

Dwurocznik CLOR

2008-2009



CENTRALNE LABORATORIUM OCHRONY RADIOLOGICZNEJ
UL. KONWALIOWA 7, 03-194 WARSZAWA

tel.: (+48 22) 8110011 fax.: (+48 22) 8111616
www.clor.waw.pl

Korekta terminologiczna:
Tadeusz Musiałowicz
Edytor:
Olga Zborowska

Podziękowanie
dla mgr inż. Krzysztofa Ciupka
za wielką pomoc
w zebraniu materiałów
i dla Macieja Morguna
za bezcenną pomoc
w pracy edytorskiej

Warszawa
2011

Opracowanie:
Olga Zborowska
Dział Szkolenia i Informacji
Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej
03-194 Warszawa; Ul. Konwaliowa 7
Www.Clor.Waw.Pl

SPIS TREŚCI

WSTĘP

1. OBSZARY DZIAŁANIA LABORATORIUM	6
2. ORGANIZACJA CLOR	7

ARTYKUŁY

3. OPRACOWANIE SCENARIUSZY TESTOWYCH NA POTRZEBY WALIDACJI MODELI OBLICZENIOWYCH SŁUŻĄCYCH DO OCENY SYTUACJI RADIACYJNEJ KRAJU W WYPADKU ZDARZEŃ RADIACYJNYCH	10
4. ZASTOSOWANIE TESTU MIKROJĄDROWEGO W LIMFOCYTACH LUDZKIEJ KRWI OBWODOWEJ DO OCENY OSOBNICZEJ PODATNOŚCI NA DZIAŁANIE PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO DLA POTRZEB MONITORINGU BIOLOGICZNEGO	20
5. PRZEPROWADZENIE CYTOGENETYCZNEJ OCENY DAWEK OTRZYMANYCH PRZEZ DWÓCH OPERATORÓW DEFEKTOSKOPÓW PRZEMYSŁOWYCH PODCZAS ZDARZENIA RADIACYJNEGO W GDAŃSKU	26
6. BADANIE STĘŻENIA RADONU W DOMACH NA TERENIE RZESZOWSZCZYZNY W CELU UZUPEŁNIENIA BRAKUJĄCYCH DANYCH DO ATLASU RADONOWEGO POLSKI	32
7. MONITORING STĘŻENIA ^{137}Cs W GLEBIE W LATACH 2008-2009	39
8. ROCZNA DAWKA EFEKTYWNA (2008)	41
9. KOMPLEKSOWE POMIARY SŁUŻĄCE DO OCENY SYTUACJI RADIACYJNEJ W OTOCZENIU KRAJOWEGO SKŁADOWISKA ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH (KSOP) W RÓŻANIE	43
10. KOMPLEKSOWE POMIARY SŁUŻĄCE DO OCENY SYTUACJI RADIACYJNEJ W OTOCZENIU OŚRODKA W ŚWIERKU	46
11. PRZYGOTOWANIE DŁUGOLETNIEGO PROGRAMU SZKOLENIOWEGO W ZAKRESIE BEZPIECZEŃSTWA I OCHRONY RADIOLOGICZNEJ W RAMACH POMOCY FINANSOWEJ UE TZW. ŚRODKÓW PRZEJŚCIOWYCH (TRANSITION FACILITY)	49
12. BEZPIECZEŃSTWO I OCHRONA. NOWE KONCEPCJE	53

OPRACOWANIA 2008

ZAKŁAD HIGIENY RADIACYJNEJ

• AKREDYTACJE	
1. AKREDYTACJA LABORATORIUM ANALIZ RADIOCHEMICZNYCH I SPEKTROMETRYCZNYCH	60
• POMIARY	
1. MONITORING SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH WÓD POWIERZCHNIOWYCH I OSADÓW DENNYCH	62
2. PRZEPROWADZENIE POMIARÓW PORÓWNAWCZYCH W ZAKRESIE OZNACZANIA IZOTOPÓW ^{137}Cs I ^{90}Sr PRZEZ PLACÓWKI PODSTAWOWE PROWADZĄCE POMIARY SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH W RAMACH MONITORINGU RADIACYJNEGO KRAJU	64
3. OZNACZENIE PROMIENIOTWÓRCZOŚCI WODY DO PICIA W DUŻYCH AGLOMERACJACH MIEJSKICH I OCENA DAWEK OD JEJ SPOŻYCIA	66
4. OCENA DAWEK DLA ORGANIZMÓW STANDARDOWYCH CHARAKTERYS TYCZNYCH DLA ŚRODOWISKA LĄDOWEGO I WODNEGO W POLSCE	67
5. OKREŚLENIE POZIOMÓW ODNIESIENIA URANU I PLUTONU W MOCZU LUDZI DO OCENY SKAŻEŃ WEWNĘTRZNYCH OSÓB MAJĄCYCH KONTAKT Z MATERIAŁAMI ROZSZCZEPIALNYMI	69
6. OCENA DAWEK OD WCHŁONIĘĆ ^{137}Cs Z MLEKIEM W RÓŻNYCH GRUPACH WIEKOWYCH	71
7. OCENA DAWEK POCHŁONIĘTYCH PRZEZ DZIECI I MŁODZIEŻ W RÓŻNYM WIEKU OD WCHŁONIĘĆ ^{137}Cs I ^{90}Sr Z ŻYWNOŚCIĄ	72
8. MONITORING SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH MORZA BAŁTYCKIEGO W 2008 ROKU	74
9. BADANIE PIONOWYCH ROZKŁADÓW STĘŻEŃ IZOTOPÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH W OSADACH DENNYCH BAŁTYKU POŁUDNIOWEGO I OCENA ŹRÓDEŁ SKAŻENIA. OKREŚLENIE SZYBKOŚCI SEDYMENTACJI W BAŁTYKU POŁUDNIOWYM	76

ZAKŁAD DOZYMETRII

• AKREDYTACJE	
1. AKREDYTACJA LABORATORIUM BADAWCZEGO – PRACOWNI PROMIENIOTWÓRCZOŚCI NATURALNEJ ZAKŁADU DOZYMETRII CLOR W ZAKRESIE BADAŃ NATURALNEJ PROMIENIOTWÓRCZOŚCI SUROWCÓW I MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH	78
• POMIARY	
1. MONITORING STĘŻENIA ^{137}Cs W GLEBIE W ROKU 2007	81
2. KOMPLEKSOWE POMIARY SŁUŻĄCE DO OCENY SYTUACJI RADIACYJNEJ W OTOCZENIU KRAJOWEGO SKŁADOWISKA ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH (KSOP) W RÓŻANIE	43
3. KOMPLEKSOWE POMIARY SŁUŻĄCE DO OCENY SYTUACJI RADIACYJNEJ W OTOCZENIU OŚRODKA W ŚWIERKU	46
• SPRAWOZDANIA	
1. ANALIZA I OCENA ZMIAN RADIOAKTYWNOŚCI SUROWCÓW I MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH STOSOWANYCH W POLSCE W LATACH 1980-2007	83

DZIAŁ SZKOLENIA I INFORMACJI

• SPRAWOZDANIA	
1. SZKOLENIE, INFORMACJA I NORMALIZACJA	88
2. ROCZNA DAWKA EFEKTYWNA	41

ZAKŁAD KONTROLI DAWEK I WZORCOWANIA

• SPRAWOZDANIA	
1. OPRACOWANIE WZORCOWEJ ZALEŻNOŚCI DAWKA-SKUTEK DLA POTRZEB DOZYMETRII BIOLOGICZNEJ W PRZYPADKU NIEKONTROLOWANEGO NARAŻENIA NA WYSOKIE DAWKI PROMIENIOWANIA GAMMA	91
• ZAPEWNIENIE JAKOŚCI	
1. ZAPEWNIENIE I UTRZYMANIE SYSTEMU JAKOŚCI W PRACOWNI DOZYMETRII RADONU W ZAKRESIE KALIBRACJI DETEKTORÓWI PRZYRZĄDÓW DO POMIARU STĘŻENIA RADONU I JEGO PRODUKTÓW ROZPADU	95
2. ZAPEWNIENIE I UTRZYMANIE SYSTEMU JAKOŚCI W PRACOWNI DAWEK INDYWIDUALNYCH I ŚRODOWISKOWYCH DLA POTRZEB OCHRONY RADIOLOGICZNEJ	97
3. ZAPEWNIENIE I UTRZYMANIE SYSTEMU JAKOŚCI W PRACOWNI WZORCOWANIA DOZYMETRYCZNEGO LABORATORIUM WZORCÓW WTÓRNYCH (DLWW) DLA POTRZEB OCHRONY RADIOLOGICZNEJ	99

OPRACOWANIA 2009

ZAKŁAD HIGIENY RADIACYJNEJ

• AKREDYTACJE	
1. AKREDYTACJA LABORATORIUM ANALIZ RADIOCHEMICZNYCH I SPEKTROMETRYCZNYCH	104
• SPRAWOZDANIA I POMIARY	
1. OCENA DAWEK OD WCHŁONIĘĆ ^{137}Cs Z MLEKIEM W RÓŻNYCH GRUPACH WIEKOWYCH	106
2. OCENA DAWEK POCHŁONIĘTYCH PRZEZ DZIECI I MŁODZIEŻ W RÓŻNYM WIEKU OD WCHŁONIĘĆ ^{137}Cs I ^{90}Sr Z ŻYWNOŚCIĄ	108
3. POMIARY ZAWARTOŚCI IZOTOPÓW ^{137}Cs I ^{90}Sr W PRODUKTACH ŻYWNOŚCIOWYCH I DANIACH GOTOWYCH	110
4. OZNACZENIE PROMIENIOTWÓRCZOŚCI WODY DO PICIA W DUŻYCH AGLOMERACJACH MIEJSKICH I OCENA DAWEK OD JEJ SPOŻYCIA	112
5. OKREŚLENIE POZIOMÓW ODNIESIENIA URANU I PLUTONU W MOCZU LUDZI DO OCENY SKAŻEŃ WEWNĘTRZNYCH OSÓB MAJĄCYCH KONTAKT Z MATERIAŁAMI ROZSZCZEPIALNYMI	113
6. OCENA DAWEK POCHŁONIĘTYCH DLA ORGANIZMÓW STANDARDOWYCH	
7. CHARAKTERYSTYCZNYCH DLA ŚRODOWISKA LĄDOWEGO I WODNEGO W POLSCE	115
8. PRZEPROWADZENIE POMIARÓW PORÓWNAWCZYCH W ZAKRESIE OZNACZANIA IZOTOPU ^{137}Cs PRZEZ PLACÓWKI PODSTAWOWE PROWADZĄCE POMIARY SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH W RAMACH MONITORINGU RADIACYJNEGO KRAJU	118

ZAKŁAD DOZYMETRII

- AKREDYTACJE
 - 1. UTRZYMANIE SYSTEMU ZAPEWNIENIA JAKOŚCI W AKREDYTOWANEJ PRACOWNI PROMIENIOTWÓRCZOŚCI NATURALNEJ W ZAKRESIE BADAŃ WZORCA ODNIESIENIA RADU ^{226}Ra , TORU ^{228}Th I POTASU ^{40}K 121
- SPRAWOZDANIA I POMIARY
 - 1. ZORGANIZOWANIE I PRZEPROWADZENIE POMIARÓW PORÓWNAWCZYCH ZAWARTOŚCI NATURALNYCH IZOTOPÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH W SUROWCACH I MATERIAŁACH BUDOWLANYCH 123
 - 2. ANALIZA I OCENA ZMIAN RADIOAKTYWNOŚCI SUROWCÓW I MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH STOSOWANYCH W POLSCE W LATACH 1980-2009 129
 - 3. MONITORING STĘŻENIA ^{137}Cs W GLEBIE W LATACH 2008-2009 39
 - 4. EKSPLOATACJA SIECI WYSOKOCZUŁYCH STACJI ASS-500 133

DZIAŁ SZKOLENIA I INFORMACJI

- SPRAWOZDANIA
 - 1. SZKOLENIE, INFORMACJA I NORMALIZACJA 136
- POMIARY
 - 1. ROCZNA DOWKA EFEKTYWNA (2009) 138

ZAKŁAD KONTROLI DAWEK I WZORCOWANIA

- SPRAWOZDANIA I POMIARY
 - 1. OPRACOWANIE METODYKI NIEZBĘDNEJ DO URUCHOMIENIA WZORCA WTÓRNEGO PROMIENIOWANIA BETA 141
 - 2. KONTROLA DAWEK INDYWIDUALNYCH W 2008 I 2009 ROKU 143
- WZORCOWANIE
 - 1. WZORCOWANIE PRZYRZĄDÓW DOZYMETRYCZNYCH DLA POTRZEB OCHRONY RADIOLOGICZNEJ W 2009 ROKU 145
- ZAPEWNIENIE JAKOŚCI
 - 1. UTRZYMANIE SYSTEMU ZAPEWNIENIA JAKOŚCI W PRACOWNI DOZYMETRII RADONU 146
 - 2. ZAPEWNIENIE I UTRZYMANIE SYSTEMU JAKOŚCI W PRACOWNI WZORCOWANIA DOZYMETRYCZNEGO LABORATORIUM WZORCÓW WTÓRNYCH (DLWW) DLA POTRZEB OCHRONY RADIOLOGICZNEJ 153
 - 3. ZAPEWNIENIE I UTRZYMANIE SYSTEMU JAKOŚCI W PRACOWNI DAWEK INDYWIDUALNYCH I ŚRODOWISKOWYCH DLA POTRZEB OCHRONY RADIOLOGICZNEJ 159
- ARTYKUŁY
 - ZASTOSOWANIE TESTU MIKROJĄDROWEGO W LIMFOCYTACH LUDZKIEJ KRWI OBWODWEJ DO OCENY OSOBNICZEJ PODATNOŚCI NA DZIAŁANIE PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO DLA POTRZEB MONITORINGU BIOLOGICZNEGO 20
- SPRAWOZDANIA
 - PRZEPROWADZENIE CYTOGENETYCZNEJ OCENY DAWEK OTRZYMANYCH PRZEZ DWÓCH OPERATORÓW DEFEKTOSKOPÓW PRZEMYSŁOWYCH PODCZAS ZDARZENIA RADIACYJNEGO W GDAŃSKU 26

Wstęp

CLOR utworzono w 1957 roku dla zapewnienia ochrony radiologicznej kraju.

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej jest ośrodkiem naukowo-nastawionym na ochronę przed skutkami promieniowania jonizującego społeczeństwa i osób narażonych zawodowo. Jesteśmy znanym producentem wysokoczułych polskich stacji wykrywania skażeń radioaktywnych powietrza ASS-500. Stanowią one główny trzon sieci radiacyjnego monitoringu Polski i należą do najlepszych na świecie! CLOR prowadzi szeroką działalność w zakresie kalibracji, kontroli i standaryzacji aparatury dozymetrycznej i dysponuje unikalnymi w skali kraju stanowiskami do przeprowadzania testów przyrządów pomiarowych. Większość badań naukowych i prac rozwojowych CLOR ma charakter wieloletni. Dotyczy to głównie prac z zakresu radioekologii oraz związanych z monitoringiem skażeń promieniotwórczych środowiska. W ramach istniejącego w CLOR Laboratorium Cytogenetycznej Rekonstrukcji Dawek prowadzone są badania w zakresie oceny indywidualnej promieniowrażliwości.

Obszary działania Laboratorium

Przedmiotem działania Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej jest prowadzenie badań naukowych i prac rozwojowych, przystosowanie wyników prowadzonych prac do zastosowania w praktyce oraz upowszechniania tych prac, w obszarach:

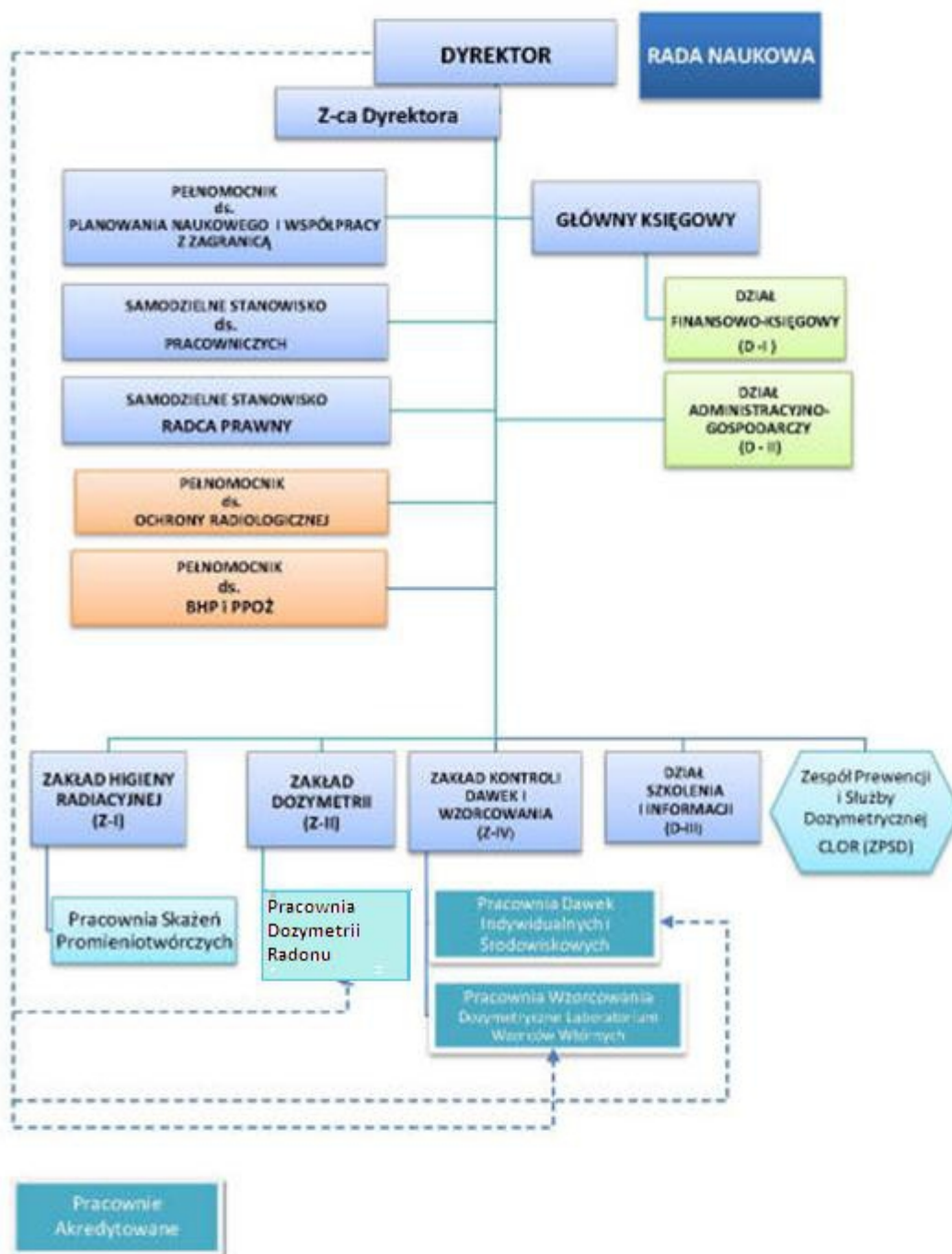
- a) ochrony przed promieniowaniem jonizującym osób narażonych zawodowo, wybranych osób z populacji i ogółu ludności, oraz środowiska kraju w warunkach normalnych, podczas nadzwyczajnych zdarzeń radiacyjnych, a w szczególności terrorystycznych i militarnych zagrożeń radiacyjnych,
- b) radioanalitik i pokrewnych metod analizy chemicznej,
- c) doskonalenia metod pomiarowych, wzorcowania aparatury dozymetrycznej i radiometrycznej,
- d) prac normalizacyjnych, legislacyjnych i informacji w dziedzinie ochrony przed promieniowaniem,
- e) szkolenia i kursów w dziedzinie ochrony przed promieniowaniem.

Do zakresu działania Centralnego Laboratorium należy wykonywanie zadań operacyjnych z zakresu ochrony radiologicznej, a w szczególności:

- a) pomiary i ocena skażeń promieniotwórczych środowiska i żywności,
- b) pomiary i ocena skażeń wewnętrznych,
- c) pomiary i ocena indywidualnych dawek promieniowania,
- d) opiniowanie i ocena działań podejmowanych w jednostkach użytkujących źródła promieniowania jonizującego, z punktu widzenia wymagań ochrony radiologicznej,
- e) pomiary, ekspertyzy, oceny i opinie w zakresie ochrony radiologicznej związane z użytkowaniem i przechowywaniem źródeł promieniowania oraz transportem materiałów promieniotwórczych,
- f) prowadzenie ewidencji danych dotyczących: i) źródeł promieniowania jonizującego,
 - ii) dawek indywidualnych,
 - iii) wyników pomiarów radiometrycznych i innych, zgodnie z obowiązującymi przepisami,
 - iv) wzorcowanie aparatury dozymetrycznej i radiometrycznej,
- g) badanie i opiniowanie urządzeń zawierających źródła promieniotwórcze i wytwarzających promieniowanie jonizujące, aparatury dozymetrycznej i radiometrycznej oraz sprzętu ochronnego,
- h) prewencyjna służba dozymetryczna,
- i) punkt kontaktowy międzynarodowego systemu wczesnego powiadamiania o awariach jądrowych,
- j) prowadzenie monitoringu radiacyjnego, w tym sieci wczesnego wykrywania.

Organizacja CLOR

Podporządkowanie komórek organizacyjnych przedstawia poniższy schemat



ARTYKUŁY

OPRACOWANIE SCENARIUSZY TESTOWYCH NA POTRZEBY WALIDACJI
MODELI OBLICZENIOWYCH SŁUŻĄCYCH DO OCENY SYTUACJI RADIACYJNEJ
KRAJU W WYPADKU ZDARZEŃ RADIACYJNYCH

Umowa Nr 7/SP/2006

STRESZCZENIE

W związku z implementacją w 2002 r. modułów komputerowych RODOS FCDM i ARGOS FCDM (Food-Chain and Dose Module) w Centrum do Spraw Zdarzeń Radiacyjnych (CEZAR) Państwowej Agencji Atomistyki jako narzędzi wspomagających decyzje wprowadzenia działań interwencyjnych w wypadku zdarzeń radiacyjnych, od 2006 prowadzi się prace nad przeprowadzeniem udokumentowanych testów w/w modułów. W latach 2006 - 2007 roku opracowano osiem scenariuszy testowych dla radionuklidów ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , opisujących różne sytuacje radiologiczne, uwzględniające parametry charakterystyczne dla warunków w Polsce, jak strukturę agrotechniczną, warunki klimatyczne, właściwości gleby, strukturę spożycia itp.

WSTĘP

Awaria IV Bloku Elektrowni Jądrowej w Czarnobylu, do jakiej doszło 26 kwietnia 1986 roku, wykazała potrzebę dysponowania komputerowymi modelami (kodami) pozwalającymi na szybką ocenę dawek od promieniowania jonizującego. Kody te mają służyć jako narzędzie do wspomagania decyzji na wypadek uwolnień radionuklidów do środowiska. Zalecenia takie sformułowano m.in. w raporcie Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej [1] oraz w Raporcie Komisji Rządowej do Spraw Oceny Promieniowania Jądrowego i Działań Profilaktycznych [2]. Przez model komputerowy rozumie się procedurę służącą do przewidywania spodziewanych w środowisku efektów wynikających z działalności człowieka, która może doprowadzić do zanieczyszczenia środowiska substancjami chemicznymi lub radioaktywnymi (np. awaryjne lub rutynowe uwolnienie substancji radioaktywnych z EJ).

Różnorodność zjawisk zachodzących w ekosystemie powoduje, że w wielu przypadkach matematyczny opis procesów fizycznych i chemicznych, zachodzących w złożonym i w ograniczonym stopniu poznanym medium, wymaga stosowania uproszczeń i posługiwania się parametrami fenomenologicznymi. Komputerowe modele środowiska zwykle kompromisem pomiędzy wymogiem rzeczywistego opisu zjawisk zachodzących w ekosystemie, a koniecznością szybkiej oceny narażenia populacji. Współczesna technika komputerowa pozwala na zwiększenie stopnia dokładności i szybkości przetwarzania danych, przez co umożliwia bardziej precyzyjny opis zjawisk zachodzących w naturalnym środowisku człowieka [3, 4].

W celu sprawdzenia i uwiarygodnienia prognoz komputerowych modeli środowiska, utworzono międzynarodowe programy badawcze m.in.: VAMP (VALIDATION OF ENVIRONMENTAL MODELS PREDICTIONS) I BIOMOVs (BIOSPHERIC MODEL VALIDATION STUDY) [5 - 9], EMRAS (ENVIRONMENTAL MODELS RADIATION STUDY) koordynowane przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej. Od 2002 roku w Centrum do Spraw Zdarzeń Radiacyjnych (CEZAR) Państwowej Agencji Atomistyki wdrożono moduły RODOS FCDM i ARGOS FCDM (Food-Chain and Dose Module) jako narzędzia wspomagających decyzje wprowadzenia działań interwencyjnych w wypadku zdarzeń radiacyjnych. Prowadzono również intensywne prace mające na celu dostosowanie baz danych parametrów obliczeniowych w/w modułów do warunków polskich (klimat, warunki agrotechniczne jak: struktura upraw i hodowli, typy gleb itp.). W 2006 roku podjęto prace nad przeprowadzeniem udokumentowanych testów modułów RODOS FCDM i ARGOS FCDM. Celem tych testów jest zbadanie odpowiedzi w/w modułów na symulowane różne sytuacje radiologiczne, i dokonanie na tej podstawie walidacji modułów RODOS FCDM oraz ARGOS FCDM dla warunków polskich.

1. POCZĄTKOWE SKAŻENIE POWIETRZA W SCENARIUSZACH TESTOWYCH

W 2007 roku przygotowano dwa scenariusze, przygotowując w każdym scenariuszu dane testowe dla innego radionuklidu:

1.1 SCENARIUSZ DLA PROMIENIOTWÓRCZEGO JODU ^{131}I

- 1.1.1 Rozciągnięte w czasie (8-dniowe) standardowe stężenie w powietrzu ^{131}I (100 Bq m^{-3}), zaistniałe o różnych porach roku: od 27 kwietnia do 7 maja 2007 oraz od 30 września do 10 października 2007.
- 1.1.2 Scenariusz obejmował różne warianty wprowadzonych środków zaradczych, zastosowanych w celu redukcji dawek obciążających na tarczycę, np. tabletki jodowe oraz zakaz wypasu krów.
- 1.1.3 Warunki meteorologiczne i skład różnych postaci fizyko-chemicznych promieniotwórczego jodu reprezentują najbardziej prawdopodobny wariant uwolnienia (w odległości około 800 km) oraz ze względu na ciągle intensywne opady również wariant zwiększonego ryzyka. Założono 50% udział frakcji aerozolowej w skażonym powietrzu z logarytmiczno normalnym rozkładem aktywności poszczególnych średnic cząstek o średniej $\text{AMAD}=0.6 \mu\text{m}$ i odchyleniu standardowym $\text{SD}(\text{DAE}) = 4 \mu\text{m}$, oraz intensywny deszcz od 29 kwietnia do 7 maja 2007 (Tabela 1). Odpowiadająca przyjętym warunkom prędkość depozycji suchej wynosi: $0.3 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ dla jodu związanego z aerozolem oraz $1.3 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ dla jodu elementarnego, prędkość depozycji mokrej $2 \times 10^4 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$ dla frakcji aerozolowej oraz $1.7 \times 10^5 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$ dla jodu elementarnego.

1.2 SCENARIUSZ TESTOWY DLA PROMIENIOTWÓRCZEGO CEZU ^{137}Cs

- 1.2.1 Rozciągnięte w czasie jednostkowe stężenie w powietrzu ^{137}Cs ($1 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$), trwające od 28 kwietnia do 5 maja 2007 występujące na obszarach o różnych warunkach glebowych.
- 1.2.2 Warunki meteorologiczne i udział frakcji aerozolowej w skażonym powietrzu reprezentują najbardziej prawdopodobny wariant uwolnienia (w odległości ok. 800 km) oraz ze względu na ciągle intensywne opady również wariant zwiększonego ryzyka. Założono 100% udział frakcji aerozolowej w skażonym powietrzu z logarytmiczno normalnym rozkładem aktywności poszczególnych średnic cząstek o średniej AMAD = $0.6 \mu\text{m}$ i odchyleniu standardowym SD(DAE) = $4 \mu\text{m}$, oraz intensywny deszcz od 30 kwietnia do 7 maja 2007 (Tabela 2). Odpowiadająca przyjętym warunkom prędkość depozycji suchej wynosi: $0.3 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ oraz prędkość depozycji mokrej $2\times 10^4 \text{ m}\cdot\text{d}^{-1}$.
- 1.2.3 Wieloletnie badania przechodzenia cezu promieniotwórczego z gleby do roślin (opisywanej zwykle przez tzw. współczynnik przejścia TF, czyli stosunek stężeń tego izotopu w suchej masie rośliny do suchej masy gleby), wykazywały blisko 1000 krotną zmienność tego współczynnika w zależności typu gleby i gatunku rośliny [10, 11]. Ogólnie było wiadomo, że następujące czynniki wpływają na pobieranie cezu przez korzenie roślin:
- 1.2.3.1 Zawartość potasu w glebie a szczególnie zawartość jonów wymienialnych K^+ powoduje spadek pobierania cezu promieniotwórczego przez korzenie roślin,
- 1.2.3.2 obecność substancji organicznej w glebie zwiększa pobieranie cezu przez system korzeniowy rośliny,
- 1.2.3.3 obecność minerałów z grupy illitu zmniejsza pobieranie cezu przez rośliny.
- 1.2.4 W modelu środowiskowym ECOSYS zastosowanym w module RODOS rozróżnia się współczynniki przejść TF w zależności od gatunku rośliny, z uwzględnieniem typów gleb wg klasyfikacji granulometrycznej¹. Przykładowe współczynniki przechodzenia gleba-trawa zastosowane do obliczeń przedstawia TABELA 3. Do obliczeń wybrano współczynniki stosowane dla podstawowych produktów roślinnych tzn. trawy, zbóż i roślin okopowych oraz kapusty, będących przedmiotem monitoringu zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2002 r. w sprawie stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych i placówek prowadzących pomiary skażeń.

2. WYNIKI OBLICZEŃ – DANE WYJŚCIOWE DLA TESTÓW

2.1 OPAD PROMIENIOTWÓRCZY

- 2.1.1 Jako pierwszy zbiór do testów kodów FCDM RODOS oraz FCDM ARGOS wyznaczono wielkość dziennego suchego i mokrego opadu radioaktywnego w poszczególnych dniach skażenia oraz opad całkowity. Dla omawianych w części pierwszej pracy warunków skażenia powietrza i warunków meteorologicznych otrzymano wielkość opadu suchego $568 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ oraz opadu mokrego $840 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ oraz opad całkowity ^{131}I równy $1402 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$.

¹Wg. The Soil Geographical Database Of Europe (Sgdb)-1993 r.

2.1.2 Opad całkowity ^{137}Cs wynosił $4.06 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ (opad suchy $1.89 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$, opad mokry $2.17 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$).

2.2 SKAŻENIE TRAWY

2.2.1 Drugi zbiór testowy zawierał obliczone stężenie ^{131}I w trawie w okresie od 29 kwietnia do 16 czerwca 2007 i od 30 września do 30 października 2007 oraz stężenie ^{137}Cs w trawie w okresie od 28 kwietnia do 30 listopada 2011. Założono wielkość biomasy trawy w dniu 1 maja równą² $0.45 \pm 0.15 \text{ kg}\cdot\text{św.m}\cdot\text{m}^{-2}$. Uwzględniono wpływ deszczu na wymywanie skażeń z trawy natomiast zaniedbano przechodzenie promieniotwórczego jodu ^{131}I z gleby do trawy ze względu na krótki czas połowicznego rozpadu tego izotopu. W przypadku stężenia ^{137}Cs w trawie uwzględniono wpływ różnych typów gleb na wielkość przechodzenia cezju do rośliny oraz zanik w czasie dostępnego cezju dla roślin.

2.3 SKAŻENIE MLEKA

2.3.1 Trzeci zbiór testowy stanowiło stężenie ^{131}I w mleku w okresie od 29 kwietnia do 16 czerwca 2006 obliczone dla kilku wariantów wypuszczania krów na pastwisko od 1, 5, 10, 15, 25 oraz 30 maja. Czas wypasu krów w okresie występowania skażeń jest krytycznym parametrem mającym znaczący wpływ na poziom promieniotwórczego jodu w mleku a w konsekwencji na dawki dla ludności od skażeń wewnętrznych. Przyjęto standardowe parametry zgodnie z RODOS FCDM: dietę krów - 45 kg trawy (świeżej masy) dziennie oraz współczynnik przejścia trawa-mleko dla jodu równy $3 \times 10^{-3} \text{ d}\cdot\text{kg}^{-1}$.

2.4 ZAWARTOŚĆ ^{131}I W TARCZYCY OSOBY DOROSŁEJ

2.4.1 Oddychanie skażonym powietrzem i konsumpcja mleka o różnym poziomie skażenia promieniotwórczym jodem ^{131}I daje w efekcie inne zawartości ^{131}I w tarczycy. Przewidywane poziomy zawartości ^{131}I w tarczycy osoby dorosłej w okresie 30 kwietnia-30 czerwca 2007 r. dla wyżej opisanych 6 wariantów terminu rozpoczęcia wypasu krów przedstawia Rysunek 2. Przyjęto standardowe parametry metabolizmu jodu według [12], oraz założono 16-godzinne (w ciągu doby) przebywanie w budynku o współczynniku filtracji 0.4.

2.4.2 Czwarty zestaw testowy dotyczył oceny skuteczności blokującej dawki jodu stabilnego (60 mg) w zależności od czasu jej podania odpowiednio: w początkowym okresie wystąpienia skażeń w powietrzu (29.04), oraz w kolejnych dniach występowania skażeń (30.04.), (1.05.), (5.05.), (10.05). Wyniki ilustruje Rysunek 3.

2.4.3 Jako piąty zbiór testowy określono wielkości średnich dawek obciążających w tarczycy w wyniku zastosowania wyżej omawianych akcji zapobiegawczych: opóźnienia wypasu krów na świeżej trawie oraz profilaktycznych dawek jodu stabilnego blokujących tarczycę podawanych w różnych terminach od momentu

2.4.4 Z przeprowadzonych obliczeń dawek od ^{131}I wynika:

² standardowy rozwój trawy wg. FCDM RODOS pojawienia się skażeń w powietrzu. Na potrzeby walidacji modułów FCDM oraz FCDM ARGOS wyznaczono wielkości dawek oraz określono „współczynniki redukcji”.

- 2.4.4.1 Utrzymanie całkowitego dwutygodniowego zakazu wypasu krów na pastwiskach od momentu pojawienia się skażeń pozwala na 4-krotną redukcję dawki na tarczycę (80%). Pozostała dawka (około 4 mSv dla omawianego scenariusza) pochodzi od wniknięć ^{131}I drogą oddechową.
- 2.4.4.2 W przypadku zastosowania jodu stabilnego, najbardziej efektywna okazuje się blokada zastosowana 5 maja (50% redukcja dawki) tzn. w okresie najwyższych wniknięć ^{131}I do organizmu człowieka w wyniku utrzymywania się znacznych poziomów ^{131}I w powietrzu oraz występujących w wtedy najwyższych stężeń ^{131}I w mleku.
- 2.4.5 Jako szósty zbiór testowy określono wielkości średnich dawek obciążających od spożywania produktów skażonych ^{137}Cs dla populacji dorosłych żyjących na obszarach o różnych właściwościach gleb. Uwzględniona została struktura użytkowania gruntów oraz właściwości gleby. Na potrzeby walidacji modułów FCDM RODOS oraz FCDM ARGOS wyznaczone zostały wielkości w/w dawek w postaci zbiorów GIS w siatce rastrowej 3km x 3km. Do obliczeń zastosowano program SAVEC [13]. Wyniki obliczeń przedstawia Tabela 4.

