującego z materią. Niewłaściwe osłony nie tylko nie ograniczają dawek otrzymywanych przez pracowników, ale również mogą być powodem zwiększenia narażenia na promieniowanie jonizujące.

## Rodzaje osłon stosowanych w diagnostyce obrazowej



JC — chirurgiczny



AT — ochrona tarczycy



AGż — dla kobiet



Rękawice rentgenoochronne „cienkie”



OG — gogle



AGm — dla mężczyzn



JM — miednicowy

Analizując powyższe zasady można śmiało stwierdzić, że ograniczanie narażenia na promieniowanie jonizujące polega w zasadzie na unikaniu zbędnych źródeł promieniowania, kontrolowaniu prowadzonej działalności związanej z narażeniem tak, aby otrzymane dawki były tak niskie jak to tylko możliwe, planowaniu działania w taki sposób, aby korzyści uzasadniały otrzymane dawki oraz przestrzegania przepisów dotyczących tzw. dawek granicznych.

### Dawki graniczne

W Polsce, dawka graniczna to - według ustawy 'Prawo atomowe' - wartość dawki promieniowania jonizującego, wyrażona jako dawka skuteczna lub równoważna, dla określonych grup osób, pochodząca od kontrolowanej działalności zawodowej, której poza przypadkami przewidzianymi w ustawie, nie wolno przekroczyć. Tabela 1. podaje wartości dawek granicznych według Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 roku.

Dawki graniczne obejmują sumę dawek pochodzących od narażenia zewnętrznego i wewnętrznego.

	Dawka efektywna	Dawka równoważna		
		Oczy	Skóra **	Dłonie, przedramiona, stopy, podudzia
Osoby narażone zawodowo, praktykanci i studenci w wieku 18 lat i powyżej	20 *	150	500	500
Praktykanci, uczniowie w wieku (16-18 lat)	6	50	150	150
Osoby z ogółu ludności	1	15	50	

\*) wartość ta może być w danym roku kalendarzowym przekroczone do wartości **50 mSv**, pod warunkiem, że w ciągu kolejnych **pięciu** lat kalendarzowych jej sumaryczna wartość nie przekroczy **100 mSv**

\*\*) dla ogółu ludności dawka może być w danym roku kalendarzowym przekroczone, pod warunkiem, że w ciągu kolejnych **pięciu** lat kalendarzowych jej sumaryczna wartość nie przekroczy **5 mSv**

\*\*\*) dla skóry, jako wartość średnia dla dowolnej powierzchni 1 cm<sup>2</sup> napromienionej części skóry

\*\*\*\*) kobieta, od chwili zawiadomienia przez nią kierownika jednostki organizacyjnej o ciąży, nie może być zatrudniona w warunkach prowadzących do otrzymania przez mające urodzić się dziecko dawki skutecznej (efektywnej) przekraczającej wartość **1 mSv**

Podanych w Tabeli liczb nie należy traktować jako wartości dopuszczalnych, lecz stosując promieniowania jonizującego dążyć należy do tego aby otrzymane dawki były możliwie jak najmniejsze.

**Dawki graniczne nie obejmują narażenia na promieniowanie naturalne oraz narażenia osób poddawanych działaniu promieniowania jonizującego w celach medycznych.**

Narażenie pracowników oraz osób z ogółu ludności ocenia się w oparciu o otrzymane przez nich dawki skuteczne (efektywne) i dawki równoważne.

Dawka skuteczna opisuje narażenie całego ciała, natomiast dawka równoważna odnosi się tylko do wybranej tkanki lub narządu- można powiedzieć, że opisuje „narażenie lokalne”. Najczęściej mamy do czynienia z narażeniem całego ciała, które opisuje się za pomocą dawki skutecznej. Są jednak takie prace, w których przede wszystkim narażone są np. ręce (prace z użyciem komory rękawicowej, a w medycynie nuklearnej – obsługa generatora izotopów). Takie narażenie opisuje się za pomocą dawki równoważnej.

**Kontrola pomiarów dawek dozymetria**

Zgodnie z ustawą o Prawie Atomowym przy pracy z promieniowaniem jonizującym wymagana jest ocena narażenia pracowników, prowadzona na podstawie kontrolnych pomiarów dawek indywidualnych lub pomiarów dozymetrycznych w środowisku pracy

**Dozymetria** - dział fizyki jądrowej obejmujący zagadnienia pomiarów i obliczeń dawek promieniowania jonizującego oraz innych wielkości związanych z oddziaływaniem promieniowania jonizującego z materią (zwłaszcza żywą).

Zależnie od rodzaju promieniowania i wielkości dawki do jej pomiaru stosuje się metody:

- **termoluminescencyjne (TLD)** - wykorzystywanie zdolności niektórych substancji do gromadzenia i późniejszego oddawania energii promieniowania świetlnego
- **fotograficzne** - pomiar zaciemnienia emulsji fotograficznej,
- **kalorymetryczne** - bezpośredni pomiar ilości energii termicznej wydzielonej na skutek napromienienia badanej substancji
- **jonizacyjne** - pomiar liczby jonów wytworzonych na skutek oddziaływania promieniowania z materią



Dozometr fotometryczny



Dozometr naręczny TLD



Dawkomierz (TLD)



Dozometr oczny

### Informacja dla pacjentów

- W pracowni rentgenowskiej, w widocznym miejscu, znajduje się informacja o konieczności powiadomienia rejestratorki i operatora aparatu rentgenowskiego, przed wykonaniem badania, o tym, że pacjentka jest w ciąży.
- Drzwi do pracowni rentgenowskiej są oznakowane tablicą informacyjną ze znakiem ostrzegawczym przed promieniowaniem jonizującym.





## **Podsumowanie**

Odkrycie i poznanie właściwości promieniowania jonizującego i promieniotwórczości umożliwiło człowiekowi wykorzystać źródła promieniowania i radioizotopy w wielu dziedzinach i gałęziach przemysłu, nauki i medycyny. Prowadzenie takiej działalności wymaga od użytkownika szczególnego dbania o ochronę zdrowia pracowników, lokalnej społeczności a także środowiska naturalnego. Ustalone dawki graniczne i limity muszą być przestrzegane na każdym etapie prac począwszy od wytworzenia, transportu, użytkowania, powstania odpadów i postępowania z nimi. Ustanowione prawo wprowadza jednolity system zapewniający bezpieczeństwo jądrowe oraz ochronę radiologiczną pracowników i ogółu ludności w Polsce.

- Bibliografia
- „Radiation, People and the Environment” IAEA, 2007
- Zenon Bałturkiewicz, Tadeusz Musiałowicz; Raport CLOR nr 136: 100 lat ochrony przed promieniowaniem jonizującym; Warszawa 1999
- „Spotkanie z promieniotwórczością” L.Dobrzyński, E.Droste, W.Trojanowski, R.Wońkiewicz IPJ im.A.Sołtana, Świerk, maj 2005r
- Celiński Z., Strupczewski A. Podstawy energetyki jądrowej, Warszawa, WNT 1984
- The Principles of Radioactive Waste Management, IAEA Vienna, Safety Series No. 111-F
- „Długoletni program szkoleniowy w zakresie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej”, Projekt realizowany ze Środków Przejściowych UE, Instytut Ener-gii Atomowej, Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Warszawa 2008