

# PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE – ZASADY MONITORINGU W ZAKRESIE OCHRONY RADIACYJNEJ

## III. INFORMACJE OGÓLNE

**Promieniowanie jonizujące** to promieniowanie składające się z cząstek bezpośrednio lub pośrednio jonizujących, albo z obu rodzajów tych cząstek lub fal elektromagnetycznych o długości do 100 nm (nanometrów). Wywołuje ono w obojętnych atomach i cząsteczkach materii zmiany w ładunkach elektrycznych, czyli jonizację. Promieniowanie jonizujące może mieć postać promieniowania korpuskularnego (cząstki  $\alpha$ ,  $\beta$ , neutrony) albo elektromagnetycznego (promieniowanie X, gamma).

**Izotopy** to atomy, które posiadają tę samą liczbę protonów, ale różnią się liczbą neutronów. Izotopy różnią się więc masą atomową, ale należą do jednego pierwiastka i mają niemal identyczne właściwości chemiczne. Izotopy dzielą się na trwałe oraz nietrwałe, zwane *izotopami promieniotwórczymi*, które ulegają samorzutnej przemianie na inne izotopy, zazwyczaj innego pierwiastka. Każdy izotop charakteryzuje się okresem połowicznego rozpadu tzn. czasem, potrzebnym do samoistnego rozpadu połowy atomów pierwiastka.

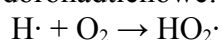
**Substancja promieniotwórcza** to substancja zawierająca jeden lub więcej izotopów promieniotwórczych o takiej promieniotwórczości lub stężeniu promieniotwórczym, które nie mogą być pominięte z punktu widzenia ochrony radiologicznej. W środowisku człowieka występują substancje promieniotwórcze zarówno pochodzenia naturalnego jak i sztuczne. Promieniowanie jonizujące pochodzenia naturalnego, to promieniowanie kosmiczne i promieniowanie radionuklidów naturalnych (ziemskich), obecnych w środowisku, które zależy od położenia geograficznego. Narażenie w warunkach polskich należy do umiarkowanych, a w Finlandii, Szwecji, Norwegii i Francji jest około 1,5 – 2 razy większe. W Polsce w województwach południowych promieniowanie tego typu jest o 10-15% wyższe niż w województwach północnych.

Promieniowanie jonizujące pochodzenia sztucznego związane jest ze stosowaniem źródeł promieniowania jonizującego w przemyśle, medycynie. Jest to także promieniowanie spowodowane próbnymi wybuchami jądrowymi i awariami obiektów techniki jądrowej.

### 1.1 Wpływ promieniowania jonizującego na człowieka

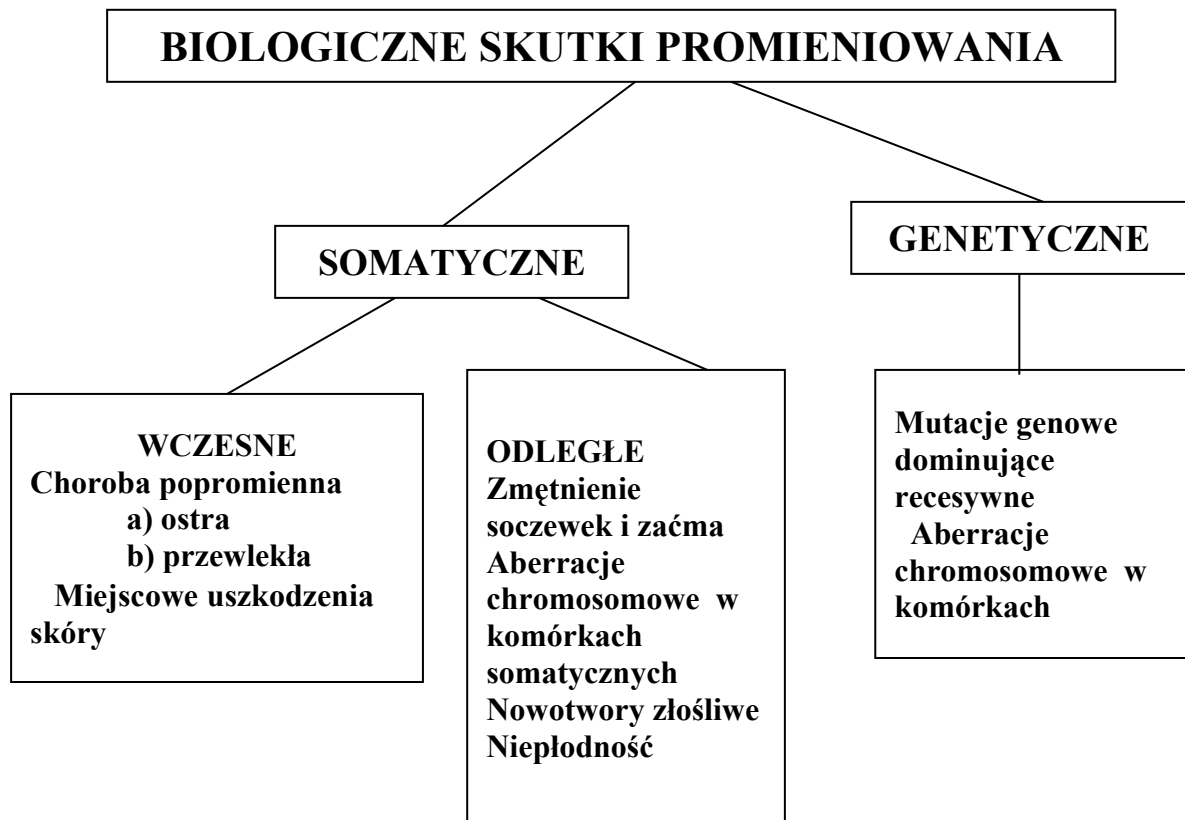
Promieniowanie jonizujące jest jednym z wielu czynników, które mają wpływ na przebieg procesów w komórkach żywych organizmów. Jest to wynikiem procesu jonizacji, który prowadzi do zmian biologicznych oraz chemicznych. Przykładem może być proces tworzenia się wolnych rodników, które powstają w wyniku rozpadu cząsteczek wody – głównego składnika organizmów żywych. Promieniowanie jonizujące działa na wodę i wytwarza w niej aniony i kationy ( $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$ ), a jednocześnie rodniki ( $\text{H}\cdot$  i  $\text{OH}\cdot$ ) – twory bardzo nietrwałe, które są równocześnie bardzo aktywne chemicznie.

Wolne rodniki powstające w obszarze pochłonięcia energii dyfundują i reagują z coraz dalszymi obszarami tkanki. Największe uszkodzenia w tkankach może wywołać rodnik wodorotlenowy  $\text{OH}\cdot$ . Z rodników wodorotlenowych w obecności tlenu mogą powstać rodniki wodoronadtlenowe:



Rodniki  $\text{OH}\cdot$  i  $\text{HO}_2\cdot$  są silnymi utleniaczami i reagując ze składnikami komórek powodują ich destrukcję. Rodnik  $\text{OH}\cdot$  może przekształcić normalne DNA w rodnik  $\text{DNA}\cdot$ , bardzo aktywną substancję, zdolną do zainicjowania poważnych zmian funkcjonalnych

właściwości komórek, łącznie z uniemożliwieniem ich funkcjonowania, aż do śmierci komórki. Żywy organizm reaguje na zmianę właściwości składników komórki (tkanki), następują zaburzenia funkcjonalne, niekiedy bardzo opóźnione w czasie, które mogą ujawnić się w postaci zmian klinicznych. Organizm jest wyposażony w układy naprawcze, które regenerują uszkodzenia DNA, jednak przy silnym napromieniowaniu nie potrafi usunąć wszystkich powstałych defektów.



*Rys.1 Biologiczne skutki promieniowania jonizującego*

## 1.2 Główne źródła promieniowania jonizującego

Istotne dla oceny stanu środowiska jest przede wszystkim promieniowanie jonizujące pochodzące ze sztucznych źródeł, czyli radionuklidy, które znalazły się w środowisku w wyniku działalności człowieka. Sztuczne radionuklidy przedostają się do środowiska w sposób niekontrolowany, bądź kontrolowany. Niekontrolowane uwalnianie do środowiska wielkich ilości radionuklidów miało miejsce w okresie prowadzenia doświadczalnych wybuchów jądrowych, szczególnie pod koniec lat pięćdziesiątych i na początku lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku. Istotnym niekontrolowanym źródłem radionuklidów w środowisku były także awarie obiektów jądrowych, z których największa miała miejsce w 1986 roku w Czarnobylu. W sposób kontrolowany niewielkie ilości substancji promieniotwórczych uwalniane są podczas normalnej pracy z elektrowni jądrowych, z zakładów przerobu zużytego paliwa jądrowego, przy czym uwolnienia z reaktorów jądrowych zawierają głównie promieniotwórcze gazy szlachetne, które ze względu na nieaktywność nie stanowią istotnego zagrożenia dla środowiska naturalnego. W pierwszym okresie po uwolnieniu, w środowisku występują zarówno radionuklidy krótkożyciowe (o okresie połowicznego rozpadu do kilku tygodni) jak i radionuklidy o średnim (kilka

miesiące do kilku lat) i długim okresie rozpadu (dłuższym niż kilka lat). W późniejszym okresie, po uwolnieniu, decydujące znaczenie w skażeniu środowiska mają radionuklidy długożyciowe, a głównie  $^{137}\text{Cs}$  (cez-137), emiter cząstek beta i promieniowania gamma o okresie połowicznego rozpadu  $T_{1/2} = 30$  lat. Jego znaczne ilości zostały wprowadzone do środowiska w rezultacie awarii reaktora w Czarnobylu. Cez-137 oraz stront-90 (Sr-90) są produktami reakcji rozszczepienia uranu, mogą być rozpraszane w środowisku po wybuchach jądrowych oraz w wyniku awarii reaktorów, takich jak pożar elektrowni czarnobylskiej.

Zgodnie z zapisami ustawy Prawo atomowe (art. 43.1), źródła promieniowania jonizującego podlegają kontroli, a źródła promieniotwórcze podlegają także ewidencji.

### 1.3 Skażenia promieniotwórcze

Skażenie promieniotwórcze to skażenie przedmiotów, pomieszczeń, środowiska lub osób przez niepożądaną obecność substancji promieniotwórczych. Konieczność kontroli stanu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej wynika nie tylko z obecności energetycznych reaktorów jądrowych w pobliżu granic Polski, posiadania dwóch reaktorów badawczych (w tym jeden wyłączony z eksploatacji) z pewną ilością odpadów (wypalonego paliwa), obecnością jednego powierzchniowego magazynu odpadów i około 2500 zakładów stosujących źródła promieniowania jonizującego (przeważnie medycznych), ale i obecnością skażeń pochodzących z prób atomowych oraz awarii w Czarnobylu. Ponadto, w promieniu 310 km od granic Polski rozmieszczonych jest 10 czynnych elektrowni atomowych (27 bloków – reaktorów energetycznych) o łącznej mocy zainstalowanej ok. 19 000 MW (e), co odpowiada mocy cieplnej ok. 55 000 MW(t).

### 1.4 Zastosowanie izotopów promieniotwórczych

Bardzo szerokie zastosowanie mają sztucznie otrzymane izotopy promieniotwórcze w medycynie nuklearnej, zarówno w diagnostyce, jak i radioterapii.

W radiodiagnostyce stosowane są:

- Technet-99 w scyntygrafii mózgu, wątroby, nerek, tarczycy; lekarz na podstawie scyntygramu – mapy rozkładu całkowitej aktywności promieniotwórczego izotopu w chorym narządzie może postawić diagnozę,
- Wapń-47 stosuje się do wczesnego wykrywania nowotworów kości,
- Potas 42 i 43, cez-129 głównie do badań serca i dużych naczyń krwionośnych.

W radioterapii wykorzystywane są:

- Jod-131 w leczeniu schorzeń tarczycy,
- Kobalt-60 do naświetlania komórek nowotworowych (bomba kobaltowa),
- Stront-90 i fosfor-32 w leczeniu chorób skóry.