3. WNIOSKI

1. W 2007 roku przygotowano dwa scenariusze dla izotopów promieniotwórczych ^{131}I oraz ^{137}Cs umożliwiające przeprowadzenie udokumentowanych testów modułów RODOS FCDM i ARGOS FCDM (food-chain and dose module).
2. Scenariusze ^{131}I obejmowały typowe sytuacje radiologiczne 8-dniowego skażenia powietrza przy zastosowaniu środków redukujących dawkę: tabletki jodowe, zakaz wypasu krów.
3. Scenariusze ^{137}Cs obejmowały typowe sytuacje radiologiczne rozciągniętego w czasie skażenia powietrza występującego na obszarach o różnych warunkach glebowych.
4. Prace nad przeprowadzeniem udokumentowanych testów modułów RODOS FCDM i ARGOS FCDM są kontynuowane w 2008. Przewiduje się m.in. opracowanie zestawu operacyjnych wielkości pomiarowych (Derived Radionuclides Levels) wybranych komponentów środowiska (np. stężenie radionuklidów w trawie, w mleku, mięsie, warzywach liściastych, ziarnie zbóż lub mące). Zestaw ten umożliwi szybką ocenę dawek w różnych prawdopodobnych sytuacjach awaryjnych, oraz szybkie porównanie przewidywanych wielkości z wartościami poziomów interwencyjnych określonych w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 27 kwietnia 2004 r.

TABELA 1. WARUNKI POCZĄTKOWE SKAŻENIA POWIETRZA PROMIENIOTWÓRCZYM JODEM ¹³¹I ORAZ WARUNKI METEOROLOGICZNE

Nr testu	DATA	STĘŻENIE ¹³¹ I W POWIETRZU	FRAKCJA AEROSOLOWA	FRAKCJA JODU I ₂	DAE	SD (DAE)	PRĘDKOŚĆ WIATRU	PREDKOŚĆ OPADU DESZCZU	WIELKOŚĆ OPADU DESZCZU	WYSOKOŚĆ WARSTWY MIESZANIA
		[Bq·m ⁻³]	[%]	[%]	[μm]	[μm]	[ms ⁻¹]	[mm h ⁻¹]	[mm d ⁻¹]	[km]
1	27-04-2007	0.0	50%	50%	0.6	4.0	5.0	0.0	0.0	1
	28-04-2007	100.0	50%	50%	0.6	4.0	5.0	0.0	0.0	1
	29-04-2007	100.0	50%	50%	0.6	4.0	5.0	0.0	0.0	1
	30-04-2007	100.0	50%	50%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1
	01-05-2007	100.0	50%	50%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1
	02-05-2007	100.0	50%	50%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1
	03-05-2007	100.0	50%	50%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1
	04-05-2007	100.0	50%	50%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1
	05-05-2007	100.0	50%	50%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1
	06-05-2007	0.0	50%	50%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1
2	07-05-2007	0.0	50%	50%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1
	30-09-2007	0.0	50%	50%	0.6	4.0	5.0	0.0	0.0	1
	01-10-2007	100.0	50%	50%	0.6	4.0	5.0	0.0	0.0	1
	02-10-2007	100.0	50%	50%	0.6	4.0	5.0	0.0	0.0	1
	03-10-2007	100.0	50%	50%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1
	04-10-2007	100.0	50%	50%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1
	05-10-2007	100.0	50%	50%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1
	06-10-2007	100.0	50%	50%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1
	07-10-2007	100.0	50%	50%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1
	08-10-2007	100.0	50%	50%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1
	09-10-2007	0.0	50%	50%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1
	10-10-2007	0.0	50%	50%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1

TABELA 2. WARUNKI POCZĄTKOWE SKAŻENIA POWIETRZA PROMIENIOTWÓRCZYM CEZEM ¹³⁷Cs ORAZ WARUNKI METEOROLOGICZNE

Nr testu	DATA	STĘŻENIE ¹³¹ I W POWIETRZU	FRAKCJA AEROSOLOWA	DAE	SD (DAE)	PRĘDKOŚĆ WIATRU	PREDKOŚĆ OPADU DESZCZU	WIELKOŚĆ OPADU DESZCZU	WYSOKOŚĆ WARSTWY MIESZANIA
		[Bq·m ⁻³]	[%]	[μm]	[μm]	[ms ⁻¹]	[mm h ⁻¹]	[mm d ⁻¹]	[km]
1	27-04-2007	0.0	100%	0.6	4.0	5.0	0.0	0.0	1
	28-04-2007	1.0	100%	0.6	4.0	5.0	0.0	0.0	1
	29-04-2007	1.0	100%	0.6	4.0	5.0	0.0	0.0	1
	30-04-2007	1.0	100%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1
	01-05-2007	1.0	100%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1
	02-05-2007	1.0	100%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1
	03-05-2007	1.0	100%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1
	04-05-2007	1.0	100%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1
	05-05-2007	1.0	100%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1
	06-05-2007	0.0	100%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1
	07-05-2007	0.0	100%	0.6	4.0	5.0	1.5	15.0	1

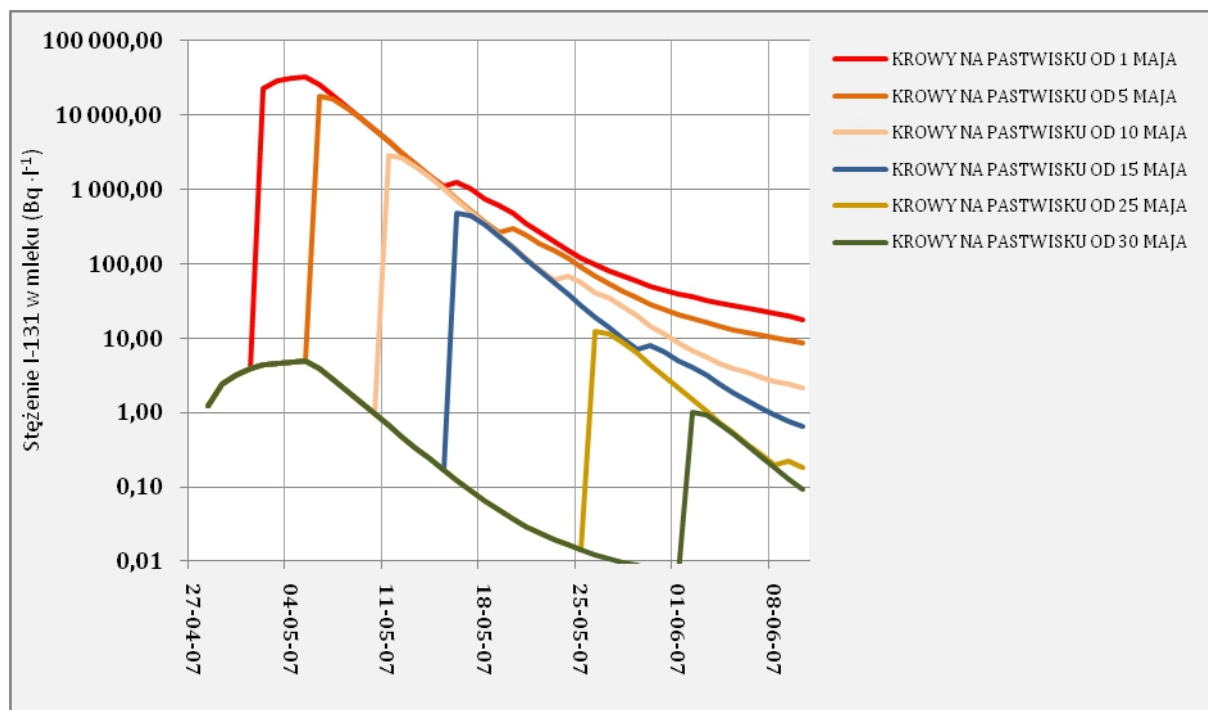
TABELA 3. WSPÓŁCZYNNIKI PRZECHODZENIA CEZU Z GLEBY DO TRAWY W ZALEŻNOŚCI OD TYPU GRANULOMETRYCZNEGO GLEBY UŻYWANEGO W SYSTEMIE RODOS.

Klasa granulometryczna gleby wg. FAO 1998	TF [Bq kg ⁻¹ trawa]/[Bq kg ⁻¹ gleba]		
	Średnia	MIN	MAX
Pit (organiczna)	2.2	0.5	5.2
Coarse (grubo-ziarnista)	0.15	0.02	0.5
Medium (średnio-ziarnista)	0.12	0.004	0.5
Medium fine (średnio-drobno-ziarnista)	0.08	0.03	0.12
Fine (drobno-ziarnista)	0.09	0.004	0.4
OGÓŁEM	0.2	0.004	5.2

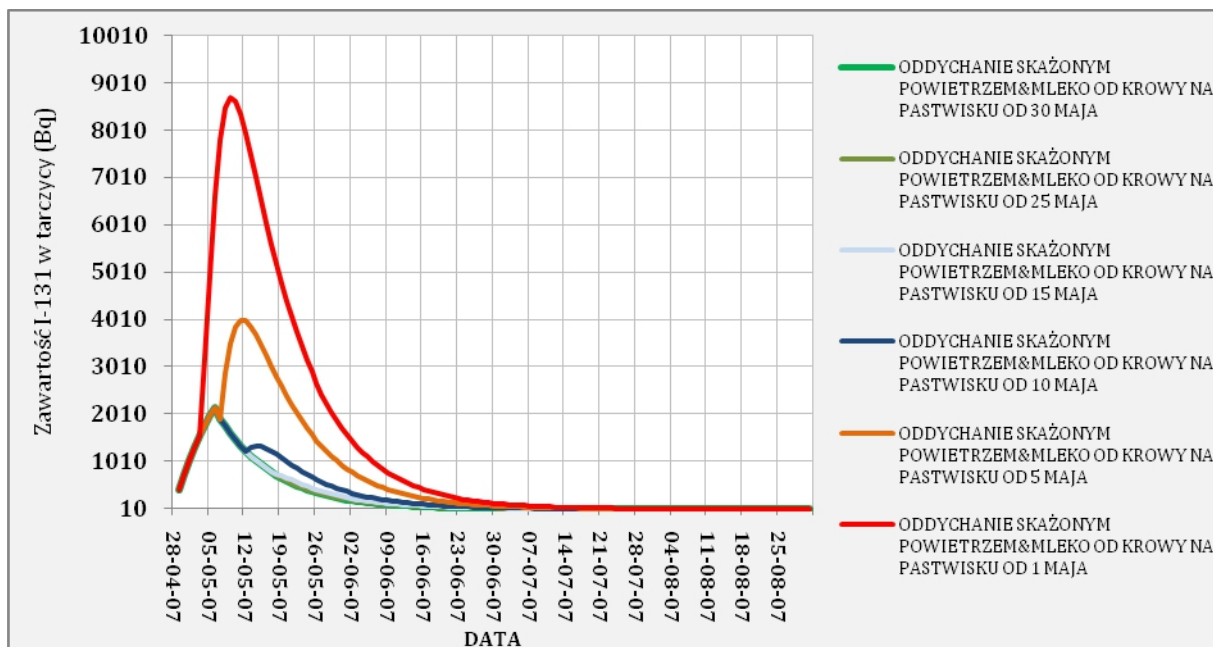
TABELA 4. DAWKI SKUTECZNE OD ROCZNYCH WCHŁONIEŃ W WYNIKU SPOŻYWANIA SKAŻONYCH PRODUKTÓW ¹³⁷Cs [μSv] CZŁOWIEKA DOROSŁEGO ZYJĄCEGO NA OBSZARACH O RÓŻNYCH TYPAH GRANULOMETRYCZNYCH GLEBY.

DAWKI OD ROCZNYCH WCHŁONIEŃ [μSv]	STANDARDOWY CZŁOWIEK		
	Typ gleby GRUBOZIARNISTA TF= 0.08 (Bq·kg ⁻¹ s.m. roślina) (Bq·kg ⁻¹ gleba)	Typ gleby DROBNOZIARNISTA TF= 0.04 (Bq·kg ⁻¹ s.m. roślina) (Bq·kg ⁻¹ gleba)	Typ gleby ORGANICZNA TF= 2.4 (Bq·kg ⁻¹ s.m. roślina) (Bq·kg ⁻¹ gleba)
2007	13.3	6.7	400
2008	11.5	5.8	345
2009	0.27	0.13	8.0
2010	0.23	0.12	7.0
2011	0.20	0.10	6.0

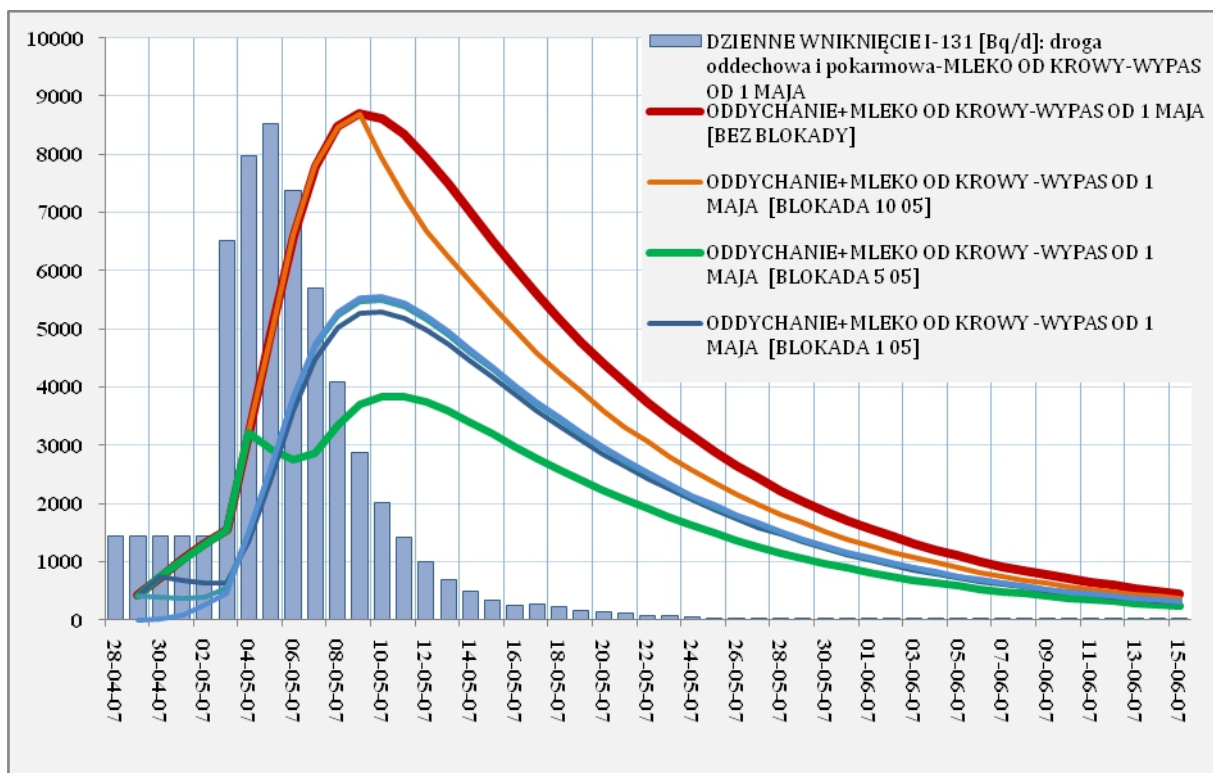
RYСУNEK 1. STĘŻENIE ¹³¹I W MLEKU, KROWY NA PASTWISKU OD 1, 5, 10, 15, 25, 30 MAJA



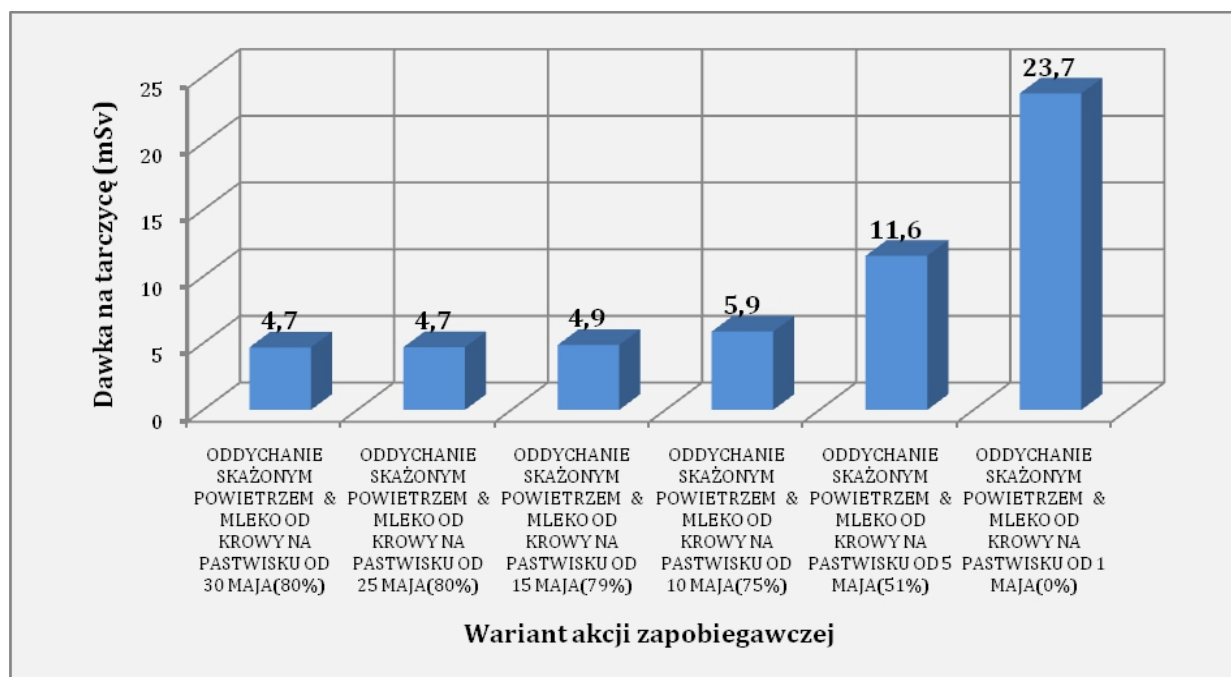
RYСУNEK 2. PRZEBIEG CZASOWY ZAWARTOŚCI ¹³¹I W TARCZYCY DOROSŁEGO DLA RÓŻNYCH WARIANTÓW POCZĄTKU WYPASU KRÓW



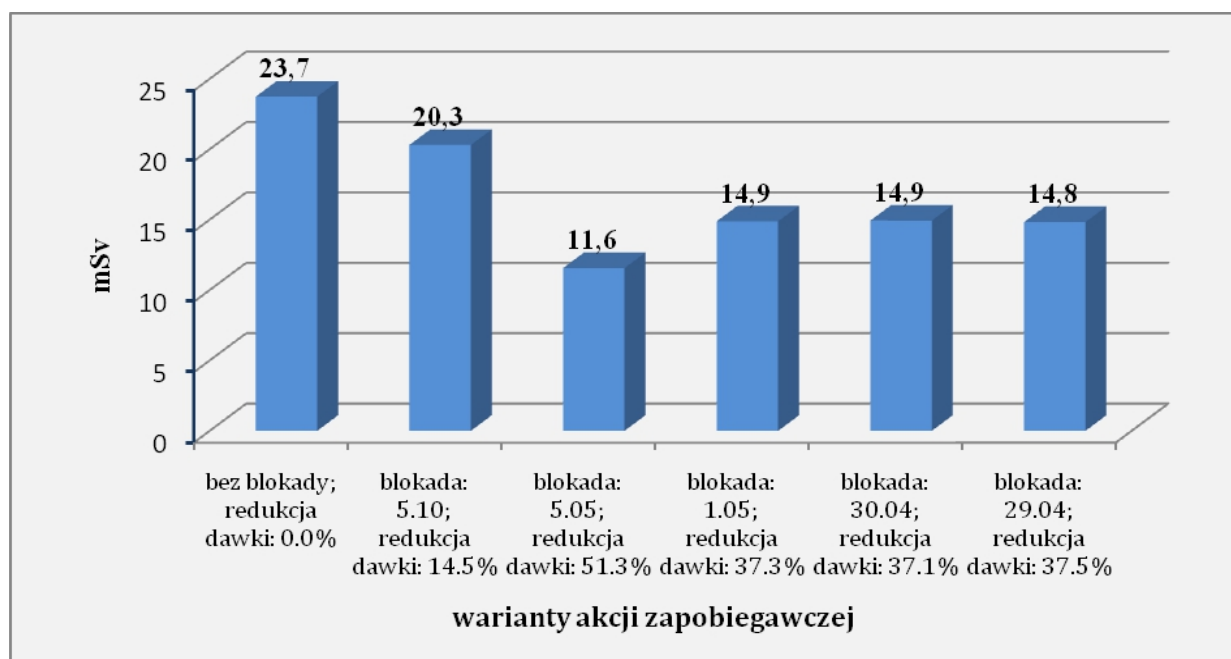
RYСУNEK 3. ZAWARTOŚĆ ^{131}I W TARCZYCY DOROSŁEGO DLA RÓŻNYCH DAT PODANIA BLOKUJĄCEJ DAWKI JODU STABILNEGO. ROZCIĄGNIĘTE W CZASIE SKAŻENIE POWIETRZA ^{131}I (100 Bq·M⁻³) OD 27-04-2007 DO 7-05-2007. SŁUPKAMI ZANACZONO DZIENNE WCHŁONIECIE.



RYСУNEK 4. REDUKCJA DAWKI NA TARCZYCĘ W ZALEŻNOŚCI OD TERMINU ROZPOCZĘCIA WYPASU KRÓW.



RYСУNEK 5: REDUKCJA DAWKI ^{131}I NA TARCZYCĘ, RÓŻNE DATY PODANIA BLOKUJĄCEJ DAWKI JODU STABILNEGO



BIBLIOGRAFIA

- [1] International Nuclear Safety Advisory Group (1986). Summary Report on the Post-Accident Review Meeting on the Chernobyl Accident. International Atomic Energy Agency, Safety Series No. 75, Vienna, Austria.
- [2] Raport Komisji Rządowej (1986). Komisja Rządowa do Spraw Oceny Promieniowania Jądrowego i Działań Profilaktycznych . Warszawa.
- [3] IAEA (1982). Generic models and Parameters for Assessing the Environmental Transfer of Radionuclides from Routine Releases. Safety Series No. 57, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- [4] IAEA (1989). Evaluating the Reliability of Predictions Made Using Environmental Transfer Models, Safety Series No. 100, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- [5] IAEA (1995). Validation of multiple pathways assessment models using Chernobyl fallout data from the Central Bohemia of Czech Republic - Scenario CB. First report of the VAMP Multiple Pathways Assessment Group. IAEA-TECDOC-795, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- [6] Hoffman, F.W. et al. (1983). The Transfer of ^{60}Co , ^{90}Sr , ^{131}I and ^{137}Cs through Terrestrial Food Chains, A Comparison of Model Predictions, Swedish Report STUOVSIVK/NW-83/417, Studsvik Energiteknik AB, Sweden.
- [7] BIOMOVs II. (1993). Guidelines for Uncertainty Analysis Development for Participants in the BIOMOVs II Study, BIOMOVs II Technical Report No. 1, Swedish Radiation Protection Institute, Stockholm, Sweden.
- [8] BIOMOVs II. (1995). Qualitative and Quantitative Guidelines for the Comparison of Environmental Model Predictions. BIOMOVs II Technical Report No. 3, Swedish Radiation Protection Institute, Stockholm, Sweden.
- [9] BIOMOVs II. (1996). Uncertainty and Validation: Effect of Model Complexity on Uncertainty Estimates. BIOMOVs II Technical Report No. 16, Swedish Radiation Protection Institute, Stockholm, Sweden.
- [10] IAEA (1994). Handbook of Parameter Values for The Prediction of Radionuclide Transfer In Temperate Environments. Technical Reports Series No 364, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- [11] Van Bergeijk, K.E., Noordijk, H., Lembrechts, J., Frissel, M.J. (1992). Influence of pH, Soil Type and Soil Organic Matter Content On Soil-to-Plant Transfer of Radiocaesium and -Strontium as Analysed by a Nonparametric Method, Journal of Environmental Radioactivity, 15, 265-276.
- [12] ICRP 56 (1989). Age-dependent Doses to Member of the Public from Intake of Radionuclides, Part 1. ICRP Publication 56, International Commission on Radiological Protection.
- [13] S.M. Wright, A.G. Gillett, R.C. Creamer, A.L. Sanchez, N.M.J. Crout, P. Krajewski, I. Malatova, R. Mirchi, B. Kanyár, A. Nenyai And B.J. Howard, Development Of Critical Loads Maps For Radiocaesium For Czech Republic, Hungary And Poland, Deliverable For The Spatial Analysis Of Vulnerable Areas In Central Europe, Project EU Contract Number: Erb Ic15-Ct98-0206, November 1999

ZASTOSOWANIE TESTU MIKROJĄDROWEGO W LIMFOCYTACH LUDZKIEJ KRWI OBWODOWEJ DO OCENY OSOBNICZEJ PODATNOŚCI NA DZIAŁANIE PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO DLA POTRZEB MONITORINGU BIOLOGICZNEGO

Maria Kowalska, Monika Szymańska, Kamil Szewczak

WSTĘP

W populacji ludzkiej można wyróżnić osoby o niskim, średnim i wysokim stopniu podatności na działanie promieniowania jonizującego [1]. Przyczyną tego są mutacje i polimorfizm genów uczestniczących w naprawie oraz sygnalizacji uszkodzeń DNA w napromienionej komórce [2], [3]. Zjawisko polimorfizmu genowego oznacza występowanie różnorodnych odmian tego samego genu, co w konsekwencji prowadzi do różnic w budowie i działaniu białka kodowanego przez ten gen. Występowanie genów polimorficznych stanowi nasze indywidualne tło genetyczne i kształtuje zdolność naszego organizmu do odpowiedzi wywołanej ekspozycją na fizyczne i chemiczne czynniki uszkadzające DNA. Mutacje w genach zaangażowanych w naprawę i sygnalizację uszkodzeń DNA w komórce powodują utratę funkcji produktów białkowych tych genów. Skutkiem tego jest brak kontroli nad przejściem przez cykl komórkowy lub niezdolność naprawy uszkodzeń DNA zachodzących pod wpływem czynników egzogennych i endogennych. Osoby obciążone dziedzicznymi defektami takich genów mają większe szanse na rozwój nowotworu [3]. Wynika to z faktu, że każda ich komórka posiada mutację stanowiącą pierwszy krok na wieloetapowej drodze rozwoju nowotworu. Różnice genetyczne w odpowiedzi komórek ludzkich na promieniowanie mogą, więc powodować wyraźne zróżnicowanie indywidualnej promieniowrażliwości, mimo, że narażenie radiacyjne poszczególnych osób jest podobne. W przypadku zatrudnienia w warunkach narażenia radiacyjnego wiąże się to ze zróżnicowaniem ryzyka zachorowania na nowotwory, w przypadku radioterapii ze zróżnicowaniem nasilenia wczesnych i późnych skutków cytotoksycznych u pacjentów.

Prostym i tanim wskaźnikiem wrodzonej lub nabytej zdolności organizmu do odpowiedzi wywołanej ekspozycją na promieniowanie jonizujące może być częstość powstawania mikrojąder w napromienionych *in vitro* limfocytach krwi obwodowej. Obecność mikrojąder w komórkach świadczy o istniejących wcześniej uszkodzeniach chromosomów, nazywanych aberracjami chromosomowymi. Popromienne aberracje chromosomowe powstają w wyniku braku naprawy lub błędnej naprawy podwójnoniciowych pęknięć DNA, indukowanych w fazie G_0 cyklu komórkowego. Delecje końcowe i śródmiaższowe oraz fragmenty chromosomów towarzyszące chromosomom dicentrycznym i pierścieniowym nie zawierają centromerów i wywołują znaczące problemy podczas anafazy podziału komórkowego. Chromosomy dzielą się wówczas na dwie chromatydy, które przemieszczają się do biegunów komórki. Przemieszczanie się chromatyd zachodzi przy udziale wrzeciona podziałowego. Jest ono strukturą dwubiegunową, zbudowaną z kurczliwych włókien, które łącząc się centromerami chromatyd, przyciągają je do biegunów komórki. Pozbawione

centromerów fragmenty chromosomów nie mogą łączyć się z włóknami wrzeciona podziałowego i pozostają w cytoplazmie. Wokół pozostawionych fragmentów chromosomów wytwarza się błona jądrowa, co powoduje, że pod mikroskopem wyglądają one jak małe jądra komórkowe. Mikrojądra powstają podczas pierwszej popromiennej mitozy i zostają wydalone z komórki do czasu następnego podziału komórki. W celu rozpoznania komórek, które po napromienieniu podzieliły się tylko jeden raz, do hodowli dodaje się cytochalazynę B [5]. Związek ten blokuje podział cytoplazmy – cytokinezę, nie wpływając na podział jądra komórkowego, czyli kariokinezę. Na preparatach mikroskopowych widać wtedy komórki z jednym, dwoma, trzema lub czterema jądrami. Komórki z dwoma jądrami, tzw. binukleaty (BN), są tymi komórkami, które po napromienieniu podzieliły się jeden raz. Zastosowanie cytochalazyny B podwyższa, zatem czułość testu mikrojądrowego. Częstość powstawania mikrojąder popromiennych jest proporcjonalna do otrzymanej dawki promieniowania. Natomiast osobnicze zróżnicowanie tej częstości wynika z indywidualnej zdolności komórek do naprawy pęknięć podwójnoniciowych i koordynacji tej naprawy z zatrzymaniem wejścia komórki w fazę S cyklu komórkowego. W odróżnieniu od mikrojąder popromiennych, których głównym źródłem są acentryczne fragmenty chromosomów, mikrojądra spontaniczne powstają najczęściej na skutek uszkodzenia wrzeciona podziałowego i zawierają całe chromosomy.

Celem pracy było wykazanie, że częstość powstawania mikrojąder w napromienionych *in vitro* limfocytach ludzkich jest wiarygodnym wskaźnikiem indywidualnej podatności na działanie promieniowania. Monitoring biologiczny, czyli identyfikacja osób szczególnie promieniowrażliwych za pomocą biologicznych wskaźników wrażliwości, może okazać się przydatny w ocenie narażenia radiacyjnego w pracy lub środowisku, a także w doborze pracowników do zatrudnienia ze źródłami promieniowania jonizującego. Może też pozwolić na dobór indywidualnej radioterapii, gdyż stwarza możliwość oceny nasilenia powikłań popromiennych dla pacjentów.

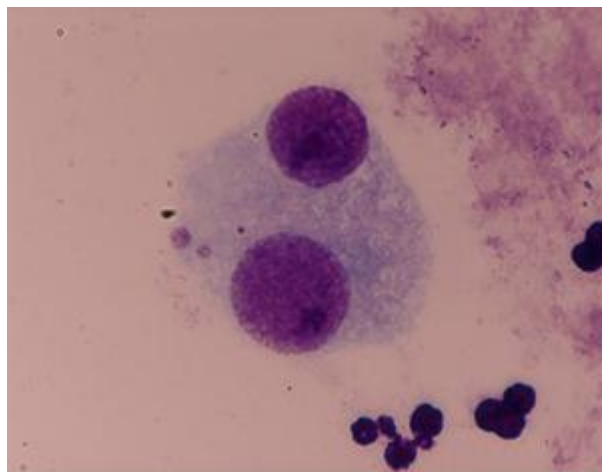
MATERIAŁ I METODY

PRÓBKII KRWI I ICH NAPROMIENIANIE

Próbki krwi pochodziły od 10 zdrowych kobiet i mężczyzn oraz od 4 pacjentów onkologicznych z nowotworami przewodu pokarmowego. Zaraz po pobraniu połowa krwi każdego dawcy została napromieniona dawką 1 Gy promieniowania X przy mocy dawki 0,35 Gy/min. Pozostała połowa była traktowana jako nienapromieniona kontrola. Źródłem promieniowania X był generator firmy Pantac z lampą rtg typu COMET MXR-320/24. Parametry pracy lampy: wysokie napięcie – 243kv, prąd anodowy – 10 mA, filtracja wewnętrzna lampy – 1,62 mm Cu i 4 mm Al. Pomiary dawki były wykonywane za pomocą elektrometru PTW-UNIDOS, współpracującego z komorą jonizacyjną o objętości 0,6 centymetrów sześciennych.

TEST MIKROJĄDROWY

Utworzenie mikrojądra wymaga podziału komórki. Kontrolne i napromienione limfocyty krwi obwodowej stymulowano, więc do podziałów przez dodanie mitogenu-fitohemaglutyniny do pożywki wzrostowej. Hodowle inkubowano w temperaturze 37°C, w atmosferze składającej się w 95% z powietrza i w 5% z CO₂. Po 48 godzinach od stymulacji do hodowli była dodawana cytochalazyna B w ilości 6µl/ml. Po kolejnych 24 godzinach hodowli limfocyty były hipotonizowane 75 mM roztworem KCl, trzykrotnie utrwalane w mieszaninie metanolu i kwasu octowego (w stosunku 3:1), nanoszone na podstawowe szkiełka mikroskopowe, suszone w temperaturze pokojowej przez 24 godziny i barwione 10% roztworem barwnika Giemzy. Analiza mikrojąder była prowadzona tylko w binukleatach (zdjęcie 1). Szukając mikrojąder kierowano się następującymi kryteriami: 1) w komórce muszą być widoczne oba jądra, a ich wygląd nie może odbiegać od 1), normy; 2) mikrojądra i jądra komórki są morfologicznie identyczne, co oznacza, że 6 barwią się na ten sam kolor, co jądro; 3) mikrojądro powinno znajdować się pomiędzy dwoma jądrami komórkowymi, ale w pewnej odległości od każdego z nich; 4) średnica mikrojądra nie może być większa od 1/3 średnicy jądra. Częstość mikrojąder była oceniana w 1000 napromienionych i w 1000 kontrolnych binukleatów. Różnica między tymi częstościami odpowiadała częstości powstawania mikrojąder popromiennych.



Zdjęcie 1. Dwa mikrojądra w napromienionym dawką 1 Gy limfocycie zdrowego dawcy.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki testu mikrojądrowego w kontrolnych i napromienionych limfocytach krwi obwodowej zdrowych dawców i pacjentów onkologicznych zostały przedstawione w tabelach 1a i 1b. Widać z nich wyraźnie, że zarówno osoby zdrowe jak i chore różniły się między sobą częstościami powstawania mikrojąder spontanicznych (MN0) i indukowanych przez dawkę 1 Gy promieniowania X (MN1 i MN0-MN1). Częstości tych

drugich były jednak znacząco wyższe w grupie osób chorych niż w grupie osób zdrowych. Wśród osób zdrowych i chorych porównywalne były natomiast częstości powstawania mikrojąder spontanicznych. Poziom tych mikrojąder był jednak wysoki i w bardzo dużym stopniu zróżnicowany osobniczo. Prawdopodobnie wpływ na to miały takie czynniki, jak: wiek, płeć, palenie papierosów, częste infekcje wirusowe oraz przyjmowanie leków przeciwnowotworowych. Przyjmując za miarę tego zróżnicowania stosunek największej i najmniejszej częstości powstawania mikrojąder spontanicznych, otrzymaliśmy wyniki - 12 w grupie zdrowych dawców i 5,4 w grupie pacjentów nowotworów. Stosunek największej i najmniejszej powstawania mikrojąder popromiennych wynosił 1,8 w grupie dawców i 1,6 w grupie pacjentów, co wskazywało na mniej wyraźne osobnicze zróżnicowanie tej częstości.

