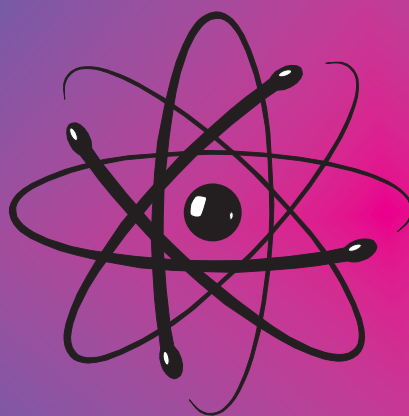


**Rozdział X.**

**PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE**



## 1. Rodzaje promieniowania

Promieniowanie - to termin oznaczający wysyłanie i przekazywanie energii. Każdy z nas przez całe życie ma do czynienia z różnymi rodzajami promieniowania. Promieniowanie dzieli się na dwie zasadnicze grupy: jonizujące oraz niejonizujące. Do tej ostatniej możemy zaliczyć promieniowanie radiowe, mikrofalowe, podczerwone, a także światło widzialne.

Szczególnym rodzajem promieniowania jest promieniowanie jonizujące, nazwane tak, ponieważ wywołuje w obojętnych elektrycznych atomach i cząsteczkach materii zmiany w ładunkach elektrycznych, czyli jonizację.

Promieniowanie jonizujące podzielić możemy na promieniowanie korpuskularne (głównie promieniowanie  $\alpha$  i  $\beta$ ) oraz na promieniowanie elektromagnetyczne o długości fali mniejszej niż 100 nm (nanometrów) i obejmujące promieniowanie gamma ( $\gamma$ ) oraz rentgenowskie (X).

## 2. Źródła promieniowania

Źródła promieniowania można podzielić na naturalne - występujące w przyrodzie i sztuczne - wytwarzane przez człowieka.

### 2.1. Naturalne źródła promieniowania

Na całej kuli ziemskiej mamy do czynienia z działaniem promieniowania jonizującego pochodzącego ze źródeł naturalnych i nazywanego naturalnym tłem promieniowania. Tło nie jest jednakowe na całej powierzchni Ziemi. Substancje promieniotwórcze rozmieszczone są dość nierównomiernie. Podobnie natężenie promieniowania kosmicznego nie jest jednakowe.

- Skorupa ziemska - zawiera naturalne pierwiastki promieniotwórcze należące do rodzin: uranowo - radowej, uranowo - aktynowej, torowej. Najpopularniejsze z nich to: uran, tor, rad, ołów, polon i potas - 40, rozproszone w skałach (głównie osadowych) i w glebie. Emitowane przez te pierwiastki promieniowanie gamma nazywa się promieniowaniem ziemskim.
- Promieniowanie kosmiczne - dociera do nas przez atmosferę ze Słońca i innych źródeł energii w naszej galaktyce lub poza nią.
- Radon - w ogólnym bilansie dawek promieniowania ze wszystkich możliwych źródeł naturalnych, największy udział ma radon. Jest naturalnym gazem promieniotwórczym, który powstaje z rozpadu radu. W pomieszczeniach zamkniętych radon bierze się przede wszystkim z podłoża i ścian budynku, a także z wody (zwłaszcza z ujęć głębinowych) i gazu naturalnego (ziemnego). Więcej radonu wydobywa się ze ścian wykonanych

z żużla i popiołu, kamienia (granitu) i cegły niż z drewna i betonu. Narażenie radiacyjne powodują głównie jego pochodne, a więc substancje powstałe w wyniku rozpadu radonu.

- Żywność i napoje - substancje promieniotwórcze występują wszędzie w środowisku, więc nieuniknione jest przedostawanie się ich do wody pitnej i żywności. Najistotniejszym, chociaż nie jedynym, źródłem napromieniowania wewnętrznego jest potas - 40.

### 2.2. Sztuczne źródła promieniowania

- Źródła medyczne - promieniowanie wykorzystywane w diagnostyce chorób i urazów, a także w niszczeniu komórek nowotworowych.
- Przemysł jądrowy - obejmuje cały tzw. cykl paliwowy uwalnia do środowiska niewielkie ilości różnych substancji promieniotwórczych w każdej jego fazie. Elektrownie jądrowe uwalniają do środowiska węgiel - 14 i siarkę - 32.
- Opad promieniotwórczy - substancje promieniotwórcze powstałe głównie w wyniku wybuchów jądrowych i awarii obiektów jądrowych.
- Odpady promieniotwórcze - ze względu na aktywność dzielimy je na nisko-, średnio- i wysokoaktywne. Odpady te (po odpowiednim przetworzeniu lub opakowaniu) przechowywane są w warunkach uniemożliwiających przedostawanie się substancji promieniotwórczych do środowiska.
- Niektóre przedmioty codziennego użytku np. czujki dymu, zegarki ze świecącymi tarczami i odbiorniki TV; emitujące niewielkie ilości promieniowania jonizującego.