Wiele izotopów promieniotwórczych znalazło zastosowanie w technice i przemyśle. Są one wykorzystywane:

- Do diagnozowania stanu technicznego i wykrywania wad materiałowych w urządzeniach przemysłowych (cez-137, kobalt-60),
- W czujnikach dymów, montowanych w urządzeniach alarmujących o zagrożeniu pożarowym (ameryk-241, rad-226),
- W miniaturowych źródłach energii np. bateriach montowanych w rozrusznikach serca (pluton-238),
- Do radiosterylizacji i radiopasteryzacji w przemyśle spożywczym.

## II. USTAWA PRAWO ATOMOWE

Podstawą prawną oceny stanu sytuacji radiacyjnej w Polsce jest ustawa z dnia 29 listopada 2000 roku Prawo atomowe (Dz. U. z 2004 roku nr 161, poz. 1689 i nr 173, poz. 1808, z 2005 roku nr 163, poz. 1362 oraz z 2006 r. nr 52, poz. 378, nr 104, poz. 708 i nr 133, poz. 935). Ustawa dokonuje w zakresie swojej regulacji wdrożenia szeregu dyrektyw Wspólnot Europejskich. Ponadto, Rzeczpospolita Polska dnia 1 maja 2004 roku stając się członkiem Unii Europejskiej, jednocześnie stała się stroną traktatów stanowiących podstawę UE. Nowe Państwa Członkowskie UE zobowiązały się przystąpić na warunkach ustanowionych w Akcie o przystąpieniu do umów lub konwencji zawartych lub tymczasowo stosowanych wspólnie przez dotychczasowe Państwa Członkowskie i Wspólnotę, a także do umów zawartych przez te Państwa, związanych z wyżej wymienionymi umowami i konwencjami.

W 2005 roku zostały ogłoszone i weszły w życie trzy akty wykonawcze do ustawy Prawo atomowe:

- 1) *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 16 stycznia 2005 r. w sprawie stanowisk mających istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa jądowego i ochrony radiologicznej oraz inspektorów ochrony radiologicznej (Dz. U. Nr 21, poz. 173).* Rozporządzenie dostosowuje wymagania w zakresie szkolenia i egzaminu stawiane inspektorom ochrony radiologicznej do wymogów prawa UE. Ponadto wprowadza nową kategorię inspektora ochrony radiologicznej IOR – 0 oraz nowe stanowiska mające istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa jądowego i ochrony radiologicznej (operatora akceleratora do celów innych niż medyczne, operatora akceleratora stosowanego do kontroli pojazdów na przejściach granicznych) dostosowując te rodzaje uprawnień do potrzeb wynikających z działalności związanej z narażeniem na działanie promieniowania jonizującego.
- 2) *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego ( Dz. U. Nr 20, poz. 168).* Rozporządzenie uwzględnia wymagania zawarte w komunikacie Komisji Europejskiej, dotyczącym wprowadzenia w życie dyrektywy 96/29/Euratom w sprawie podstawowych norm bezpieczeństwa dotyczących ochrony zdrowia przed promieniowaniem jonizującym pracowników i ogółu ludności, Dz. U. WE c 133 z 30.04.1998, str. 3 i n . W stosunku do dotychczas obowiązującego rozporządzenia przedmiotowe rozporządzenie zostało uzupełnione poprzez dodanie w załączniku do rozporządzenia tabeli wartości współczynników konwersji do wyznaczania dawki skutecznej dla narażenia osób dorosłych na promieniowanie gazów szlachetnych.
- 3) *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie planów postępowania awaryjnego w przypadku zdarzeń radiacyjnych (Dz. U. Nr 20, poz. 169).* Przedmiotem rozporządzenia jest określenie krajowego planu postępowania awaryjnego na wypadek zdarzeń radiacyjnych, w tym – sposobu współdziałania organów i służb biorących udział w likwidacji zdarzeń radiacyjnych i usuwania ich skutków, a także – wzorów zakładowego i wojewódzkiego planu postępowania awaryjnego ( w załącznikach nr 1 i 2 do rozporządzenia).

Zgodnie z zapisem art.72 ustawy Prawo atomowe, systematycznej oceny sytuacji radiacyjnej kraju dokonuje Prezes Państwowej Agencji Atomistyki (PAA). Prezes Państwowej Agencji Atomistyki jest centralnym organem administracji rządowej właściwym w sprawach bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w zakresie określonym ustawą (art. 109). Prezesa Agencji powołuje Prezes Rady Ministrów, na wniosek ministra właściwego do spraw środowiska. Minister właściwy do spraw środowiska sprawuje nadzór nad Prezesem Agencji.

Ustawa Prawo atomowe określa:

- Działalność w zakresie pokojowego wykorzystania energii atomowej, związaną z rzeczywistym i potencjalnym narażeniem na promieniowanie jonizujące od sztucznych źródeł promieniotwórczych, materiałów jądrowych, urządzeń wytwarzających promieniowanie jonizujące, odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego,
- Obowiązki kierownika jednostki organizacyjnej wykonującej tę działalność,
- Organy właściwe w sprawach bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej,
- Zasady odpowiedzialności cywilnej za szkody jądrowe,
- Zasady wypełniania zobowiązań międzynarodowych, w tym w ramach Unii Europejskiej, dotyczących bezpieczeństwa jądrowego, ochrony przed promieniowaniem jonizującym oraz zabezpieczeń materiałów jądrowych i kontroli technologii jądrowych,
- Zasady monitorowania skażeń promieniotwórczych; reguluje także działania podejmowane w przypadku zdarzeń radiacyjnych, jak również w przypadku długotrwałego narażenia w następstwie zdarzenia radiacyjnego lub działalności wykonywanej w przeszłości,
- Szczegółowe zasady ochrony osób przed zagrożeniami, wynikającymi ze stosowania promieniowania jonizującego w celach medycznych,
- Kary pieniężne za naruszenie przepisów dotyczących bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej oraz tryb ich nakładania.

W załączniku do ustawy Prawo atomowe określono znaczenie takich pojęć jak:

- *Dawka graniczna* - jest to wartość dawki promieniowania jonizującego wyrażona jako dawka skuteczna lub równoważna, dla określonych osób, pochodząca od kontrolowanej działalności zawodowej; dawki tej, poza przypadkami przewidzianymi w ustawie, nie wolno przekroczyć,
- *Dawka pochłonięta  $D$*  to energia promieniowania jonizującego, przekazana materii w elemencie objętości, podzielona przez masę tego elementu; dawka pochłonięta oznacza dawkę uśrednioną w tkance lub narządzie; legalną jednostką miary dawki pochłoniętej jest grej („Gy”),
- *Dawka równoważna  $H_T$*  to dawka pochłonięta w tkance lub narządzie T; legalną jednostką miary dawki równoważnej jest siwert „Sv”
- *Dawka skuteczna (efektywna)  $E$*  to suma ważonych dawek równoważnych od zewnętrznego i wewnętrznego napromieniowania tkanek i narządów.

Na stronie internetowej [www.paa.gov.pl](http://www.paa.gov.pl) dostępna jest treść ustawy Prawo atomowe, jak również rozporządzeń wykonawczych do tej ustawy.

### **III. SYSTEM BEZPIECZEŃSTWA JĄDROWEGO I OCHRONY RADIOLOGICZNEJ**

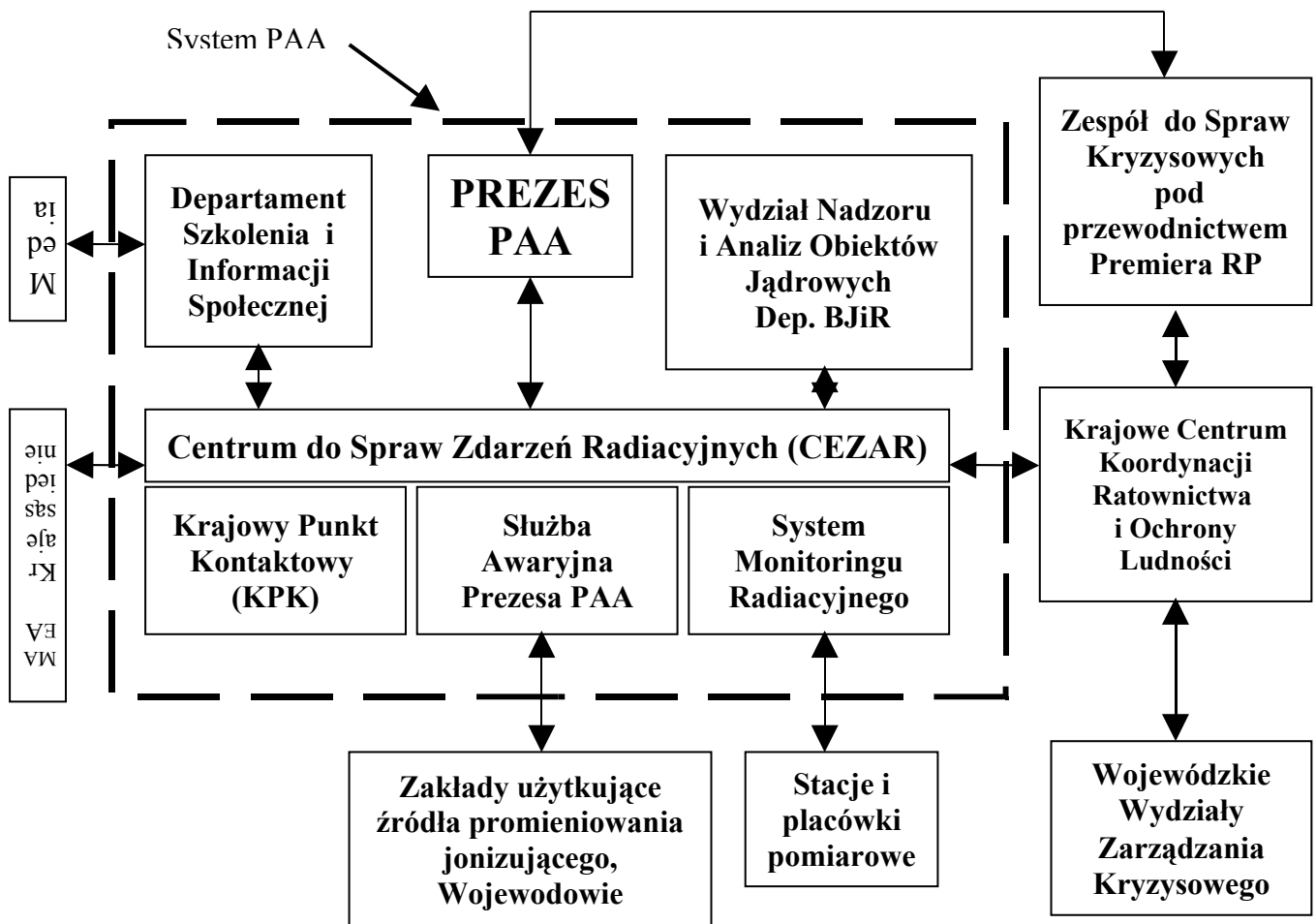
## **1.Zdarzenia radiacyjne**

### **1.1 Struktura systemu i działanie Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych**

Zdarzeniem radiacyjnym (sytuacją awaryjną) określa się wydarzenie na terenie kraju lub poza jego granicami, związane z materiałem jądrowym, źródłem promieniowania jonizującego, odpadem promieniotwórczym lub innymi substancjami promieniotwórczymi, powodujące lub mogące powodować zagrożenie radiacyjne, stwarzające możliwość przekroczenia wartości granicznych dawek promieniowania jonizującego określonych w obowiązujących przepisach, a więc wymagające podjęcia pilnych działań w celu ochrony pracowników lub ludności.