Tabela 1a. Wyniki oceny promieniowrażliwości 10 zdrowych dawców za pomocą testu mikrojądrowego

Numer dawcy	Płeć	Wiek	MN0	MN1	MN1-N0
1	F	27	0,007±0,003 ¹	0,049±0,007	0,042
2	F	45	0,016±0,004	0,079±0,009	0,063
3	F	60	0,020±0,004	0,078±0,008	0,058
4	M	52	0,015±0,003	0,075±0,008	0,060
5	M	59	0,018±0,004	0,079±0,009	0,061
6	M	55	0,019±0,004	0,072±0,008	0,053
7	M	26	0,004±0,002	0,056±0,007	0,052
8	M	55	0,048±0,007	0,124±0,011	0,076
9	M	50	0,035±0,006	0,107±0,010	0,072
10	M	40	0,010±0,003	0,086±0,009	0,076
Stosunek największej i najmniejszej częstości mikrojąder			12	2,5	1,8

¹SD= $\sqrt{\text{liczba mikrojąder/liczba komórek}}$

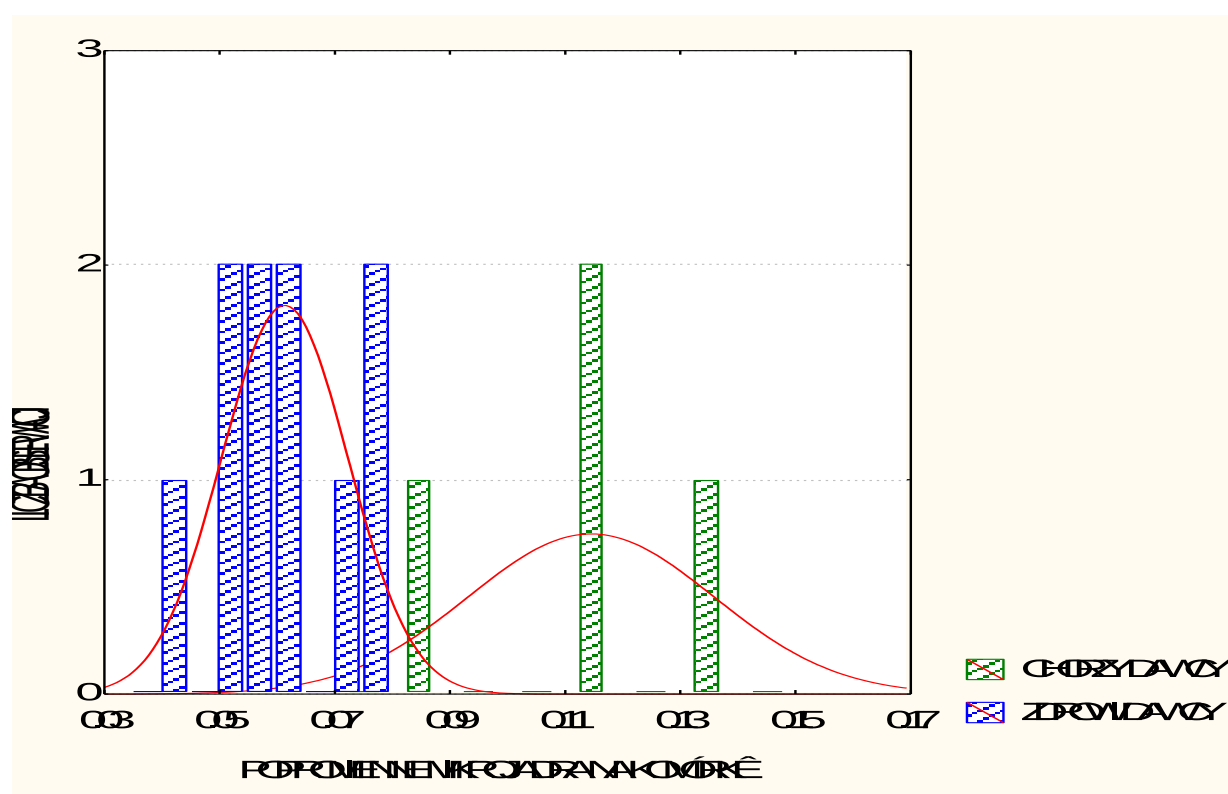
Tabela 1b. Wyniki oceny promieniowrażliwości 4 pacjentów onkologicznych za pomocą testu mikrojądrowego

Numer pacjenta	Płeć	Wiek	MN0	MN1	MN1-N0
1	M	40	0,038±0,006 ¹	0,174±0,013	0,136
2	M	47	0,024±0,005	0,141±0,012	0,117
3	F	30	0,010±0,003	0,095±0,009	0,085
4	M	38	0,007±0,002	0,127±0,001	0,120
Stosunek największej i najmniejszej częstości mikrojąder			5,4	1,8	1,6

¹SE= $\sqrt{\text{liczba mikrojąder/liczba komórek}}$

Rozkład promieniowrażliwości w grupie zdrowych dawców i w grupie pacjentów przedstawiono na rysunku 2. Jak widać cecha ta ma w przybliżeniu rozkład normalny, który można scharakteryzować za pomocą średniej (MV) i jej odchylenia standardowego (SD). W grupie zdrowych dawców wynosiły one 0,061 i 0,011 mikrojąder/komórkę, a w grupie pacjentów - 0,115 i 0,021 mikrojąder/komórkę. Za osoby promieniowrażliwe

w stopniu średnim uznaliśmy, więc te, dla których obserwowane częstości powstawania mikrojąder popromiennych (MN1-MN0) odchyłały się w dowolną stronę od średniej $MV=0,061$ nie więcej niż o $SD=0,011$. Osoby z $MN1-MN0 > MV+SD$ (0,072 mikrojąder/komórkę) były klasyfikowane jako promieniowrażliwe w stopniu wysokim, a osoby z $MN1-MN0 < MV-SD$ (0,050 mikrojąder/komórkę) jako promieniowrażliwe w stopniu niskim. Według tego kryterium wszystkich pacjentów oraz dwóch zdrowych dawców cechował wysoki stopień promieniowrażliwości. Z pozostałych 8 zdrowych osób dwie zostały sklasyfikowanych jako średnio promieniowrażliwe, a jedna jako nisko promieniowrażliwa.



Rysunek 2. Histogram promieniowrażliwości 10 zdrowych osób i 4 osób chorych na różne rodzaje nowotworów przewodu pokarmowego.

WNIOSKI

Wysoka częstość powstawania mikrojąder w napromienionych *in vitro* limfocytach krwi obwodowej okazała się wiarygodnym wskaźnikiem wysokiej promieniowrażliwości oraz predyspozycji do rozwoju nowotworu. Ze względu na prostotę wykonania, stosunkowo niski koszt oraz małą inwazyjność proponowana metodyka doskonale nadaje się do identyfikacji w populacjach ludzkich osób nadwrażliwych na promieniowanie jonizujące, co wydaje się ważnym elementem ochrony radiologicznej.

BIBLIOGRAFIA

1. Hoeller,U. Borgmann, K. Bonacker, M. Kuhlmei, A. Bajrovic, A. Jung, H. Alberti, W. Dikomey, E. Individual radiosensitivity measured with lymphocytes may be used to predict the risk of fibrosis after radiotherapy for breast cancer. *Radiotherapy and Oncology*, 2003; 69: 137-144.
 2. Bentomane MA. Molecular aspects of individual radiosensitivity. *Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents* 2004; 18: 357-62
 3. Pichierri, P. Franchitto, A. Palitti, F. Predisposition to cancer and radiosensitivity. *Genetics and Molecular Biology* 2000; 23 (4): 1101- 1105.
- Fenech, M. Morley, A.A. Cytokinesis-block micronucleus method in human lymphocytes: effect of *in vivo* ageing and low dose X- irradiation. *Mutation*

PRZEPROWADZENIE CYTOGENETYCZNEJ OCENY DAWEK OTRZYMANYCH PRZEZ DWÓCH OPERATORÓW DEFECTOSKOPÓW PRZEMYSŁOWYCH PODCZAS ZDARZENIA RADIACYJNEGO W GDAŃSKU

Maria Kowalska, Monika Szymańska

ZDARZENIE RADIACYJNE W GDAŃSKU

W dniu 27 lipca 2009 na terenie rafinerii Lotos w Gdańsku doszło do zdarzenia radiacyjnego [1], w wyniku, którego dwaj pracownicy firmy prowadzącej badania radiograficzne spoin rurociągów otrzymali na całe ciało oraz na obie dłonie dawki promieniowania gamma przekraczające wartości graniczne dla pracowników narażonych na promieniowanie jonizujące w związku z wykonywaną pracą zawodową. Przyczyną zdarzenia było odpięcie się kapsuły zawierającej źródło irydu-192 od łańcuszka łączącego ją z przewodem napędowym defektoskopu Gammamet TSI-3. W dniu zdarzenia aktywność źródła wynosiła 2,6 TBq , czyli 70 Ci. Awarię urządzenia zauważył operator defektoskopu, gdyż po zakończeniu rutynowego badania radiograficznego nie był w stanie wycofać źródła z pozycji roboczej w kolimatorze do aparatu. Fakt podwyższenia poziomu promieniowania sygnalizował również używany przez operatora sygnalizator dźwiękowy. W tej sytuacji schował się on za betonowym murem, wezwał znajdujących się w pobliżu dwóch pracowników i nie uczestniczył w dalszych działaniach. Przywołani operatorzy, naruszając istniejące procedury, podjęli decyzję o likwidacji awarii własnymi siłami. Polegało to na wytrząsaniu zakleszczonego w przewodzie przesyłowym źródła do wnętrza defektoskopu i udało się dopiero za pomocą uderzania o ścianę przewodem przesyłowym. Przewód i aparat, do którego wpadło źródło, znajdowały się wtedy w pozycji pionowej, natomiast kolimator był trzymany raz prawą, a raz lewą ręką przez pracownika R1. Operacja usuwania zakleszczonego źródła trwała 7-10 minut, przy czym obaj pracownicy przebywali w bliskiej odległości od źródła przez około 2 minuty. Po zdarzeniu obaj pracownicy zostali skierowani na badania kontrolne, uzyskując nawet zgodę lekarza na dalszą pracę z promieniowaniem. Dopiero po upływie tygodnia na palcach prawej dłoni pracownika R1 pojawiły się pęcherze, świadczące o oparzeniu popromiennym. U pracownika R2, który był tylko pomocnikiem pracownika P1, nie wystąpiły żadne wczesne skutki ekspozycji na promieniowanie. Podczas usuwania awarii pracownicy nie nosili dawkomierzy osobistych, a na miejscu zdarzenia nie były prowadzone kontrolne pomiary promieniowania. W celu biologicznej rekonstrukcji otrzymanej dawki

promieniowania obaj pracownicy zgłosili się do CLOR po ponad dwóch miesiącach od zdarzenia. Rekonstrukcja dawki polegała na analizie limfocytów krwi obwodowej w celu określenia w nich częstości występowania chromosomów dicentrycznych. Częstość występowania tego rodzaju strukturalnych aberracji chromosomowych uznawana jest przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej za najdokładniejszy i najbardziej wiarygodny wskaźnik dawki pochłoniętej [2, 3].

CHROMOSOMY DICENTRYCZNE JAKO BIOLOGICZNY WSKAŹNIK DAWKI POCHŁONIĘTEJ

Promieniowanie jonizujące wywołuje w ludzkich limfocytach różne rodzaje zmian struktury chromosomów, które można oznaczać ilościowo metodami cytogenetyki klasycznej i molekularnej. Jedną z takich aberracji jest chromosom posiadający dwa centromery zamiast jednego. Przyczyną powstawania takich anomalnych chromosomów są podwójnoniciowe pęknięcie DNA, indukowane w fazie G₀ cyklu komórkowego, kiedy każdy chromosom składa się z pojedynczej chromatydy zawierającej podwójnoniciową helisę DNA. W trakcie procesu naprawy pęknięć podwójnoniciowych cztery wolne końce pękniętej helisy DNA mogą łączyć się na powrót (*prawidłowa naprawa*), pozostać niepołączone (*brak naprawy*) albo migrować i łączyć się z czterema wolnymi końcami pękniętej helisy DNA tego samego lub innego chromosomu (*błędna naprawa*), tworząc aberracje chromosomowe typu wymiany wewnątrz lub międzychromosomowej. Chromosomy dicentryczne powstają w wyniku niesymetrycznej wymiany międzychromosomowej. Dochodzi do niej wtedy, kiedy dwa podwójnoniciowe pęknięcia helisy DNA pojawią się jednocześnie na dwóch blisko leżących chromosomach i fragmenty centryczne dwóch pękniętych chromosomów łączą się ze sobą, tworząc pojedynczy chromosom pochodny z dwoma centromerami. Utracone fragmenty obu chromosomów również łączą się ze sobą, tworząc fragment acentryczny towarzyszący chromosomowi dicentrycznemu. Jest to rodzaj aberracji chromosomowej specyficznej dla promieniowania jonizującego, ponieważ tylko nieliczne związki chemiczne, stosowane jako leki przeciwnowotworowe, powodują powstawanie dicentryków. Zjawisko powstawania dicentryków jest zdarzeniem losowym, zachodzącym z określonym prawdopodobieństwem. Prawdopodobieństwo to można interpretować jako teoretyczną częstość zajścia zdarzenia, która jest ilorazem obserwowanej liczebności dicentryków i ilości wszystkich analizowanych komórek w badanej próbie. W nienapromienionych limfocytach ludzkiej krwi obwodowej występuje średnio 1 dicentryk na 1000 komórek. Dzięki temu, że spontaniczna częstość dicentryków jest tak mała i w niewielkim zakresie zróżnicowana osobniczo (od 0 do 2 dicentryków na 1000 komórek), częstość dicentrycznych aberracji chromosomowych w limfocytach osób narażonych na działanie promieniowania jest traktowana jako biologiczny wskaźnik ekspozycji [2,3]. W przypadku posiadania kalibracyjnej krzywej dawka-skutek dla tego samego lub podobnego rodzaju promieniowania, obserwowana częstość dicentryków może służyć jako biologiczny wskaźnik dawki pochłoniętej. Krzywe kalibracyjne są opracowywane na podstawie wyników oznaczeń częstości dicentryków w próbkach krwi, pobranych od osób w różnym wieku i napromienionych *in vitro* różnymi dawkami promieniowania o niskim lub wysokim LET. Biologiczna ocena dawki jest szczególnie przydatna wtedy, kiedy osoba narażona nie posiadała dawkomierza osobistego, a w czasie zdarzenia nie były prowadzone kontrolne pomiary

promieniowania. Dawka w zasadniczy sposób wpływa na przebieg i leczenie uszkodzeń popromiennych [4]. Dlatego po przekroczeniu progu skutków deterministycznych, do którego doszło w wyniku awarii lub innego niekontrolowanego zdarzenia radiacyjnego, szybkie ustalenie wartości otrzymanej dawki ułatwia lekarzom dobór odpowiedniej strategii postępowania z poszkodowanymi.

Ocenę częstości chromosomów dicentrycznych w limfocytach krwi obwodowej osób narażonych można przeprowadzić już po 24 godzinach od ekspozycji. Z powodu bardzo szybkiego znikania z organizmu najciężej uszkodzonych limfocytów i zastępowanie ich młodymi, nieuszkodzonymi komórkami ze szpiku kostnego, początkowa częstość dicentryków maleje w miarę upływu czasu między narażeniem, a pobraniem próbek krwi. Z licznych badań kinetyki znikania limfocytów z dicentrykami z obiegu krwi ofiar wypadków radiologicznych wynika, że na czas potrzebny do zredukowania o połowę początkowej częstości dicentryków ma wpływ wiele czynników fizycznych i biologicznych [5,6,7]. Z czynników fizycznych najważniejsze są: wielkość dawki, wielkość napromienionego obszaru ciała oraz czas trwania ekspozycji. Najistotniejszym czynnikiem biologicznym jest osobnicze zróżnicowanie kinetyki repopulacji limfocytów, wywołanej nie tylko popromienną limfopenią, ale także infekcjami, stanami zapalnymi i ranami, które stymulują odpornościowe i regeneracyjne reakcje organizmu. Z wyżej wymienionych powodów cytogenetyczna ocena dawki po upływie kilku lub kilkunastu tygodni od ekspozycji może być obarczona dużym marginesem niepewności, a czasami wręcz niemożliwa. Próbkę krwi powinny więc być pobierane w możliwie najkrótszym czasie po narażeniu. Jest to szczególnie ważne w przypadkach krótkotrwałej ekspozycji miejscowej, ponieważ popromienne aberracje chromosomowe powstają tylko w tej części populacji limfocytów, która znajdowała się w napromienionej części ciała.

WYNIK CYTOGENETYCZNEJ OCENY DAWEK

Pracownicy R1 i R2 zgłosili się do CLOR 5 października, czyli w 71 dni po zdarzeniu. Próbkę krwi obwodowej do oceny częstości chromosomów dicentrycznych w ich limfocytach zostały pobrane z żyły w zgięciu łokciowym. Pełną krew umieszczono w pożywce wzrostowej i hodowano przez 48 godzin w temperaturze 37°C. Ponieważ dojrzałe limfocyty są niezdolne do podziałów komórkowych, do dzielenia się w hodowli zostały pobudzone przez dodanie fitohemaglutyniny. Na ostatnie 4 godziny hodowli do pożywki dodano kolcemid, który hamuje podziały komórkowe limfocytów. W komórkach utrwalonych po 48 godzinach ponad 98% dzielących się komórek było w trakcie pierwszego popromiennego podziału mitotycznego, podczas którego częstość dicentryków jest największa.

Ocena poziomu chromosomów dicentrycznych w limfocytach krwi obwodowej pracownika R2 została przeprowadzona w oparciu o analizę 1400 losowo wybranych komórek metafazowych. Wśród nich było 5 komórek z 1 dicentrykiem oraz 1 komórka zawierająca tricentryk, uważany za ekwiwalent dwóch dicentryków. Obserwowana częstość dicentryków wynosiła zatem $(7/1400) = 0,005$ dicentryków na komórkę. Dla promieniowania o niskim LET, dawka pochłonięta (D) odpowiadająca obserwowanej częstości dicentryków (Y_{obs}) równa się dodatniemu pierwiastkowi równania drugiego stopnia : $Y_{obs} = C + aD + bD^2$. Z powodu braku takiego równania dla promieniowania

gamma irydu-192 do obliczeń dawki użyto równania opisujące krzywe dawka-skutek dla promieniowania gamma ^{60}Co i promieniowania X wytwarzanego przy napięciu 250 kV. Obie krzywe zostały opracowane w CLOR na podstawie oznaczeń częstości dicentryków w próbkach krwi pobranych od 6 dawców i napromienionych *in vitro* dawkami 0 (kontrola); 0,25; 0,50; 0,75; 1; 2; 3 i 4 Gy, przy mocy dawki 0,350 Gy/min. Na podstawie równania krzywej kalibracyjnej dla promieniowania gamma ^{60}Co ($Y=0,0010+0,0119D+0,0557D^2$) oceniono, że pracownik R2 otrzymał na całe ciało dawkę nie większą niż 0,317 Gy (*górny 95% poziom ufności*) i nie mniejszą niż 0,065 Gy (*dolny 95% poziom ufności*), a jej wartość średnia wynosiła 0,182 Gy. Z podobnych obliczeń dla równania krzywej kalibracyjnej dla 250 kV promieniowania X ($Y=0,0010+0,0341D+0,0643D^2$) wynikało, że otrzymana dawka była nie większa niż 0,197 Gy i nie mniejsza niż 0,026 Gy, a jej wartość średnia wynosiła 0,097 Gy. Obliczenia dawki oraz jej 95% przedziału ufności zostały wykonane za pomocą programu komputerowego CABAS - Chromosomal ABerration cAlculation Software [8]. Przy obliczeniach przedziału ufności była brana pod uwagę niepewność związana z oceną częstością dicentryków w badanej próbce krwi oraz niepewność wynikająca z dopasowania eksperymentalnych punktów krzywej dawka-skutek do teoretycznego, liniowo-kwadratowego modelu indukcji chromosomów dicentrycznych przez promieniowanie o niskim LET [2, 3]. Ze względu na energie fotonów gamma irydu-192, krzywa zależności częstości dicentryków od dawki tego promieniowania znajduje się między krzywymi dawka-skutek dla promieniowania X i gamma. Wobec tego minimalna wartość dawki otrzymanej od promieniowania gamma irydu-192 powinna znajdować się w przedziale wartości między 26 i 65 mGy, natomiast odpowiednia dawka maksymalna w przedziale 197 - 317 mGy.

W oparciu o przeprowadzoną ocenę częstości dicentryków nie udało się natomiast ocenić dawki otrzymanej przez pracownika R1, u którego po tygodniu od zdarzenia pojawiły się pierwsze objawy popromiennego uszkodzenia skóry. Na skutek trudności z pobraniem odpowiedniej ilości krwi, w próbce z dnia 5 października było tylko 198 komórek metafazowych, ale żadna z nich nie zawierała chromosomów dicentrycznych. Wynik ten sugerował, że po 71 dniach od narażenia częstość limfocytów zawierających dicentryki może być niższa od oczekiwanej i należy powtórzyć analizę na znacznie większej próbie komórek. Kolejna próbka krwi została dostarczona do CLOR 2 listopada, czyli 99 dni po narażeniu. Tym razem przeanalizowano 1902 losowo wybranych limfocytów i znaleziono 1 chromosom dicentryczny. Obserwowana częstość dicentryków ($1/1902=0,00056$) nie różniła się więc od spontanicznej częstości dicentryków w limfocytach osób, które na promieniowanie narażone nie są. Odpowiadający tej częstości dicentryków pierwiastek równania dawka-skutek miał wartość 0 Gy i był dowodem na to, że cytogenetyczna ocena dawki została przeprowadzona zbyt późno. Przyczyną braku dicentryków było szybkie zastąpienie martwych i uszkodzonych limfocytów krwi przez nowe, nieuszkodzone komórkami ze szpiku kostnego. Dowodem na to są udostępnione nam wyniki badań ogólnego obrazu krwi, wykonane w dniach 31 lipca i 14 września. Wynika z nich, że poziom limfocytów wzrósł w tym czasie z 24,8 do 32%, czyli z $2,49$ do $2,59 \times 10^9/\text{L}$. Pojawienie się w obiegu krwi tylu nowych limfocytów nie mogło pozostać bez wpływu na początkową częstość dicentryków, a w konsekwencji na negatywny wynik oceny dawki.

Na podstawie symulacji zdarzenia i obliczeń fizycznych oceniono [1], że każdy z narażonych pracowników otrzymał na całe ciało dawkę 91 mGy. Biorąc pod uwagę niepewności związane z fizyczną i biologiczną oceną dawki, można uznać, że wskazana przez dozymetrię biologiczną wartość dawki otrzymanej przez pracownika R2 wykazuje dobrą zgodność z wartością dawki, która została obliczona na podstawie mocy dawki oraz złożonego przez tego pracownika oświadczenia dotyczącego czasu ekspozycji oraz lokalizacji względem źródła promieniowania. Z obliczeń fizycznych wynikało również, że pracownik P1, który usuwał zacięcie źródła otrzymał na prawa dłoń dawkę 12,4 Gy, a na lewą 3 Gy. Jego pomocnik otrzymał na każdą dłoń dawkę 1,2 Gy.

BIBLIOGRAFIA

1. Białkowski T. Zdarzenie radiacyjne w Gdańsku. Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna. Nr1 (79)/2010.
2. IAEA: Biological Dosimetry: Chromosomal Aberration Analysis for Dose Assessment. Technical Reports Series No. 260, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna, 1986.
3. IAEA: Cytogenetic Analysis for Radiation Dose Assessment. A Manual. Technical Reports Series No. 405, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna, 2001.
4. IAEA-WHO: Diagnosis and treatment of radiation injuries. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna, 1998.
5. IAEA: The Radiological Accident in Goiania. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna, 1988.
6. IAEA: The Radiological Accident in San Salvador. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna, 1990.
7. IAEA : The Radiological Accident in Yanango. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna, 2000.
8. Deperas J., Szłuińska M., Deparas-Kamińska M., Edwardas A., Lloyd D., Lindholm C., Romm H., Roy L., Moss R., Morand J., Wójcik A.: CABAS: a freely available PC program for fitting calibration curves in chromosome aberration dosimetry. *Radiat Prot Dosimetry* (2007) 124 (2): 115-123).
9. Białkowski T. Zdarzenie radiacyjne w Gdańsku. Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna. Nr1 (79)/2010.
10. IAEA: Biological Dosimetry: Chromosomal Aberration Analysis for Dose Assessment. Technical Reports Series No. 260, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna, 1986.

11. IAEA: Cytogenetic Analysis for Radiation Dose Assessment. A Manual. Technical Reports Series No. 405, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna, 2001.
12. IAEA-WHO: Diagnosis and treatment of radiation injuries. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna, 1998.
13. IAEA: The Radiological Accident in Goiania. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna, 1988.
14. IAEA: The Radiological Accident in San Salvador. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna, 1990.
15. IAEA : The Radiological Accident in Yanango. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna, 2000.
16. Deperas J., Szłuińska M., Deparas-Kamińska M., Edwardas A., Lloyd D., Lindholm C., Romm H., Roy L., Moss R., Morand J., Wójcik A.: CABAS: a freely available PC program for fitting calibration curves in chromosome aberration dosimetry. *Radiat Prot Dosimetry* (2007) 124 (2): 115-123).

BADANIE STĘŻENIA RADONU W DOMACH NA TERENIE RZESZOWSZCZYZNY W CELU UZUPEŁNIENIA BRAKUJĄCYCH DANYCH DO ATLASU RADONOWEGO POLSKI

Olga Stawarz, Krzysztof Isajenko, Paweł Lipiński, Kalina Mamont-Cieśla

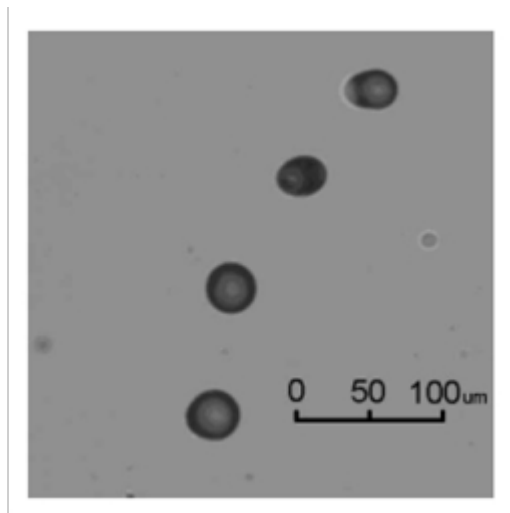
WPROWADZENIE

Przy współpracy z Laboratorium Pomiarów Promieniowania w Oddziale Laboratoryjnym w Sanoku, należącym do Wojewódzkiej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej w Rzeszowie, na terenie Rzeszowszczyzny wykonano pomiary stężenia radonu w 70 pomieszczeniach mieszkalnych na parterze. Wyniki pomiarów stężenia radonu w budynkach mieszkalnych na terenie Rzeszowszczyzny posłużą do uzupełnienia mapy radonowej Polski dla potrzeb Europejskiego Atlasu Naturalnej Radioaktywności oraz ogólnopolskiej bazy danych. Wyniki zostały zebrane w pliku, w postaci tabeli programu MS Excel, według wskazówek podanych przez Komisję Europejską (Radioactivity Environmental Monitoring, Joint Research Centre - JRC).

METODA POMIAROWA

Obecnie detektory oparte na folii CR-39 uważane są za najlepszą metodę pomiaru stężenia Rn w domach. Polimer CR-39 używany jest w produkcji soczewek okularowych od 1947r. Wcześniej był użyty przez Amerykanów w czasie II Wojny Światowej do pokrywania zbiorników na paliwo w bombowcach B-17, czyniąc je trwalszymi. Nazwa pochodzi od „Columbia Resin #39”, ponieważ była to 39-ta recepta na termoutwardzalny plastik opracowana w ramach programu Columbia Resins (w 1940r.).

Na początku lat 60-tych zespół: R.L. Fleisher, P.B. Price i R.M. Walker odkrył, że cząstki silnie jonizujące np. cząstki α przechodząc przez folię CR-39 powodują na swojej drodze uszkodzenie wiązań chemicznych. Tak powstaje obraz utajony toru cząstki, który w wyniku trawienia w zasadzie sodowej jest wizualizowany. Dzięki temu można zliczać ślady cząstek α pod mikroskopem.



Rys.1. Uwidocznione w wyniku trawienia ślady cząstek α .

Detektory CR-39 rejestrują cząstki α o energii w zakresie od 0,1 MeV do > 20 MeV. Nie są czułe ani na promieniowanie β i γ , ani na zmiany temperatury i wilgotności względnej w zakresie spotykanym w naturalnym środowisku. Jedynie ciśnienie atmosferyczne może mieć wpływ na gęstość śladów ze względu na zależność zasięgu cząstki α od gęstości powietrza. Zaobserwowano wprost proporcjonalną zależność gęstości śladów od wysokości: na wysokości 1500 m nad poziomem morza gęstość śladów wzrosła o ok. 40%.

Warto wspomnieć, że niedawno zaobserwowano, że plastik, z którego zrobione są komory dyfuzyjne, absorbuje radon, co może generować znaczący błąd pomiaru.. Jeśli komory po ekspozycji w wysokim stężeniu radonu są długo przechowywane w niskim stężeniu radonu i folie CR-39 nie są wyjęte z komór, to radon uwalniany z obudowy komory powoduje dodatkowe ślady generując dodatkową „fałszywą” ekspozycję w czasie przechowywania. Należy więc przestrzegać wyjmowania folii CR-39 z komór jak najszybciej po skończonej ekspozycji.

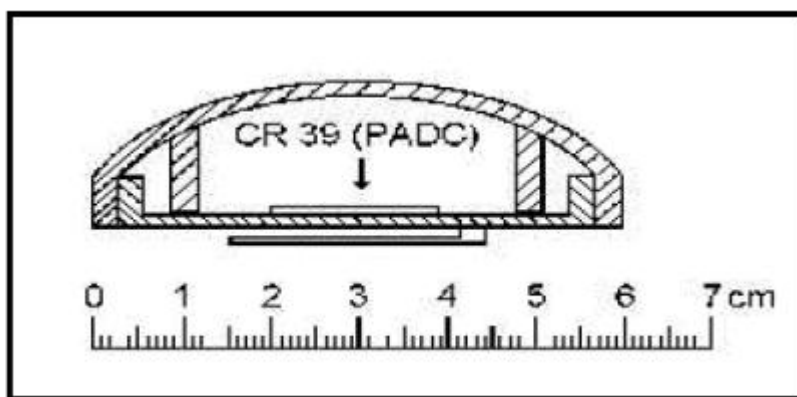
Detektory śladowe z folią CR-39 są metodą całkującą w ciągu praktycznie dowolnie długiego czasu ekspozycji. Stosuje się nawet roczny czas ekspozycji. Jednak w domach nie może on być krótszy niż jeden miesiąc.

Na terenie Rzeszowszczyzny użyto do badań komór dyfuzyjnych typu NRPB/SSI z przewodzącego plastiku (Rys.2), w których zastosowany jest filtr typu „air-gap”, zobrazowany na Rys.3. Płytki z folii CR-39 pocięte i ponumerowane były zakupione w firmie TASL. Trawienie odbywa się w 40% NaOH w temp. 70 °C przez 7 godz. Do zliczania śladów po wytrawieniu folii użyto systemu zliczania śladów zaprojektowanego w CLOR przez inż. W. Rosińskiego 20 lat temu. Zastosowana powierzchnia zliczania wynosiła 78 mm², wyznaczony współczynnik kalibracji $wk=50,7 \text{ kBq h m}^{-3}/(\text{śl./mm}^2)$, dolny próg detekcji ekspozycji $LLD=80 \text{ kBq h /m}^3 (\pm 20\%)$, z czego wynika dolny próg detekcji stężenia radonu przy 200-dniowej ekspozycji równy 16 Bq/m³.

Komory dyfuzyjne, po trzy w każdym punkcie pomiarowym, były eksponowane od kwietnia do października 2009r. (ok. 200dni) na parterze domu.



Rys.2. Komory dyfuzyjne NRPB/SSN z detektorem CR-39.

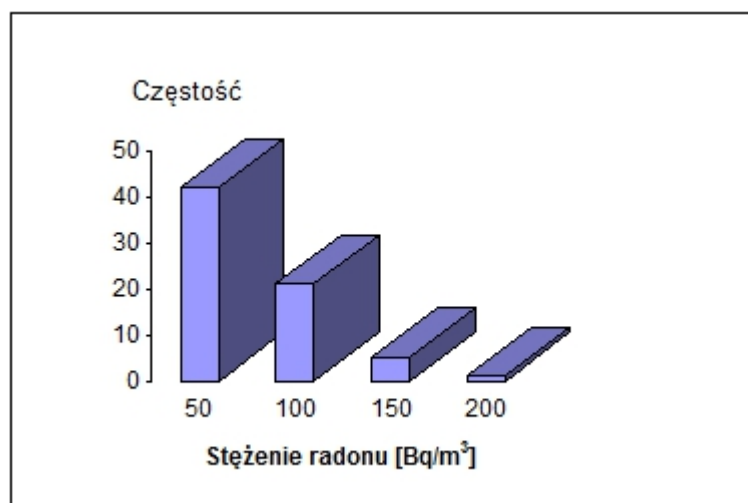


Rys. 3. Przekrój komory dyfuzyjnej NRPB/SSN z filtrem typu „air-gap”.

Wyniki pomiarów stężenia radonu w budynkach mieszkalnych na terenie Rzeszowszczyzny posłużą do uzupełnienia mapy radonowej Polski dla potrzeb Europejskiego Atlasu Naturalnej Radioaktywności oraz ogólnopolskiej bazy danych. Wyniki zostały zebrane w pliku, w postaci tabeli programu MS Excel, według wskazówek podanych przez Komisję Europejską (Radioactivity Environmental Monitoring, Joint Research Centre - JRC).