## 3. Wpływ promieniowania na człowieka

Czułość tkanki ludzkiej na promieniowanie jonizujące zmienia się w szerokich granicach. Najczulsze są organy krwiotwórcze i tkanki rozrodcze, najmniej czułymi są mózg i mięśnie. Małe dawki promieniowania nie są w stanie poważnie zagrozić naszemu zdrowiu, spowodować one mogą jedynie drobne, niegroźne zaburzenia.

Według najnowszych danych Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej (ICRP) oraz Komitetu Naukowego ONZ ds. Skutków Promieniowania Atomowego (UNSCEAR) biologiczne efekty powodowane dawkami otrzymanymi na całe ciało człowieka w krótkim czasie (sekund, minut lub godzin) - czyli tzw. dawkami jednorazowymi - przedstawiają się następująco:

- poniżej 1 Sv - nie powoduje żadnych wyraźnych objawów zdrowotnych; jedynym możliwym skut-

kiem jest wzrost ryzyka zachorowania na raka w późniejszym okresie życia;

- około 2 Sv – możliwość wywołania lekkich objawów, takich jak: nudności, ból głowy lub wymioty po około 2 godzinach od napromieniowania oraz przejściowych zmian w obrazie krwi, które ustępują po upływie 1-4 tygodni;
- około 3 Sv – typowe objawy choroby popromiennej, takie jak: wymioty, biegunka, zmęczenie, gorączka, utrata łaknienia. Po kilku dniach osoba napromieniowana może poczuć się lepiej, lecz wkrótce pojawia się nawrót choroby z objawami takimi jak: infekcje, odwodnienie, wypadanie włosów. Wzrasta ryzyko zgonu, (do 25%) ale osoby, które przeżyły zwykle wracają do zdrowia w ciągu kilku tygodni lub miesięcy;
- 4-6 Sv – silna choroba popromienna w wyniku uszkodzenia m.in. błony śluzowej jelit i szpiku kostnego. Ryzyko zgonu przy dawce 4 Sv wzrasta do ok. 50%, a przy dawce 6 Sv – bez intensywnej opieki medycznej – następuje zwykle pewna śmierć;
- 6-10 Sv – ostra choroba popromienna i niewielkie szanse na przeżycie; błona śluzowa jelit zwykle ulega nieodwracalnemu zniszczeniu powodując śmierć z odwodnienia w ciągu dwóch tygodni.

#### 4. Narażenie radiacyjne ludności

Narażenie radiacyjne dla ludności określa się jako sumę narażeń pochodzących od naturalnych źródeł promieniowania oraz od źródeł sztucznych. Ocenia się, że roczna dawka skuteczna (efektywna) promieniowania jonizującego otrzymana przez

statystycznego mieszkańca Polski od naturalnych i sztucznych źródeł promieniowania jonizującego oraz od źródeł stosowanych w procedurach medycznych w 2002 r. wynosiła około 3,36 mSv i utrzymywała się na tym poziomie przez ostatnie 3 lata (wykres 32).

Przedstawione powyżej dane wskazują, że w Polsce – podobnie jak w wielu krajach europejskich – narażenie od źródeł naturalnych stanowi ok. 3/4 całkowitego narażenia radiacyjnego i wyrażone jako tzw. dawka skuteczna wynosi ok. 2,4 mSv na rok. Największy udział w tym narażeniu ma radon i produkty jego rozpadu, od których statystyczny mieszkaniec Polski otrzymuje dawkę wynoszącą ok. 1,3 mSv/rok. Należy również zaznaczyć, że narażenie statystycznego mieszkańca Polski od źródeł naturalnych jest ok. 1,5 do 2 razy niższe niż mieszkańca Finlandii, Szwecji, Rumuni czy Włoch.