W przypadku zaistnienia sytuacji awaryjnej przewiduje się podejmowanie działań interwencyjnych określonych w rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 roku w sprawie planów postępowania awaryjnego w przypadku zdarzeń radiacyjnych – odrębnie dla zdarzeń ograniczonych do terenu jednostki organizacyjnej (zdarzenie „zakładowe”), odrębnie natomiast dla zdarzeń, których skutki występują poza jednostkami organizacyjnymi (zdarzenia „wojewódzkie”, „krajowe”, w tym o skutkach transgranicznych). We wszystkich działaniach interwencyjnych – aczkolwiek do ich prowadzenia zobligowani są, w zależności od zasięgu skutków zdarzenia: kierownik jednostki, wojewoda lub Minister Spraw Wewnętrznych i Administracji – Prezes Państwowej Agencji Atomistyki, przez kierowane przez niego Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych (CEZAR), pełni rolę informacyjno-konsultacyjną, również w zakresie oceny poziomu dawek i skażeń oraz innych ekspertyz i działań na miejscu zdarzenia, przekazywania informacji do organizacji międzynarodowych i państw ościennych.

Ścisły nadzór i kontrola nad obiektami jądrowymi oraz działalnością ze źródłami promieniowania powodują, że prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożeń radiacyjnych ludności w Polsce jest znikome, niemniej jednak Prezes PAA dysponuje systemem pozwalającym na ocenę sytuacji radiacyjnej kraju oraz podejmowanie decyzji o koniecznych działaniach interwencyjnych.



*Rys. 2. Umiejscowienia Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych CEZAR w systemie PAA w powiązaniu z instytucjami zewnętrznymi*

Od 1 stycznia 2005 roku pełnienie całodobowych dyżurów w ramach Służby Awaryjnej Prezesa PAA realizowane jest bezpośrednio przez Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych PAA. Centrum funkcjonuje w sposób ciągły – 24 h na dobę – zapewniając przyjmowanie powiadomień o zdarzeniach radiacyjnych w kraju i za granicą oraz natychmiastowe podejmowanie decyzji merytorycznych. Krajowy Punkt Kontaktowy oraz Punkt Kontaktowy w europejskim systemie powiadamiania o zdarzeniach radiacyjnych ECURE zlokalizowane są również w CEZAR-ze.

## 1.2 Postępowanie w przypadku zdarzenia radiacyjnego

Punkt ostrzegawczy Krajowego Punktu Kontaktowego (KPK) nie otrzymał w 2005 roku żadnych informacji o awariach w elektrowniach jądrowych lub sytuacjach zagrożenia radiacyjnego z zagranicy, a jedynie 1 informację o incydencie w Elektrowni Jądrowej Temelin (wyciek wody z systemu chłodzenia, incydent nie spowodował żadnego zagrożenia dla ludzi i środowiska), ponadto 18 informacji o charakterze organizacyjno-technicznym. Informacje te pochodziły między innymi z Incident and Emergency Centre w Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (IEC-IAEA), z systemu wczesnego

powiadamiania ECURI Komisji Europejskiej oraz z Euro-Atlantic Disaster Response Center (EADRCC) działającego w ramach NATO.

Dane o zdarzeniach radiacyjnych i incydentach o mniejszym znaczeniu pozyskiwane były w CEZAR-ze z uaktualnianej na bieżąco bazy danych MAEA. W roku 2005 MAEA otrzymała 24 powiadomienia z całego świata o takich zdarzeniach i incydentach.

Wspomniane zdarzenia i incydenty zostały zakwalifikowane według Międzynarodowej Skali Zdarzeń Jądrowych (skala INES), zawierającej siedem poziomów zdarzeń, w zakresie od „0” (bez znaczenia dla bezpieczeństwa – „odstępstwo”) do „7” („wielka awaria”). Z wymienionych 24 powiadomień: 1 zdarzenie zakwalifikowano do poziomu 3 w skali INES, 22 – do poziomu 2, a jeden przypadek do poziomu 0.

W okresie od 1 stycznia do 31 grudnia 2005 roku dyżurni Służby Awaryjnej Prezesa PAA przyjęli 41 powiadomień o zdarzeniach radiacyjnych na terenie Polski, przy czym 16 przypadków wymagało badań laboratoryjnych wykonywanych w ZUOP (Zakładzie Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych) i Instytucie Energii Atomowej, w tym w 15 przypadkach na miejsce zdarzenia skierowano ekipy dozymetryczne Służby Awaryjnej. Powiadomienia dotyczyły w 29 przypadkach podejrzenia obecności substancji promieniotwórczych w odpadach komunalnych, 2 przypadki dotyczyły podejrzenia obecności substancji promieniotwórczej w węglu drzewnym przeznaczonym do grillowania, a pozostałe to pojedyncze przypadki, takie jak kradzież lub zgubienie czujek dymu, znalezienie źródła promieniotwórczości w miejscu ogólnodostępnym czy awarii urządzenia zawierającego źródło Co-60.

W 29 przypadkach, z których 13 wymagało wyjazdu ekipy dozymetrycznej, miejscem „zdarzenia” były składowiska odpadów komunalnych. Zainstalowane w ostatnim czasie w kilku składowiskach bramki dozymetryczne o stosunkowo wysokiej czułości reagują na obecność materiałów promieniotwórczych, nawet jeśli zgodnie z obowiązującymi przepisami możliwe jest ich usuwanie do odpadów komunalnych (16 przypadków).

Powiadamiania o podejrzeniu obecności substancji promieniotwórczych w węglu drzewnym sprowadzonym z Białorusi dla odbiorcy krajowego spowodowały konieczność przeprowadzenia odpowiednich badań tego materiału. Szczegółowa analiza wykazała znikome skażenia śladowymi ilościami promieniotwórczego Cs-137, nie stwarzającego zagrożenia.

W 2005 roku ogółem było 15 przypadków przekraczania granicy przez osoby poddawane terapii radiofarmaceutykami. Jeśli osoba poddawana ww. terapii posiada ze sobą świadectwo leczenia lub złoży pisemne oświadczenie o przebyciu takiego leczenia, otrzymuje zezwolenie na przekroczenie granicy.

Dyżurni Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych udzielili w 2005 roku 170 konsultacji nie związanych z likwidacją zdarzeń radiacyjnych i ich skutków, w tym szeregu konsultacji Granicznym Placówkom Kontroli (GPK). Konsultacje takie dotyczyły między innymi:

- przewozów tranzytowych lub wwozu do Polski dla odbiorców krajowych materiałów ceramicznych, materiałów mineralnych, pasz, węgla drzewnego, cegły szamotowej i innych (85 przypadków),
- wjazdu do Polski pustego, skażonego wagonu technicznego z Ukrainy (wagon zwrócono),
- weryfikacji danych na temat domniemanych awarii elektrowni w Rosji, Czechach, Hiszpanii, Ukrainie i Białorusi.



### 1.3 Potencjalne źródła zagrożenia radiacyjnego kraju

Potencjalne źródła zagrożenia radiacyjnego kraju to obiekty jądrowe znajdujące się na terenie kraju, elektrownie jądrowe krajów sąsiednich zlokalizowane w pobliżu granic Polski, obiekty związane z przetwarzaniem i składowaniem odpadów promieniotwórczych oraz wszyscy inni użytkownicy źródeł promieniowania jonizującego.

#### 1.3.1 Obiekty i instalacje krajowe

Do potencjalnych źródeł zagrożenia radiacyjnego w kraju należą:

- reaktor badawczy MARIA w Instytucie Energii Atomowej,
- będący aktualnie w stanie likwidacji reaktor badawczy EWA,
- przechowalniki wypalonego paliwa jądrowego w Zakładzie Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych,
- basen technologiczny reaktora MARIA.

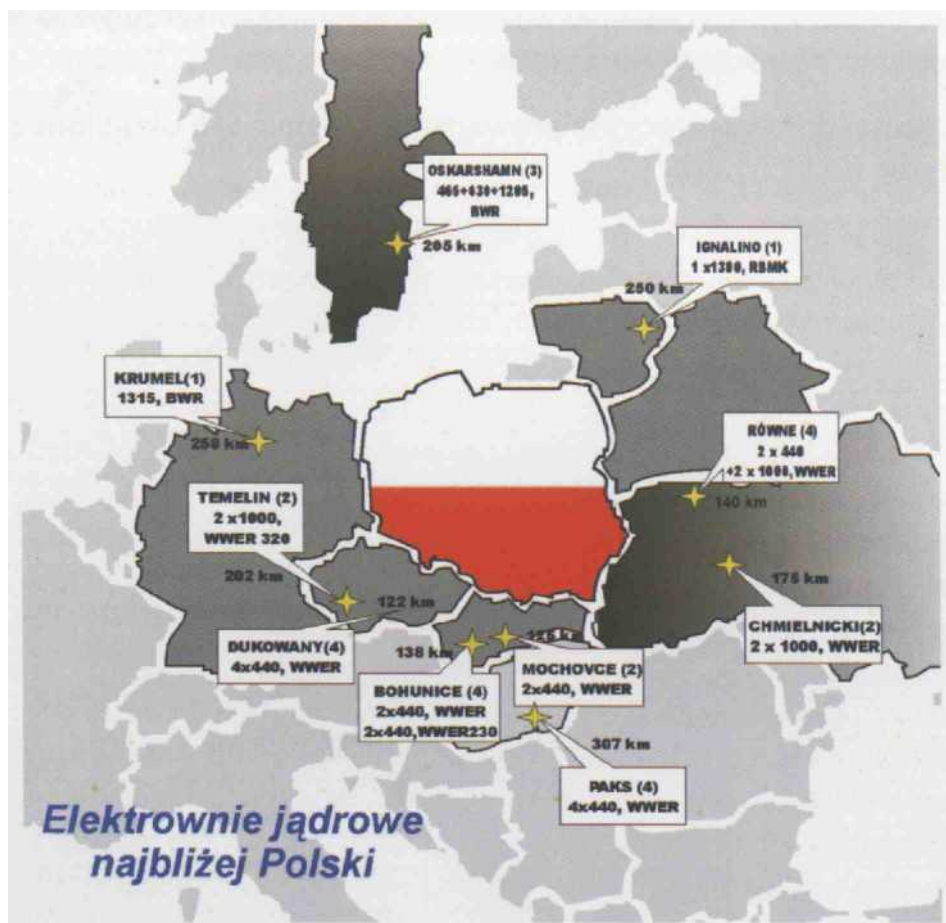
#### 1.3.2 Obiekty i instalacje zlokalizowane wokół Polski

Polska nie posiada elektrowni jądrowych, ma natomiast w sąsiedztwie, w odległości do 310 km od swych granic 10 czynnych elektrowni jądrowych (27 bloków – reaktorów energetycznych) o łącznej mocy ok. 19 tys. MW (e), co odpowiada mocy cieplnej ok. 55 000 MW(t).

Wymienione elektrownie jądrowe obejmują:

- ▶ **16 bloków z reaktorami WWER-440**, są to:
  - 4 bloki elektrowni **Bohunica** (Słowacja),
  - 2 bloki elektrowni **Równe** (Ukraina),
  - 4 bloki elektrowni **Paks** (Węgry),
  - 2 bloki elektrowni **Mochovce** (Czechy),
  - 4 bloki elektrowni **Dukovany** (Czechy)
- ▶ **6 bloków z reaktorami WWER 1000**, które tworzą:
  - 2 bloki elektrowni **Chmielnicki** (Ukraina),
  - 2 bloki elektrowni **Równe** (Ukraina),
  - 2 bloki elektrowni **Temelin** (Czechy).
- ▶ **4 bloki z reaktorami BWR**:
  - 3 bloki elektrowni **Oskarshamn** (Szwecja),
  - 1 blok elektrowni **Krúmmel** (RFN).
- ▶ **1 blok z reaktorem RBMK**:
  - 1 blok elektrowni **Ignalino** (Litwa).

W 2005 roku wyłączono z eksploatacji jeden reaktor typu BWR w elektrowni Barsebeck (Szwecja).



*Rys. 3. Elektrownie jądrowe zlokalizowane w odległości do 310 km od granic Polski (obok nazwy podano typ i liczbę czynnych reaktorów energetycznych). Źródło danych - PAA*

W związku z eksploatacją wielu elektrowni jądrowych w najbliższym sąsiedztwie Polski, istotnym elementem wpływającym na bezpieczeństwo radiacyjne naszego kraju jest współpraca z dozorami jądrowymi krajów ościennych, realizowana na podstawie międzynarodowych, bilateralnych umów o wczesnym powiadamianiu o awarii jądrowej oraz o współpracy w dziedzinie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej. W ocenie skali występowania zdarzeń radiacyjnych partnerzy umów posługują się jednolitymi kryteriami określonymi przez tzw. system INES (International Nuclear Event Scale – Skala Międzynarodowa Zdarzenia Nuklearnego).