WYNIKI BADAŃ

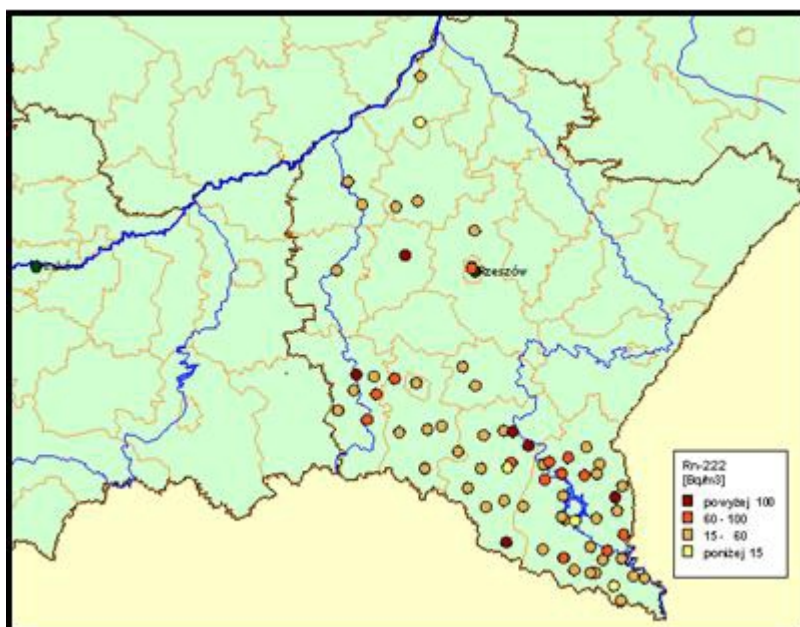
Pomiary stężenia radonu przeprowadzono w 70 domach, zlokalizowanych między innymi w Cisnej, Dębicy, Iwoniczu Zdrój, Jaśle, Krośnie, Lesku, Mielcu, Myczkowcach, Nowej Dębie, Polańczyku, Przemyśle, Sanoku, Sędziszowie, Tarnobrzegu, Ustrzykach Dolnych, Ustrzykach Górnych, Wetlinie, Zagórzu i wielu mniejszych miejscowościach. W wyniku przeprowadzonych w tym regionie pomiarów otrzymano rozkład stężeń radonu przedstawiony na rys. 4.



Rys. 4. Histogram wartości stężeń radonu w domach na terenie Rzeszowszczyzny.

Podstawowe parametry statystyczne dla otrzymanych wyników pomiarów stężenia radonu na terenie Rzeszowszczyzny: średnia arytmetyczna: 49 Bq/m³, średnia geometryczna: 40 Bq/m³, mediana: 42 Bq/m³, wartość maksymalna: 188 Bq/m³, wartość min.: 16 Bq/m³.

Uzyskane wyniki pomiarów stężenia radonu w budynkach zostały zamieszczone na mapach rejonu Rzeszowszczyzny (Rys. 5a i 5b).



Rys. 5a. Mapa radonowa w budynkach rejonu Rzeszowszczyzny.

Do utworzenia mapy stężeń radonu w domach dla obszaru całej Polski wzięto wyniki pomiarów zebranych w ciągu wielu lat przez 6 instytucji: Akademia Medyczna (obecnie Uniwersytet Medyczny) w Białymstoku, Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej w Warszawie, Główny Instytut Górnictwa w Katowicach, Instytut Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie, Instytut Medycyny Pracy w Łodzi i Instytut Techniki Budowlanej w Warszawie.

Pomiary były wykonywane za pomocą dwóch metod: metody detektorów śladowych z zastosowaniem CR-39 lub LR-115 (czas pomiaru od 3 do 12 miesięcy) oraz metody detektorów węglowych PicoRad (czas pomiaru od 2 do 4 dni).

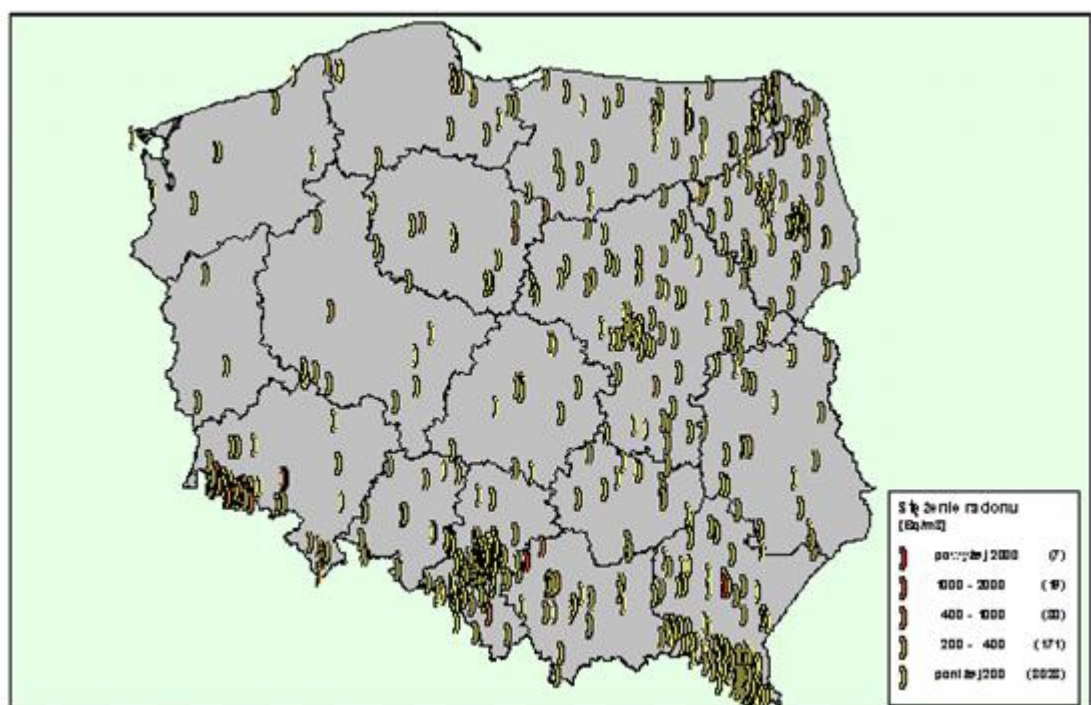
Mapy stężenia radonu w budynkach w Polsce zostały przygotowane z wykorzystaniem programu MapInfo v.9.2 (Rys. 6a, 6 b i 6c).

Do stworzenia map wykorzystano dane dostarczone w plikach w postaci arkuszy MS Excel. Dodatkowo do zobrazowania granic Polski oraz województw wykorzystano mapy pochodzące z systemu MapInfo. Do wszystkich map użyto prostego odwzorowania szerokość/długość geograficzna.

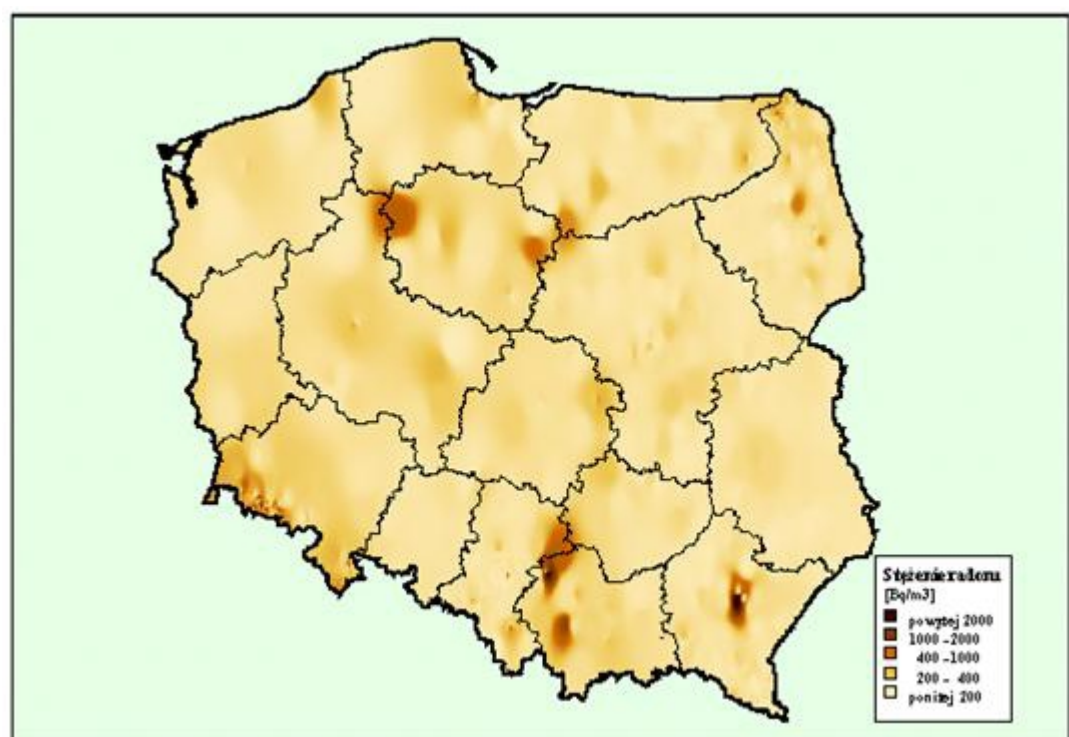
PODSUMOWANIE

Dzięki wykonanym pomiarom stężenia radonu w rejonie Rzeszowszczyzny udało się częściowo uzupełnić południowo-wschodni fragment mapy Polski. Średnie stężenie radonu dla wszystkich pomiarów w Polsce, które zostały wykorzystane przy tworzeniu mapy wynosi 86 Bq/m^3 , średnia geometryczna to 43 Bq/m^3 , a mediana – 40 Bq/m^3 . Maksymalne stężenie radonu wynosi $3\,229 \text{ Bq/m}^3$. Liczba punktów pomiarowych zwiększyła się z 3235 do 3305, a liczba wypełnionych komórek $10 \times 10 \text{ km}$ wzrosła z 6,2% do 7,0%. Dla rejonu Rzeszowszczyzny średnie stężenie radonu wynosi 49 Bq/m^3 , średnia geometryczna – 40 Bq/m^3 , mediana – 42 Bq/m^3 , a wartość maksymalna – 188 Bq/m^3 .

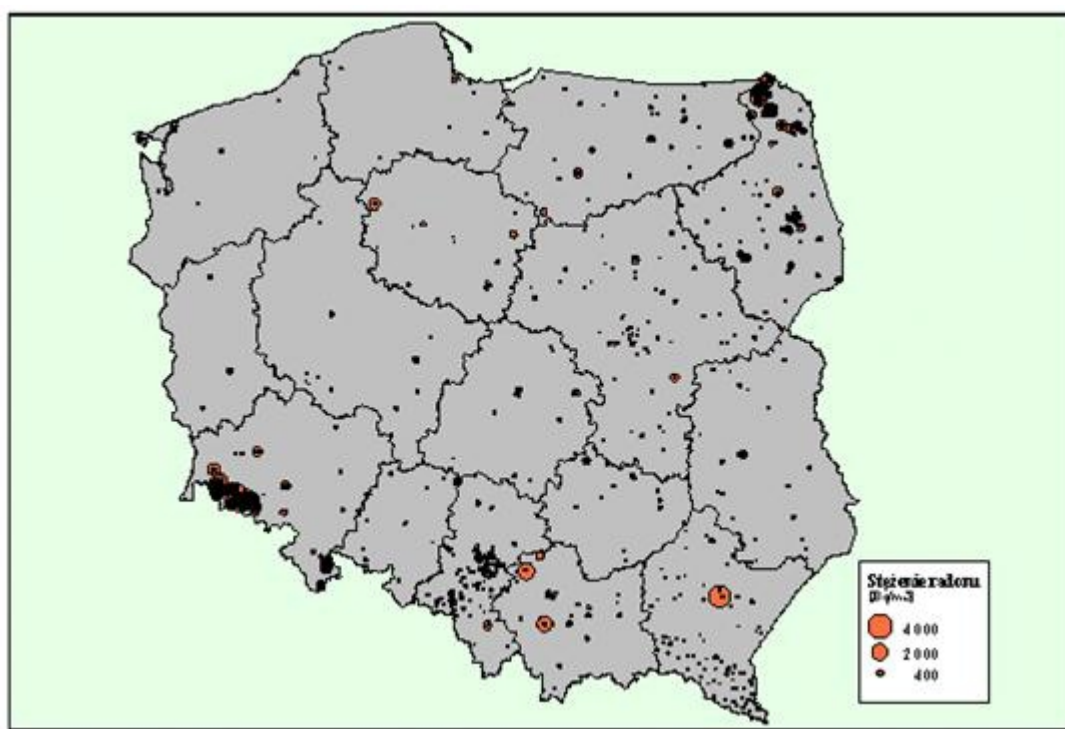
Plany na następne lata to rozszerzenie ogólnopolskiej bazy danych o wyniki pomiarów stężenia radonu w budynkach w zachodniej i północno-zachodniej Polsce.



Rys. 6a. Stężenie radonu w budynkach w Polsce.



Rys. 6b. Stężenie radonu w budynkach w Polsce – mapa rastrowa.



Rys 6c. Stężenie radonu w budynkach w Polsce.

MONITORING STĘŻENIA ^{137}Cs W GLEBIE W LATACH 2008-2009

Krzysztof Isajenko, Barbara Piotrowska, Magdalena Kuczbajska, Adam Ząbek
Zakład Dozymetrii

Praca dofinansowana przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Badania skażeń promieniotwórczych gleby prowadzone są w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w Polsce. Próbkę gleby do pomiarów są pobierane w sieci stacji meteorologicznych należących do Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej.

Wyniki pomiarów próbek gleby pochodzących z terenu całego kraju są zapisywane w bazie danych i są wykorzystywane do tworzenia radiologicznych map Polski. Mapy są tworzone z wykorzystaniem systemu MapInfo 8.0PL. System ten pozwala na wizualizację wyników pomiarów z poszczególnych punktów poboru próbek w postaci kartodiagramów kołowych o powierzchniach proporcjonalnych do wielkości stężenia oraz w postaci map rastrowych, w których wartości stężeń pomierzonych w punktach ekstrapoluje się na obszar całego kraju.

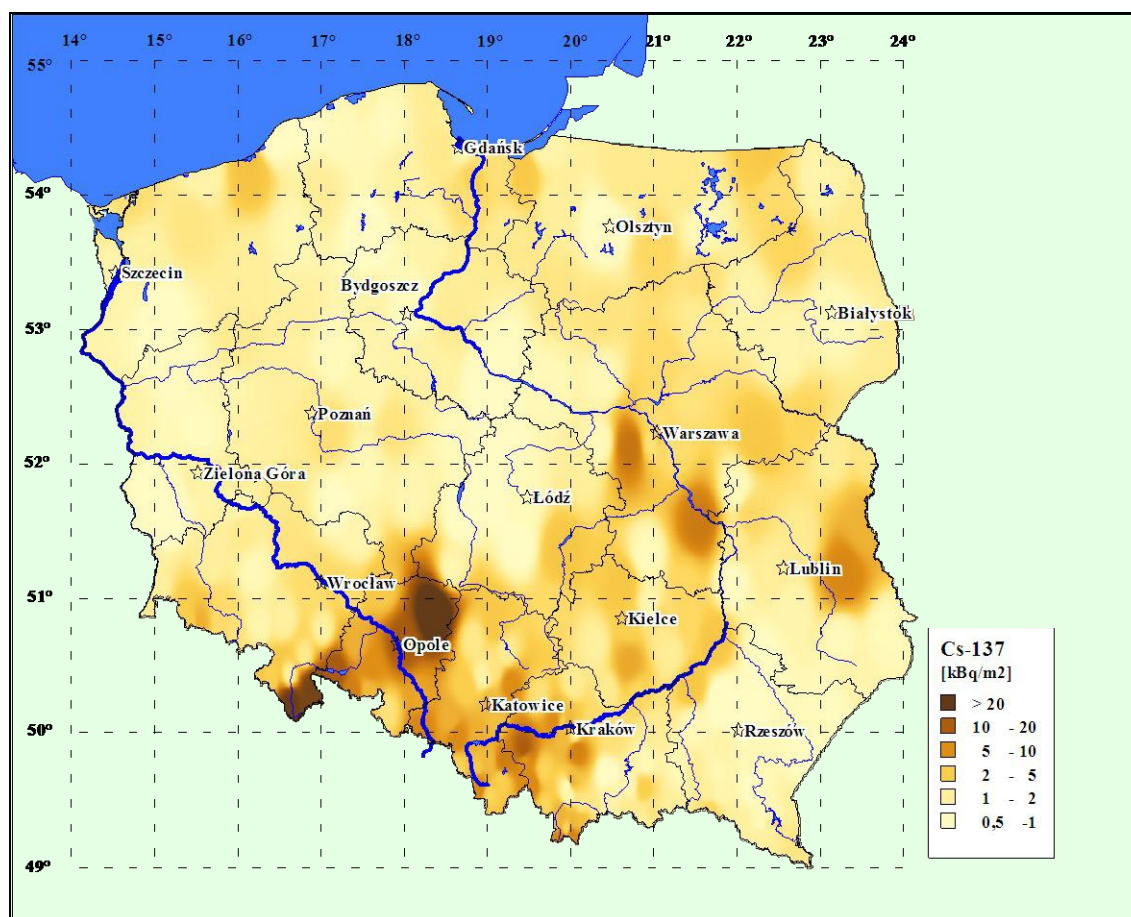
W 254 punktach, w których zostały pobrane próbki gleby zostały określone stężenia cezu ^{137}Cs oraz radionuklidów naturalnych (radu ^{226}Ra , aktynu ^{228}Ac i potasu ^{40}K) za pomocą analizy metodą spektrometrii promieniowania gamma.

W każdym punkcie poboru, pobrano próbki (w październiku 2008 roku) za pomocą specjalnych wykrojników o średnicy 7cm. Próbkę pobiera się z powierzchniowej warstwy gleby o głębokości 10 cm w sześciu miejscach leżących na obwodzie koła o średnicy 2 metrów oraz z siódmego miejsca leżącego w środku tego koła. Pomiary zawartości radionuklidów w glebie są wykonywane przy użyciu spektrometrów z detektorami półprzewodnikowymi HPGe, umieszczonymi w niskotłowych ołowianych domkach osłonnych. Czas każdego pomiaru wynosi 80000 sekund.

Średnia wartość powierzchniowego stężenia ^{137}Cs w Polsce wynosi $2.10 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$, przy zakresie od 0.02 do $26.79 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$. Radiologiczna mapa powierzchniowego stężenia cezu ^{137}Cs (mapa rastrowa) została przedstawiona na rysunku 1. Taki rozkład cezu ^{137}Cs w Polsce został spowodowany warunkami atmosferycznymi – w szczególności opadami deszczu – w Polsce w maju 1986 roku, tzn. w okresie bezpośrednio po awarii w elektrowni jądrowej w Czarnobylu (w okresie gdy nad Polską przemieszczały się masy skażonego powietrza). Wszystkie wyniki pomiarów podane są na dzień poboru próbek w październiku 2008 roku.

Średnie wartości stężeń naturalnych radionuklidów w glebach w Polsce wynoszą: dla radu ^{226}Ra – 25,8, dla aktynu ^{228}Ac – 24,3 i dla potasu ^{40}K – 416 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, tzn. Są niższe niż średnie stężenia na świecie wynoszące odpowiednio 33, 45 i 420 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ [1].

Najwyższe stężenia radu ^{226}Ra oraz aktynu ^{228}Ac zmierzono w południowych częściach Polski – jest to związane ze strukturą geologiczną naszego kraju. Dla przykładu w próbce pobranej w Szklarskiej Porębie stężenia tych dwóch radionuklidów wynoszą odpowiednio: 143,2 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla ^{226}Ra oraz 125,0 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla ^{228}Ac .



Rys. 1. Powierzchniowe stężenie cezu ^{137}Cs w 10 cm powierzchniowej warstwie gleby w Polsce, w październiku 2008 roku.

BIBLIOGRAFIA

[1] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations, New York, 2000.

ROCZNA DAWKA EFEKTYWNA (2008)

Roczna dawka efektywna jaką otrzymuje ludność Polski od promieniowania jonizującego pochodzącego od źródeł naturalnych i pochodzenia sztucznego jest na podobnym poziomie jak w wielu innych krajach europejskich. Na promieniowanie naturalne składa się promieniowanie kosmiczne oraz promieniowanie pochodzące od radionuklidów naturalnych obecnych w różnego rodzaju komponentach środowiska takich jak gleba, woda, powietrze oraz w różnych produktach i materiałach takich np. jak artykuły żywnościowe czy też materiały budowlane. Promieniowanie sztuczne to głównie promieniowanie wykorzystywane w diagnostyce medycznej i w dużo mniejszym stopniu pochodzące od opadu promieniotwórczego spowodowanego dawnymi próbnymi eksplozjami jądrowymi i awarią elektrowni jądrowej w Czarnobylu.

Średnia roczna dawka efektywna od źródeł naturalnych i sztucznych, oceniana zgodnie z zaleceniami UNSCEAR 2000¹⁾, wyniosła w 2008 roku 3,35 mSv na statystycznego mieszkańca Polski.

Największy udział w tej wartości wynoszący 74% (2,48 mSv rocznie) ma dawka od radionuklidów naturalnych. Wśród nich największa dawka pochodzi od radonu (40,6% lub 1,36 mSv na rok) podczas gdy od promieniowania kosmicznego wynosi tylko 8,5% (0,28 mSv rocznie).

Dawka od źródeł pochodzenia sztucznego stanowi około 26% średniej rocznej dawki efektywnej (0,87 mSv) przy czym największy udział w tej dawce powoduje promieniowanie jonizujące stosowane w diagnostyce medycznej (25,4% lub 0,85 mSv na rok).

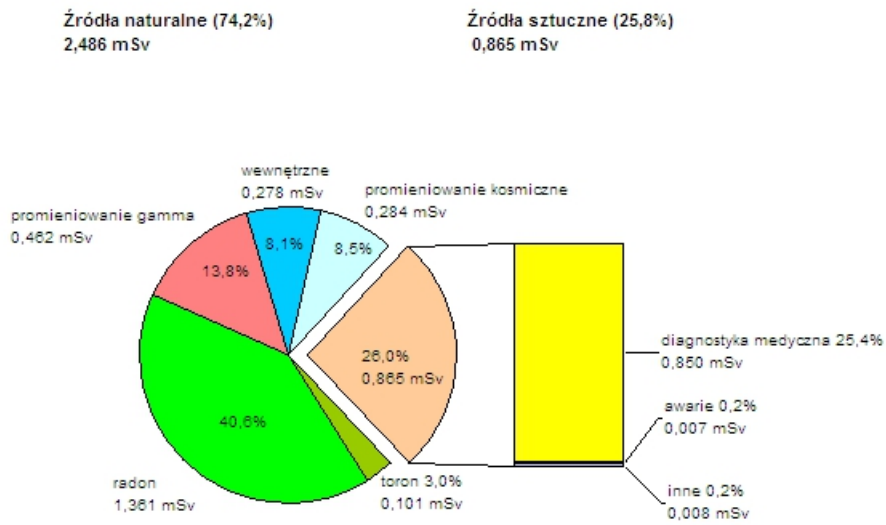
Średnie roczne dawki efektywne, jakie otrzymuje mieszkaniec Polski od różnych źródeł promieniowania jonizującego zostały przedstawione na rysunkach 1 i 2.

Zgodnie z obowiązującymi w kraju przepisami dawka graniczna dla osób mieszkających lub przebywających w sąsiedztwie źródeł promieniowania, włączając w to obiekty jądrowe, jak również dla osób narażonych na promieniowanie pochodzące od radioaktywnych skażeń środowiska wyrażona jako dawka efektywna wynosi 1 mSv w ciągu roku. Dawka ta nie obejmuje narażenia na promieniowanie naturalne, jeżeli narażenie to nie zostało zwiększone w wyniku działalności człowieka, w szczególności nie obejmują narażenia pochodzącego od radonu w budynkach mieszkalnych, od naturalnych nuklidów promieniotwórczych wchodzących w skład ciała ludzkiego, od promieniowania kosmicznego na poziomie ziemi, jak również narażenia nad powierzchnią ziemi od nuklidów promieniotwórczych znajdujących się w nienaruszonej skorupie ziemskiej.

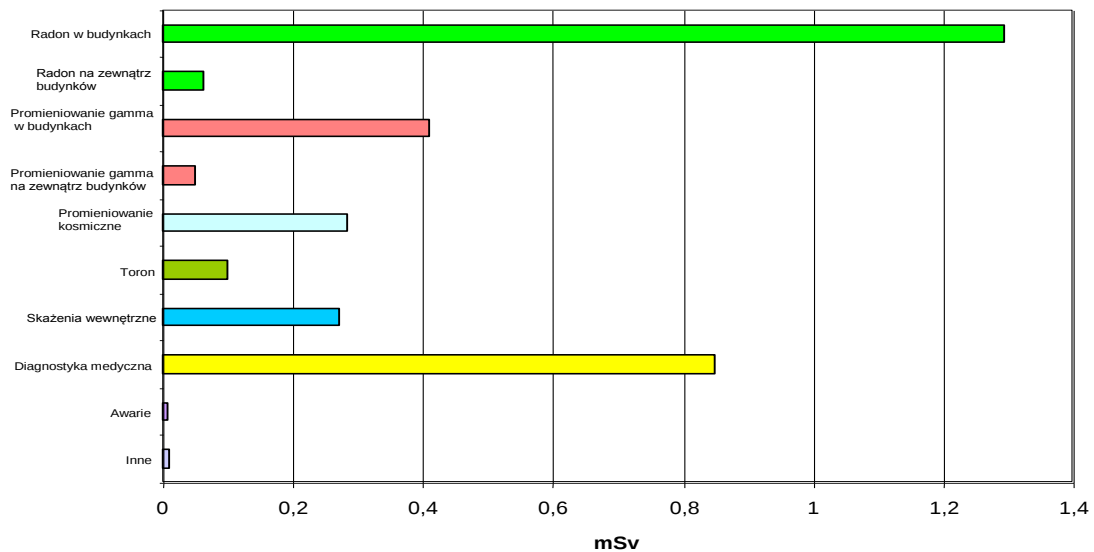
Z badań prowadzonych przez Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej wynika, że średnia dawka efektywna spowodowana promieniowaniem pochodzącym od źródeł pochodzenia sztucznego (bez diagnostyki medycznej) na statystycznego mieszkańca Polski wyniosła w 2008 roku 0,016 mSv. Na dawkę tę składa się dawka pochodząca od narażenia zewnętrznego oraz dawka od radionuklidów, które znalazły się w organizmie poprzez układ pokarmowy oraz oddechowy człowieka.

Porównując wartość 0,016 mSv do dawki granicznej dla ludności (1 mSv) oraz do średniej dawki efektywnej (3,35 mSv) można stwierdzić, że w 2008 roku ta wartość stanowi 1,6% dawki granicznej oraz 0,5% średniej rocznej dawki efektywnej, na którą był narażony statystyczny mieszkaniec Polski.

Rys.1 Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w dawce otrzymywanej przez ludność Polski w 2008 r. (3,35 mSv)



Rys. 2 Średnie roczne dawki efektywne otrzymywane przez ludność Polski od różnych źródeł promieniowania jonizującego w 2008 r.



KOMPLEKSOWE POMIARY SŁUŻĄCE DO OCENY SYTUACJI RADIACYJNEJ W OTOCZENIU KRAJOWEGO SKŁADOWISKA ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH (KSOP) W RÓŻANIE

*Ludwika Kownacka, Krzysztof Isajenko, Paweł Krajewski, Paweł Lipiński, Irena Radwan,
Jarosław Rychlicki, Alfred Żak, Adam Adamczyk, Andrzej Boratyński, Edward Chrzanowski,
Roman Czekala, Magdalena Kuczbajska, Adam Ząbek.*

Praca finansowana przez Państwową Agencję Atomistyki

W roku 2008 Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, tak jak w latach ubiegłych, prowadziło pomiary stężeń promieniotwórczych w różnych komponentach środowiska w otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie. Celem pomiarów jest zebranie danych o istniejącym poziomie promieniotwórczości, jego zmianach, które pozwolą ocenić i kontrolować sytuację radiacyjną wokół Składowiska.

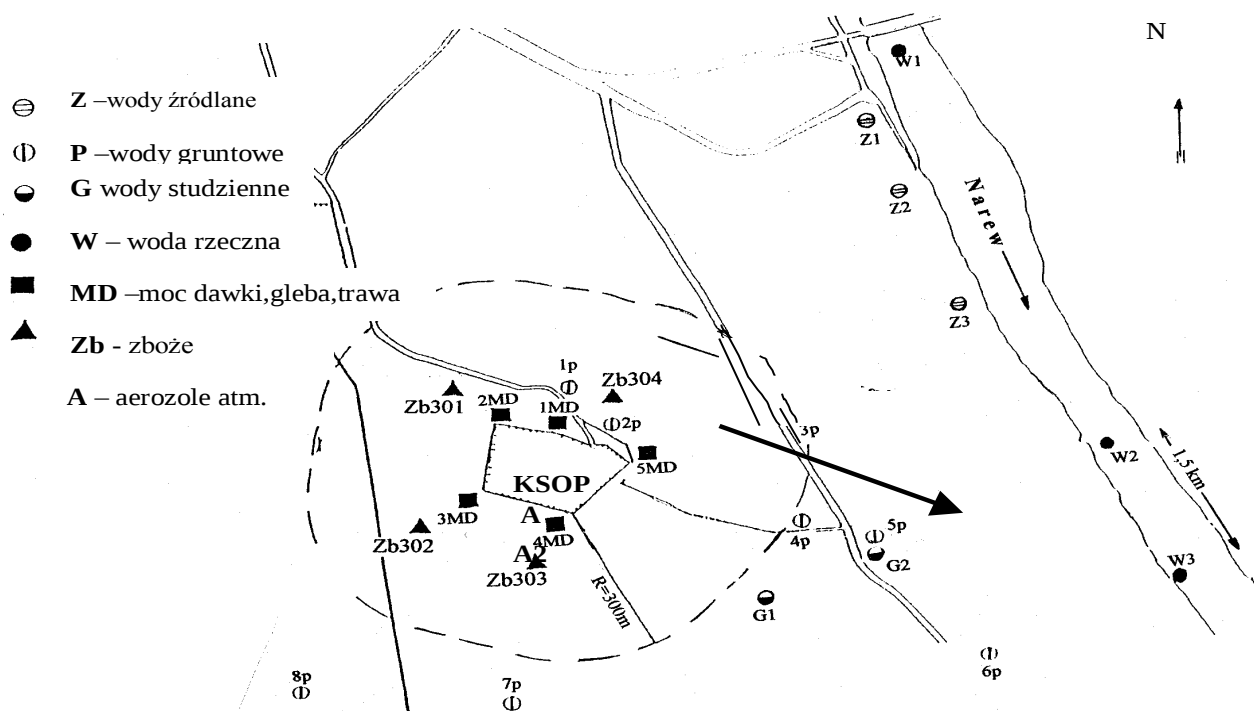
W otoczeniu KSOP w Różanie pobierane były następujące próbki:

- woda z rzeki Narew – dwa razy w roku z dwóch punktów kontrolnych,
- woda studzienna - dwa razy w roku z dwóch punktów kontrolnych,
- woda źródłana - dwa razy w roku z trzech punktów kontrolnych,
- woda gruntowa - trzy razy w roku z ośmiu punktów kontrolnych,
- gleba – dwa razy w roku z pięciu punktów kontrolnych,
- trawa - dwa razy w roku z pięciu punktów kontrolnych,
- zboże - raz w roku z czterech punktów kontrolnych,
- aerozole atmosferyczne - dwa razy w roku wiosną i jesienią, z punktów położonych po stronie zawietrznej w stosunku do Składowiska.

W 20 litrowych próbkach wody rzecznej, studziennej i źródlanej po odparowaniu do objętości 220 ml, jest przeprowadzana wstępna analiza gamma spektrometryczna. Następnie, stosując metody radiochemiczne, mierzone są stężenia promieniotwórcze cezu oraz w zbiorczych próbkach wód studziennych również strontu-90. W pobranych jednocześnie 1 litrowych próbkach wody są oznaczane stężenia trytu. W próbkach wody gruntowej, których objętość wynosi około 5 litrów, jest oznaczana całkowita promieniotwórczość beta i stężenia trytu. W próbkach gleby, trawy, zboża i aerozolu atmosferycznego jest przeprowadzany pomiar izotopów przy pomocy analizy gamma spektrometrii. W otoczeniu Składowiska prowadzone są pomiary mocy dawki promieniowania gamma dwa razy w roku w pięciu punktach kontrolnych.

Metody stosowane przy poborze próbek i poszczególnych oznaczeń zawartości radionuklidów w różnych komponentach środowiska (za wyjątkiem aerozolu atmosferycznego, który jest pobierany urządzeniem przenośnym - objętość aerozolowej próbki otrzymuje się po przepuszczeniu przez filtr Petrianowa 3000m³ powietrza) były zgodne z opracowaniem "Techniki pomiarowe stosowane w pomiarach kontrolnych

służących do oceny sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Ośrodka Świerk i KSOP-Rózan”, wykonanym w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej w 2003 roku i zatwierdzonym przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki.



Rys.1. Mapa punktów poboru próbek środowiskowych oraz pomiaru mocy dawki w otoczeniu KSOP w Róźnie. Strzałka wskazuje kierunek spływu wód podziemnych.

Stężenie substancji promieniotwórczych w różnych komponentach środowiska w 2008 roku było na niskim poziomie.

Średnie stężenie promieniotwórcze ceszu wynosiło:

wody rzeki Narew - 0,0020 Bq/dm³, powyżej KSOP - 0,0018, a poniżej KSOP- 0,0023 Bq/dm³,

wody studzienne - 0,0010 Bq/dm³ i wahało się od 0,0007 do 0,0014 Bq/dm³,

wody źródłane - 0,0020 Bq/dm³ i wahało się od 0,0015 do 0,0025 Bq/dm³.

Średnie stężenie promieniotwórcze trytu:

wody rzeki Narew - 1,2 Bq/dm³, powyżej KSOP - 1,05, a poniżej KSOP-1,4 Bq/dm³,

wody studzienne - 1,5 Bq/dm³ i wahało się od 1,0 do 1,4 Bq/dm³,

wody źródłane - 1,5 Bq/dm³ i wahało się od 0,8 do 2,3 Bq/dm³.

Średnie stężenie promieniotwórcze strontu-90 w wodach studziennych wynosiło 0,0034 Bq/dm³.

Średnie stężenie promieniotwórcze całkowitej aktywności β w próbkach wody gruntowej wynosiło 0,098 Bq/dm³ i wahało się od 0,030 do 0,258 Bq/dm³.

Średnie stężenie promieniotwórcze trytu w wodach gruntowych wynosiło - 1,7 Bq/dm³ i wahało się od 0,7 do 2,7 Bq/dm³. W jednym punkcie poboru (2p) stężenia te były wyższe - tak jak w latach ubiegłych - wynosiły średnio 21,5 Bq/dm³ i wahały się od 19,3 do 25,2 Bq/dm³.

Średnie stężenie promieniotwórcze ¹³⁷Cs zmierzone metodą spektrometrii gamma wynosiło:

gleba - 5,3 kBq/m² i wahało się od 2,35 do 21,05 kBq/m²,

trawa - 7,6 Bq/kg suchej masy i wahało się od 1,3 do 20,5 Bq/kg s.m.,

zboże - $<0,60 \text{ Bq/kg}$ i wahało się od 0,09 do $<0,6 \text{ Bq/kg}$,
aerazol atmosferyczny - wiosna – $<1,8 \mu\text{Bq/m}^3$, jesień – $<1,9 \mu\text{Bq/m}^3$ (średnie stężenie dla obu okresów poboru próbek dla Polski – mierzone urządzeniem ASS-500, wynoszą odpowiednio 0,8 i $1,2 \mu\text{Bq/m}^3$).

Stosując metodę spektrometrii gamma do pomiarów stężeń w tych czterech rodzajach próbek otrzymujemy również stężenia izotopów pochodzenia naturalnego, takich jak ^7Be , ^{40}K , ^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{228}Ac – ich stężenia były na takich samych poziomach jak w latach ubiegłych.