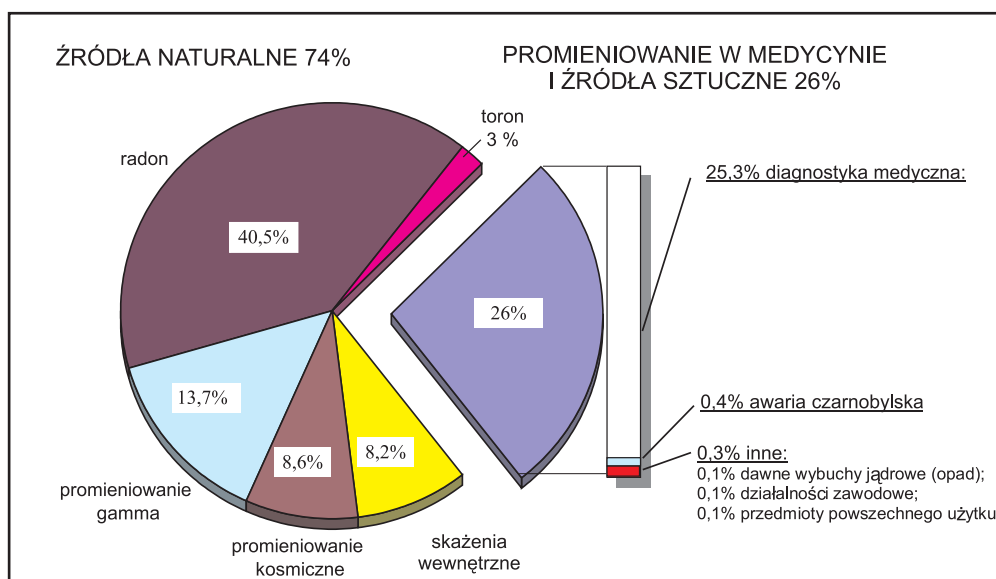
Od źródeł promieniowania stosowanych w celach medycznych narażenie statystycznego Polaka w 2001 r. szacuje się na ok. 0,85 mSv – dominujący udział ma diagnostyka rentgenowska – 0,80 mSv na rok (wg Danych Instytutu Medycyny Pracy).

Trzeba przypomnieć, że dawki graniczne (limity) dotyczące narażenia ludności nie obejmują narażenia wynikającego ze źródeł naturalnych oraz ze stosowania źródeł promieniowania w medycynie.

Ograniczeniu podlegają natomiast narażenia powodowane przez:

- obecność sztucznych substancji promieniotwórczych w środowisku i żywności pochodzących z wybuchów jądrowych i awarii radiacyjnych,
- działalności zawodowe związane ze stosowaniem źródeł promieniowania jonizującego,
- wykorzystywanie wyrobów powszechnego użytku emitujących promieniowanie lub zawierających substancje promieniotwórcze.

**Wykres 32. Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w średniorocznej dawce skutecznej otrzymanej przez statystycznego mieszkańca Polski w 2002 r**



Przepisy krajowe zgodnie ze standardami międzynarodowymi, ustalają dawkę graniczną dla ludności na 1 mSv rocznie.

Aktualne dawki graniczne promieniowania jonizującego określa Rozporządzenie Rady Ministrów z 28 maja 2002 r. (Dz.U. Nr 111 poz. 969).

Narażenie od sztucznych radionuklidów w żywności i w środowisku w 2002 roku oszacowano na ok. 0,025 mSv, natomiast od przedmiotów powszechnego użytku ok. 0,003 mSv. Narażenie od działalności zawodowych oszacowano również na ok. 0,003 mSv.

Dane te pozwalają stwierdzić, że łączne narażenie statystycznego mieszkańca naszego kraju w 2002 roku, powodowane promieniowaniem pochodzącym ze źródeł sztucznych (przy dominującym udziale narażenia pochodzącego od izotopu Cs-137 obecnego w środowisku w wyniku wybuchów jądrowych i awarii czarnobylskiej) wynosiło ok. 0,024 mSv, co stanowi ok. 2,4% dawki granicznej dla ludności. Przytoczone dane wskazują, że narażenie radiacyjne ludności Polski w 2002 roku powodowane sztucznymi źródłami promieniowania jonizującego jest bardzo małe w świetle ogólnie przyjętych na świecie i stosowanych w kraju standardów narażenia radiacyjnego.

## 5. Monitoring radiacyjny środowiska.

Dokonywanie systematycznej oceny sytuacji radiacyjnej kraju, zgodnie z ustawą z dnia 29 listopada 2000 r. – Prawo atomowe (Dz.U. Nr 3 poz. 18 z późn. zm.) należy do kompetencji Państwowej Agencji Atomistyki. Ocena ta powinna być oparta na wynikach badań, których zakres – w powiązaniu z listą stacji i placówek wykonujących pomiary skażeń promieniotwórczych, określa rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2002 r. w sprawie stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych i placówek prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych (Dz.U. Nr 239 poz. 2030). Zapisy art. 26 ustawy - Prawo ochrony środowiska włączają w zakres PMS informacje dotyczące promieniowania jonizującego.