### 1.3.3 Użytkownicy źródeł promieniowania jonizującego

W roku 2005 liczba zarejestrowanych jednostek prowadzących działalność związaną z narażeniem, podlegających zgodnie z ustawą Prawo atomowe nadzorowi PAA, wynosiła 2296 (wg stanu na dzień 31.01.2005 r.). Liczba zarejestrowanych w dniu 31.01.2006 roku działalności związanych z narażeniem wynosiła 3 313. Jest ona większa od liczby jednostek organizacyjnych, ponieważ wiele jednostek prowadzi kilka różnych działalności (niektóre tego samego rodzaju, ale na podstawie odrębnych zezwoleń). Głównym czynnikiem wzrostu liczby działalności w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące jest wzrost liczby

działalności z promieniowaniem rentgenowskim, szczególnie w systemach kontroli dostępu, korespondencji i przesyłek.

### **1.3.4 Inne potencjalne źródła zagrożenia**

W roku 2005 wykonano ok. 16 000 przewozów, w tym 3 przewozy na warunkach specjalnych źródeł Co-60 większej aktywności. W ruchu krajowym przewozy wykonywane były transportem drogowym. Kiedy mówimy o przewozach substancji promieniotwórczych, jako potencjalnym źródle zagrożenia radiacyjnego należy wymienić także nielegalne przywozy do Polski substancji promieniotwórczych i materiałów jądrowych. Przeciwdziała takim działaniom Straż Graniczna dysponująca 188 stałymi „bramkami dozymetrycznymi” zainstalowanymi na przejściach granicznych. W 2005 roku zainstalowano 10 bramek nowej generacji, wykrywających promieniowanie neutronów. W 2005 roku stacjonarne urządzenia do kontroli pojazdów i przenośne urządzenia radiometryczne zadziałały w 3520 przypadkach, wskazując na przewóz materiałów promieniotwórczych i towarów o podwyższonym poziomie promieniowania.

W wyniku przeprowadzonych kontroli Straż Graniczna zatrzymała lub cofnęła transporty lub osoby w 138 przypadkach. Większość zawróceń dotyczyła prób wwiezienia do Polski skażonych promieniotwórczo grzybów. Kilka zawróceń wynikało z braku wymaganych prawem zezwoleń na wwóz źródeł promieniotwórczych lub braku stosownych zaświadczeń u osób po leczeniu izotopami promieniotwórczymi.

## **2. Monitorowanie sytuacji radiacyjnej kraju**

Systematycznej oceny sytuacji radiacyjnej kraju dokonuje Prezes Państwowej Agencji Atomistyki. Podstawą do takiej oceny są przede wszystkim wyniki pomiarów uzyskanych ze stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych oraz placówek prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych artykułów spożywczych i produktów żywnościowych. Oceny te przedstawiane są w:

- kwartalnych komunikatach dla ludności o sytuacji radiacyjnej w kraju, zawierających dane o poziomie promieniowania gamma, skażeniach promieniotwórczych powietrza oraz zawartości izotopu cezu (Cs-137) w mleku, ogłaszanych w Dzienniku Urzędowym Rzeczypospolitej Polskiej „Monitor Polski”. Komunikaty te dostępne są również na stronie internetowej PAA,
- corocznych raportach pt. „Działalność Prezesa PAA oraz ocena stanu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w Polsce”.

Niezależnie od tego, ocena sytuacji radiacyjnej kraju – opracowana na podstawie danych ze stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych prowadzących pomiary w trybie ciągłym – codziennie prezentowana jest na stronie internetowej PAA [www.paa.gov.pl](http://www.paa.gov.pl) mapa obrazująca rozkład mocy dawki promieniowania gamma na terenie całego kraju.

Ocena sytuacji radiacyjnej w środowisku, przeprowadzana jest na podstawie pomiarów poziomu promieniowania gamma oraz zawartości naturalnych i sztucznych izotopów promieniotwórczych w głównych komponentach środowiska naturalnego. Monitorowanie sytuacji radiacyjnej polega na systematycznym prowadzeniu pomiarów mocy dawki promieniowania gamma w określonych punktach na terenie kraju oraz na wykonywaniu pomiarów zawartości izotopów promieniotwórczych w głównych

komponentach środowiska i żywności. Zależnie od zakresu wykonywanych zadań wyróżnia się:

- **Monitoring krajowy**, pozwalający na uzyskanie danych, niezbędnych do oceny sytuacji radiacyjnej na obszarze całego kraju w warunkach normalnych i w sytuacjach zagrożenia radiacyjnego,
- **Monitoring lokalny**, pozwalający na uzyskanie danych z terenów, na których są lub były prowadzone działalności mogące powodować lokalne zwiększenie narażenia radiacyjnego ludności (dotyczy ośrodka atomowego w Świerku, składowiska odpadów promieniotwórczych w Różanie oraz terenu byłych zakładów wydobywczych i przetwórczych rud uranu).

Pomiary wykonywane w ramach *monitoringu krajowego* oraz *monitoringu lokalnego* pozwalają na:

- ocenę sytuacji radiologicznej w kraju i ocenę zagrożenia radiacyjnego ludności w sytuacji zdarzeń radiacyjnych i w warunkach normalnych, a także badanie długookresowych zmian radioaktywności środowiska i żywności;
- prognozowanie skutków powodowanych zanieczyszczeniem środowiska substancjami promieniotwórczymi oraz podejmowanie ewentualnych działań prewencyjnych,
- szybkie wykrycie i alarmowanie o wzrostach poziomów mocy dawek i skażeń promieniotwórczych w środowisku, służące głównie podejmowaniu odpowiednich działań, a także wypełnieniu postanowień konwencji i umów dwustronnych o wczesnym powiadamianiu o awariach jądrowych;

Pomiary powyższe prowadzone są przez:

- **stacje pomiarowe**, tworzące system wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych,
- **placówki pomiarowe**, prowadzące pomiary skażeń promieniotwórczych materiałów środowiskowych i żywności,
- **placówki jednostek badawczo-rozwojowych**, wyższych uczelni oraz innych instytucji, wykonujących specjalistyczne pomiary na potrzeby monitoringu radiacyjnego.

Prezes Państwowej Agencji Atomistyki koordynuje działania stacji i placówek pomiarowych oraz dokonuje systematycznej oceny sytuacji radiacyjnej kraju. W 2005 roku zadania w zakresie koordynacji pracy systemu stacji i placówek pomiarowych w imieniu Prezesa PAA wykonywało Centrum do spraw Zdarzeń Radiacyjnych PAA.

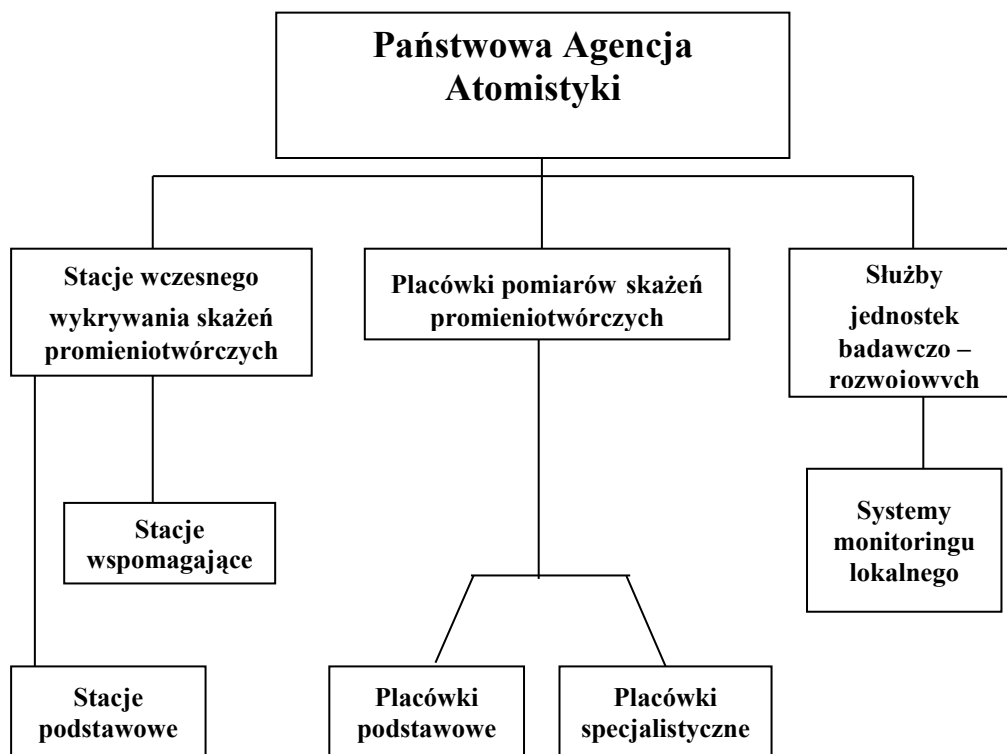
W celu uwiarygodnienia wyników prowadzonych pomiarów na polecenie Prezesa PAA badania porównawcze wykonywało **Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej** w podstawowych placówkach pomiarowych.

Przeprowadzenie pomiarów porównawczych w specjalistycznych placówkach pomiarowych zlecone zostały **Instytutowi Chemii i Techniki Jądrowej**.

Wyniki monitoringu radiacyjnego kraju stanowią podstawę dokonywanej przez Prezesa PAA oceny sytuacji radiacyjnej Polski, która w czasie „normalnym” ogłaszana jest:

- codziennie na ogólnodostępnych stronach internetowych PAA;
- komunikatach kwartalnych publikowanych w Monitorze Polskim;
- raportach rocznych.

W razie zaistnienia sytuacji awaryjnych wyniki badań monitoringowych stanowią podstawę oceny zagrożenia i prowadzenia działań interwencyjnych.



*Rys.4. Struktura systemu monitoringu radiacyjnego kraju*

## 2.2 Stacje wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych

Zadaniem stacji pomiarowych jest umożliwienie bieżącej oceny sytuacji radiacyjnej kraju, jak również wczesne wykrywanie skażeń promieniotwórczych w razie zaistnienia zdarzenia radiacyjnego, które może spowodować powstanie takich skażeń. Stacje te to:

- **trzydzieści stacji automatycznych PMS** (*Permanent Monitoring Station*) należących do PAA i działających w systemach międzynarodowych UE i państw bałtyckich, które wykonują ciągłe pomiary:

- mocy dawki promieniowania gamma oraz widma promieniowania gamma powodowanego skażeniem powietrza i powierzchni ziemi – z rejestracją wyników pomiarów co 1 godz. w sytuacji normalnej i z częstotliwością ustalaną przez Prezesa PAA ( np. co 10 minut ) w sytuacji awaryjnej;
- intensywności opadów atmosferycznych oraz temperatury otoczenia.

Jedna ze stacji znajduje się na terenie województwa podkarpackiego (Sanok).