Średnia moc dawki promieniowania gamma (wraz z udziałem od promieniowania kosmicznego) wynosiła 99 nGy/h , wahała się od 88 do 112 i była w granicach wartości mierzonych w Polsce.

KOMPLEKSOWE POMIARY SŁUŻĄCE DO OCENY SYTUACJI RADIACYJNEJ W OTOCZENIU OŚRODKA W ŚWIERKU

*Ludwika Kownacka, Krzysztof Isajenko, Paweł Krajewski, Paweł Lipiński,
Irena Radwan, Jarosław Rychlicki, Alfred Żak, Adam Adamczyk,
Edward Chrzanowski, Magdalena Kuczbajska, Adam Ząbek*

Praca finansowana przez Państwową Agencję Atomistyki

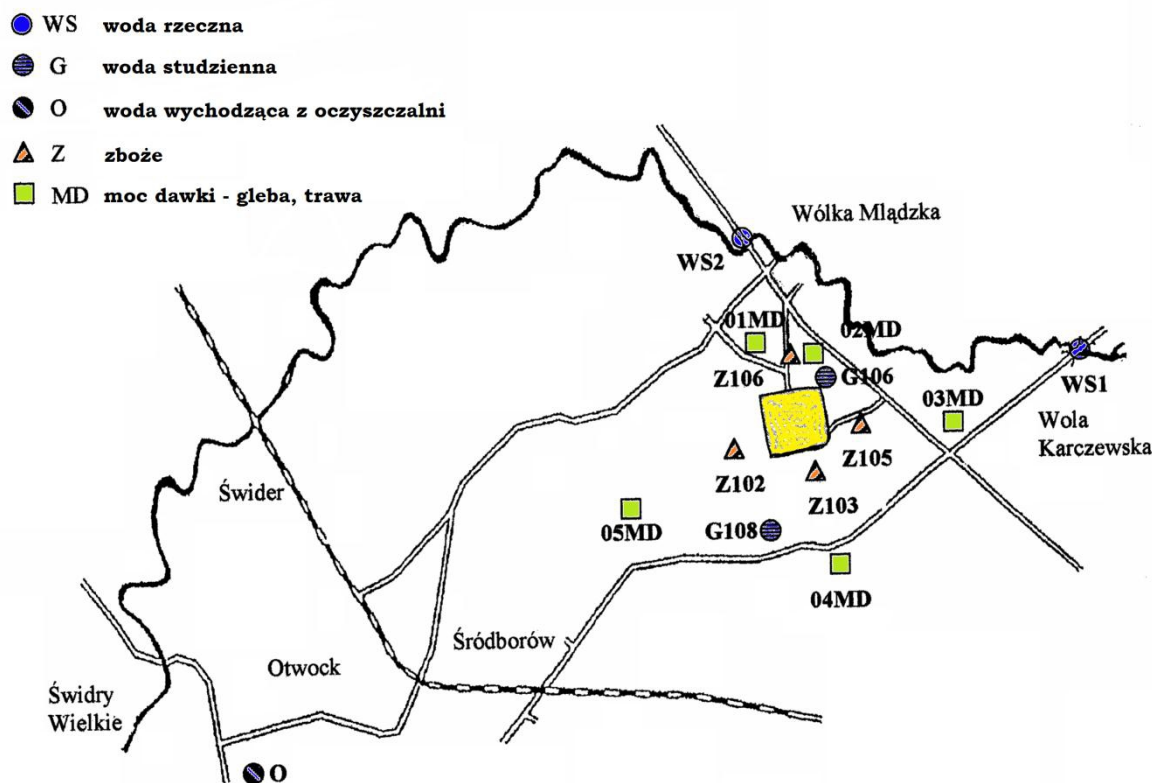
Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej kontroluje radiologiczną sytuację w otoczeniu Ośrodka w Świerku od 2001 roku. W poniższym opracowaniu prezentujemy wyniki otrzymane w 2008 roku. Celem tych pomiarów jest zebranie danych o istniejącym poziomie promieniotwórczości, jego zmianach, które pozwolą ocenić i kontrolować sytuację radiacyjną wokół Ośrodka w Świerku.

W otoczeniu Ośrodka w Świerku pobierane są następujące próbki:

- wody z rzeki Świder – dwa razy w roku z dwóch punktów kontrolnych,
- wody z rzeki Wisły – raz w roku z jednego punktu kontrolnego,
- wody studzienne – dwa razy w roku z dwóch punktów kontrolnych,
- wody wychodzące z oczyszczalni ścieków – dwa razy w roku z jednego punktu kontrolnego,
- gleba – raz w roku z pięciu punktów kontrolnych,
- trawa – raz w roku z pięciu punktów kontrolnych,
- zboże – raz w roku z czterech punktów kontrolnych,

W pobieranych 20 litrowych próbkach wody, po odparowaniu do objętości 220 ml, jest przeprowadzana wstępna analiza gamma spektrometryczna. Następnie metodami radiochemicznymi są mierzone stężenia promieniotwórcze cezu w każdej próbce i strontu-90 w zbiorczych próbkach wód studziennych. W 1-litrowych próbkach wody z rzek i studni są oznaczane stężenia promieniotwórcze trytu – począwszy od roku 2005. W próbkach gleby, trawy i zboża są oznaczane stężenia promieniotwórcze cezu-137 i izotopów pochodzenia naturalnego metodą gamma spektrometryczną. W otoczeniu Ośrodka w Świerku jest mierzona moc dawki promieniowania gamma – dwa razy w roku, w pięciu punktach kontrolnych.

Metody stosowane przy poborze próbek i poszczególnych oznaczeń zawartości radionuklidów w różnych komponentach środowiska były zgodne z opracowaniem "Techniki pomiarowe stosowane w pomiarach kontrolnych służących do oceny sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Ośrodka Świerk i KSOP-Różan", wykonanym w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej w 2003 roku i zatwierdzonym przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki.



Rys.1. Mapka punktów poboru próbek środowiskowych oraz pomiaru mocy dawki w otoczeniu Ośrodka w Świerku.

Stężenia promieniotwórcze substancji w różnych komponentach środowiska w 2008 roku były na niskim poziomie.

Średnie stężenie promieniotwórcze cezu wynosiło:

wody rzeki Świder - $0,0011 \text{ Bq/dm}^3$, powyżej KSOP - $0,0011$, a poniżej KSOP - $0,0010 \text{ Bq/dm}^3$,

wody rzeki Wisły - $0,0022 \text{ Bq/dm}^3$,

wody studzienne - $0,0036 \text{ Bq/dm}^3$ i wahało się od $0,0031$ do $0,0041 \text{ Bq/dm}^3$,

wody z oczyszczalni ścieków (kanał wylotowy) - $0,0068 \text{ Bq/dm}^3$ i wahało się od $0,0065$ do $0,0071 \text{ Bq/dm}^3$.

Średnie stężenie promieniotwórcze trytu:

- wody rzeki Świder - $1,2 \text{ Bq/dm}^3$, powyżej Ośrodka - $1,5$, a poniżej Ośrodka - $0,95 \text{ Bq/dm}^3$,

- wody rzeki Wisły - $1,4 \text{ Bq/dm}^3$,

- wody studzienne - $2,3 \text{ Bq/dm}^3$ i wahało się od $0,9$ do $4,3 \text{ Bq/dm}^3$.

Średnie stężenia promieniotwórcze strontu-90 w wodach studziennych wynosiło $0,0107 \text{ Bq/dm}^3$ i wahało się od $0,0050$ do $0,0165 \text{ Bq/dm}^3$.

Średnie stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs zmierzone metodą spektrometrii gamma wynoszą:

- gleba – 1,63 kBq/m² i waha się od 1,07 do 2,89 kBq/m²,
- trawa – 3,24 Bq/kg suchej masy i waha się od 1,5 do 5,5 Bq/kg s.m.,

zboże - <0,17 Bq/kg i waha się od <0,06 do <0,17 Bq/kg.

Stosując metodę spektrometrii gamma do pomiarów stężeń w tych trzech rodzajach próbek otrzymujemy również stężenia promieniotwórcze izotopów pochodzenia naturalnego, takich jak ^7Be , ^{40}K , ^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{228}Ac – ich stężenia były na takich samych poziomach jak w latach ubiegłych.

Średnia moc dawki promieniowania gamma (wraz z udziałem od promieniowania kosmicznego) wynosiła 72 $\mu\text{Gy/h}$, wahała się od 60 do 82 i była w granicach wartości mierzonych w Polsce.

PRZYGOTOWANIE DŁUGOLETNIEGO PROGRAMU SZKOLENIOWEGO
W ZAKRESIE BEZPIECZEŃSTWA I OCHRONY RADIOLOGICZNEJ
W RAMACH POMOCY FINANSOWEJ UE TZW. ŚRODKÓW PRZEJŚCIOWYCH
(TRANSITION FACILITY)

Umowa 9911/JFK/PPt-DII/2007-TF2005/017-488.03.06.01/2P z dn.14.12.2007

Głównym celem projektu było stworzenie materiału szkoleniowego w dziedzinie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej dla potrzeb szkolenia i treningu personelu ciał nadzorujących i personelu istniejących i przyszłych instalacji jądrowych w Polsce. Opracowany program szkoleń musiał uwzględniać nie tylko aktualne potrzeby eksploatacyjne ośrodka jądrowego w Świerku (Beneficjenta programu) , lecz również długofalowe zapotrzebowanie na specjalistów i kadrę zarządzającą w związku z rozpoczęciem przygotowań do wdrożenia energetyki jądrowej w Polsce. Projekt realizował zespół znakomitych ekspertów w swoich dziedzinach, doświadczonych w pracy dydaktycznej i dobrze rozumiejących potrzeby ośrodka jądrowego w Świerku, koordynatorem projektu było Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej. Realizując przedmiotowy projekt zespół wykonawców kierował się między innymi:

Zaleceniami MAEA przedstawionymi w dokumentach:

1. *Recruitment, Qualification and Training of Personnel for Nuclear Power Plants, IAEA NS G 2.8;*
2. *Means of evaluating and improving the effectiveness of training of nuclear power plant personnel, IAEA TECDOC 1358;*
3. *Training the staff of the regulatory body for nuclear facilities: a competency framework, IAEA TECDOC 1254.*
4. *Safety of Nuclear Installations, IAEA Safety Series 110;*
5. *Safety Assessment for Spent Fuel Storage Facility, IAEA Safety Series 118;*
6. *Operations of Spent Fuel Storage Facility, IAEA Safety Series 117.*

Dyrektywami i przepisami UE:

1. *Medical Exposures Directive (MED) (97/43/Euratom);*
2. *Dyrektywa Rady 96/29/Euratom z 13 maja 1996 ustalającego podstawowe standardy bezpieczeństwa w zakresie ochrony zdrowia pracowników i ludności przed zagrożeniami związanymi z promieniowaniem jonizującym;*
3. *Rozporządzenie Komisji (Euratom) No 770/90 z 29 marca 1990 ustalającego maksymalne dopuszczalne poziomy skażenia radioaktywnego żywności po wypadku jądrowym lub jakimkolwiek innym przypadku zagrożenia radiologicznego.*

Umowami Międzynarodowymi:

1. *Convention on Nuclear Safety and Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management the Safety of Radioactive Waste Management.*
2. *Convention on Nuclear Safety*
3. *Przepisami ustawy Prawo atomowe i związanymi z tą ustawą Rozporządzeniami Rady Ministrów.*

Cele szczegółowe projektu obejmowały:

1. Wzmocnienie ośrodka jądrowego w Świerku poprzez stworzenie bazy intelektualnej dla długoterminowego programu szkoleniowego, w ramach wprowadzania w życie przepisów Unii Europejskiej związanych z bezpieczeństwem jądrowym i zaleceniami Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA).
2. Podniesienie poziomu kwalifikacji pracowników instytucji stosujących promieniowanie jonizujące oraz pracowników administracji odpowiedzialnych za nadzór nad bezpieczeństwem jądrowym i ochroną radiologiczną, a tym samym zwiększenie:
 - a) bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w istniejących urządzeniach jądrowych i składowiskach odpadów promieniotwórczych,
 - b) bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej przy przemysłowych i medycznych zastosowaniach promieniowania jonizującego,
 - c) bezpieczeństwa źródeł promieniotwórczych, z włączeniem transportu materiałów promieniotwórczych i kontrolą przewozów na granicach.

W trakcie realizacji projektu zastosowano metodologię Systematycznego Podejścia do Szkoleń (Systematic Approach to Training) określoną w „Nuclear Power Personnel Training and its Evaluation”, Technical Reports Series 380, IAEA, Vienna, 1996. Do analizy zadań do wykonania i potrzeb szkoleniowych Beneficjenta zastosowano metody analizy pracy i zadania (JTA) oraz analizy kompetencji do pracy (JCA). Metody te wsparto technikami analizy weryfikacyjnej i analizy dokumentów. Postępowano zgodnie z „8 krokami” opisanymi punkcie dotyczącym metody JTA. Zespołem dokonującym analizy był zespół kluczowych ekspertów.

W wyniku analiz oraz konsultacji z Beneficjentem wyodrębniono pięć grup pracowniczych - adresatów szkolenia, o różniącym się profilu zawodowym oraz zakresie kompetencji, jak następuje:

- I. operatorzy i kadra urządzeń i obiektów ze źródłami promieniowania jonizującego,
- II. kadra zatrudniona przy eksploatacji reaktora badawczego Maria,
- III. inspektorzy ochrony radiologicznej
- IV. inspektorzy dozoru jądrowego
- V. pracownicy „awaryjni” ośrodka w Świerku

W drugiej fazie projektu przygotowano materiał szkoleniowy w postaci modułowego zbioru skryptów, o wystarczająco szerokim zakresie merytorycznym, umożliwiającym prowadzenie kursów dla wszystkich wyżej wymienionych grup pracowniczych.

Przygotowane moduły wykładów obejmowały niezwykle obszerny materiał informacyjny, składający się z 10 bloków programowych – łącznie około 230 godzin wykładów i ćwiczeń. Zastosowano podział materiału na 63 sekcje o zróżnicowanym poziomie podstawowy, rozszerzony oraz specjalistyczny) dostosowanym do potrzeb

szkolonych. Ułatwiało to przygotowania odpowiednich planów zajęć teoretycznych i praktycznych, ćwiczeń treningowych i szkolenia na stanowisku pracy.

Sporządzono również plany egzaminów sprawdzających kompetencje słuchaczy oraz stworzono interaktywne programy komputerowe sprawdzające stopień opanowania materiału.

Dodatkowo, opracowano procedury weryfikujące zastosowane techniki szkoleniowe na podstawie przygotowanych arkuszy do przeprowadzenia ocen poziomu szkolenia przez szkolonych.

Istotnym elementem było uwzględnienie w programie szkolenia zagadnień związanych z jądrowymi reaktorami energetycznymi (6 godzin wykładów i 2 godziny ćwiczeń na symulatorach).

Część wykładów zawierała elementy dostosowane do potrzeb wynikających z działającego w IEA badawczego reaktora MARIA, analizę zdarzeń eksploatacyjnych, ćwiczeń na symulatorze działania tego konkretnego reaktora, a także innych typów reaktorów. Wykłady dotyczące bezpieczeństwa jądrowego również obejmowały rzeczywiste sytuacje odnoszące się do stanowisk istniejących w ośrodku Świerk.

Szkolenia uzupełniały pokazy, seminaria, oraz materiały multimedialne.

W Tabeli 1 przedstawiono wykaz materiału szkoleniowego i ćwiczeń, a także opisy pokazów i seminariów przewidzianych do realizacji szkoleń.



Rysunek 6. Strony tytułowe poszczególnych bloków wykładów.

Tabela 5. WYKAZ MATERIAŁU SZKOLENIOWEGO

BLOK PROGRAMOWY 1. WSTĘP DO WSPÓŁCZESNEJ FIZYKI ATOMOWEJ I CHEMII JĄDROWEJ

ROZDZIAŁ 1.	BUDOWA MATERII
ROZDZIAŁ 2.	ELEMENTY FIZYKI WSPÓŁCZESNEJ
ROZDZIAŁ 3.	JĄDRO ATOMOWE I PRZEMIANY JĄDROWE
ROZDZIAŁ 4.	RADIONUKLIDY NATURALNE I SZTUCZNE
ROZDZIAŁ 5.	URZĄDZENIA WYTWARZAJĄCE PROMIENIOWANIE
ROZDZIAŁ 6.	REAKCJE JĄDROWE I PRODUKCJA SZTUCZNYCH IZOTOPÓW, AKCELERATORY
ROZDZIAŁ 7.	ODDZIAŁYWANIE PROMIENIOWANIA Z MATERIAŁ
ROZDZIAŁ 8.	WIADOMOŚCI Z ZAKRESU RADIOCHEMII

BLOK PROGRAMOWY 2. BIOLOGICZNE SKUTKI PROMIENIOWANIA IONIZUJĄCEGO

ROZDZIAŁ 1.	ODDZIAŁYWANIE PROMIENIOWANIA IONIZUJĄCEGO Z TKANKĄ ŻYWĄ
ROZDZIAŁ 2.	SKUTKI STOCHASTYCZNE I DETERMINISTYCZNE
ROZDZIAŁ 3.	DOZYMETRIA BIOLOGICZNA

BLOK PROGRAMOWY 3. REGULACJE PRAWNE DOTYCZĄCE BIIOR

BLOK PROGRAMOWY 4. OCHRONA RADIOLOGICZNA

ROZDZIAŁ 1.	ZASADY BEZPIECZNEJ PRACY ZE ŹRÓDŁAMI PROMIENIOWANIA IONIZUJĄCEGO
ROZDZIAŁ 2.	POMIARY PROMIENIOWANIA IONIZUJĄCEGO
ROZDZIAŁ 3.	OCENA NARAŻENIA NA PROMIENIOWANIE IONIZUJĄCE
ROZDZIAŁ 4.	SYSTEM ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ
ROZDZIAŁ 5.	ZASTOSOWANIA TECHNIK JĄDROWYCH I WYNIKAJĄCE Z NICH ZAGROŻENIA.
ROZDZIAŁ 6.	PODSTAWY WYKORZYSTANIA PROMIENIOWANIA IONIZUJĄCEGO W DIAGNOSTYCE MEDYCZNEJ I RADIOTERAPII; POTENCJALNE NARAŻENIA.
ROZDZIAŁ 7.	OŚŁONY REAKTOROWE

BLOK PROGRAMOWY 5. REAKTORY JĄDROWE- BADAWCZE I ENERGETYCZNE

ROZDZIAŁ 1.	REAKTORY JĄDROWE - WPROWADZENIE
ROZDZIAŁ 2.	FIZYKA REAKTORÓW JĄDROWYCH
ROZDZIAŁ 3.	PRODUKTY ROZSZCZEPIENIA
ROZDZIAŁ 4.	INŻYNIERIA REAKTORÓW JĄDROWYCH
ROZDZIAŁ 5.	ZAGADNIENIA KONSTRUKCYJNE REAKTORA JĄDROWEGO
ROZDZIAŁ 6.	REAKTORY BADAWCZE
ROZDZIAŁ 7.	REAKTOR BADAWCZY MARIA – WPROWADZENIE
ROZDZIAŁ 8.	REAKTOR BADAWCZY MARIA – ZAGADNIENIA BEZPIECZEŃSTWA
ROZDZIAŁ 9.	REAKTOR BADAWCZY MARIA – EKSPLOATACJA
ROZDZIAŁ 10.	REAKTOR BADAWCZY MARIA - SZKOLENIE KIEROWNIKA
ROZDZIAŁ 11.	REAKTOR BADAWCZY MARIA – SZKOLENIE PRAKTYCZNE PERSONELU
ROZDZIAŁ 12.	REAKTORY ENERGETYCZNE
ROZDZIAŁ 13.	REAKTORY ENERGETYCZNE - TRENDY ROZWOJOWE

BLOK PROGRAMOWY 6. BEZPIECZEŃSTWO OBIEKTÓW JĄDROWYCH

ROZDZIAŁ 1.	CELE BEZPIECZEŃSTWA JĄDROWEGO
ROZDZIAŁ 2.	FUNDAMENTALNE ZASADY ZARZĄDZANIA BEZPIECZEŃSTWEM
ROZDZIAŁ 3.	STRATEGIA OBRONY W GŁĘB
ROZDZIAŁ 4.	OGÓLNE ZASADY TECHNICZNE
ROZDZIAŁ 5.	ZASADY SZCZEGÓŁOWE

BLOK PROGRAMOWY 7. TRANSPORT MATERIAŁÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH

ROZDZIAŁ 1.	TOWARY NIEBEZPIECZNE
ROZDZIAŁ 2.	OPAKOWANIA
ROZDZIAŁ 3.	PROCEDURY NADAWCZE
ROZDZIAŁ 4.	OPERACJE PRZEMIESZCZANIA ŁADUNKU
ROZDZIAŁ 5.	KLASYFIKACJA PRZEWÓZÓW
ROZDZIAŁ 6.	PODMIOTY ZAANGAŻOWANE W PRZEWÓZ
ROZDZIAŁ 7.	OCHRONA LUDNOŚCI I ŚRODOWISKA PODCZAS RÓŻNYCH FAZ PRZEWÓZU
ROZDZIAŁ 8.	PRZEPISY MIĘDZYNARODOWE I KRAJOWE REGULUJĄCE RÓŻNE RODZAJE TRANSPORTU
ROZDZIAŁ 9.	PRZEWÓZ MATERIAŁÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH PRZEZ PRZEJŚCIA GRANICZNE

BLOK PROGRAMOWY 8. POSTĘPOWANIE Z ODPADAMI PROMIENIOTWÓRCZYMI I WYPALONYM PALIWEM JĄDROWYM W POLSCE

ROZDZIAŁ 1.	ODPADY PROMIENIOTWÓRCZE
ROZDZIAŁ 2.	WYPALONE PALIWO JĄDROWE
ROZDZIAŁ 3.	SKŁADOWANIE ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH

BLOK PROGRAMOWY 9. SYMULATOR

ROZDZIAŁ 1.	SYMULATORY – CEL TWORZENIA, KLASYFIKACJA
ROZDZIAŁ 2.	SYMULATORY OŚRODKA „ŚWIERK”
ROZDZIAŁ 3.	SYMULATORY BLOKÓW ENERGETYCZNYCH

BLOK PROGRAMOWY 10. ĆWICZENIA

ROZDZIAŁ 1.	ĆWICZENIA Z POMIARÓW DOZYMETRYCZNYCH – PROMIENIOWANIE ZEWNĘTRZNE
ROZDZIAŁ 2.	ĆWICZENIA Z POMIARÓW SKAŻEŃ WEWNĘTRZNYCH
ROZDZIAŁ 3.	ĆWICZENIA Z CHEMII RADIACYJNEJ
ROZDZIAŁ 4.	ĆWICZENIA Z ZAKRESU BEZPIECZEŃSTWA JĄDROWEGO I DOZYMETRII REAKTOROWEJ
ROZDZIAŁ 5.	ĆWICZENIA Z ZAKRESU TRANSPORTU MATERIAŁÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH
ROZDZIAŁ 6.	ĆWICZENIA OBLICZENIOWE

BLOK PROGRAMOWY 11. POKAZY, SEMINARIA, MATERIAŁY MULTIMEDIALNE

ROZDZIAŁ 1.	SYSTEMY DOZYMETRII W OŚRODKU JĄDROWYM
ROZDZIAŁ 2.	SYSTEMY MONITOROWANIA ŚRODOWISKA
ROZDZIAŁ 3.	ROZPRZESTRZENIANIE SIĘ SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH - MODEL MATEMATYCZNY
ROZDZIAŁ 4.	APARATURA DOZYMETRYCZNA I KONTROLI JAKOŚCI APARATÓW RADIOLOGICZNYCH
ROZDZIAŁ 5.	APARATURA DO DIAGNOSTYKI RENTGENOWSKIEJ
ROZDZIAŁ 6.	SYSTEMY PLANOWANIA LECZENIA

ZAŁĄCZNIK A. OPIS OPROGRAMOWANIA I WYPOSAŻENIA SYMULATORA

ZAŁĄCZNIK B. OPIS PROGRAMU DO TESTÓW

ZAŁĄCZNIK C. SŁOWNIK TERMINÓW

BEZPIECZEŃSTWO I OCHRONA. NOWE KONCEPCJE

WPROWADZENIE

Bezpieczeństwo i ochrona to różne pojęcia, jednak w dziedzinie ochrony przed promieniowaniem (ochrony radiologicznej) często są ze sobą utożsamiane i różnie interpretowane. Czy bezpieczeństwo jądrowe obejmuje czy mieści się w pojęciu ochrony przed promieniowaniem? Czy kultura bezpieczeństwa to to samo co kultura ochrony przed promieniowaniem? Czy inspektor ochrony przed promieniowaniem to to samo co inspektor bezpieczeństwa radiacyjnego?

Należy pamiętać, że bezpieczeństwo to pewien stan, którego akceptowany poziom powinniśmy zapewnić ludziom i środowisku, a ochrona to jeden z podstawowych czynników niezbędnych do osiągnięcia tego celu. Dla zapewnienia właściwego bezpieczeństwa radiacyjnego, nazywanego także radiologicznym, nie wystarcza ochrona radiologiczna, trzeba jeszcze zapewnić ochronę fizyczną źródeł promieniowania. Niezbędne jest także zapewnienie jakości materiałów i urządzeń, odpowiedni system prawny, szkolenie personelu, właściwe użytkowanie źródeł, dozór jądrowy, zapobieganie wypadkom radiacyjnym i usuwanie ich skutków oraz właściwa lokalizacja i konstrukcja urządzeń i obiektów radiacyjnych (w szczególności jądrowych). W przypadku materiałów jądrowych (począwszy od ilości potrzebnej do osiągnięcia masy krytycznej) zachodzi jeszcze potrzeba zapewnienia bezpieczeństwa krytycznościowego, tzn. potrzeba zapobieżenia powstaniu niekontrolowanej samopodtrzymującej się reakcji rozszczepienia jądrowego. Zatem ochrona radiologiczna to nie jedyny czynnik niezbędny dla uzyskania właściwego poziomu bezpieczeństwa radiacyjnego. Chyba, że wszystkie czynniki mające wpływ na zapewnienie bezpieczeństwa radiacyjnego obejmimy szeroką definicją ochrony przed promieniowaniem. Jeśli tak, to kultura bezpieczeństwa radiacyjnego będzie oznaczać dokładnie to samo co kultura ochrony przed promieniowaniem.

Problemem może być także poprawne zrozumienie wyżej wymienionych terminów, których definicje różnie podano w różnych przepisach międzynarodowych. Termin bezpieczeństwo jądrowe często używany jest nie tylko w nawiązaniu do materiałów jądrowych ale w znaczeniu ogólnym w odniesieniu do wszystkich źródeł promieniowania. W tym przypadku powinno się używać terminu bezpieczeństwo radiacyjne. Termin bezpieczeństwo jądrowe należałoby ograniczyć do materiałów jądrowych. W katalogach wydawniczych [1], a także i w niektórych publikacjach Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (IAEA) [2], terminy te są poprawnie traktowane rozdzielnie. Przepisy międzynarodowe definiując bezpieczeństwo jądrowe lub fizyczne podają definicje pasujące bardziej do ochrony radiologicznej czy ochrony fizycznej niż do bezpieczeństwa.

OBECNE DEFINICJE W PRZEPISACH MIĘDZYNARODOWYCH

Bezpieczeństwo Radiacyjne(radiologiczne)

Nie spotkałem dokładnej definicji.

Bezpieczeństwo Jądrowe

EURATOM [10].

Bezpieczeństwo Jądrowe oznacza osiągnięcie stanu właściwych warunków eksploatacji, posiadania zabezpieczeń przed wypadkami i możliwości usuwania konsekwencji tych wypadków. Wynikiem czego jest ochrona pracowników i ludności przed zagrożeniem od promieniowania jonizującego pochodzącego z obiektów jądrowych.

WIKIPEDIA

Bezpieczeństwo Jądrowe dotyczy działania podejmowanego dla zabezpieczenia przed wypadkami jądrowymi i radiacyjnymi lub dla ograniczenia ich skutków. Dotyczy to elektrowni jądrowych, innych zakładów jądrowych oraz przewożenia, użytkowania i przechowywania materiałów jądrowych stosowanych w medycynie, energetyce, przemyśle i w wojsku.

ISO (Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna) [3]

Bezpieczeństwo Jądrowe: Działania dotyczące ochrony ludzi i mienia przed szkodliwymi skutkami skażeń promieniotwórczych, promieniowania jonizującego i stanu krytycznościowego.

UWAGA - Zgodnie z zasadami krajowymi termin promieniowanie jonizujące może obejmować wytwarzane przez aparaty promieniowanie rentgenowskie.

IAEA (Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej) [4].

Bezpieczeństwo Jądrowe: Osiągnięcie właściwych warunków pracy, zabezpieczenie przed wypadkami i ich ewentualnymi skutkami, co daje ochronę przed niepożądanym zagrożeniem pracowników, ludności i środowiska.

IEC (Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna) [5].

Bezpieczeństwo Jądrowe: Zespół środków stosowanych we wszystkich etapach projektowania, eksploatacji i w końcowej likwidacji elektrowni jądrowej w celu przeciwdziałania awarii i ograniczenia jej skutków.

Bezpieczeństwo

ICRP (Międzynarodowa Komisja Ochrony Radiologicznej) [6].

Bezpieczeństwo: Osiągnięcie właściwych warunków eksploatacji, zabezpieczenia przed awariami oraz likwidacji skutków tych awarii.

(W znaczeniu terminu używanego w zaleceniach ICRP).

IAEA [7]

Bezpieczeństwo (źródło promieniowania): Postępowanie w celu zminimalizowania prawdopodobieństwa wystąpienia awarii ze źródłami promieniowania oraz przygotowanie środków do likwidacji jej skutków na wypadek jej wystąpienia.

(W zrozumieniu terminu używanego w dokumencie IAEA)

Jądrowe Bezpieczeństwo Fizyczne

IAEA [4]

Bezpieczeństwo fizyczne źródeł promieniotwórczych : Środki zabezpieczające źródło promieniotwórcze przed nieuprawnionym dostępem lub zniszczeniem, oraz zagubieniem, kradzieżą i nielegalnym transferem.

IAEA [7]

Bezpieczeństwo fizyczne (materiału promieniotwórczego): Środki mające na celu zabezpieczenie materiałów promieniotwórczych przed dostępem osób nieupoważnionych, oraz kradzieżą lub nieuprawnionym przemieszczeniem tych materiałów.

IEC [8]

Bezpieczeństwo fizyczne (w elektrowniach jądrowych): Zespół środków stosowanych w celu uniknięcia nieautoryzowanego dostępu do wyposażenia, programów albo do substancji promieniotwórczej.

Jądrowe Bezpieczeństwo Krytycznościowe

ISO [3]

Jądrowe bezpieczeństwo krytycznościowe: Bezpieczeństwo jądrowe odniesione do awaryjnego stanu krytycznościowego.

Ochrona Przed Promieniowaniem

ISO [3]

Ochrona przed promieniowaniem (ochrona radiologiczna): Środki związane z ograniczeniem szkodliwych skutków działania promieniowania jonizującego na człowieka. Ograniczanie napromieniowania zewnętrznego i wniknięcia nuklidów promieniotwórczych do organizmu oraz profilaktyka mająca na celu ograniczenie wszelkich szkód dla organizmu wynikających z napromienienia lub skażeń.

Ochrona Fizyczna

ISO [3]

Ochrona Fizyczna: Metody i środki zabezpieczające materiały jądrowe przed nieuprawnionym zawładnięciem i wykrywające ten fakt jeśli takie zawładnięcie nastąpiło.

IAEA [4]

Ochrona Fizyczna (materiału jądrowego): Środki ochrony materiałów jądrowych lub uprawnionego obiektu jądrowego, zabezpieczające przed nieuprawnionym dostępem, sabotażem lub zawładnięciem materiałem rozszczepialnym, tak jak wymaga tego np. Konwencja o Ochronie Materiałów Jądrowych.

Ochrona i Bezpieczeństwo

IAEA [9]

Ochrona i Bezpieczeństwo: Ochrona ludzi przed promieniowaniem jonizującym i skażeniem substancjami promieniotwórczymi, oraz bezpieczeństwo źródeł. Obejmuje to także środki, które ten stan zapewniają oraz środki zabezpieczające przed wypadkami i ich skutkami.

PROPOZYCJA UJEDNOLICENIA ZMIAN I DEFINICJI

Bezpieczeństwo Radiacyjne (radiologiczne)

Bezpieczeństwo Radiacyjne: Stan zapewniający, że nie ma zagrożenia od promieniowania jonizującego dla pracowników, ludności i środowiska. Stan ten można osiągnąć poprzez zapewnienie odpowiednich warunków pracy ze źródłami promieniowania, zabezpieczenie przed wypadkami i zapewnienie środków usuwania ich skutków oraz ochronę fizyczną źródeł promieniotwórczych. W przypadku gdy wchodzi w rachubę materiały rozszczepialne należy także uwzględnić bezpieczeństwo krytycznościowe.

Bezpieczeństwo Jądrowe

Bezpieczeństwo Jądrowe: Bezpieczeństwo radiacyjne odniesione do materiałów i obiektów jądrowych tzn. stan zapewniający bezpieczeństwo od zagrożenia jakie stwarzają materiały jądrowe.

Bezpieczeństwo Krytycznościowe

Bezpieczeństwo Krytycznościowe: Stan, w którym materiały rozszczepialne są zabezpieczone przed niekontrolowaną, samopodtrzymującą się łańcuchową reakcją rozszczepienia jądrowego.

Bezpieczeństwo Fizyczne (w dziedzinie zastosowań energii jądrowej)

Bezpieczeństwo Fizyczne: Stan, w którym materiały jądrowe i inne źródła promieniotwórcze oraz związane z nimi obiekty są zabezpieczone przed działaniem osób nieuprawnionych. Stan ten jest osiągany poprzez właściwą ochronę fizyczną.

Ochrona Przed Promieniowaniem (ochrona radiologiczna)

Ochrona przed promieniowaniem (ochrona radiologiczna): Środki zapewniające bezpieczeństwo radiacyjne poprzez ograniczenie szkodliwych skutków działania promieniowania jonizującego na ludzi i środowisko. Ochrona polega na ograniczaniu: skażeń promieniotwórczych, napromieniowania zewnętrznego człowieka, wniknięcia nuklidów promieniotwórczych do organizmu oraz odpowiedniej profilaktyce. Ochrona

przed promieniowaniem może obejmować także zapewnienie jakości materiałów i urządzeń, odpowiedni system prawny, szkolenie personelu, bezpieczną pracę z oraz nadzór i kontrolę nad źródłami promieniowania, zabezpieczenie przed wypadkami oraz usuwanie ich skutków i inne działania potrzebne dla zapewnienia bezpieczeństwa radiacyjnego.

Ochrona Fizyczna (źródeł promieniotwórczych)

Ochrona Fizyczna: Zabezpieczenie oraz wykrywanie i reakcja na kradzież, sabotaż, nieupoważniony dostęp i przemieszczanie oraz inne niewłaściwe działania związane z materiałami promieniotwórczymi lub obiektem, w którym takie materiały się znajdują.

POST SCRIPTUM

Przykładem jak bardzo potrzebne jest ujednolicenie i poprawne zdefiniowanie omówionych terminów są nieścisłości terminologiczne w ostatnio opublikowanej w Biuletynie Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna 2(80)2010 Informacji PAA.