System monitoringu radiacyjnego środowiska tworzą głównie stacje i placówki pomiarowe, których działanie – zgodnie z ustawą Prawo atomowe – koordynuje Prezes Państwowej Agencji Atomistyki.

Podstawowym zadaniem stacji jest wczesne wykrywanie zagrożeń radiacyjnych na terenie kraju poprzez prowadzenie ciągłych pomiarów mocy dawki promieniowania jonizującego i skażeń promieniotwórczych powietrza (radioaktywność aerozoli atmosferycznych). Stacje te – jako tzw. stacje podstawowe – działają w Państwowej Agencji Atomistyki oraz w jednostkach ministra właściwego do spraw gospodarki i w jednostkach ministra właściwego do spraw środowiska, a jako tzw. stacje

wspomagające – w jednostkach Ministra Obrony Narodowej.

Podstawowym zadaniem placówek pomiarowych jest natomiast wykonywanie laboratoryjnych pomiarów zawartości poszczególnych radionuklidów w próbkach materiałów środowiskowych i w żywności. Placówki te – jako placówki podstawowe – działają głównie w stacjach sanitarno-epidemiologicznych, a jako placówki specjalistyczne – w jednostkach badawczo-rozwojowych oraz w zakładach naukowych wyższych uczelni. Do zadań placówek podstawowych należy przede wszystkim oznaczanie zawartości izotopów cezu Cs-137 oraz strontu Sr-90 w próbkach materiałów środowiskowych, artykułach rolno-spożywczych i produktach żywnościowych stanowiących podstawowe składniki przeciętnej racji pokarmowej. Oznaczenia te wykonuje się przy użyciu standardowych technik i metodyk pomiarowych.

Placówki specjalistyczne wykonują oznaczenia zarówno sztucznych, jak i naturalnych izotopów promieniotwórczych we wspomnianych próbkach, wymagające specjalistycznej aparatury pomiarowej i metodyk pomiarowych pozwalających na wykrycie zawartości poszczególnych izotopów promieniotwórczych na bardzo niskich poziomach.

W 2002 roku wyniki pomiarowe ze stacji i placówek dostarczane były do Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej w Warszawie, w którym – na podstawie upoważnienia Prezesa PAA – po przeprowadzeniu weryfikacji tych wyników, opracowano sprawozdanie zbiorcze przesłane do Prezesa Agencji.

Należy zaznaczyć, że – podobnie jak w wielu krajach europejskich – w programie krajowego monitoringu radiacyjnego środowiska i żywności szczególną uwagę poświęca się pomiarom zawartości izotopu Cs-137, który jako pozostałość po wybuchach jądrowych i awarii czarnobylskiej, stanowi obecnie podstawowy wskaźnik narażenia radiacyjnego ogółu ludności powodowanego sztucznymi izotopami promieniotwórczymi.

### 5.1. Monitoring radiacyjny na terenie województwa mazowieckiego w 2002 roku.

Na terenie woj. mazowieckiego zlokalizowane są największe w kraju następujące obiekty stanowiące potencjalne źródła zagrożenia radiacyjnego dla środowiska:

- ośrodek w Świerku k/Otwocka, w którym znajdują się: reaktor badawczy „Maria”, przechowalniki wypalonego paliwa jądrowego, instalacje do produkcji źródeł promieniotwórczych, instalacje do unieszkodliwiania odpadów promieniotwórczych;
- Krajowe Składowisko Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Róźnie, w którym składowane są stałe odpady promieniotwórcze pochodzące z całego kraju (z wyłączeniem paliwa jądrowego) głównie z medycyny i przemysłu.

Uzyskane w 2002 roku najważniejsze dane pomiarowe monitoringu radiacyjnego środowiska w otoczeniu tych obiektów kształtowały się następująco:

#### Ośrodek w Świerku

- woda z rzeki Świder; średnie stężenie Cs-137 wynosiło 3,6 mBq/dm<sup>3</sup> (od 1,6 do 7,1 mBq/dm<sup>3</sup>);
- wody studzienne; średnie stężenie Cs-137 wynosiło 6,1 mBq/dm<sup>3</sup>;
- ścieki z oczyszczalni w Otwocku; średnie stężenie Cs-137 wynosiło 8,1 mBq/dm<sup>3</sup>;
- gleba; średnie stężenie Cs-137 wynosiło 1,8 kBq/m<sup>2</sup> (od 0,07 do 3,6 kBq/m<sup>2</sup>);
- aerozole atmosferyczne badane w placówce PAN w Świdrze; średnie stężenie Cs-137 wynosiło 3,5 µBq/m<sup>3</sup> (od 0,6 do 20,7 µBq/m<sup>3</sup>), a średnie stężenie I-131 wynosiło 0,4 µBq/m<sup>3</sup>.