- **dziewięć stacji IMGW**, zlokalizowanych w stacjach Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (nadzorowanego przez Ministra Środowiska), które wykonują:

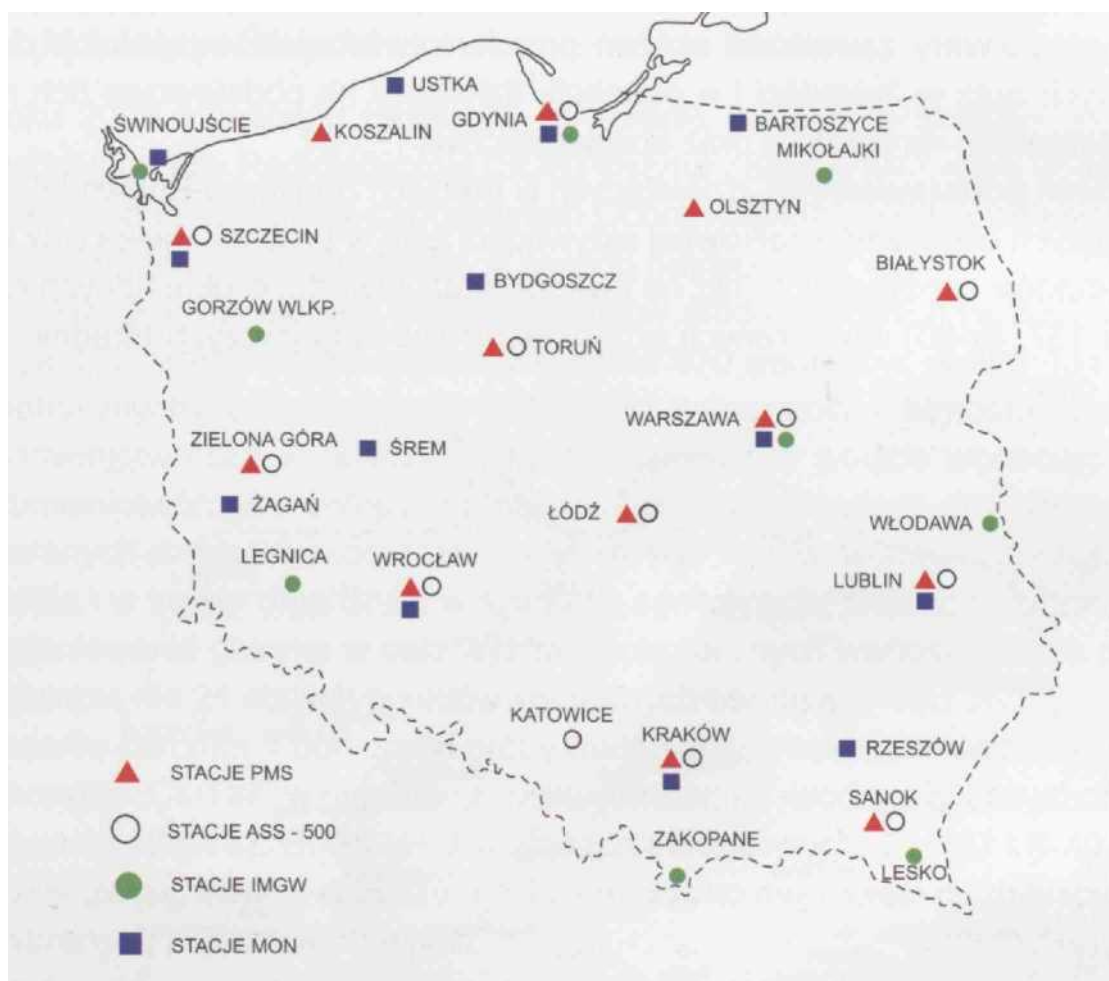
- ciągły pomiar mocy dawki promieniowania gamma i aktywności całkowitej alfa i beta aerozoli atmosferycznych (pomiary te wykonuje 7 placówek);

- pomiar aktywności całkowitej beta w próbkach tygodniowych opadu całkowitego oraz oznaczanie zawartości Cs-137 w próbkach miesięcznych opadu.

- **trzyście stacji pomiarowych MON** – Ministerstwa Obrony Narodowej, zlokalizowanych na terenach jednostek wojskowych, które wykonują ciągłe pomiary mocy dawki promieniowania gamma rejestrowane automatycznie w Centralnym Ośrodku Analizy skażeń (COAS). Jedna z ww. stacji znajduje się na terenie woj. podkarpackiego (Rzeszów);

- **trzyście stacji typu ASS-500**, z których 12 należy do Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej (nadzorowanego przez Ministra Gospodarki), a 1 w Zielonej Górze jest własnością PAA. Stacje te w sposób ciągły zbierają aerozole atmosferyczne na filtry i spektrometrycznie oznaczają zawartości poszczególnych izotopów w próbce tygodniowej ( w sytuacji awaryjnej częstotliwość pomiarów może być odpowiednio zwiększona). Dziesięć stacji wykonuje również ciągły pomiar aktywności zbieranych na filtry aerozoli atmosferycznych, umożliwiający wykrycie w ciągu 1 godz. stężenia izotopów Cs-137 i J-131 w powietrzu, odpowiednio powyżej określonej granicy.

Jedna ze stacji znajduje się na terenie woj. podkarpackiego w Sanoku.



**Rys .5 Lokalizacja stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych (na rysunku nie zaznaczono lokalnej stacji ASS-500 w Świdrze k. Warszawy)**

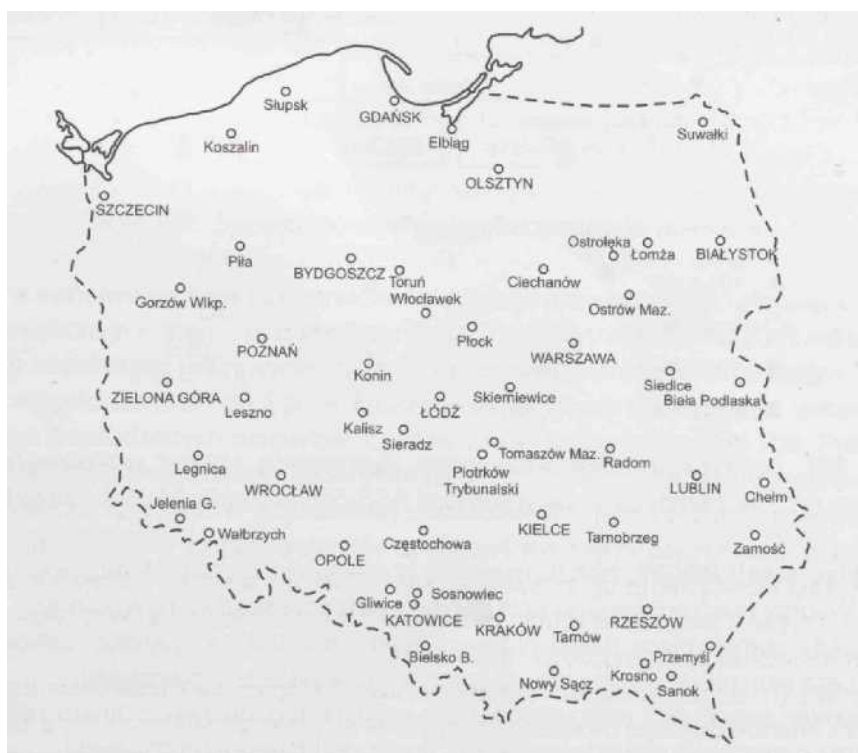
### 2.3. Placówki prowadzące pomiary skażeń promieniotwórczych środowiska i artykułów rolno-spożywczych

Rozporządzenie Rady Ministrów ustanowiło sieć placówek wykonujących metodami laboratoryjnymi pomiary zawartości skażeń promieniotwórczych w próbkach materiałów środowiskowych oraz w żywności i paszach, dzieląc je na podstawowe (ich rozmieszczenie przedstawiono na rys. 6) oraz specjalistyczne:

- **48 placówek podstawowych**, działających w Stacjach Sanitarno-Epidemiologicznych, wykonujących oznaczenia całkowitej aktywności beta w próbkach mleka (raz w miesiącu) i produktów spożywczych (raz na kwartał) oraz zawartości określonych radionuklidów (Cs-137, Sr-90) w wybranych produktach rolno-spożywczych (średnio dwa razy w roku) oraz
- **9 placówek specjalistycznych**, wykonujących bardziej rozbudowane analizy promieniotwórczości prób środowiskowych (jak oznaczanie H-3 w wodach) zlokalizowanych w :

- Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej w Warszawie,
- Państwowym Zakładzie Higieny w Warszawie,
- Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie,
- Głównym Instytucie Górnictwa w Katowicach,
- Instytucie Energii Atomowej w ośrodku w Świerku,
- Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie,
- Wojskowym Instytucie Higieny i Epidemiologii w Warszawie,
- Wojskowym Instytucie Chemii i Radiometrii w Warszawie,
- Instytucie Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie.

Na terenie woj. podkarpackiego zlokalizowanych jest 5 placówek podstawowych: w Tarnobrzegu, Rzeszowie, Przemyślu, Krośnie i Sanoku.



*Rys.6 Lokalizacja placówek podstawowych pomiarów skażeń promieniotwórczych w Polsce*



## **2.4. MONITORING LOKALNY – kontrola dozymetryczna wokół wybranych obiektów**

### **2.4.1 Ośrodek jądrowy w Świerku**

Monitoring radiacyjny na terenie ośrodka w Świerku prowadzony był w 2005 roku przez Służbę Ochrony Radiologicznej (SOR) Instytutu Energii Atomowej (IEA), a w otoczeniu ośrodka - przez Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej.

*Monitoring* przeprowadzany *na terenie ośrodka* obejmował pobór prób środowiskowych i oznaczanie Cs-137 i J-131 w aerozolach atmosferycznych, izotopów beta-promieniotwórczych w opadzie atmosferycznym i wodzie wodociągowej; izotopów beta i alfa promieniotwórczych w wodach drenażowo-opadowych i trytu H-3 w wodach gruntowych, Cr-90 w ściekach sanitarnych, Cs-137 w glebie.

*W otoczeniu ośrodka* pobierano próby materiałów środowiskowych oznaczając Cs-137 w wodzie rzeki Świder i w wodzie z oczyszczalni ścieków w Otwocku; Cs-137, Sr-90 i H-3 w wodach studziennych, natomiast Cs-137 i K-40 w glebie i roślinach.

### **2.4.2. Krajowe Składowisko Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie**

Monitoring radiacyjny na terenie i w otoczeniu składowiska prowadzony był w 2005 roku przez służby tych samych instytucji, które prowadziły monitoring w ośrodku w Świerku. Badania monitoringowe obejmowały teren KSOP jak również jego otoczenie.

*Na terenie KSOP* pobierano próby materiałów środowiskowych, oznaczając Cs-137 w aerozolach atmosferycznych oraz izotopy beta-promieniotwórcze i tryt H-3 w wodzie wodociągowej i gruntowej. Ponadto prowadzono pomiary promieniowania gamma przy ogrodzeniu składowiska.

*W otoczeniu KSOP* oznaczano Cs-137 i H-3 w wodzie rzeki Narew; w wodach studziennych i w wodach źródłanych, izotopy beta-promieniotwórcze i H-3 w wodach gruntowych a Cs-137 i K-40 w glebie, trawie i aerozolach atmosferycznych. Mierzono również moc dawki promieniowania gamma w 5 punktach kontrolnych.

### **2.4.3. Tereny byłych zakładów wydobywczych i przerobu rud uranu**

Monitoring radiacyjny środowiska na tych terenach (byłe woj. jeleniogórskie) prowadzony jest od 1998 roku przez Biuro Obsługi Roszczeń Byłych Pracowników Zakładów Produkcji Rud Uranu. W 2005 roku „Program monitoringu radiacyjnego terenów zdegradowanych w wyniku działalności wydobywczej i przeróbczej rud uranu” obejmował:

- pomiary substancji alfa- i beta-promieniotwórczych w wodach pitnych, powierzchniowych i podziemnych,
- oznaczenie stężenia radonu oraz pomiar poziomu promieniowania gamma w budynkach mieszkalnych, zbudowanych w granicach miasta Jelenia Góra oraz oznaczenia stężenia radonu w wodzie ujęć publicznych, zasilających pomieszczenia mieszkalne w granicach administracyjnych tego miasta.