W rozdziale III napisano: „Bezpieczeństwo Jądrowe (w tym ochrona fizyczna) materiałów i obiektów jądrowych ma służyć osiągnięciu celu jakim jest ochrona przed promieniowaniem”. Przecież zupełnie odwrotnie, celem jest osiągnięcie stanu bezpieczeństwa, a ochrona tylko środkiem do osiągnięcia tego celu. Ochrona fizyczna jest elementem ochrony przed promieniowaniem, a nie bezpieczeństwa!

W zakończeniu chciałbym zwrócić uwagę na dwie zbieżne z moją propozycją definicje **bezpieczeństwa jądrowego**. Chodzi mi tu nie o sformułowanie, ale o ograniczenie w tym przypadku źródeł zagrożenia do materiałów jądrowych. To definicja przyjęta w dyrektywie 2009/71/EURATOM i definicja podana przez Wikipedię. Obydwie jednak nie obejmują wyczerpująco zagadnienia.

Definicja w Dyrektywie :

- nie obejmuje zagrożenia jakie stwarza wypalone paliwo jądrowe (lub inny niebezpieczny materiał jądrowy) w czasie transportu;

Szkoda, że projekt Dyrektywy nie był opiniowany w CLOR, może udałoby się uniknąć tych błędów.

Definicja podana przez Wikipedię ogranicza bezpieczeństwo do problemu wypadków. Normalna praca także musi być bezpieczna, zła technologia lub niskie kwalifikacje personelu to jeszcze nie wypadek, a przecież obniżają poziom bezpieczeństwa.

Podziękowanie:

Autor dziękuje mgr inż. Januszowi Henschke oraz prof. dr Zbigniewowi Jaworowskiemu za cenne uwagi.

OPRACOWANIA 2008

Zakład Higieny Radiacyjnej



2008

AKREDYTACJA LABORATORIUM ANALIZ RADIOCHEMICZNYCH I SPEKTROMETRYCZNYCH

*Ewa Starościak, Walenty Kurowski, Wojciech Muszyński, Irena Radwan, Lidia Rosiak,
Barbara Rubel*

Praca p.t. „Akredytacja Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych” była realizowana w Zakładzie Higieny Radiacyjnej Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej w 2008 roku. Przedmiotem pracy były zadania ujęte w umowach Nr 4/SP/2008 i 6/SP/2008. W ramach wyszczególnionych w umowach zadań zostały zrealizowane następujące prace:

- opracowano Księgę Jakości zawierającą politykę systemu zarządzania dotyczącego jakości Laboratorium, łącznie z deklaracją polityki jakości.
- opracowano Procedury i Instrukcje Ogólne zapewniające prawidłowe funkcjonowanie systemu zarządzania w laboratorium badawczym.
- opracowano wzory formularzy, kart i zapisów służących do zapewnienia sprawnego funkcjonowania systemu zarządzania w Laboratorium.
- opracowano i zwalidowano Procedury Badawcze oznaczania stężeń aktywności izotopów promieniotwórczych w próbkach żywności, środowiska i w moczu. Procedury te zawierają opis spektrometrycznego oraz radiochemicznego wyznaczania stężeń aktywności radionuklidów oraz niezbędne wymagania dotyczące aparatury, sprzętu i odczynników.

Księga Jakości, Procedury i Instrukcje Ogólne oraz Procedury Badawcze spełniają wymagania zawarte w normach PN-EN ISO/IEC 17025:2005 oraz PN-ISO 10012-1:1998.

Dokumenty systemu zarządzania Laboratorium (tj. Księga Jakości oraz Procedury i Instrukcje Ogólne) były przedmiotem auditu wewnętrznego przeprowadzonego w IV kwartale 2008 roku. Po audicie wewnętrznym dokonano poprawek oraz uzupełniono dokumenty systemu zarządzania.

W IV kwartale 2008 roku opracowane dokumenty (Księga Jakości, Procedury i Instrukcje Ogólne oraz Procedury Badawcze) zostały przekazane do Polskiego Centrum Akredytacji (PCA) wraz z wnioskiem o udzielenie akredytacji oraz wymaganymi formularzami.

Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN-ISO/IEC 17025:2005 przeprowadzono modernizację pomieszczeń Laboratorium związanych z badaniami objętymi akredytacją. Przeprowadzono remont pomieszczeń do pomiarów spektrometrycznych i radiochemicznych, przygotowywania i przechowywania próbek.

Personel Laboratorium wziął udział w szkoleniach związanych z akredytacją organizowanych przez Polskie Centrum Akredytacji (PCA) oraz Biuro Zarządzania Jakością Środowiskiem i BHP (BZJ):

- kierownik Laboratorium brał udział w szkoleniu „Audit wewnętrzny w laboratorium” (BZJ)
- kierownik ds. jakości brał udział w szkoleniu „System zarządzania laboratorium. Zadania kierownika ds. jakości i kierownictwa technicznego” (PCA)
- kierownik ds. jakości oraz pracownik Laboratorium brali udział w szkoleniu „Metody zapewnienia jakości oraz szacowanie niepewności pomiaru” (BZJ)

Zgodnie z zaleceniami PCA dotyczącymi uczestnictwa w badaniach biegłości porównaniach międzylaboratoryjnych (DA – 05) w 2008 roku Laboratorium wzięło

udział w międzynarodowych interkalibracjach organizowanych przez IAEA, PROCORAD i Komisję Europejską (JRC IRMM). Przedmiotem tych interkalibracji było badanie stężenia aktywności m.in. izotopów uranu - 234 i uranu - 238 w wodach mineralnych oraz identyfikacja i pomiary stężeń aktywności wybranych sztucznych radionuklidów w próbkach gleby, wody i moczu. Ponadto Laboratorium uczestniczyło w interkalibracji zorganizowanej przez Instytut Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie na zlecenie Państwowej Agencji Atomistyki. Badania dotyczyły oznaczania stężenia aktywności ^{137}Cs w mleku płynnym. Laboratorium zgłosiło także swój udział do dwóch kolejnych międzynarodowych interkalibracjach organizowanych przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej (IAEA), których przedmiotem jest m.in. oznaczanie stężenia aktywności trytu, uranu-234 i uranu-238 oraz całkowitej promieniotwórczości alfa i beta w wodzie.

Zgodnie z ustaleniami z Polskim Centrum Akredytacji wizytacja wstępna Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych zostanie przeprowadzona przez ekspertów z PCA na początku maja 2009 roku.

MONITORING SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH WÓD POWIERZCHNIOWYCH I OSADÓW DENNYCH W LATACH 2006-2008

Z. Pietrzak-Flis, L. Rosiak, E. Starosciak, E. Chrzanowski, A. Fulara

Praca wykonana na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (umowa nr 54/2006/F) finansowaną ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na podstawie umowy o dotację nr 637/2006/Wn50/MN-PO-BD/D

Zgodnie z programem monitoringu, w 2008 roku prowadzono oznaczenia ^{137}Cs i ^{90}Sr w wodach oraz ^{137}Cs i plutonu ($^{239,240}\text{Pu}$, ^{238}Pu) w osadach dennych.

Próbki wody i osadów dennych pobierano dwukrotnie: w okresie wiosennym i jesiennym. Pobór próbek obejmował dorzecze Wisły (7 punktów poboru) i Odry (5 punktów poboru) oraz jeziora usytuowane w kilku rejonach Polski (6 jezior). Próbki wody z rzek pobierano z głównego nurtu, a z jezior z pomostów. Objętość pobranej wody wynosiła 20 litrów. Zbiornicze próbki osadów dennych o masie ok. 1 kg pobierano z brzegów rzek i jezior. ^{137}Cs i ^{90}Sr w wodach oraz izotopy Pu w osadach dennych oznaczano metodami radiochemicznymi, natomiast ^{137}Cs w osadach dennych metodą spektrometrii gamma.

Średnie roczne stężenie ^{137}Cs w wodach rzek mieściło się w granicach od 1,47 mBq/l w Narwi do 3,65 mBq/l w Odrze w Chałupkach, natomiast w jeziorach wynosiło od 1,39 mBq/l w Wigrach do 6,87 mBq/l w jeziorze Rogóźno. Stężenie ^{90}Sr w wodach rzek i jezior było zdecydowanie wyższe niż stężenie ^{137}Cs . Średnie stężenie ^{90}Sr wahało się od 2,70 mBq/l w wodzie z Wisły pobranej w Warszawie do 4,09 mBq/l w wodzie pobranej w Tyńcu, również z Wisły. W jeziorach zakres stężeń był szerszy i wynosił od 1,87 mBq/l w wodzie pobranej w jeziorze Niesłysz do 8,70 mBq/l w Rogóźnie.

Stosunek aktywności ^{90}Sr do ^{137}Cs w wodach dorzecza Wisły wynosił średnio 1,76 był ok. 40% wyższy niż w dorzeczu Odry (1,25) i w jeziorach (1,22). Wynika to z niższych stężeń ^{137}Cs w wodzie Wisły i jej dopływów w porównaniu z Odrą i jeziorami oraz wyrównanego poziomu ^{90}Sr . Zakresy stosunków aktywności $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ w poszczególnych próbkach wody mieszczą się w szerokich granicach, co może wynikać z różnego stopnia wymywania obu izotopów z gleby do zbiorników wodnych.

Średnie roczne stężenia ^{137}Cs w osadach dennych rzek zawierały się w granicach od 0,82 Bq/kg w Płocku do 40,7 Bq/kg w osadzie dennym pobranym w Głogowie. W osadach dennych jezior średnie roczne stężenie ^{137}Cs wynosiło od 6,10 Bq/kg w Wigrach do 32,9 Bq/kg w Rogóźnie. Poziom tego radionuklidu w jeziorach jest raczej stały. Jedynie w jeziorze Rogóźno wystąpiło wysokie stężenie ^{137}Cs w osadach pobranych wiosną (53,8 Bq/kg). Należy zauważyć, że jezioro to objęte jest systematycznym monitoringiem radiologicznym od 1994 roku i stężenie ^{137}Cs w osadach dennych ulega powolnemu spadkowi.

Stężenie $^{239,240}\text{Pu}$ w osadach dennych rzek zawierało się w granicach od 8,02 mBq/kg w Bugu do 86,7 mBq/kg w Chałupkach, a w jeziorach od 4,68 mBq/kg w Partecznach do 40,8 mBq/kg w Rogóźnie. Dorzecze Odry charakteryzowało się

najwyższym stężeniem $^{239,240}\text{Pu}$. Najniższe stężenie zanotowano w jeziorach. Udział plutonu czarnobylskiego w górnym i środkowym biegu Wisły wynosił od 21 do 48%, w Narwi ok. 35%, w Głogowie i Chałupkach od ok. 15 do ok. 60%, a w Wigrach – 56% i w Rogóźnie od 14 do 42%. Powyższe wyniki potwierdzają wcześniejsze obserwacje, że terytorium Polski w niewielkim stopniu zostało skażone plutonem po awarii czarnobylskiej.

Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych pozwala na stwierdzenie, że zarówno skażenie wód powierzchniowych ^{137}Cs i ^{90}Sr jak i osadów dennych ^{137}Cs i $^{239,240}\text{Pu}$ pozostaje na niskim poziomie.

PRZEPROWADZENIE POMIARÓW PORÓWNAWCZYCH W ZAKRESIE OZNACZANIA IZOTOPÓW ^{137}Cs I ^{90}Sr PRZEZ PLACÓWKI PODSTAWOWE PROWADZĄCE POMIARY SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH W RAMACH MONITORINGU RADIACYJNEGO KRAJU

W. Kurowski, W. Muszyński, B. Rubel

Praca finansowana przez Państwową Agencję Atomistyki
(Umowa nr 20/OR/2008 z dnia 21 marca 2008 r.)

Celem pracy było przeprowadzenie pomiarów porównawczych w zakresie oznaczeń aktywności izotopów ^{137}Cs i ^{90}Sr w próbkach materiału kontrolnego przez placówki podstawowe prowadzące pomiary skażeń promieniotwórczych w Polsce.

Materiałem kontrolnym do pomiarów porównawczych były ziemniaki. Przygotowano partię ziemniaków spełniających następujące wymagania:

- jedna odmiana (odmiana Hermes)
- pochodzące z jednego pola (pole A 2/2)
- pochodzące z woj. Opolskiego (plantacja Biernacice Górne, gmina Głubczyce)

Sprawdzono wzorcowanie spektrometrów gamma (spektrometry Canberra z detektorami HPGe i oprogramowaniem Genie 2000) oraz wzorcowanie układu pomiarowego beta (Low-level β -multicounter – Risoe Dania).

Poprawność wzorcowania była również sprawdzona w porównaniach międzynarodowych „Radiotoxicology Intercomparisons 2008” organizowanym przez PROCORAD, Francja.

Ziemniaki dokładnie umyto i następnie osuszono. Przygotowano 65 próbek ziemniaków (po 3 kg). Z przygotowanych próbek kontrolnych pobrano losowo 6 próbek i wykonano oznaczenia stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs metodą radiochemiczną. Pobrano również losowo 10 próbek i oznaczono w nich stężenie promieniotwórcze ^{90}Sr metodą radiochemiczną.

Na podstawie wykonanych oznaczeń wyznaczono wartości stężenia promieniotwórczego aktywności, które traktowane były jako wartości odniesienia.

42 próbki owinięto w agrowłókninę i zapakowano w pudełka kartonowe. Próbkę wysłano przez firmę kurierską DHL do podstawowych placówek prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju. Wysłano po 1 próbce do 30 placówek oznaczających tylko ^{137}Cs i po 2 próbki do 6 placówek oznaczających ^{137}Cs i ^{90}Sr .

Do każdej przesyłki dołączono formularze do wpisania danych dotyczących laboratorium i osób wykonujących pomiary, informacji o metodach oznaczeń oraz danych dotyczących aparatury.

Wyniki pomiarów próbek kontrolnych otrzymano z 36 placówek. Placówki wykonały 49 oznaczeń stężeń promieniotwórczych ^{137}Cs (13 placówek wykonało oznaczenia dwoma metodami: spektrometria i radiochemia).

Wszystkie wyniki pomiarów wprowadzono do rejestru i przeprowadzono ich analizę. Wyniki pomiarów porównano z wartościami odniesienia. Wykorzystując testy Dixona, Grubbsa i t-Studenta odrzucono wyniki wątpliwe, pozostałe poddano analizie statystycznej.

Liczba wyników w przedziale $\pm 25\%$ wartości referencyjnej wynosi 1 (2% nadesłanych). Oceniono, zgodnie z kryteriami stosowanymi przez MAEA,

poprawność i precyzję wyników oznaczeń nadesłanych przez placówki. Wynik jest akceptowany jeśli spełnia obydwa kryteria. 2 wyniki spełniają ten warunek. Wyznaczono parametr Z, wartość bezwzględna parametru Z jest ≤ 2 dla 12 wyników, co oznacza, że wynik w sposób istotny nie różni się od wartości referencyjnej.

Przeanalizowano wyniki pomiarów porównawczych stężenia promieniotwórcze ^{90}Sr . Żaden wynik nie mieści się w przedziale $\pm 25\%$ wartości referencyjnej.

OZNACZENIE PROMIENIOTWÓRCZOŚCI WODY DO PICIA W DUŻYCH AGLOMERACJACH MIEJSKICH I OCENA DAWEK OD JEJ SPOŻYCIA

I. Radwan, A. Fulara, A. Adamczyk, E. Chrzanowski, Z. Pietrzak-Flis

Praca wykonana na zlecenie Państwowej Agencji Atomistyki (umowa 23/OR/2008)

Badania promieniotwórczości wody wodociągowej roku prowadzono w południowo-zachodniej i północno-wschodniej Polsce w roku 2008. Objętość wody pobieranej z każdego punktu poboru wynosiła 20 litrów. ^{137}Cs i ^{90}Sr oznaczano w 15 litrach wody z tej próbki, a tryt oraz całkowitą promieniotwórczość alfa i beta oznaczano w pozostałych 5 l. wody.

Wyniki oznaczeń ^{137}Cs i ^{90}Sr w wodach pobranych w 12 miastach wskazują, że stężenia ^{137}Cs i ^{90}Sr były na bardzo niskim poziomie. Stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs mieściło się w zakresie od wartości poniżej granicy detekcji ($<0,41$ mBq/l) do $3,51 \pm 0,44$ mBq/l. Stężenia promieniotwórcze ^{90}Sr zawierały się w zakresie od $<0,36$ mBq/l do $2,78 \pm 0,61$ mBq/l.

Większość badanych wód pochodziła ze studni głębinowych. Stężenia ^{137}Cs były w wodach powierzchniowych i głębinowych podobne, natomiast stężenia ^{90}Sr w wodach głębinowych były niższe.

Stężenie promieniotwórcze całkowitej aktywności beta badanych wód była bardzo niska i zawierała się w zakresie od $0,06 \pm 0,01$ Bq/l do $0,46 \pm 0,05$ Bq/l. Stężenie promieniotwórcze całkowitej aktywności alfa przekroczyło granicę detekcji tylko w ośmiu wodach. Stężenie promieniotwórcze trytu w wodach pitnych wahało się od $0,7$ Bq/l do $2,1$ Bq/l.

Stężenia te wskazują, że badane wody spełniają wymagania Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. Nr 61, poz. 417, Załącznik nr 3). W Rozporządzeniu tym (rozdział „Wymagania radiologiczne”) podano, że dopuszczalne stężenie trytu w wodzie do picia nie może przekraczać 100 Bq/l, a całkowita dopuszczalna dawka wynosi 0,1 mSv/rok.

Całkowita Dawka Wskaźnikowa (CDW) 0,1 mSv/rok nie jest przekroczona, jeżeli stężenie promieniotwórcze całkowitej aktywności α nie jest większa niż 0,1 Bq/l, a stężenie promieniotwórcze całkowitej aktywności β nie jest większe niż 1 Bq/l. Przeprowadzone analizy wskazują, że badane wody wodociągowe spełniają wymagania określone w powyższym Rozporządzeniu zarówno pod względem stężenia trytu jak i całkowitej dawki wskaźnikowej.

Obciążające dawki efektywne od rocznych wchłonieć ^{137}Cs z wodą do picia dla badanych 12 aglomeracji mieszczą się w zakresach od $0,005$ $\mu\text{Sv/rok}$ dla grupy wiekowej 1 – 10 lat do $0,013$ $\mu\text{Sv/rok}$ dla osób dorosłych. Od rocznych wchłonieć ^{90}Sr dawki te zawierają się w granicach od $0,023$ $\mu\text{Sv/rok}$ w grupie 1 – 10 lat oraz dla osób dorosłych, do $0,064$ $\mu\text{Sv/rok}$ dla dzieci poniżej 1 roku. Obciążające dawki efektywne od wchłonieć ^{90}Sr są do kilkunastu razy wyższe od dawek pochodzących od ^{137}Cs . Wyniki uzyskane w tej pracy wskazują, że dawki te są pomijalnie małe.

OCENA DAWEK DLA ORGANIZMÓW STANDARDOWYCH CHARAKTERYSTYCZNYCH DLA ŚRODOWISKA LĄDOWEGO I WODNEGO W POLSCE

Lidia Rosiak, Paweł Krajewski

Omawiany temat jest kontynuacją prac prowadzonych w latach 2003-2007. W 2008 r. prowadzono pomiary stężeń ^{226}Ra , ^{137}Cs , ^{40}K w 35 próbkach ryb słodkowodnych (szczupaki i jesiotry oraz płocie, karpie, karasie) pobranych z : jez. Dgał Wielki (woj. warmińsko - mazurskie) oraz rzeki Skawy w okolicach Zatoru (woj. małopolskie). W 8 próbkach krąpi z Zalewu Zegrzyńskiego wykonano oznaczenia ^{226}Ra . Pozostałe radionuklidy były oznaczane w poprzednim roku. Szczupaki i jesiotry z jeziora Dgał to roczne ryby hodowane w wodzie z jeziora i przygotowane do zarybiania rzek i jezior. Ryby należą do organizmów referencyjnych (zarówno systemu UE i zalecanych przez ICRP).

Wyniki pomiarów przedstawia tabela 1.

Miejsce	Liczba prób	Masa świeża [g] Średnia Zakres <i>min - max</i>	^{226}Ra [Bq/ kg św.m] Średnia Zakres <i>min - max</i>	^{137}Cs [Bq/ kg- św.m] Średnia Zakres <i>min - max</i>	^{40}K Bq/kg św.m] Średnia Zakres <i>min - max</i>
Zalew Zegrzyński	8	194 76,6 - 272	0,10 0,03 - 0,28	0,54 0,31 - 0,77	87,8 42,0 - 125
Skawa Zator	21	238 113 - 586	0,12 0,05 - 0,19	0,47 0,13 - 1,08	75,7 12,0 - 133
A. Jez. Dgał szczupaki	8	271 144 - 377	0,10 0,02 - 0,27	0,27 0,13 - 0,37	97,0 55,0 - 159
B. Jez. Dgał jesiotry	13	279 234 - 331	0,05 0,03 - 0,06	0,23 0,07 - 0,70	36,1 10,0 - 56
TOTAL	43	245 76,6 - 586	0,09 0,02 - 0,28	0,38 0,07 - 1,08	79,0 12,0 - 159

Stężenia promieniotwórcze ^{226}Ra wahały się od 0,02 do 0,28 Bq/ kg św.m. Najwyższe średnie stężenie ^{226}Ra obserwowano w próbkach ryb pochodzących z rzeki Skawy, gdzie stężenie promieniotwórcze tego radionuklidu w wodzie było najniższe(1,45 mBq/l) ze wszystkich miejsc poboru próbek, a w osadzie najwyższe(23,4 Bq/kg). Szczupaki z jez. Dgał przyswajały średnio dwa razy więcej ^{226}Ra niż żyjące w tych samych warunkach jesiotry. W krąpiach z Zalewu Zegrzyńskiego stężenie ^{226}Ra w ciałach ryb było wprost proporcjonalne do ich masy .Obserwowano

znaczne wahania w stężeniach promieniotwórczych ^{40}K od 10-159 Bq/kg św.m. Stężenia tego radionuklidu w ciałach ryb z jeziora Dgał były średnio trzykrotnie wyższe w szczupakach niż w jesiotrach. Stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w wodach i osadach jeziora Dgał (odpowiednio 0,5 mBq/L i 9,7 Bq/kg) były najwyższe ze wszystkich miejsc poboru próbek, średnie stężenia tego izotopu w ciałach ryb tam żyjących były najniższe i porównywalne w szczupakach i jesiotrach (odpowiednio 0,27 i 0,23 Bq/ kg św.m). Najwyższe średnie stężenia promieniotwórcze tego izotopu stwierdzono w próbkach ryb pochodzących z Zalewu Zegrzyńskiego (0,54 Bq/ kg św.m), gdzie stężenia ^{137}Cs w wodzie i osadzie były najniższe ze wszystkich miejsc poboru próbek (odpowiednio 0,2 mBq/L i 1,8 Bq/kg).

Ocenę dawek pochłoniętych dla ryb wykonano stosując własny, napisany w CLOR program BIOTA do liczenia dawek. Ocenę rocznych dawek pochłoniętych dla ryb przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Miejsce	^{40}K [mGy rok-1] Średnia Zakres		^{226}Ra [mGy rok-1] Średnia Zakres		^{137}Cs [mGy rok-1] Średnia Zakres		Suma [mGy rok-1]
	Min	max	Min	max	Min	max	
ZALEW ZEGRZYŃSKI	0,92 0,83	1,03	0,41 0,22	0,94	0,006 0,0039	0,0066	1,34
SKAWA ZATOR	0,67 0,50	0,81	0,52 0,31	0,74	0,008 0,006	0,010	1,20
JEZ. DGAŁ SZCZUPAKI	1,89 0,76	1,03	0,35 0,13	0,86	0,021 0,0203	0,0213	2,24
JEZ. DGAŁ JESIOTRY	0,87 1,85	1,94	0,22 0,16	0,25	0,021 0,0201	0,0211	1,13
ŚREDNIA	1,09		0,37		0,014		1,47

Dla ryb roczne dawki pochłonięte są niewielkie. Największy wkład do dawki całkowitej wnoszą naturalne izotopy: ^{226}Ra i ^{40}K . Dawka od ^{137}Cs jest w zasadzie do pominięcia.

Temat będzie kontynuowany w 2009 roku.

OKREŚLENIE POZIOMÓW ODNIESIENIA URANU I PLUTONU W MOCZU LUDZI DO OCENY SKAŻEŃ WEWNĘTRZNYCH OSÓB MAJĄCYCH KONTAKT Z MATERIAŁAMI ROZSZCZEPIALNYMI

Lidia Rosiak, Ewa Starościak

Uran i pluton są izotopami o specjalnym znaczeniu W związku z przypadkami nielegalnego obrotu materiałami rozszczepialnymi oraz coraz częstszym zastosowaniem zubożonego uranu w celach cywilnych jak i wojskowych istnieje niebezpieczeństwo wchłonięć tych pierwiastków promieniotwórczych drogą inhalacyjną i pokarmową w razie wypadku radiacyjnego. Narażenie to dotyczy zarówno służb, pracowników jak i ludności zamieszkującej okolice zdarzenia. Ocenę narażenia można przeprowadzić znając skażenie wewnętrzne. Skażenia wewnętrzne można określić na podstawie wyników oznaczeń radioizotopów w dobowych próbkach moczu i parametrów metabolizmu tych pierwiastków w organizmie człowieka. Miarą narażenia będzie dawka efektywna obliczona z wykorzystaniem odpowiednich współczynników przeliczeniowych zalecanych w Publikacjach ICRP. Celem tej pracy jest adaptacja metody oznaczania obok siebie uranu i plutonu w próbkach środowiskowych do oznaczenia tych radionuklidów w dobowych próbkach moczu ludzi nienarażonych zawodowo.

Dobowe próbki moczu pobrano od 9 zdrowych mieszkańców Warszawy (w tym 5 kobiet i 4 mężczyzn) w wieku od 22 do 59 lat. Osoby te nigdy nie pracowały ze związkami uranu lub/i plutonu.

W 1-litrowych próbkach moczu oznaczano ^{238}Pu , ^{239}Pu i ^{240}Pu wobec znacznika – ^{242}Pu oraz ^{235}U , ^{234}U i ^{238}U w obecności znacznika ^{232}U . Radiochemiczna metoda oznaczania plutonu i uranu polega, w wielkim uproszczeniu, na oddzieleniu tych izotopów od siebie na kolumnie chromatograficznej (pluton pozostaje na kolumnie uran jest wymywany kwasem azotowym). Pluton ,na kolumnie chromatograficznej, oddziela się od izotopów toru przez przemycie stężonym kwasem solnym, a następnie wymywa się roztworem jodku amonu w kwasie solnym. Uran, z wycieku z kolumny, ekstrahuje się roztworem trójbutylofosforanu w nafcie, a następnie prowadzi ekstrakcję z fazy organicznej do wodnej najpierw kwasem azotowym potem wodą destylowaną. Dalsza część analizy jest identyczna dla obu pierwiastków. Prowadzi się ich elektrodępozycję na krążkach stalowych i mierzy promieniowanie alfa.

Tą metodą nie udało się oznaczyć stężeń promieniotwórczych izotopów plutonu w 1 L próbkach moczu. Stężenia plutonu we wszystkich 9 próbkach były poniżej granicy oznaczalności, która wynosiła 0,2 mBq/l.

Nie udało się też oznaczyć stężeń ^{235}U w 1-litrowych próbkach. We wszystkich 9 przypadkach stężenia promieniotwórcze ^{235}U były poniżej granicy wykrywalności, która wynosiła 0,5 mBq/l.

Stężenia ^{234}U w próbkach wahały się w granicach od $8,87 \pm 0,95$ do $15,4 \pm 2,6$ mBq/l (średnia: $12,0 \pm 2,6$ mBq/l) , a stężenia ^{238}U w zakresie od $5,28 \pm 0,93$ do $10,3 \pm 1,7$ (średnia: $7,00 \pm 1,57$ mBq/l). Średnia objętość dobowej próbki moczu wynosiła 1,65 l, tak więc średnie dobowe wydalenie z moczem ^{234}U można określić na $20,0 \pm 7,2$ mBq/dobę, a ^{238}U $12,0 \pm 3,2$ mBq/dobę. Dobowe wydalenie

w moczu obu badanych izotopów uranu było niższe u kobiet niż u mężczyzn. W przypadku mężczyzn zaobserwowano niewielką korelację wydalanego dobowo uranu z wiekiem badanej osoby.

Przyjęto następujące założenia do obliczania rocznej dawki efektywnej od chronicznych wchłonięć drogą pokarmową z danych o ilości uranu wydalanego w ciągu doby z moczem:

1. Uran wprowadzany do krwi z układu pokarmowego jest w równowadze uranem obecnym w ustroju człowieka
2. Cała ilość uranu będącego w ustroju jest wydalana z moczem $f_U = 1$
3. Dobowe wydalanie uranu z moczem jest proporcjonalne do jego zawartości w ustroju
4. $f_1 = 2\%$ dla wszystkich składników diety
5. DCF od wchłonięć drogą pokarmową:
dla $^{234}\text{U} = 4,9 \times 10^{-8} \text{ Sv/Bq}$
dla $^{238}\text{U} = 4,5 \times 10^{-8} \text{ Sv/Bq}$

Obliczone średnie dzienne i roczne wchłonięcia ^{234}U i ^{238}U wynosiły odpowiednio 20 mBq/d i 7,3 Bq/rok oraz 12 mBq/d i 4,45 Bq/rok. W porównaniu z wchłonięciami jakie wyliczył zespół prof. Z. Pietrzak-Flis z pobierania uranu z pokarmem i wodą pitną (dla Polski Centralnej – 8,08 Bq/rok) wyliczone w tej pracy roczne wchłonięcie jest o połowę niższe.

Średnia dawka efektywna wyniosła dla ^{234}U - 0,36 mSv/rok, a dla ^{238}U – 0,20 mSv/rok, co daje sumaryczną dawkę od uranu równą 0,56 mSv/rok. Dawka ta stanowi ok. 0,2% rocznej dawki od środowiska.

OCENA DAWEK OD WCHŁONIĘĆ ^{137}Cs Z MLEKIEM W RÓŻNYCH GRUPACH WIEKOWYCH

B. Rubel, W. Muszyński, W. Kurowski
Praca finansowana przez KBN

Oznaczono stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs w mleku dostępnym na terenie Warszawy oraz oszacowano dawki otrzymywane przez dorosłych pijących mleko w zależności od pochodzenia spożywanego mleka. W roku 2008 analizowano mleko z terenu województw: lubelskiego, warmińsko-mazurskiego, podlaskiego i mazowieckiego. Badane mleko pochodziło z dużych koncernów mleczarskich: Mlekovita, Mlekoop, Sudowia, Spomlek i mniejszych mleczarni z terenu województwa mazowieckiego. Próby do badań pobierano od czerwca do sierpnia. Oznaczano stężenie ^{137}Cs w średniej próbce mleka z dwóch miesięcy. Stosowano metodę spektrometrii gamma z wykorzystaniem detektora HPGe. Pomiary prowadzono w geometrii: Marinelli 450 ml oraz pojemnika o średnicy 60 mm i wysokości 100 mm.

Mleko jest jednym z głównych wskaźników skażenia diety, ze względu na szybkie pojawianie się w nim izotopów promieniotwórczych od momentu skażenia środowiska (w tym paszy) a w następstwie krowy. Znaczący jest również ilościowy udział mleka w średniej dziennej racji pokarmowej.

Tabela 1 Stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w mleku, 2008 [Bq/l]

	Liczba prób	Zakres średnich stężeń ^{137}Cs [Bq/l]	Maksymalne miesięczne stężenie ^{137}Cs [Bq/l]
podlaskie	21	0,17 – 0,68	1,16
lubelskie	4	0,39 – 0,49	0,66
warmińsko-mazurskie	5	0,08 – 0,34	0,34
mazowieckie	16	0,03 – 1,14	1,94

Na podstawie wyników badań i danych z rocznika statystycznego dotyczących spożycia oceniono roczne wchłonięcia ^{137}Cs z mlekiem. Dla dorosłych mieszkańców Warszawy oszacowano roczną efektywną dawkę od ^{137}Cs , korzystając ze współczynnika przeliczeniowego Sv/bekerel.

Roczne efektywne dawki od ^{137}Cs znajdującego się w mleku wynosiły dla osób dorosłych pijących mleko z województwa podlaskiego: 0,39 μSv – 1,57 μSv , lubelskiego: 0,90 μSv – 1,13 μSv , warmińsko – mazurskiego 0,19 μSv – 0,79 μSv , mazowieckiego 0,07 μSv – 2,64 μSv .

Otrzymywane dawki efektywne od mleka są zróżnicowane w zależności od terenu, z którego mleko pochodzi. Rozkład stężeń jest zgodny z rozkładem skażeń po awarii w Czarnobylu. Dawki te jednak nie są znaczące.

OCENA DAWEK POCHŁONIĘTYCH PRZEZ DZIECI I MŁODZIEŻ W RÓŻNYM WIEKU OD WCHŁONIĘĆ ^{137}Cs I ^{90}Sr Z ŻYWNOŚCIĄ

B. Rubel, W. Muszyński, W. Kurowski,

Praca finansowana przez KBN

Oznaczenie zawartości ^{137}Cs i ^{90}Sr w próbkach całodziennego pożywienia dzieci w różnych grupach wiekowych oraz oszacowanie dawki, jaką otrzymują dzieci w wyniku spożywania żywności zawierającej te izotopy stanowiły cel pracy.

Materiałem do badań były całodziennie posiłki (śniadanie, obiad, podwieczorek i kolacja) pobierane w Domu Małego Dziecka na terenie Warszawy w 2008 roku. Pobrano posiłki przygotowane dla dzieci w wieku 1-2 lata oraz w wieku 5-6 lat. Dodatkowo pobrano posiłki bez mleka dla dzieci w wieku 1-2 lata. W tym przypadku mleko zostało zastąpione Nutramigenem – preparatem stosowanym w alergiach na białko mleka. Dzieciom nie podawano również żadnych produktów mlecznych, nie używano śmietany do przyprawiania zup lub surówek, masło zastąpiono masłem roślinnym. Próbkę z każdego dnia i dla każdej grupy wiekowej i rodzaju diety analizowane były osobno. Oznaczano stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs metodą spektrometryczną lub radiochemiczną. Stężenie promieniotwórcze strontu-90 oznaczano poprzez pomiar aktywności itru-90.

Oznaczona zawartość ^{137}Cs i ^{90}Sr w całodziennych posiłkach dla dzieci zestawiono w tabeli:

	Zawartość ^{137}Cs [Bq/dzień]		Zawartość ^{90}Sr [Bq/dzień]	
	średnia	zakres	średnia	zakres
Dzieci 1-2 lata dieta normalna	$0,58 \pm 0,04$	$0,44 \pm 0,05 - 0,85 \pm 0,05$	$0,06 \pm 0,01$	$0,05 \pm 0,01 - 0,09 \pm 0,01$
Dzieci 1-2 lata dieta bez mleka	$0,13 \pm 0,01$	$0,10 \pm 0,05 - 0,16 \pm 0,05$	$0,03 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,01 - 0,04 \pm 0,01$
Dzieci 5-6 lat	$0,71 \pm 0,04$	$0,34 \pm 0,04 - 1,30 \pm 0,02$	$0,09 \pm 0,01$	$0,07 \pm 0,01 - 0,10 \pm 0,01$

Produktami, które mają wpływ na poziom stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs w posiłkach są mleko i mięso, głównie wołowe. Mleko i produkty mleczne stanowią dla dzieci jeden z głównych składników całodziennego pożywienia.