Roczne wartości mocy dawki promieniowania gamma określone dla stałych punktów kontrolnych w okolicy ośrodka zawierały się w granicach 0,7-1,0 mGy (średnio ok. 0,8 mGy, co odpowiada mocy dawki wynoszącej ok. 98 nGy/h).

#### Krajowe Składowisko Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Róźnie

- woda z rzeki Narew; średnie stężenie Cs-137 wynosiło 2,8 mBq/dm<sup>3</sup> (od 1,3 do 6,7 mBq/dm<sup>3</sup>);
- wody studzienne; średnie stężenie Cs-137 wynosiło 1,6 mBq/dm<sup>3</sup>;
- wody źródłane; średnie stężenie Cs-137 wynosiło 6,4 mBq/dm<sup>3</sup>;
- wody gruntowe (piezometry); średnie stężenie substancji β-promieniotwórczych wynosiło 0,135 Bq/dm<sup>3</sup> (od 0,06 do 0,28 Bq/dm<sup>3</sup>);
- gleba; średnie stężenie Cs-137 wynosiło 3,3 kBq/m<sup>2</sup> (od 1,6 do 5,0 kBq/m<sup>2</sup>).

Roczne wartości dawki promieniowania gamma określone dla stałych punktów kontrolnych przy ogrodzeniu składowiska zawierały się w granicach 0,8-1,6 mGy (średnio 1,1 mGy, co odpowiada mocy dawki o wartości ok. 125 nGy/h).

Porównanie tych danych z danymi z lat poprzednich oraz z wynikami pomiarów wykonywanych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju pozwala stwierdzić, że nie obserwuje się wpływu pracy ośrodka w Świerku i KSOP w Róźnie na środowi-

sko przyrodnicze w ich otoczeniu. Radioaktywność usuwanych z terenu ośrodka w Świerku ścieków i wód drenażowo-opadowych była znacznie niższa od obowiązujących limitów.

Na terenie Warszawy w 2002 roku kontynuowano systematyczne pomiary poziomu promieniowania gamma (moc dawki), oraz radioaktywności powietrza. Uzyskano następujące wyniki pomiarowe:

- moc dawki promieniowania gamma: od 56 nGy/h do 105 nGy/h;
- aerozole atmosferyczne i stężenie izotopu Cs-137 w powietrzu wynosiło od 0,1 do 18,6 µBq/m<sup>3</sup>.

Pomiary radioaktywności gleby prowadzone są w cyklu 2 letnim w ramach monitoringu radiacyjnego kraju. Dane z 2001 roku wskazują, że w województwie mazowieckim stężenie izotopu Cs-137 wynosiło od 0,7 do 12,5 kBq/m<sup>2</sup> przy stężeniach naturalnego izotopu K-40 wynoszącym od 170 do 621 Bq/kg.

Porównanie w/w danych pozwala stwierdzić, że radioaktywność poszczególnych komponentów środowiska na terenie województwa mazowieckiego kształtuje się na poziomie średnich wartości krajowych.

Wyniki pomiarów wykonywanych w 2002 roku na terenie całego kraju – w ramach monitoringu radiacyjnego kraju – kształtowały się zależnie od lokalizacji punktów pomiarowych następująco:

- moc dawki promieniowania gamma: od 50 nGy/h do 160 nGy/h;
- aerozole atmosferyczne: stężenia izotopu Cs-137 (w próbach tygodniowych) zawierały się w granicach od 0,1 do 49,9 µBq/m<sup>3</sup> przy stężeniu naturalnego izotopu berylu (Be-7) wynoszącym kilka µBq/m<sup>3</sup>;
- gleba: stężenia izotopu Cs-137 wynosiły od 0,2 do 34,3 kBq/m<sup>2</sup>;
- rzeki: stężenia izotopu Cs-137 wynosiły od 2,1 do 8,7 mBq/dm<sup>3</sup>.

Szczegółowe dane pomiarowe obrazujące sytuację radiacyjną w kraju w 2002 roku przedstawione są w opracowaniu „Działalność Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki oraz ocena stanu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w Polsce w 2002 roku”.