## IV. OCENA SYTUACJI RADIACYJNEJ KRAJU

### 1. Skażenia promieniotwórcze środowiska w 2005r.

#### 1.1 Powietrze atmosferyczne

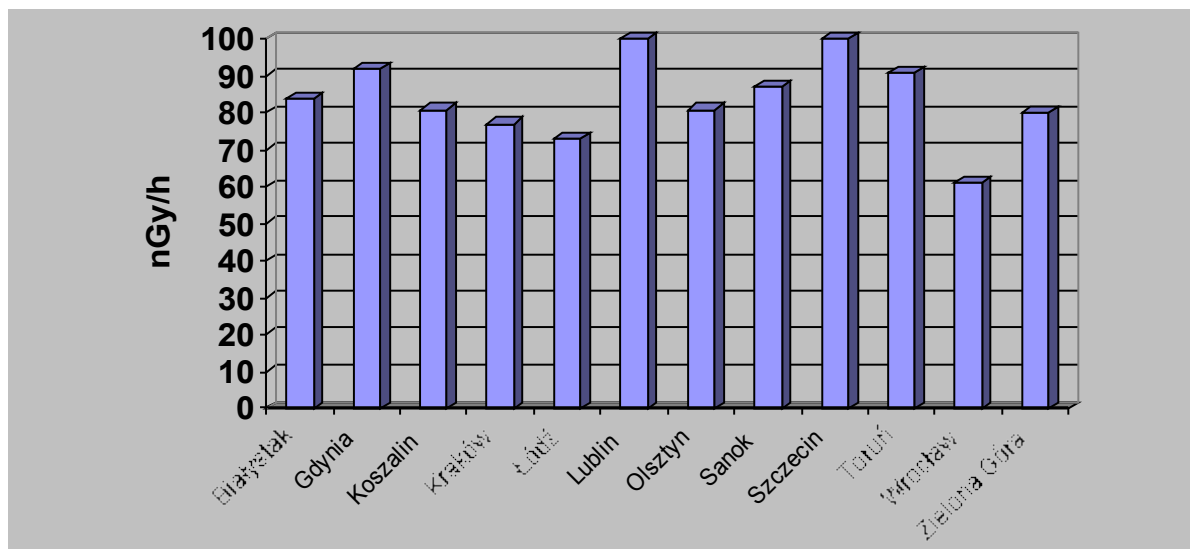
Poziom wartości mocy dawki promieniowania gamma, uwzględniający promieniowanie ziemskie (pochodzące od nuklidów zawartych w glebie) i kosmiczne, określano na podstawie pomiarów wykonanych za pomocą urządzeń stacjonarnych, zlokalizowanych w stacjach wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych. Wyniki tych pomiarów wskazują, że w 2005 roku, średnie dobowe wartości mocy dawki wahały się w granicach od 42 do 139 nGy/h. Średnia roczna wartość tej dawki ze wszystkich stacji wynosiła 91 nGy/h.

W otoczeniu ośrodka w Świerku wartości mocy dawek promieniowania gamma wynosiły od 59 do 83 nGy/h (średnio 71 nGy/h), a w otoczeniu KSOP w Róźnie – od 92 do 126 nGy/h (średnio 103 nGy/h).

Wyniki pomiarów wskazują, że poziom promieniowania gamma w Polsce oraz w otoczeniu ośrodka Świerk i KSOP w Róźnie w 2005 roku nie odbiegał od poziomu z roku ubiegłego.

Zróźnicowanie wartości mocy dawki wynikają z lokalnych warunków geologicznych, decydujących o poziomie promieniowania ziemskiego.

Na rysunku 7 przedstawiono wartości dawek promieniowania gamma (nGy/h) w poszczególnych miastach Polski, będące średnimi rocznymi określonymi w oparciu o wartości średnich dobowych.

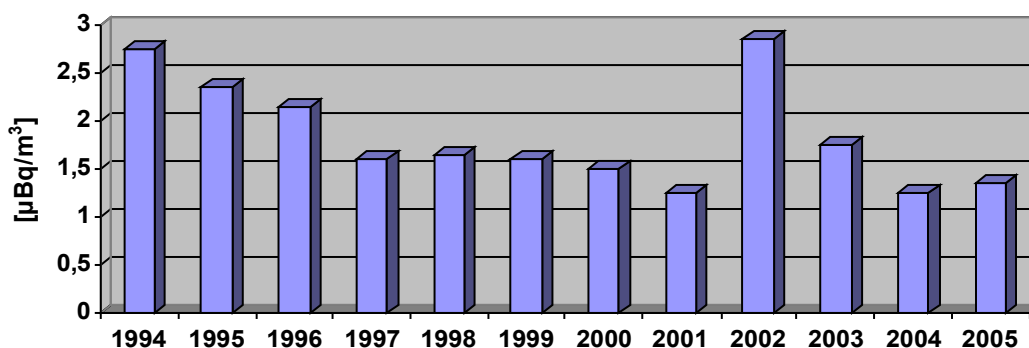


*Rys. 7. Średnie roczne wartości mocy dawki promieniowania gamma uzyskane w poszczególnych miastach w 2005 roku ze stacji wczesnego wykrywania skażeń PMS*

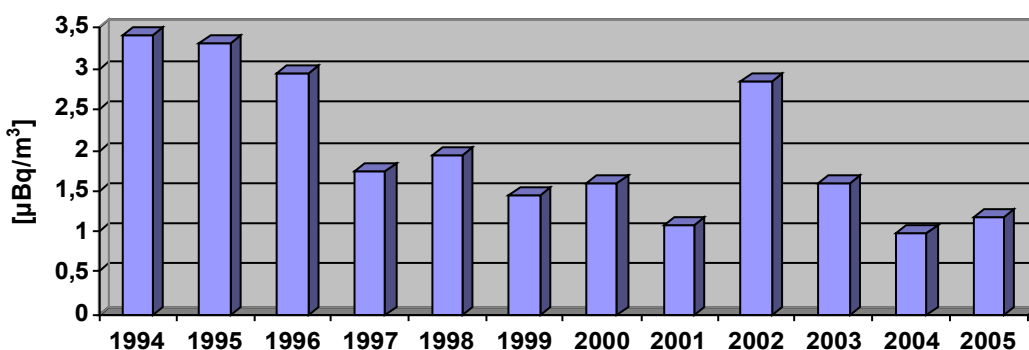
Aerozole atmosferyczne

Pomiary radioaktywności aerozoli atmosferycznych w przyziemnej warstwie powietrza w 2005 roku wykonywane były systematycznie w stacjach wczesnego wykrywania skażeń. Przeprowadzone pomiary wykazały, że podobnie jak w ostatnich kilku latach, zanieczyszczenia powietrza izotopami sztucznymi, powodowane było głównie obecnością izotopu cezu ( $Cs-137$ ), którego średnie roczne stężenia zawierały się w granicach od poniżej 0,1 do ok.  $11,4 \mu Bq/m^3$  (średnio  $1,3 \mu Bq/m^3$ ). Średnie wartości stężeń izotopu jodu ( $J-131$ ) zawierały się w granicach od poniżej 0,1 do ok.  $12,5 \mu Bq/m^3$  (średnio  $0,6 \mu Bq/m^3$ ), a dla naturalnego izotopu berylu ( $Be-7$ ) wynosiły kilka milibekereli w  $m^3$ .

Średnie roczne stężenie  $Cs-137$  w aerozolu atmosferycznym w Polsce w latach 1994 – 2005 oraz w Warszawie przedstawiono na rys nr 8 i 9. Podwyższone stężenie izotopu cezu w 2002 r. spowodowane były pożarami lasów na terenie Ukrainy, skażonych w wyniku awarii czarnobylskiej.



*Rys.8. Średnie roczne stężenia  $Cs-137$  w aerozolu w Polsce w latach 1994 – 2005*



*Rys. 9. Zmiany średnich rocznych wartości stężeń  $Cs-137$  w aerozolu w Warszawie w latach 1994-2005*

W otoczeniu ośrodka w Świerku średnie stężenia izotopów  $Cs-137$  oraz  $J-131$  w powietrzu wynosiły:

- w miejscowości Wólka Mładzka odpowiednio 2,1 oraz  $3,5 \mu Bq/m^3$ ;
- w miejscowości Świder odpowiednio 1,8 oraz  $0,4 \mu Bq/m^3$ .

Nieco wyższe od średnich krajowych średnie roczne stężenia izotopów Cs-137 i J-131 w otoczeniu ośrodka w Świerku wynikają z działania reaktora MARIA. Roczne uwolnienia substancji promieniotwórczych z tego reaktora stanowią jednak tylko 33,6% rocznego limitu uwolnień.

W stacjach, gdzie wykonywane były ciągłe pomiary całkowitej zawartości sztucznych izotopów  $\alpha$  i  $\beta$  - promieniotwórczych w aerozolu atmosferycznym, w 2005 roku nie zarejestrowano przypadku przekroczenia stężenia 1 Bq/m<sup>3</sup> dla średnich stężeń dobowych.

## 1.2. Opad całkowity

Nazwą opadu całkowitego określa się pyły z cząsteczkami izotopów promieniotwórczych, które w wyniku działania pola grawitacji i opadów atmosferycznych osadzają się na powierzchni ziemi. Wyniki pomiarów ( przedstawione w tabeli nr 1) wskazują, że zawartości sztucznych izotopów promieniotwórczych Cs-137, Cs-134 i Sr-90 w rocznym opadzie całkowitym w 2005 roku były na poziomie porównywalnym do stwierdzonego w 2004 roku. W roku 2003 wprowadzono zmodyfikowaną metodykę oznaczania strontu, umożliwiającą około 10-krotnie lepszą wykrywalność tego izotopu w opadzie niż w latach poprzednich.

**Tabela nr 1. Aktywność Cs-134, Cs-137 i Sr-90 oraz aktywność beta w średnim rocznym opadzie całkowitym w Polsce w latach 1995-2005**

Rok	Aktywność [Bq/m <sup>2</sup> ]			Aktywność beta [kBq/m <sup>2</sup> ]
	Cs-134	Cs-137	Sr-90	
1995	< 0,2	2,44	<1,0	0,33
1996	<0,2	1,3	<1,0	0,34
1997	<0,1	1,5	<1,0	0,35
1998	<0,1	1,0	<1,0	0,32
1999	<0,1	0,7	<1,0	0,34
2000	<0,1	0,7	<1,0	0,33
2001	<0,1	0,6	<1,0	0,34
2002	<0,1	0,8	<1,0	0,34
2003	<0,1	0,8	<0,1	0,32
2004	<0,1	0,7	0,11	0,34
2005	<0,1	0,5	0,1	0,32

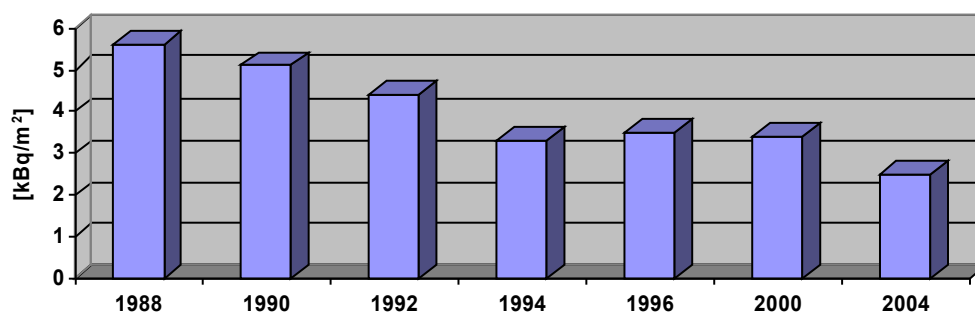
## 1.3. Gleba

Radioaktywność gleby, pochodząca od naturalnych i sztucznych izotopów promieniotwórczych, wyznaczana jest na podstawie pomiarów zawartości poszczególnych izotopów promieniotwórczych w próbkach nie rekultywowanej gleby, pobieranych z warstwy o grubości 10cm. Pomiary te są wykonywane na zlecenie GIOŚ, nie częściej, niż co 2 lata. W 2003 roku takich pomiarów nie prowadzono. W październiku 2004 roku pobrano próbki gleby z 254 stałych punktów kontrolnych rozmieszczonych na terenie kraju i rozpoczęto pomiary zawartości poszczególnych radionuklidów, w szczególności Cs-137 w tych próbkach. Wyniki tych pomiarów, określających radioaktywność gleby w 2004 r. zestawiono w tabeli poniżej.