Na podstawie analizy posiłków z poszczególnych dni oceniono średnie roczne wchłonięcia ^{137}Cs i ^{90}Sr z żywnością oraz oszacowano dawki efektywne otrzymywane przez dzieci.

Dane zestawiono w tabeli:

	Wchłonięcia ^{137}Cs [Bq/rok]	Dawka efektywna od ^{137}Cs [μSv]	Wchłonięcia ^{90}Sr [Bq/rok]	Dawka efektywna od ^{90}Sr [μSv]
Dzieci 1-2 lata dieta normalna	212	2,5	21,9	1,6
Dzieci 1-2 lata dieta z Nutramigenem	47,5	0,6	10,9	0,8
Dzieci 5 - 6 lat	259	2,5	32,9	1,6

Najniższe dawki efektywne pochodzące od ^{137}Cs i ^{90}Sr zanotowano w grupie dzieci otrzymującej dietę bez mleka (z nutramigenem). Dawki od ^{137}Cs w grupie dzieci 1-2 i 5-6 lat były na takim samym poziomie. W przypadku ^{90}Sr otrzymywana dawka w analizowanych grupach wiekowych jest na tym samym poziomie. Jest to związane z masą spożywanych posiłków w tym głównie mleka.

Przeprowadzone badania wskazują, że dawki efektywne od ^{137}Cs i ^{90}Sr w grupach dzieci 1-2 i 5-6 lat znajdują się na niskim poziomie.

MONITORING SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH MORZA BAŁTYCKIEGO W 2008 ROKU

Maria Suplińska, Adam Adamczyk

Praca wykonana zgodnie z umową z PAA nr 9 /SP/2008.

Badania środowiska Morza Bałtyckiego koordynowane przez Komisję Helsińską prowadzone są przez wszystkie kraje nadbałtyckie. Zakres prac CLOR obejmuje oznaczanie substancji promieniotwórczych w dwu komponentach środowiska morskiego: w osadach dennych i rybach. We wszystkich badanych próbkach wykonywane są oznaczenia ^{137}Cs i ^{226}Ra , a w wybranych próbkach osadów dennych ^{238}Pu , $^{239,240}\text{Pu}$ i ^{90}Sr . Jako uzupełnienie, wykonywanego przez IMGW monitoringu wody morskiej, CLOR prowadzi oznaczenia ^{226}Ra w wybranych próbkach wody. Dane o skażeniach polskiej strefy ekonomicznej Bałtyku przekazywane są każdego roku do Banku Danych Komisji Helsińskiej.

Osady denne

Próbki osadów dennych pochodziły z Basenu Gdańskiego oraz Basenu Bornholmskiego. Depozycja ^{137}Cs była różna w badanych sub-rejonach i w 2008 roku wynosiła od $4,74 \pm 0,33 \text{ kBq m}^{-2}$ w Zatoce Gdańskiej do $1,54 \pm 0,24 \text{ kBq m}^{-2}$ w Basenie Bornholmskim. Najwyższe stężenia ^{137}Cs występowały w górnych warstwach osadów. Stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs w Zatoce Gdańskiej w warstwach osadów od 0 do 5 cm mieścił się w zakresie od 198 Bq kg^{-1} do 294 Bq kg^{-1} , podczas gdy w Basenie Bornholmskim stężenia ^{137}Cs mieściły się w zakresie $62,6\text{--}83,2 \text{ Bq kg}^{-1}$.

W 2008 roku przeprowadzono oznaczenia plutonu w Zatoce Gdańskiej (^{116}P) oraz w Basenie Bornholmskim (P-5), gdzie depozycja $^{239,240}\text{Pu}$ wynosiła odpowiednio: $123 \pm 4,2 \text{ Bq m}^{-2}$ i $54,2 \pm 2,8 \text{ Bq m}^{-2}$. W Zatoce Gdańskiej stężenia promieniotwórcze $^{239,240}\text{Pu}$ w głębszych warstwach dochodziły do $6,02 \text{ Bq kg}^{-1}$ (warstwa 11-13cm) podczas gdy w Basenie Bornholmskim stężenia $^{239,240}\text{Pu}$ były wyrównane i jego średnia wartość wynosiła $1,09 \pm 0,31 \text{ Bq kg}^{-1}$. Stężenia ^{238}Pu w poszczególnych warstwach mieściły się w zakresie od 14 mBq kg^{-1} do 202 mBq kg^{-1} . Stosunki aktywności ^{238}Pu do $^{239,240}\text{Pu}$ w poszczególnych warstwach osadów mieściły się w granicach 0,02-0,05 czyli były typowe dla opadu po próbnym wybuchach jądrowych.

Stężenia promieniotwórcze ^{90}Sr w osadach dennych Bałtyku Południowego określone w rdzeniach osadów (0-19cm) zawierały się od $2,13 \pm 0,14 \text{ Bq kg}^{-1}$ do $4,67 \pm 0,20 \text{ Bq kg}^{-1}$, różnice te nie były związane z lokalizacją poboru próbek. Depozycja ^{90}Sr w rejonie Bałtyku Południowego była dość wyrównana wynosiła od $0,15 \text{ kBq m}^{-2}$ do $0,23 \text{ kBq m}^{-2}$.

Stężenia promieniotwórcze ^{226}Ra w osadach dennych różniły się w zależności od miejsca poboru próbek, były jednak wyrównane w głąb badanych profili. W osadach Zatoki Gdańskiej (P-110) średnie stężenie ^{226}Ra wyniosło $26,0 \pm 0,61 \text{ Bq kg}^{-1}$, a w Głębi Bornholmskiej $46,8 \pm 1,54 \text{ Bq kg}^{-1}$.

Ryby

Średnie stężenie ^{137}Cs w mięsie ryb wyniosło $5,57 \pm 1,01 \text{ Bqkg}^{-1}_{\text{ś.m.}}$. Z czterech analizowanych gatunków ryb najwyższe stężenie stwierdzono w dorszu - $7,09 \pm 0,84 \text{ Bqkg}^{-1}_{\text{ś.m.}}$; było ono wyższe o ok. 30% od średniego stężenia wyliczonego dla pozostałych gatunków - $5,07 \pm 0,05 \text{ Bqkg}^{-1}_{\text{ś.m.}}$. Stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w rybach bałtyckich od 1990 roku ulega powolnemu spadkowi. Zmiany aktywności ^{137}Cs w rybach w okresie 1990-2008 mają charakter wykładniczy. Wyliczony efektywny okres połowicznego spadku aktywności ^{137}Cs w rybach (T_{eff}) wynosi około 14,3 lat. Średnie stężenie ^{226}Ra w rybach były w zakresie od 29 mBqkg^{-1} (śledź) do 58 mBqkg^{-1} (dorsz).

Woda

Rozmieszczenie ^{226}Ra w wodzie na obszarze Bałtyku Południowego jest jednorodne. Średnie stężenie ^{226}Ra w wodzie Bałtyku Południowego w roku 2008 wynosiło $3,33 \pm 0,22 \text{ Bqm}^{-3}$.

Średnie stężenie ^{137}Cs w powierzchniowej warstwie wody bałtyckiej wynosiło $41,3 \pm 5,3 \text{ Bqm}^{-3}$, a średnie stężenie ^{40}K - $2714 \pm 106 \text{ Bqm}^{-3}$.

BADANIE PIONOWYCH ROZKŁADÓW STĘŻEŃ IZOTOPÓW
PROMIENIOTWÓRCZYCH
W OSADACH DENNYCH BAŁTYKU POŁUDNIOWEGO I OCENA ŹRÓDEŁ SKAŻENIA

OKREŚLENIE SZYBKOŚCI SEDYMENTACJI W BAŁTYKU POŁUDNIOWYM

Maria Suplińska, Zofia Pietrzak Flis

Celem pracy było określenie szybkości sedymentacji w Bałtyku Południowym na podstawie rozmieszczenia ^{210}Pb w głębi profili osadów dennych. Szybkość sedymentacji określono za pomocą (1) szybkości kumulacji osadu (SAR) [$\text{g m}^{-2} \text{rok}^{-1}$] i (2) szybkości przyrostu osadu (AAL) [mm rok^{-1}]. Szybkość sedymentacji oraz datowanie osadów dennych prowadzono w Zatoce Gdańskiej (dwa punkty) oraz w rejonie morza otwartego (cztery punkty). Ocenę szybkości sedymentacji prowadzono w oparciu o rozmieszczenie stężeń promieniotwórczych ^{210}Pb niepodpartego, ^{137}Cs oraz $^{239,240}\text{Pu}$ w próbkach rdzeniowych pobranych w latach 2002-2007.

Zastosowano dwa modele datowania osadów dennych opartych na zmianie stężeń promieniotwórczych ^{210}Pb : 1. CRS model (zakłada stałą szybkość dopływu ^{210}Pb) 2. CF:CS model (zakłada stały strumień ^{210}Pb i stałą szybkość sedymentacji). Walidację powyższych modeli przeprowadzono za pomocą pików aktywności ^{137}Cs oraz $^{239,240}\text{Pu}$, pełniących rolę znaczników czasu. Głównym źródłem ^{137}Cs była awaria czarnobylska (1986rok), podczas gdy $^{239,240}\text{Pu}$ pochodził głównie z opadu globalnego po próbnym wybuchach jądrowych (1963rok).

Stężenia promieniotwórcze ^{210}Pb różniły się w zależności od miejsca poboru próbek. Najwyższe stężenia obserwowano w Zatoce Gdańskiej, a najniższe w Basenie Bornholmskim. Szybkość sedymentacji (zarówno SAR i AAL), wyliczana z rozkładów pionowych ^{210}Pb niepodpartego była zależna od regionu. W Zatoce Gdańskiej szybkość sedymentacji była wyższa niż w rejonie morza otwartego, co można tłumaczyć transportem cząsteczek organicznych i nieorganicznych z wodami Wisły. Szybkości kumulacji osadu [$\text{g m}^{-2} \text{rok}^{-1}$] były stałe w głębi rdzeni osadów, a szybkości przyrostu osadu [mm rok^{-1}] malały ze wzrostem głębokości we wszystkich lokalizacjach. W Zatoce Gdańskiej, w górnych warstwach szybkości przyrostu osadu wynosiła ok. $3,6 \text{ mm rok}^{-1}$ i malała do wartości $1,1 \text{ mm rok}^{-1}$ w warstwach głębokich. W rejonie morza otwartego szybkości przyrostu osadu były niższe, a najniższe obserwowano w Głębi Bornholmskiej - $0,95 \text{ mm rok}^{-1}$ w górnych warstwach i $0,35 \text{ mm rok}^{-1}$ w warstwach głębokich.

AAL i SAR oszacowane za pomocą modelu CF:CS były średnio 20% wyższe niż oszacowane modelem CRS, a więc oba modele są porównywalne. Również walidacja za pomocą znaczników czasu potwierdziła otrzymane wartości SAR i AAL. Proces formowania się osadów dennych w rejonie morza otwartego jest wolniejszy niż w rejonach zatoki. W Zatoce Gdańskiej tworzenie się warstwy 5 cm trwa od 27 do 37 lat, a w rejonie morza otwartego od 61 do 105 lat.

Zakład Dozymetrii



2008

AKREDYTACJA LABORATORIUM BADAWCZEGO – PRACOWNI
PROMIENIOTWÓRCZOŚCI NATURALNEJ ZAKŁADU DOZYMETRII CLOR
W ZAKRESIE BADAŃ NATURALNEJ PROMIENIOTWÓRCZOŚCI SUROWCÓW
I MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH

Alfred ŻAK

Prace badawcze, które wykonuje laboratorium oparte są na dwóch dokumentach. Podstawowym aktem prawnym określającym wymagania stawiane surowcom i materiałom budowlanym stosowanym w różnych rodzajach budownictwa jest Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 2 stycznia 2007 roku „w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych potasu ^{40}K , radu ^{226}Ra i toru ^{228}Th w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie oraz kontroli zawartości tych izotopów” (Dz. U. nr 4/2007 poz. 29).

Drugim dokumentem jest metodyka badań surowców i materiałów budowlanych opisana w Instrukcji 234/2003 Instytutu Techniki Budowlanej pt. „Badania promieniotwórczości naturalnej surowców i materiałów budowlanych”. Przedmiotem tej instrukcji są procedury, związane z ochroną przed promieniowaniem jonizującym, którego źródłem mogą być naturalne pierwiastki promieniotwórcze występujące w surowcach i w odpadach przemysłowych pochodzenia mineralnego, stosowanych do produkcji materiałów i wyrobów budowlanych. Ponadto, instrukcja przedstawia: asortyment kontrolowanych surowców naturalnych i odpadów przemysłowych pochodzenia mineralnego, wykorzystywanych w budownictwie oraz oferowanych materiałów i wyrobów budowlanych, podlegającym badaniom kontrolnym, podstawowe wymagania, metody badania stężeń zawartych w nich naturalnych pierwiastków promieniotwórczych, oraz zasady interpretacji wyników badań i oceny ich zgodności z ustalonymi wymaganiami.

Laboratorium, w ramach pracy kompletowało dokumentację obowiązujących w Polsce norm przydatnych do wykonywania swoich prac badawczych. W 2008 r. zostały zakupione dwie normy dotyczące poboru i przygotowania próbek cementów i kruszyw:

1. PN-EN 196-7-1997 r. – dotycząca cementów,
2. PN-EN 932-1-1999 r. – dotycząca kruszyw.

Podstawowym zadaniem Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej w 2008 roku było dostosowanie dokumentacji systemu zarządzania do obowiązujących norm. Laboratorium przeprowadziło prace studyjne nad procesem akredytacyjnym laboratorium badawczego. Przedmiotem prac była księga jakości i procedury badawcze.

W celu udoskonalenia i uaktualnienia systemu zarządzania laboratorium, swoje przygotowania rozpoczęło od zapoznania się z obowiązującymi dokumentami normatywnymi w zakresie akredytacji takimi jak:

- Normy polskie i międzynarodowe;
- Przepisy prawne polskie i Unii Europejskiej;
- Kodeksy postępowania.

Wzorcem odniesienia szczegółowych prac studyjnych była norma PN-EN-ISO/IEC 17025:2005 „Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących”. Na podstawie dotychczas prowadzonej dokumentacji systemu zarządzania laboratorium, opracowało nową dokumentację uwzględniającą wymagania tej normy. Dokładnej analizie i poprawkom zostały poddane następujące dokumenty:

- Księga jakości;
- Instrukcja ogólna- dokumentowanie procedur i instrukcji ogólnych;
- Procedura ogólna – opracowanie i wdrożenie systemu zarządzania;
- Księga procedur i instrukcji technicznej;
- Księga kalibracji;
- Księga badań porównawczych.

Oprócz dokumentacji systemowej kontynuowano prace przy sporządzaniu i kompletowaniu dokumentów wymaganych do akredytacji, tj.:

- karty autoryzacji pracowników,
- upoważnienia do działań związanych z kalibracją oraz wykonywaniem objętościowych wzorców kalibracyjnych,
- dokumenty personalne,

Opracowano również wzory arkuszy kalibracyjnych przydatnych do opracowywania wyników badań wzorców.

W ramach pracy przygotowawczej do akredytacji dokonano przeglądu wszystkich pomieszczeń laboratorium i przystąpiono do ich modernizacji zgodnie z wymaganiami systemu zarządzania.

Do pomieszczenia przygotowania próbek do pomiaru zakupiono nową suszarkę oraz komplet tac do suszenia próbek. Suszarkę zainstalowano i uruchomiono w pomieszczeniu technicznym.

Ponadto, dla każdej wagi będącej na wyposażeniu laboratorium uzyskano wymaganą legalizację.

Zrealizowano plan szkoleń podnoszących kwalifikacje personelu w zakresie szczegółów metod badawczych istotnych dla uzyskania prawidłowych rezultatów pomiaru. Szkolenia wewnętrzne przeprowadzono w pełnym zakresie prowadzonych badań, tj.:

- zasady działania aparatury,
- konstrukcji i regulacji urządzeń spektrometrycznych,
- wykonania pełnej kalibracji aparatury pomiarowej,
- przygotowanie próbki i przeprowadzenie pomiaru,
- zasadność prowadzenia cotygodniowych pomiarów kontrolnych wzorców i próbek kontrolnych,
- ocena prawidłowości przeprowadzonego pomiaru,
- obliczanie wskaźnika aktywności f_1 ,

- sporządzenie raportu z badań.

W 2008 r. przeprowadzono dwa audyty wewnętrzne. Na podstawie wykrytych niezgodności udoskonalono system zarządzania przez wprowadzenie stosownych zmian w postępowaniu z próbkami badań. Działania korygujące i zapobiegawcze zostały odzwierciedlone w odpowiedniej dokumentacji.

Po dopracowaniu wszystkich szczegółów pracy nad dokumentacją systemu zarządzania w IV kwartale 2008 roku zostały złożone wszystkie, potrzebne przy ubieganiu się o audit akredytacyjny dokumenty do PCA; zgodnie z wymaganiami PCA. W związku z tym, Laboratorium rozpoczęło proces akredytacji i oczekiwało na wyznaczenie terminu auditu akredytacyjnego przez PCA.

Cele założone przez Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej na 2008 r. dotyczące prac związanych z systemem zarządzania zostały w pełni zrealizowane.

MONITORING STĘŻENIA ^{137}Cs W GLEBIE W ROKU 2007

M. Biernacka, K. Isajenko, P. Lipiński, M. Kuczbajska
Zakład Dozymetrii

Praca dofinansowana przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Badania skażeń promieniotwórczych gleby prowadzone są w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w Polsce. Próbkę gleby do pomiarów są pobierane w sieci stacji meteorologicznych należących do Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej.

Wyniki pomiarów próbek gleby pochodzących z terenu całego kraju są zapisywane w bazie danych i są wykorzystywane do tworzenia radiologicznych map Polski. Mapy są tworzone z wykorzystaniem systemu MapInfo 6.0 PL. System ten pozwala na wizualizację wyników pomiarów z poszczególnych punktów poboru próbek w postaci kartodiagramów kołowych o powierzchniach proporcjonalnych do wielkości stężenia, w których wartości stężeń pomierzonych w punktach ekstrapoluje się na obszar całego kraju.

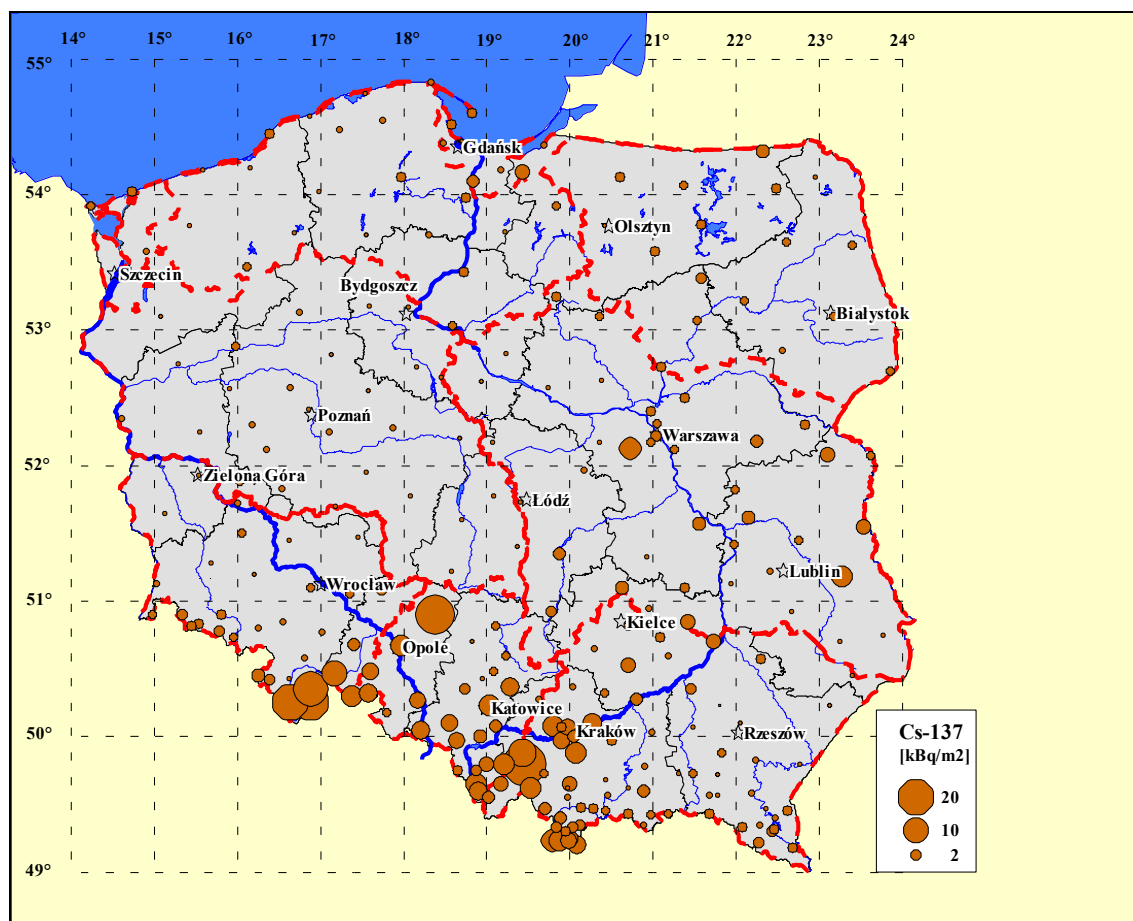
W 254 punktach, w których zostały pobrane próbki gleby zostały określone stężenia cezu ^{137}Cs oraz radionuklidów naturalnych za pomocą analizy metodą spektrometrii promieniowania gamma.

W każdym punkcie poboru, pobrano próbki (w październiku 2006 roku) za pomocą specjalnych wykrojników o średnicy 7 cm. Próbkę pobiera się z powierzchniowej warstwy gleby o głębokości 7 cm w sześciu miejscach leżących na obwodzie koła o średnicy 2 metrów oraz z siódmego miejsca leżącego w środku tego koła. Pomiary zawartości radionuklidów w glebie są wykonywane przy użyciu spektrometrów z detektorami półprzewodnikowymi HPGe, umieszczonymi w niskotłowych ołowianych domkach osłonnych. Czas każdego pomiaru wynosi 80000 sekund.

Średnia wartość powierzchniowego stężenia ^{137}Cs w Polsce wynosi $2.41 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$, przy zakresie od 0.20 do $26.00 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$. Aktywność powierzchniowego stężenia cezu (^{137}Cs) została przedstawiona na rysunku 1. Taki rozkład cezu ^{137}Cs w Polsce został spowodowany warunkami atmosferycznymi – w szczególności opadami deszczu – w Polsce w maju 1986 roku, tzn. w okresie bezpośrednio po awarii w elektrowni jądrowej w Czarnobylu (w okresie gdy nad Polską przemieszczały się masy skażonego powietrza). Wszystkie wyniki pomiarów podane są na dzień poboru próbek w październiku 2006 roku.

Średnie wartości stężeń naturalnych radionuklidów w glebach w Polsce wynoszą: dla radu ^{226}Ra - 25.8, dla aktynu ^{228}Ac – 23.2 i dla potasu ^{40}K 403 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, tzn. Są niższe niż średnie stężenia na świecie wynoszące odpowiednio 33, 45 i 420 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ [1].

Najwyższe stężenia radu ^{226}Ra oraz aktynu ^{228}Ac zmierzono w południowych częściach Polski – jest to związane ze strukturą geologiczną naszego kraju. Dla przykładu w próbce pobranej w Jakuszycach stężenia tych dwóch radionuklidów wynoszą odpowiednio: $136.4 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla ^{226}Ra oraz $92.4 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla ^{228}Ac .



Rys. 1. Powierzchniowe stężenie cezu ^{137}Cs w 10 cm powierzchniowej warstwie gleby w Polsce, w październiku 2006 roku.

BIBLIOGRAFIA

- [1] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation:
Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations , New York, 2000

ANALIZA I OCENA ZMIAN RADIOAKTYWNOŚCI SUROWCÓW I MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH STOSOWANYCH W POLSCE W LATACH 1980-2007

A. Żak, J. Rychlicki, M. Kuczbajska, A. Ząbek

Systematyczne badania radioaktywności naturalnej surowców i materiałów budowlanych są prowadzone w Polsce od 1980 roku.

W 2007 roku zostały zatwierdzone do stosowania i rozpowszechniania w Resorcie Budownictwa i Resorcie Energetyki opracowane w CLOR przy współpracy z ITB jednolita metoda pomiarów radioaktywności naturalnej oraz stosunkowo prosta, tania i niezawodna aparatura przeznaczona dla Laboratoriów wykonujących takie pomiary.

Przedmiotem tej instrukcji są procedury, związane z ochroną przed promieniowaniem jonizującym, którego źródłem mogą być naturalne pierwiastki promieniotwórcze występujące w surowcach i w odpadach przemysłowych pochodzenia mineralnego, stosowanych do produkcji materiałów i wyrobów budowlanych. Ponadto, instrukcja przedstawia: asortyment kontrolowanych surowców naturalnych i odpadów przemysłowych pochodzenia mineralnego, wykorzystywanych w budownictwie oraz oferowanych materiałów i wyrobów budowlanych, podlegającym badaniom kontrolnym, podstawowe wymagania, metody badania stężeń zawartych w nich naturalnych pierwiastków promieniotwórczych, oraz zasady interpretacji wyników badań i oceny ich zgodności z ustalonymi wymaganiami.

Zakład Dozymetrii CLOR przeprowadził szkolenia personelu nowo organizowanych laboratoriów, prowadził nadzór merytoryczny nad prawidłowością ich działania i wiarygodnością uzyskiwanych przez nich rezultatów.

W 2007r opracowano w formie broszury materiały do kursu „Szkolenie osób wykonujących badania radioaktywności naturalnej surowców i materiałów budowlanych” (81 stron + załącznik 15 stron).

W materiałach tych zawarto podstawowe wiadomości o:

- promieniowaniu naturalnym w środowisku i podstawowych zasadach ochrony ludności przed promieniowaniem;
- obowiązujących aktach prawnych szczególnie dotyczących radioaktywności naturalnej surowców i materiałów stosowanych w budownictwie;
- przyjętej jednolitej metodzie pomiarów jej zaletach i wadach;
- rozwiązaniu układowym i konstrukcyjnym aparatury pomiarowej;
- przygotowaniu próbki do pomiarów i programowaniu cyklu pomiarów;
- metodzie sprawdzania prawidłowości wykonanego cyklu pomiarów i wiarygodności uzyskanych wyników;
- sposobie oceny uzyskanych rezultatów w świetle obowiązujących przepisów.

Ponadto opisano sposób regulacji i kalibracji aparatury oraz praktyczne metody sprawdzania prawidłowości obliczonych wartości współczynników kalibracyjnych.

W 1985 r opracowano w Zakładzie Dozymetrii ogólnopolską bazę danych, w której gromadzone są rezultaty badań wykonanych przez CLOR oraz przez współpracujące Laboratoria nadsyłające do CLOR zestawienia zbiorcze.

Zakład Dozymetrii przeszkolił personel 32 laboratoriów spośród których 25 przesłało do CLOR w latach 1980 - 2007 wyniki badań więcej niż 30 próbek. W latach 1980 – 2006 laboratoria nadesłały wyniki badań łącznie dla 33 724 próbek.

W 2007 r. zebrano wyniki badań 1410 próbek dostarczone przez 10 laboratoriów, które przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Ilości próbek nadesłane przez laboratoria w 2007 roku

Lp.	Instytucja	Miejscowość	Ilość próbek
1.	Przedsiębiorstwo Projektowo – Produkcyjne CERPROJEKT-CERKAM	Toruń	416
2.	Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej	Warszawa	50
3.	Instytut Fizyki Jądrowej	Kraków	73
4.	LAFARGE CEMENT Polska S.A.	Piechcin	107
5.	ZPB Energetyki ENERGOPOMIAR Sp. z o.o. Z-d Ochrony Środowiska	Gliwice	301
6.	Zespół Elektrociepłowni w Łodzi S.A.	Łódź	73
7.	Elektrociepłownie Warszawskie S.A.	Warszawa	179
8.	Zespół Elektrociepłowni Poznańskich	Poznań	22
9.	ZUTTER Zakład Usług Technicznych i Recyklingu S.A. w Radomiu	Radom	67
10.	Przedsiębiorstwo Produkcyjno Handlowe „UTEX” Sp. z o.o.	Rybnik	125

Razem - 1410

Od 1980r do końca 2002r jako kryteria ograniczenia radioaktywności naturalnej surowców i materiałów stosowanych w budownictwie mieszkaniowym obowiązywały wartości graniczne **współczynników kwalifikacyjnych** opisanych wzorami:

$$f_1 = 0,00027 \cdot S_K + 0,0027 \cdot S_{Ra} + 0,0043 \cdot S_{Th} \leq 1$$

$$f_2 = S_{Ra} \leq 185 \text{ Bq/kg}$$

gdzie S_K , S_{Ra} S_{Th} są wartościami stężeń odpowiednich radionuklidów wyrażonymi w Bq/kg.

Od początku 2003 r. obowiązuje ograniczenie wartości **wskaźników aktywności** opisanych wzorami:

$$f_1 = \frac{S_K}{3000 \text{ Bq/kg}} + \frac{S_{Ra}}{300 \text{ Bq/kg}} + \frac{S_{Th}}{200 \text{ Bq/kg}} \leq f_{1gram}$$

$$f_2 = S_{Ra} \leq f_{2gram}$$

gdzie S_K , S_{Ra} i S_{Th} są wartościami stężeń odpowiednich radionuklidów wyrażonymi w Bq/kg.

Wartości graniczne wskaźników f_{1gran} i f_{2gran} zależą od zastosowania badanego materiału (Rozporządzenie RM z dnia 2.12.2002r. a następnie z dnia 2.01.2007r. przewiduje 4 progi wartości w/w wskaźników).

Zmiana definicji f_1 spowodowało konieczność założenia w 2003r. drugiego zbioru głównego w bazie danych.

W 2007r. zastąpiono dotychczasową bazę danych zorganizowaną w systemie „dBase 3+” nowoczesną bazą zorganizowaną w systemie MS SQL.

W ramach przygotowań do przepisania danych do nowej bazy wartości **współczynników kwalifikacyjnych f_1** dla 26327 próbek zebranych do końca 2002r. zastąpiono obliczonymi wartościami **wskaźników aktywności f_1** .

Aby nie stracić wartości współczynników kwalifikacyjnych f_1 przepisano je do rubryki F11 dodanej na końcu tabeli zbioru głównego.

Stworzenie nowego zbioru głównego zawierającego połączone wyniki badań 33724 próbek za lata 1980 do 2006 pozwoliło wykonać histogramy wartości wskaźników aktywności f_1 i f_2 dla wybranych surowców, oraz sporządzenie przebiegów średnich wartości rocznych tych wskaźników za cały okres od 1980 do 2006r.

Powyższy zbiór główny wraz ze zbiorami pomocniczymi został wpisany do bazy danych w systemie MS SQL i obecnie trwa porządkowanie bazy danych i usuwanie pomyłek.

Przebiegi rocznych wartości wskaźników aktywności f_1 i f_2 materiałów gotowych pozwalają ocenić zmiany czasowe narażenia ludności kraju na promieniowanie jonizujące w budynkach mieszkalnych, zaś badanie zmian tych wskaźników dla surowców odpadowych pozwala ocenić źródła tych zmian.

Informacje zgromadzone w bazie danych pozwalają również zidentyfikować materiały zawierające szczególnie duże wartości stężeń naturalnych radionuklidów np. nawozy potasowe, niektóre materiały stosowane w przemyśle, czy też niektóre rodzaje materiałów ściernych. Stężenia radionuklidów naturalnych i wartości wskaźników aktywności f_1 i f_2 w wybranych surowcach i materiałach budowlanych pomierzone w latach 2003-2007 zamieszczono w tabeli 2.

Inne ważniejsze prace wykonane przez Laboratorium w ramach Zakładu Dozymetrii w 2007 roku to:

1. Ocena narażenia na promieniowanie jonizujące pracowników w Ośrodkach Kontroli Ruchu Lotniczego PAŻP, na podstawie wyników pomiarów wykonanych na 11 lotniskach w kraju (łącznie 190 pomiarów wykonanych przy aparaturze i na stanowiskach pracy).
2. Analiza narażenia na promieniowanie jonizujące obsługi radarów lotniskowych w Zabierzowie k/Krakowa, Pułtusku i w Warszawie przy ul. Wieżowej.
3. Wykonanie pomiarów i ocena narażenia pracowników Inowrocławskich Kopalni Soli „Solino”, Kopalnia w Mogilnie.

**Tabela 2. Stężenia radionuklidów naturalnych i wartości wskaźników aktywności f_1 i f_2 ³
W wybranych surowcach i materiałach budowlanych pomierzone w latach 2003-2007**

RODZAJ SUROWCA LUB MATERIAŁU BUDOWLANEGO	Liczba próbek	Stężenia radionuklidów ⁴ w Bq/kg						Wartości wskaźników aktywności ⁵			
		potas-40		rad-226		tor-228		f ₁		f ₂ w Bq/kg	
SUROWCE POCHODZENIA NATURALNEGO (1980-2007r) ⁶											
Marmur	17	7-58	(31)	1-10	(3)	1-7	(2)	0,01-0,09	(0,03)	1-10	(3)
Kreda	34	43-295	(120)	2-43	(14)	1-14	(5)	0,05-0,27	(0,11)	2-43	(14)
Gips	205	1-279	(69)	1-64	(14)	1-45	(4)	0,01-0,43	(0,09)	1-64	(14)
Kamień wapienny	143	1-629	(88)	1-51	(17)	1-54	(4)	0,01-0,64	(0,11)	1-51	(17)
Wapno	104	1-331	(45)	1-47	(24)	1-20	(4)	0,03-0,31	(0,11)	1-47	(24)
Piasek	225	1-875	(237)	1-91	(13)	1-87	(12)	0,01-0,95	(0,18)	1-91	(13)
Margiel	45	128-402	(246)	1-37	(19)	3-27	(13)	0,13-0,37	(0,21)	1-37	(19)
Klinkier	169	1-534	(194)	9-121	(37)	1-41	(16)	0,09-0,56	(0,27)	9-121	(37)
Surowiec ilasty	735	44-1241	(684)	7-130	(38)	13-144	(44)	0,28-1,39	(0,58)	7-130	(38)
Gлина	103	161-938	(614)	6-161	(47)	6-127	(49)	0,12-1,39	(0,60)	6-161	(47)
Łupek	162	79-1925	(632)	2-116	(55)	5-219	(54)	0,06-2,03	(0,66)	2-116	(55)
SUROWCE POCHODZENIA PRZEMYSŁOWEGO											
Popioły lotne	3506	7-1420	(684)	11-876	(122)	8-177	(90)	0,02-3,59	(1,07)	11-876	(122)
Żużel kotłowy	1544	5-1436	(582)	5-469	(89)	3-144	(72)	0,04-2,19	(0,84)	5-469	(89)
Gips z odsiarczania spalin	31	4-147	(42)	2-67	(11)	1-22	(4)	0,01-0,37	(0,07)	2-67	(11)
Mieszanina popiołów i pro- duktów odsiarczania spalin	76	260-828	(572)	23-149	(97)	13-101	(70)	0,41-1,23	(0,86)	23-149	(97)
Żużel wielkopiecowy	13	22-248	(125)	16-178	(111)	7-40	(28)	0,09-0,85	(0,54)	16-178	(111)
Żużel pomiedziowy	7	842-988	(925)	267-386	(318)	45-142	(63)	1,41-2,27	(1,67)	267-386	(318)
Fosfogips	1	109	-	360	-	15	-	1,31	-	360	-
Kruszywo z popiołów	484	498-872	(696)	58-166	(123)	58-95	(81)	0,87-1,20	(1,04)	58-166	(123)
MATERIAŁY BUDOWLANE											
Cement	374	25-694	(261)	10-128	(39)	7-83	(26)	0,03-1,06	(0,30)	10-128	(39)
Beton komórkowy i lekkie	621	105-1015	(480)	9-225	(68)	3-106	(55)	0,10-1,17	(0,66)	9-225	(68)
Betony inne	49	48-743	(409)	5-356	(75)	4-384	(51)	0,07-3,11	(0,64)	5-356	(75)
Ceramika budowlana	1747	55-1368	(692)	11-141	(52)	2-142	(48)	0,13-1,34	(0,64)	11-141	(52)

³ Od dnia 1.01.2003 r. do oceny surowców i materiałów stosowanych w budownictwie stosuje się **wskaźniki aktywności** określone wzorami:

$$f_1 = S_K/3000 + S_{Ra}/300 + S_{Th}/200$$

$$f_2 = S_{Ra}$$

W obu wskaźnikach stężenia izotopów są wyrażone w Bq/kg.