**Tabela nr 2. Średnie stężenia radionuklidu Cs-137 w glebie w różnych rejonach Polski w 2004r.**

Lp.	Rejon	Średnie stężenie Cs-137 [kBq/m <sup>2</sup> ]	Zakres stężeń Cs-137 [ kBq/m <sup>2</sup> ]
1	białostocki	1,59	0,39 – 2,64
2	gdziński	1,44	0,46 – 3,60
3	katowicki	4,96	1,19 - 21,24
4	krakowski	2,69	0,11 – 15,0
5	poznański	0,88	0,42 – 1,49
6	warszawski	2,10	0,53 – 10,52
7	wrocławski	4,02	0,53 – 23, 68

Wyniki pomiarów próbek gleby, pobranych w 2004 roku z 254 punktów kontrolnych wskazują, że stężenia izotopu Cs-137 w poszczególnych próbkach zawierały się w granicach od 0,39 do 23,68 kBq/m<sup>2</sup> (średnio 2,5 kBq/m<sup>2</sup>). Najwyższe poziomy zawartości obserwowano w rejonach katowickim i wrocławskim, co spowodowane jest intensywnymi lokalnymi opadami deszczu, występującymi na tych terenach w czasie awarii czarnobylskiej.

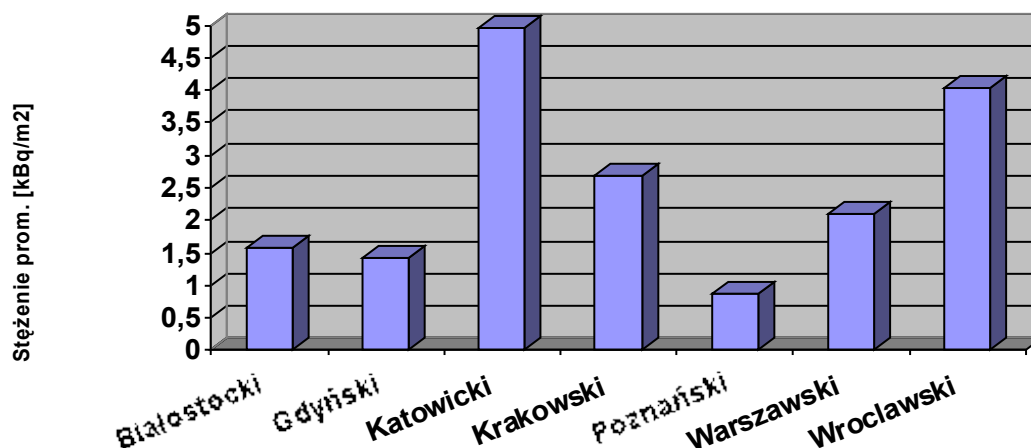


**Rys. 10. Średnie roczne stężenie izotopów Cs-134 + Cs-137 w powierzchniowej warstwie gleby w Polsce w latach 1988-2004**

Średnie zawartości izotopu Cs-137 w glebie w poszczególnych rejonach przedstawiono na rys. nr 11, a średnie zawartości tego izotopu w glebie w Polsce w latach 1988-2004 podano na rys. 10. Średnie stężenia izotopów radu (Ra-226), aktynu (Ac-228) oraz potasu (K-40) w Polsce w 2004 r. wynosiły odpowiednio: 23,2 Bq/kg, 21,3Bg/kg i 390 Bq/kg.

Średnie zawartości izotopu cezu (Cs-137) w 2005 roku w glebie w otoczeniu ośrodka w Świerku i KSOP w Różanie wynosiły odpowiednio ok. 1,8 i 4,9 kBq/m<sup>2</sup>. Podwyższony, średni poziom zawartości cezu w glebie w otoczeniu KSOP w Różanie wynika z lokalnego podwyższenia jego zawartości w glebie, nie spowodowanego pracą KSOP.

Zawartości izotopu Cs-137 w rejonie ośrodka w Świerku i KSOP w Różanie mieściły się w zakresie wartości stwierdzanych również w innych regionach kraju.



Rys. 11. Średnie stężenie Cs-137 w powierzchniowej warstwie (0-10cm) gleby pobranej w 2004 roku w poszczególnych rejonach Polski

#### 1.4 Wody oraz osady denne

Radioaktywność wód i osadów dennych określana jest na podstawie oznaczeń zawartości wybranych sztucznych radionuklidów w próbach pobieranych ze stałych miejsc kontrolnych.

##### 1.4.1. Wody otwarte

W roku 2005 oprócz pomiarów zawartości cezu (Cs-137) przeprowadzono – zgodnie z rekomendacją UE – pomiary zawartości strontu (Sr-90). Wyniki pomiarów (Tabela 3) wskazują, że stężenia cezu utrzymywały się na poziomie z roku ubiegłego, a stężenie strontu – wg dostępnych danych – były na poziomie obserwowanym w innych krajach europejskich.

Tabela nr 3. Stężenia radionuklidów Cs-137 i Sr 90 w wodach rzek i jezior Polski w 2005 r. [Bq/m<sup>3</sup>]

Wody	Cs-137		Sr-90	
	zakres	średnio	zakres	średnio
Wisła, Bug i Narew	1,3 – 4,0	2,2	3,3 – 5,1	4,3
Odra i Warta	1,5 – 6,3	3,4	2,9 – 6,8	4,4
Jeziora	1,4 – 10,3	3,3	2,0 – 12,3	4,7

Stężenie izotopu cezu w próbkach wód otwartych pobranych w 2005 roku z dodatkowych punktów kontrolnych, położonych w pobliżu ośrodka jądrowego w Świerku i KSOP w Różanie wynosiły:

- od 1,1 do 1,4 Bq/m<sup>3</sup> dla rzeki Świder w przekroju powyżej i poniżej ośrodka;
- od 6,8 do 7,4 Bq/m<sup>3</sup> dla wody z oczyszczalni ścieków w Otwocku, odprowadzanej do Wisły;
- 2,0 Bq/m<sup>3</sup> dla rzeki Wisły w przekroju dla miasta Warszawy;
- od 1,4 do 1,9 Bq/m<sup>3</sup> dla rzeki Narew w przekroju powyżej i poniżej składowiska.

Radioaktywność wód przybrzeżnych południowej strefy Bałtyku kontrolowana jest przez pomiary zawartości izotopu Cs-137 oraz izotopu H-3 (trytu) w próbkach pobieranych raz w roku. Stężenia izotopów tych pierwiastków w 2005 roku utrzymywały się na poziomie ok. 1,7 Bq/m<sup>3</sup> dla trytu i 53 Bq/m<sup>3</sup> dla cezu.

#### 1.4.2. Wody ujmowane w studniach, gruntowe i źródłane w otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) i ośrodka w Świerku

Stężenie izotopów cezu i strontu w wodach ujmowanych w studniach zlokalizowanych na terenie okolicznych gospodarstw w 2005 roku wynosiły:

- od 4,7 do 8,1 Bq/m<sup>3</sup> dla Cs-137 oraz 9,8 Bq/m<sup>3</sup> dla Sr-90 w otoczeniu ośrodka;
- od 0,7 do 1,2 Bq/m<sup>3</sup> dla Cs-137 oraz 1,0 Bq/m<sup>3</sup> dla Sr-90 w otoczeniu KSOP.

Stężenie izotopu cezu w wodach źródłanych w otoczeniu KSOP wynosiły od 0,8 do 2,5 Bq/m<sup>3</sup> (śr. 1,6 Bq/m<sup>3</sup>) a stężenie substancji beta-promieniotwórczych w wodach gruntowych w otoczeniu wynosiły od 36 do 478 Bq/m<sup>3</sup> (śr. 121 Bq/m<sup>3</sup>). Nieznacznie podwyższone stężenia substancji beta-promieniotwórczych w wodach gruntowych w otoczeniu KSOP i ośrodka w Świerku są odzwierciedleniem wpływu tych obiektów na ich otoczenie. Górny zakres tych stężeń stanowi jednak nie więcej niż 50% wartości dopuszczonej przez Światową Organizację Zdrowia (WHO) dla wody pitnej, która wynosi 1000 Bq/m<sup>3</sup>.

#### 1.4.3. Osady dennie

W 2005 roku oznaczano zawartość niektórych sztucznych radionuklidów w próbkach osadów dennych wybranych rzek i jezior oraz Morza Bałtyckiego. Wyniki pomiarów przedstawiono w tabelach poniżej.

**Tabela nr 4. Stężenia radionuklidów cezu i plutonu w osadach dennych rzek i jezior Polski w 2005 roku [Bq/kg s.m.]**

Osad denny	Cs-137		Pu-239 i Pu-240	
	zakres	średnio	zakres	średnio
Wisła, Bug i Narew	0,4 – 11,0	2,8	0,004 – 0,048	0,019
Odra i Warta	0,9 – 33,8	8,8	0,008 – 0,074	0,031
Jeziora	4,1 – 19,9	9,8	0,007 – 0,061	0,026

**Tabela nr 5. Średnie stężenia radionuklidów cezu, plutonu i strontu w osadach dennych południowej strefy Morza Bałtyckiego w 2005 roku [Bq/kg s.m.]**

Grubość warstwy [cm]	Cs - 137	Pu - 238	Pu - 239, Pu - 240	Sr - 90
0,0 – 5,0	181	0,06	2,14	3,5
5,0 – 10,0	56	0,16	4,52	4,1

Otrzymane wyniki badań wykazały, że stężenia sztucznych radionuklidów w osadach dennych wód otwartych oraz Morza Bałtyckiego w 2005 roku były na poziomie obserwowanym w roku ubiegłym.

## 2. Pomiary skażeń promieniotwórczych żywności w 2005 roku

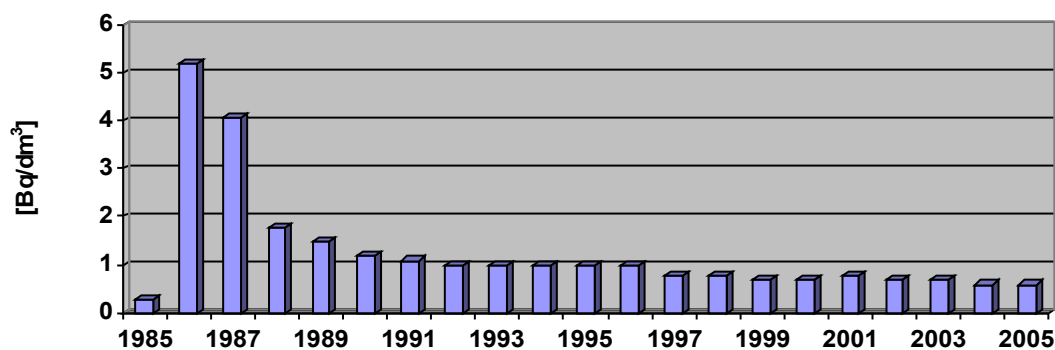
Zawartości izotopów promieniotwórczych w artykułach i produktach żywnościowych jest porównywana z wartościami określonymi w Rozporządzeniu Rady Unii Europejskiej nr 737/90. Zgodnie z ustaleniami zawartymi w tym rozporządzeniu, łączna zawartość izotopów cezu ( $Cs-137$  i  $Cs-134$ ), będących pozostałością skażeń wywołanych awarią reaktora w Czarnobylu w 1986 roku nie może przekraczać:

- 370 Bq/kg w mleku i jego przetworach,
- 600 Bq/kg we wszystkich innych produktach.

Należy zwrócić uwagę, że aktywność  $Cs-134$  w artykułach i produktach żywnościowych jest na poziomie 1% aktywności  $Cs-137$  i z tego względu ma niewielki wpływ na narażenie radiacyjne.

### 2.1. Mleko

Zawartość izotopów promieniotwórczych w mleku stanowi istotny wskaźnik dla oceny narażenia radiacyjnego drogą pokarmową. Można przyjąć, że mleko wnosi ok. 30-50% izotopów cezu do całkowitej podaży tych izotopów w przeciętnej racji pokarmowej w Polsce. W mleku płynnym (świeżym) w 2005 roku zawartości izotopów cezu zawierały się w granicach od 0,1 do 2,0 Bq/dm<sup>3</sup> i wynosiły średnio, podobnie jak w 2004 roku ok. 0,6 Bq/dm<sup>3</sup>.



*Rys. 12. Średnie roczne aktywności  $Cs-134$  i  $Cs-137$  w mleku w Polsce (1985-2005)*

Była to wartość dwukrotnie wyższa niż w 1985 roku (przed awarią czarnobylską) i około 7-krotnie niższa niż w 1986 roku (awaria czarnobylska).

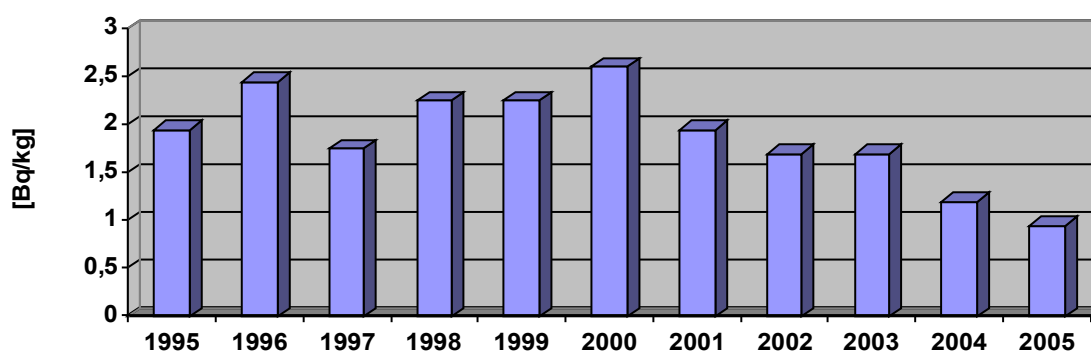
Zawartość naturalnego izotopu promieniotwórczego potasu ( $K-40$ ) w mleku wynosiła ok. 43 Bq/dm<sup>3</sup>.

W proszku, uzyskanym z mleka odtłuszczonego, zawartość izotopów cezu w 2005 roku zawierała się w zakresie od 2,0 do 18 Bq/kg, co w przeliczeniu na mleko płynne odpowiada zakresowi od poniżej 0,1 do 1,5 Bq/dm<sup>3</sup>, (przy założeniu, że 1kg proszku = 12 dm<sup>3</sup> płynu) i jest zgodne z wynikami analiz mleka płynnego.

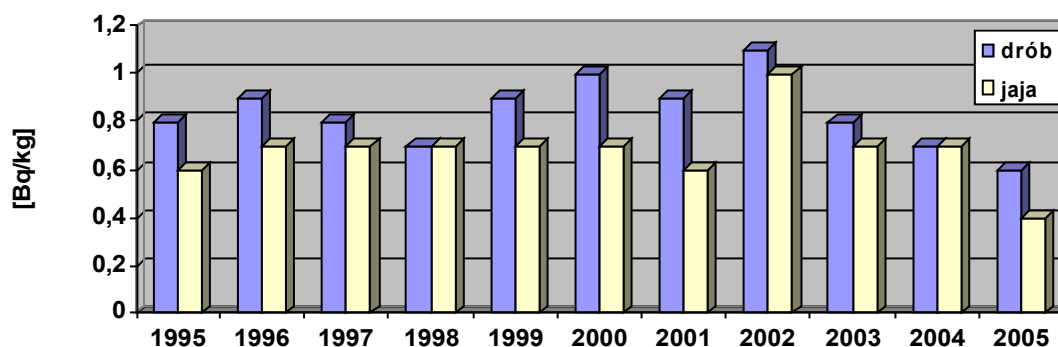
Zawartość izotopu Sr-90 w mleku w 2005 roku nie przekraczała 0,1 Bq/ dm<sup>3</sup> i była na poziomie z okresu przed awarią czarnobylską.

## 2.2. Mięso, drób i ryby

W 2005 roku przeprowadzono pomiary zawartości izotopów cezu w różnych rodzajach mięsa zwierząt hodowlanych, drobiu i ryb. Wyniki przedstawiono na rys. 13, 14, 15. Przeprowadzone badania wykazały, że od 2005 roku średnie zawartości izotopów cezu i strontu w mięsie drobiu i rybach były niższe niż w roku ubiegłym, ale wyższe (ok. dwukrotnie dla mięsa, drobiu i jaj, a ok.4-krotnie dla ryb) w porównaniu do 1985 roku, czyli okresu sprzed awarii w Czarnobylu. W porównaniu do roku 1986 (awaria w Czarnobylu) zawartości te były niższe kilkunastokrotnie.

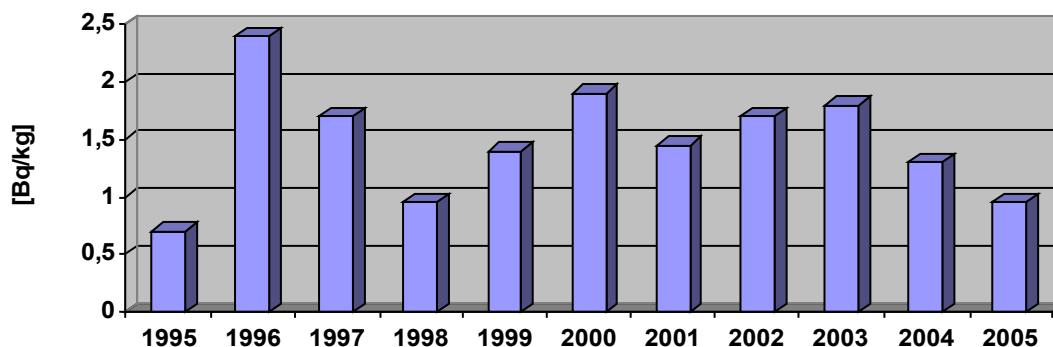


Rys.13. Średnie roczne aktywności Cs-134 + Cs-137 w mięsie hodowlanym w Polsce w latach 1995-2005



Rys.14. Średnie roczne aktywności Cs-134 + Cs-137 w drobiu i jajach w Polsce w latach 1995 - 2005





**Rys. 15. Średnie roczne aktywności Cs-134+Cs-137 w rybach w Polsce w latach 1995-2005**

### 2.3. Warzywa, owoce, zboże i grzyby

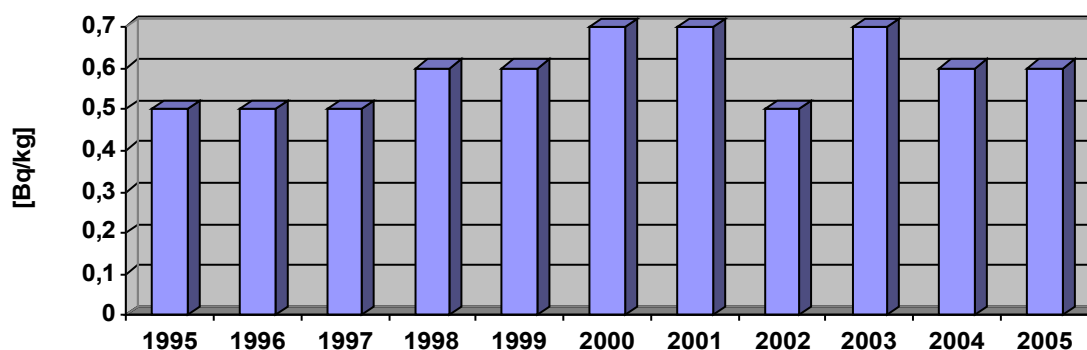
Wyniki pomiarów zawartości izotopów cezu i strontu w warzywach, owocach i zbożu, wykonanych w 2005 roku wskazują, że średnie stężenia izotopów cezu w warzywach (rys. 16) oraz owocach (rys. 17) zawierały się w granicach 0,1-1,0 Bq/kg (przy wartościach przekraczających 1,5 Bq/kg w pojedynczych próbkach) i były podobne do stężeń obserwowanych w 1985 roku.

Zawartość izotopu cezu w zbożach w otoczeniu ośrodka w Świerku i Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różanie w 2005 roku nie przekraczała wartości 1,5 Bq/kg i utrzymywała się na poziomie średniej krajowej.

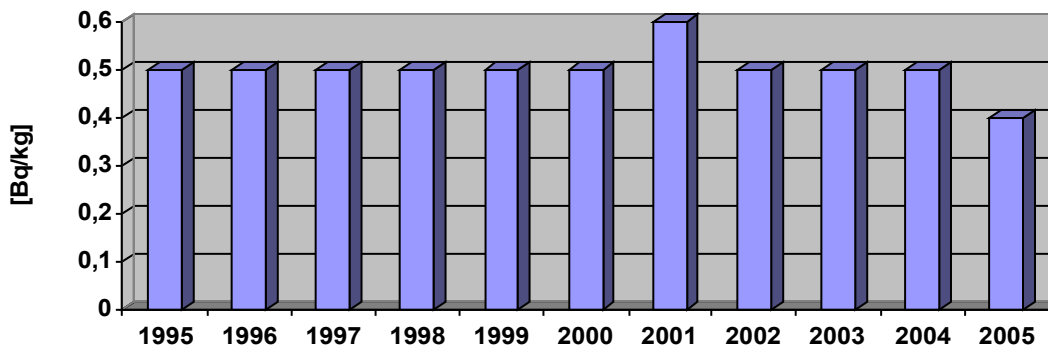
Wysoki – w porównaniu do podstawowych artykułów żywnościowych - poziom zawartości izotopów cezu utrzymywał się w grzybach leśnych. Pomiar przeprowadzone w 2005 roku wykazały, że średnie zawartości Cs-137 w podstawowych gatunkach świeżych grzybów wynosiły ok. 115 Bq/kg. Należy zwrócić uwagę, że w 1985 roku tj. w okresie przed awarią czarnobylską, zawartości izotopu cezu Cs-137 w grzybach były również znacznie wyższe niż w innych produktach spożywczych, co wskazuje, że izotop ten pochodzi z okresu prób z bronią jądrową. Potwierdzają to analizy stosunku izotopu Cs-134 i Cs-137 w 1986 roku.

Poziom izotopu Sr-90 nie przekraczał w ostatnich kilku latach 1 Bq/kg (poziom z 1985 roku).

Wyższe stężenia izotopu Cs-137 w stosunku do innych owoców utrzymują się przez ostatnie kilka lat w leśnych czarnych jagodach (kilkanaście Bq/kg).



**Rys. 16. Średnie roczne aktywności Cs-134+Cs-137 w warzywach w Polsce w latach 1995-2005**



*Rys. 17. Średnie roczne aktywności Cs-134+Cs-137 w owocach w Polsce w latach 1995-2005*

## V. Informacja dot. potencjalnego zagrożenia związanego z radioaktywnym izotopem polonu (polon - 210).

Radioaktywny izotop polonu (Po-210) jest groźny dla zdrowia człowieka jedynie w przypadku przedostania się do wnętrza organizmu. Polon został odkryty przed 108 laty przez małżonków: Marię i Piotra Curie. Występuje w śladowych ilościach w skorupie ziemskiej. Można go wytwarzać sztucznie, bombardując bizmut neutronami. Okres połowicznego rozpadu izotopu polonu-210 wynosi 138 dni. Polon-210 jest alfa-promieniotwórczy, odznacza się dużą aktywnością właściwą. Jest niebezpieczny dla człowieka, gdy dostanie się do płuc, przewodu pokarmowego lub otwartych ran, nawet w ilościach miligramowych, natomiast pozostając poza organizmem, z powodu bardzo niewielkiego zasięgu cząstek alfa, jest całkowicie nieszkodliwy. Skażenie wewnętrzne ludzi można ocenić na podstawie oznaczenia Po-210 w moczu i kale.

### Materiały wykorzystane do oprac. informacji:

1. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (Dz. U. z 2004 roku nr 161, poz.1689).
2. Ustawa z dnia 24 lutego 2006 roku o zmianie ustawy Prawo atomowe (Dz. U. nr 52, poz.378).
3. Działalność Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki oraz ocena stanu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w Polsce w 2005 roku; W- wa, czerwiec 2006 r.
4. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2002 roku w sprawie stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych i placówek prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych (Dz. U. Nr 239, poz. 2030).
5. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 19 listopada 2002 roku w sprawie wymagań dotyczących jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. nr 203, poz. 1718).
6. Strony internetowe Polskiej Agencji Atomistyki [www.paa.gov.pl](http://www.paa.gov.pl) oraz Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej [www.clor.waw.pl](http://www.clor.waw.pl).