Ocenę przydatności materiału przeprowadza się w zależności od celu w jakim badana partia będzie stosowana.

- 1) $f_1 = 1$ i $f_2 = 200$ Bq/kg, w odniesieniu do surowców i materiałów budowlanych stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt dla ludzi i inwentarza żywego.
- 2) $f_1 = 2$ i $f_2 = 400$ Bq/kg w odniesieniu do odpadów przemysłowych stosowanych w obiektach budowlanych naziemnych wznoszonych na terenach zabudowanych lub przeznaczonych do zabudowy w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego oraz do niwelacji takich terenów.
- 3) $f_1 = 3,5$ i $f_2 = 1000$ Bq/kg, w odniesieniu do odpadów przemysłowych stosowanych w częściach naziemnych obiektów budowlanych niewymienionych w p.2 oraz do niwelacji terenów niewymienionych w p. 2.
- 4) $f_1 = 7$ i $f_2 = 2000$ Bq/kg, w odniesieniu do odpadów przemysłowych stosowanych w częściach podziemnych obiektów, o których mowa w p.3 oraz w budowlach podziemnych, w tym w tunelach kolejowych i drogowych.
- 5) Przy stosowaniu odpadów przemysłowych do niwelacji terenów, o których mowa w p. 2 i 3 oraz do budowy dróg, obiektów sportowych i rekreacyjnych, zapewnia się przy zachowaniu wymaganych wartości wskaźników f_1 i f_2 , obniżenie mocy dawki pochłoniętej na wysokości 1 m nad powierzchnią terenu, drogi lub obiektu do wartości nie przekraczającej 300 nGy/h, w szczególności przez położenie dodatkowej warstwy innego materiału.

⁴ W nawiasach podano wartości średnie stężeń: potasu-40, radu-226, toru-228 oraz wskaźników f_1 i f_2 .

⁵ Cegły, pustaki ceramiczne, dachówki, kształtki itp.

⁶ Surowce pochodzenia naturalnego są objęte obowiązkiem badania radioaktywności naturalnej tylko na etapie dokumentacji złoża, lub na życzenie producenta. W latach 2003 do 2007 zebrano wyniki pomiarów pojedynczych próbek tych materiałów. Z tego względu w tabeli przedstawiono bardziej reprezentatywne dla ww. surowców wyniki badań zebrane w ogólnopolskiej bazie danych w CLOR w latach 1980 do 2007. Od 1980 do 2002 obowiązywało w Polsce ograniczenie wartości współczynnika kwalifikacyjnego $f_1 = 0,00027 S_K + 0,0027 S_{Ra} + 0,0043 S_{Th}$. Wartości f_1 podane w tabeli zostały przeliczone na obecnie obowiązujące wartości wskaźnika aktywności f_1 .

Dział Szkolenia i Informacji

2008

SZKOLENIE, INFORMACJA I NORMALIZACJA

Janusz Henschke, Maria Zielonka

Do zadań Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej należy prowadzenie szkoleń w zakresie ochrony radiologicznej, udzielanie naukowej i technicznej informacji oraz prowadzenie sekretariatu Normalizacyjnego Komitetu Technicznego do spraw Ochrony Radiologicznej.

DZIAŁALNOŚĆ SZKOLENIOWA

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej prowadzi szkolenie osób, które muszą posiadać odpowiednie uprawnienia do pracy z promieniowaniem jonizującym. W 2008 roku CLOR przeprowadziło szkolenie dla osób chcących uzyskać uprawnienia inspektorów ochrony radiologicznej typu IOR-0, IOR-1 i IOR-3, dla operatorów akceleratorów stosowanych do celów innych niż medyczne (uprawnienia typu A-A), dla operatorów akceleratorów używanych do celów medycznych oraz operatorów urządzeń teleterapii (uprawnienia typu S-A) i dla operatorów urządzeń brachyterapii ze źródłami promieniotwórczymi (uprawnienia typu S-Z). Liczby odpowiednich uprawnień uzyskanych w roku 2008 podane zostały w Tablicy 1.

Tablica 1. Liczba przeszkolonych osób w 2008 roku.

Typ uprawnień	IOR-0, IOR-1 i IOR-3	A-A, S-A i S-Z	razem
Ilość	130	57	187

OŚRODEK INFORMACJI NAUKOWEJ I TECHNICZNEJ

Ośrodek informacji prowadzi prace związane z publikacją raportów naukowych, broszur, informatorów, materiałów szkoleniowych w dziedzinie ochrony radiologicznej jak również zajmuje się wymianą materiałów między podobnymi centrami w kraju i zagranicą. Biblioteka posiada 5792 woluminy. W 2008 roku zaprenumerowano 12 czasopism. W 2008 roku ośrodek informacji w CLOR udzielił ok. 2000 konsultacji oraz informacji dla mediów publicznych oraz rządowych, miejskich, naukowych i prywatnych instytucji jak również dla mieszkańców kraju.

SEKRETARIAT KOMITETU TECHNICZNEGO DO SPRAW OCHRONY RADIOLOGICZNEJ

W 2008 roku sekretariat Komitetu Technicznego do Spraw Ochrony Radiologicznej przygotował do publikacji następujące normy:

- PN-ISO 19589-1 „Pomiary promieniotwórczości w środowisku – Gleba – Część 1: Wytyczne ogólne i definicje”
- PN-ISO 19589-1 „Pomiary promieniotwórczości w środowisku – Gleba – Część 2: Wskazania dotyczące doboru strategii pobierania próbek, ich pobierania i obróbki wstępnej”

Przygotowano opinie dotyczące projektów międzynarodowych norm ISO.

Zorganizowano 2 posiedzenia Komitetu Technicznego.

KRAJOWY PUNKT KONTAKTOWY DS. EUROPEJSKIEJ PLATFORMY KSZTAŁCENIA I EDUKACJI W OCHRONIE RADIOLOGICZNEJ

W końcu 2006 roku, za zgodą Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki, utworzony został w CLOR Punkt Kontaktowy ds. Europejskiej Platformy Kształcenia i Edukacji w Ochronie Radiologicznej (EUTERP).

Głównymi zadaniami Platformy jest:

- usunąć przeszkody w mobilności ekspertów ochrony radiologicznej w krajach Unii Europejskiej poprzez harmonizację kryteriów i kwalifikacji do wzajemnego uznawania takich ekspertów,
- ułatwić międzynarodowy dostęp do zawodowego szkolenia i stażu,
- poprawić zintegrowaną edukację i szkolenie w strukturach zawodowej ochrony radiologicznej w krajach członkowskich, kandydatach i krajach stowarzyszonych.

Punkt Kontaktowy pełni rolę koordynacyjną między różnymi instytucjami biorącymi udział w pracach Platformy w kraju. Zadaniem tego punktu jest harmonizacja podstaw i struktury krajowej edukacji w dziedzinie ochrony radiologicznej z wymaganiami krajów Unii Europejskiej. To wymaga ścisłej współpracy z różnymi centrami edukacji w celu uaktualnienia obecnej wiedzy i do przekazania dostatecznej i kompetentnej informacji w tym zakresie.

Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania



33

2008

OPRACOWANIE WZORCOWEJ ZALEŻNOŚCI DAWKA-SKUTEK
DLA POTRZEB DOZYMETRII BIOLOGICZNEJ
W PRZYPADKU NIEKONTROLOWANEGO NARAŻENIA
NA WYSOKIE DAWKI PROMIENIOWANIA GAMMA

Maria Kowalska i Monika Szymańska

W sytuacjach awaryjnych ocena pochłoniętej dawki promieniowania jonizującego metodami dozymetrii fizycznej jest najczęściej mało dokładna lub wręcz niemożliwa. Znacznie lepszą ocenę dawki pochłoniętej można uzyskać za pomocą dozymetrii biologicznej. Najdokładniejsza i najlepiej sprawdzona metoda biologicznej oceny dawki opiera się na analizie popromiennych aberracji chromosomowych w limfocytach krwi obwodowej osoby narażonej na promieniowanie (1). Dicentryki są rodzajem aberracji chromosomowych szczególnie przydatnym do stosowania w dozymetrii biologicznej w ciągu 3-4 miesięcy po ekspozycji na promieniowanie fotonowe w zakresie od 0,1 Gy do 5,0 Gy, albo na neutrony w zakresie 0,05-2,5 Gy. Zastosowanie dicentryków do oceny wyższych dawek promieniowania jonizującego jest ograniczone ze względu na szybki spadek liczby limfocytów we krwi obwodowej osoby narażonej oraz popromienne zahamowanie podziałów komórkowych. W takim przypadku lepszym wskaźnikiem otrzymanej dawki są przedwcześnie skondensowane chromosomy pierścieniowe. Przedwczesną kondensację chromosomów (w skrócie *PCC od premature chromosome condensation*) w stymulowanych limfocytach ludzkich efektywnie indukuje kwas okadajowy, który jest inhibitorem fosfataz białkowych [2]. Aberracje chromosomowe w komórkach będących w fazie G1 i G2/M cyklu komórkowego stają się wówczas widoczne bez konieczności czekania, aż wejdą w stadium mitozy. Przedwczesna kondensacja chromosomów rozwiązuje zatem problem małej liczby komórek mitotycznych. Analiza indukowanych przez promieniowanie pierścieniowych aberracji chromosomowych w barwionych barwnikiem Giemsy limfocytach krwi, których chromatyna została przedwcześnie skondensowana za pomocą kwasu okadajowego jest szczególnie przydatna w dozymetrii biologicznej w warunkach niekontrolowanego narażenia ludzi na wysokie dawki promieniowania jonizującego. W takich przypadkach znajomość wartości dawki pochłoniętej ułatwia lekarzom dobór odpowiedniej strategii postępowania z osobą poszkodowaną, a służbom nadzorującym sprawy bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej wyjaśnienie przyczyn, dla których doszło do takiego narażenia.

W dozymetrii biologicznej dawkę pochłoniętą oblicza się, podstawiając obserwowaną średnią liczbę aberracji chromosomowych na komórkę do równania wzorcowej zależności dawka-skutek, którą opracowuje się napromieniając *in vitro* rosnącymi dawkami promieniowania wzorcowego limfocyty krwi obwodowej kilku dawców. W celu opracowania wzorcowej zależności między indukcją przedwcześnie skondensowanych chromosomów pierścieniowych a dawką, krew obwodowa pobrana od 6 zdrowych dawców została napromieniona dawkami - 0, 5, 10, 15, 20 i 25 Gy promieniowania gamma ^{60}Co . Kontrolne i napromienione próbki krwi były inkubowane w 37°C przez 48 godzin w obecności czynnika stymulującego limfocyty do dzielenia się w hodowli. W celu przedwczesnej kondensacji chromosomów na ostatnią godzinę hodowli dodawany był kwas okadajowy (końcowe stężenie 500 nM). Limfocyty utrwalane w mieszaninie kwasu octowego i metanolu (1:3) zostały naniesione na szkiełka mikroskopowe i po wysuszeniu wybarwione roztworem barwnika Giemsy. Dla każdej dawki i każdego dawcy analizowano przynajmniej 100 limfocytów z przedwcześnie skondensowanymi chromosomami. W celu uśrednienia liczby aberracji pierścieniowych na komórkę wyniki uzyskane dla poszczególnych dawców były pulowane. Punkty otrzymanej zależności dawka-skutek dopasowywano następnie metodą regresji liniowej do równania $Y=aD$, gdzie D to dawka promieniowania, a Y indukowana przez nią średnia liczba chromosomów pierścieniowych na komórkę.

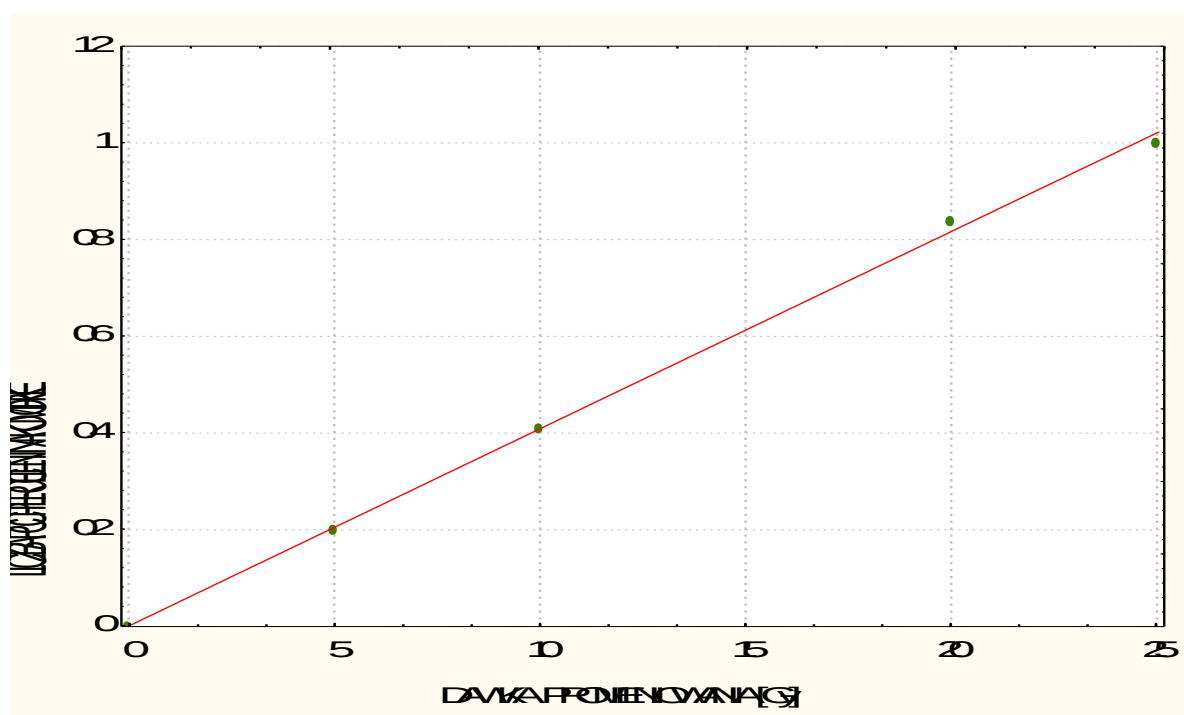
Wyniki analizy chromosomów pierścieniowych w kontrolnych i napromienionych limfocytach 6 dawców przedstawione są w tabeli 1. Wykres opracowanej na ich podstawie krzywej wzorcowej można zobaczyć na rysunku 1. Nachylenie krzywej wzorcowej do osi dawki charakteryzuje współczynnik $a = 0,037 \pm 0,001$ PCC pierścieni / komórkę / Gy. Współczynnik korelacji (r) pomiędzy doświadczalnie wyznaczonymi punktami zależności dawka-skutek a przewidzianymi przez model jest wysoki i wynosi 0,995. Występowanie liniowej zależności dawka-skutek dla dużych dawek promieniowania fotonowego świadczy o tym, że w powstawaniu chromosomów pierścieniowych dominującą rolę odgrywało przekazywanie energii wzdłuż toru pojedynczej cząstki jonizującej.

W przypadku liniowej zależności dawka-skutek ($Y=aD$) wartość dawki (D_x) odpowiadającej częstości przedwcześnie skondensowanych chromosomów pierścieniowych (Y_{obs}) w limfocytach osoby narażonej można łatwo obliczyć ze wzoru: $(D_x) = (Y_{\text{obs}}) / a$. Wartość dawki podaje się wraz z jej 95% niepewnością, na którą składają się niepewności związane z krzywą wzorcową oraz podlegającą prawu Poissona obserwowaną liczbą chromosomów pierścieniowych w limfocytach badanej próbki krwi. Niepewność oceny dawki wyraża się za pomocą 95% przedziału ufności, czyli przedziału liczbowego, który pokrywa prawdziwą wartość dawki z prawdopodobieństwem równym 0,95. 95% przedziału ufności dawki oblicza się ze wzoru: $D_x \pm 1.96 \times \text{SE}(D_x)$. Błąd standardowy dawki, równy pierwiastkowi z jej wariancji $\text{SE}(D_x) = \sqrt{\text{var}D}$, wyrażony jest wzorem: $\text{SE}(D_x) = 1/a \times \sqrt{(Y_{\text{obs}}/n + D_x^2 \times V_{aa})}$, gdzie n to liczba analizowanych komórek a V_{aa} - wariancja parametru a krzywej wzorcowej. Dla naszej krzywej wzorcowej wartość tej wariancji wynosi 1×10^{-6} .

Tabela 1. Wyniki oceny częstości przedwcześnie skondensowanych chromosomów pierścieniowych w limfocytach krwi obwodowej 6 dawców napromienionych *in vitro* dawkami promieniowania gamma ^{60}Co zakresie od 0 do 25 Gy.

DAWKA		0 Gy	5 Gy	10 Gy	15 Gy	20 Gy	25 Gy
Dawca 1	komórki	150	150	150	100	150	100
	pierścienie	0	30	59	59	117	98
	pierścienie na komórkę	0	0,200	0,393	0,590	0,780	0,980
Dawca 2	komórki	150	100	100	150	100	100
	pierścienie	0	21	40	83	70	86
	pierścienie na komórkę	0	0,210	0,400	0,553	0,700	0,860
Dawca 3	komórki	150	150	150	150	150	100
	pierścienie	0	24	48	75	96	76
	pierścienie na komórkę	0	0,160	0,320	0,500	0,640	0,760
Dawca 4	komórki	150	150	150	150	100	100
	pierścienie	0	20	53	77	62	72
	pierścienie na komórkę	0	0,133	0,353	0,513	0,620	0,720
Dawca 5	komórki	150	100	150	150	100	100
	pierścienie	0	15	63	89	70	78
	pierścienie na komórkę	0	0,150	0,420	0,593	0,700	0,780
Dawca 6	komórki	150	150	150	100	100	100
	pierścienie	0	21	54	58	73	87
	pierścienie na komórkę	0	0,140	0,360	0,580	0,730	0,870
Razem	komórki	900	800	850	800	700	600
	pierścienie	0	131	317	441	488	497
	pierścienie na komórkę	0	0,164	0,373	0,551	0,697	0,828

Wykres 2. Krzywa wzorcowa do biologicznej dozymetrii promieniowania gamma metodą PCC.



BIBLIOGRAFIA:

1. Cytogenetic analysis for radiation dose assessment. A manual. IAEA, Vienna 2001, Technical Reports Series No.405.
2. Kanda R. Hayata I and Lloyd D. Easy biodosimetry for high-dose radiation exposures using drug-induced prematurely condensed chromosomes. Int. J. Radiat. Biol. 74. 457-462.1998.

ZAPEWNIENIE I UTRZYMANIE SYSTEMU JAKOŚCI W PRACOWNI DOZYMETRII RADONU W ZAKRESIE KALIBRACJI DETEKTORÓW I PRZYRZĄDÓW DO POMIARU STĘŻENIA RADONU I JEGO PRODUKTÓW ROZPADU

Olga Stawarz, Kalina Mamont-Cieśla

Sprawozdanie z umowy dotacyjnej z PAA, nr 7/SP/2008 pt. „Zapewnienie i utrzymanie systemu jakości wzorcowania przyrządów dozymetrycznych”

W ramach zadania „Zapewnienie i utrzymanie systemu jakości w Pracowni Dozymetrii Radonu w zakresie kalibracji detektorów i przyrządów do pomiaru stężenia radonu i jego produktów rozpadu” określone zostały następujące tematy:

1. Nadzór techniczny i konserwacja komory oraz jej wyposażenia
 2. Udoskonalanie systemu jakości w PDR w zakresie wzorcowania przyrządów i eksponowania wzorcowymi stężeniami detektorów służących do pomiaru stężenia radonu w powietrzu oraz wzorcowania przyrządów do pomiaru stężenia energii potencjalnej alfa krótkożyciowych pochodnych radonu
 3. Przeprowadzanie auditów wewnętrznych i zewnętrznych.
- „System jakości” zostanie w dalszej części tekstu zastąpiony obecnie obowiązującym zwrotem „system zarządzania”.

W ramach nadzoru technicznego i konserwacji komory i jej wyposażenia, w 2008 roku, wykonano następujące czynności:

- comiesięczne ładowanie przyrządów przenośnych;
- naprawa monitora AlphaGUARD PQ2000 PRO a następnie kalibracja w akredytowanym laboratorium SUJCZBO, Czechy;
- wymiana akumulatora w radiometrze górniczym RGR-40 na beziskrowy;
- zakup pompy współpracującej ze spektrometrem średnic pochodnych radonu;
- zakup pompki dostosowanej do ciągłej pracy ze źródłem radonu.

Przeprowadzono również pomiary sprawdzające:

- wskazań wzorców odniesienia (AlphaGUARD PQ2000 PRO i Radon WL meter) i wzorców roboczych (AlphaGUARD PQ2000 i spektrometr średnic pochodnych radonu RPPSS Mk-2) w ustalonych, powtarzalnych warunkach stężenia radonu, stężenia energii potencjalnej alfa oraz stężenia aerozoli, w normalnych warunkach klimatycznych (porównanie z poprzednimi wynikami);
- biegu własnego, przepływów (dla nowej pompy) i wydajności zliczania cząstek alfa przez detektor - dla RPPSS Mk-2 - porównanie z poprzednimi wynikami;
- przepływu i wydajności zliczania cząstek alfa przez detektor - dla monitora Radon WL meter,

a następnie porównano je z poprzednimi wynikami. Wyniki pomiarów sprawdzających były zadowalające.

W odniesieniu do drugiego punktu umowy przeprowadzono:

- przegląd systemu zarządzania;
- szkolenia personelu na następujące tematy: sterowanie jakością, nadzór nad dokumentacją systemu zarządzania, zmiany w dokumentach zewnętrznych, metody zapewnienia jakości oraz szacowania niepewności pomiaru, pomiar stężenia radonu za pomocą elektretów, metoda krótkookresowego poboru próby powietrza w pomiarach PAEC, przedstawianie wyników wzorcowań, obliczanie współczynników korekcji i kalibracji oraz niepewności za pomocą programu komputerowego dla różnych przyrządów pomiarowych, norma PN-EN ISO/IEC 17025:2005;
- dwumiesięczne praktyczno-teoretyczne szkolenie stypendysty IAEA z Macedonii na temat metrologii radonu i jego produktów rozpadu: metody pomiaru w powietrzu, glebie, wodzie oraz wzorcowanie.

Ponadto podsumowano sprawdzenia przyrządów oraz szkolenia przeprowadzone w roku 2007.

Przeprowadzono cztery audyty wewnętrzne, których zakres obejmował wszystkie aspekty systemu zarządzania. Audytorzy odnotowali kilka spostrzeżeń, w wyniku których zostały naniesione proponowane poprawki w dokumentach bądź uzupełnione brakujące zapisy, a następnie zostali oni o tym powiadomieni.

Wykonano korekcje i działania korygujące w odpowiedzi na trzy karty niezgodności wystawione podczas auditu w nadzorze z dn.13.11.2007r.

Przeprowadzono pomiary porównawcze stężenia energii potencjalnej alfa pochodnych radonu (PAEC) w trybie krótkookresowego poboru próby powietrza między spektrometrem średnic pochodnych radonu RPPSS a innymi miernikami PAEC (monitor WLx i radiometr górniczy RGR-40).

W ramach sterowania jakością oprócz okresowych pomiarów sprawdzających wzorców odniesienia i wzorców roboczych przeprowadzono kalibracje monitora AlphaGUARD PQ2000 oraz radiometru górniczego RGR-40, aby porównać wyniki z wynikami wzorcowań wykonanych w poprzednich latach. Wszystkie sprawdzenia wypadły pozytywnie.

Aktualizowano, poprawiano i uzupełniano dokumenty, formularze i karty wchodzące w skład systemu zarządzania PDR.

Zmodyfikowano program do obliczania stężenia radonu i PAEC, współczynników korekcji i kalibracji oraz ich niepewności. Sprawdzono biegłość personelu w wykonywaniu wzorcowań, stan dokumentów, zapisów, aparatury i materiałów pomocniczych przed auditem w nadzorze z PCA, który odbył się dn. 18 listopada 2008r. W raporcie z tego auditu odnotowano dziewięć niezgodności (trzy małe i sześć średnich) oraz jedenaście spostrzeżeń. W odpowiedzi na niezgodności wdrożono korekcję i działania korygujące, o czym powiadomiono audytorów.

Po raz drugi Pracownia Dozymetrii Radonu wzięła udział w międzynarodowej interkalibracji pasywnych metod pomiaru stężenia radonu w National Institute of Radiological Sciences w Chiba, Japonia. Pracownia Dozymetrii Radonu zgłosiła do porównań dwie metody: własną opartą na detektorach śladowych z folią CR-39 i komercyjnie dostępną z elektretami E-PERM system. Analiza wyników jest w toku.

ZAPEWNIENIE I UTRZYMANIE SYSTEMU JAKOŚCI W PRACOWNI DAWEK INDYWIDUALNYCH I ŚRODOWISKOWYCH DLA POTRZEB OCHRONY RADIOLOGICZNEJ

Marek Wasek^{)}, Grażyna Krajewska, Kamil Szewczak*

^{*)} – Warszawski Uniwersytet Medyczny, Zakład Bioanalizy i Analizy Leków

W 2008 r. w ramach zapewnienia i utrzymania systemu jakości w Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych (PDIŚ) przeprowadzono:

1. Cztery planowane audyty wewnętrzne:
 - „Nadzór nad dokumentacją”
 - „Skargi i reklamacje”
 - „Procedury i instrukcje badawcze”
 - „Walidacja metod badawczych”

Wszystkie cztery audyty zostały przeprowadzone przed corocznym auditem w nadzorze organizowanym przez Polskie Centrum Akredytacji. Miały one na celu kontrolę systemu jakości w najważniejszych punktach, decydujących o jego przydatności w określaniu równoważnika dawki. Nie stwierdzono żadnych reklamacji klientów oraz na podstawie kontroli jakości badań potwierdzono wysoką jakość świadczonych przez PDIŚ usług.

2. Przegląd Zarządzania Jakością w obecności dyrektora CLOR – dr. Pawła Krajewskiego
3. Audit w nadzorze PCA w dniu 11 czerwca 2008 r.
W wyniku przeprowadzonego auditu: sprawdzono m.in. dokumentację pod kątem rozszerzenia akredytacji o technikę z wykorzystaniem detektorów termoluminescencyjnych

Wnioskiem końcowym auditu w nadzorze pomimo kilku zauważonych nieścisłości było stwierdzenie, że laboratorium PDIŚ utrzymało wdrożony system jakości zgodny z wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025:2001 + Ap1:2005 . Certyfikat akredytacyjny ważny jest do grudnia 2011 roku.

4. Wewnętrzne szkolenia personelu (7 szkoleń) dotyczące:
 - a) Niepewności pomiarowych typu A i B
 - b) Oceny szkoleń przez pracowników PDIŚ
 - c) Walidacji metod badawczych stosowanych w PDIŚ
 - d) Wniosków po audicie w nadzorze PCA
 - e) Kontroli jakości badań
 - f) Instrukcji badawczych QIB 4.1 i QIB 3.1 oraz procedury badawczej QPB 3
 - g) Nowego wykazu dokumentów nadzorowanych w PDIŚ

5. Testowanie stanowiska do obróbki fotochemicznej dawkomierzy fotometrycznych. Testowanie to odbywało się przed każdym cyklem pomiarowym i wzorcującym.
6. Kwartalne kalibracje dwóch densytometrów stosowanych do dawkomierzy fotometrycznych określania równoważnika dawki
7. W dniu 12 grudnia przeprowadzono audit w nadzorze PCA rozszerzający zakres akredytacji. Spostrzeżono cztery niezgodności (po 2 niezgodności kategorii : mała i średnia). Niezbędne korekcje wykonano do końca 2008 r.

Z uwagi na to, że podczas auditu w dniu 12 grudnia 2008 r. nie wykazano istotnych niezgodności, Pracownia Dawek Indywidualnych i Środowiskowych, według zapewnień audytorów z PCA, w pierwszym kwartale 2009 r uzyska nowy certyfikat z nowym rozszerzonym zakresem akredytacji.

Prace wykonywane w 2008 r. w PDIŚ zostały zrealizowane ze wcześniej zaplanowanym harmonogramem oraz w zgodzie z procedurami i instrukcjami ogólnymi i badawczymi ujętymi w systemie jakości.

ZAPEWNIENIE I UTRZYMANIE SYSTEMU JAKOŚCI W PRACOWNI WZORCOWANIA DOZYMETRYCZNEGO LABORATORIUM WZORCÓW WTÓRNYCH (DLWW) DLA POTRZEB OCHRONY RADIOLOGICZNEJ

Kamil Szewczak

W 2008 roku w Pracowni Wzorcowania – Dozymetryczne Laboratorium Wzorców Wtórnych przeprowadzono chronologicznie, następujące działania związane z zapewnieniem i utrzymaniem systemu jakości dla potrzeb ochrony radiologicznej:

1. Przeprowadzenie działań korygujących dla niezgodności oraz analiza spostrzeżeń otrzymanych podczas auditu zewnętrznego PCA w roku 2007
2. Audit zewnętrzny PCA przeprowadzony 27 czerwca 2008r.
3. Przesłanie do PCA propozycji działań korygujących
4. Przeprowadzenie działań korygujących
5. Przeprowadzenie korekty do przeglądu zarządzania z dnia 11 czerwca 2008r.
6. Audit wewnętrzny
7. Przesłanie do PCA dowodów działań korygujących
8. Aktualizacja procedur ogólnych
9. Aktualizacja procedur pomiarowych
10. Księga Jakości, wydanie 10

Przeprowadzenie działań korygujących dla niezgodności i spostrzeżeń otrzymanych podczas poprzedniego auditu zewnętrznego PCA przeprowadzonego w dniach 29 czerwiec – 2 lipca 2007 obejmowało przeprowadzenie działań korygujących dla czterech sformułowanych niezgodności oraz działań zapobiegawczych dla 33 spostrzeżeń. Laboratorium właściwie zaproponowało oraz zrealizowało działania korygujące dla stwierdzonych niezgodności, jednak nie odniosło się do wszystkich spostrzeżeń, co było wynikiem niezgodności na kolejnym audicie PCA.

Dnia 27 czerwca 2008r przeprowadzony został audit zewnętrzny PCA w wyniku którego sporządzono 13 Kart niezgodności w tym:

- 7 niezgodności stwierdzonych w obszarze zarządzania Laboratorium
- 6 niezgodności stwierdzonych w obszarze technicznym Laboratorium

oraz spisano 12 spostrzeżeń w tym:

- 9 spostrzeżeń z obszaru zarządzania
- 3 spostrzeżeń z obszaru technicznego

Przy czym jako podstawy niezgodności wymienione zostały następujące punkty normy:

- p. 4.1 normy, „Organizacja”
- p. 4.2 normy, „System zarządzania”
- p. 4.3 normy, „Nadzór nad dokumentami”
- p. 4.4 normy, „Przegląd zapytań, ofert i umów”
- p. 4.9 normy, „Nadzorowanie niezgodnych z wymaganiami wzorcowań”
- p. 4.11 normy, „Działania korygujące”

- p. 4.12 normy, „Działania zapobiegawcze”
- p. 4.14 normy, „Audit wewnętrzny”
- p. 4.15 normy, „Przegląd zarządzania”
- p. 5.2 normy, „Personel”
- p. 5.4 normy, „Metody wzorcowania oraz ich walidacja”
- p. 5.6 normy, dokument PCA DA-06, „Spójność pomiarowa”
- p. 5.9 normy, dokument PCA DA-05, „Zapewnienie jakości wyników wzorcowania”
- p. 5.10 normy, „Przedstawienie wyników wzorcowania”

Przy współpracy ze specjalistą ds. Jakości, przeprowadzono analizę niezgodności oraz zaproponowano działania korygujące. Zaproponowane działania zostały zatwierdzone przez audytorów PCA

Jednocześnie wystawiono 13 Kart Planowania i Monitorowania Działań Korygujących zgodnie z procedurą QPO 12 „Działania korygujące” oraz 1 Kartę Planowania i Monitorowania Działań Zapobiegawczych zgodnie z procedurą QPO 14 „Działania zapobiegawcze”

Ze względu na szeroki zakres działań korygujących wystąpiono z wnioskiem do PCA o przedłużenie terminu na przesłanie dowodów przeprowadzenia działań.

Działania korygujące polegały głównie na:

- Dostosowaniu Księgi Jakości i procedur systemowych do wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005
- Analizie spostrzeżeń z auditu PCA w roku 2007
- Przegląd i aktualizacja procedur pomiarowych
- Szkoleniach pracowników
- Przeprowadzeniu przeglądu zarządzania
- Przeprowadzeniu auditu wewnętrznego

Przeprowadzenie korekty do przeglądu zarządzania z dnia 11 czerwca 2008r. Przegląd przeprowadzono dnia 20 sierpnia 2008r zgodnie z zaktualizowaną procedurą QPO 10 „Przegląd zarządzania”. Z przeglądu został sporządzony protokół w nowej formie, przy użyciu nowo opracowanego formularza. W wyniku przeglądu zarządzania ustalone zostały Cele i Zadania Laboratorium na okres 2008/2009. Protokół z przeglądu załączony został jako dowód działań korygujących.

Dnia 23 września odbył się audit wewnętrzny zgodnie z procedurą QPO 11 „Audit wewnętrzny” obejmujący swym zakresem:

- Współpracę z klientem
- Wzorcowanie przyrządu

W wyniku sprawdzania zanotowano 1 spostrzeżenie. Zapisany został Raport z auditu, przesłany następnie do PCA jako dowód działań korygujących.

Przesłanie do PCA dowodów działań korygujących. Dowody działań korygujących przekazane zostały do PCA 27 września 2008r zawierały one między innymi:

- 5 na nowo utworzonych procedur systemowych
- Analizę spostrzeżeń zanotowanych podczas auditu PCA w roku 2007

- Dowody szkoleń pracowników
- Protokół z przeglądu zarządzania
- Raport z auditu
- Dowody z procesu kontroli jakości wzorcowań
- Dowody walidacji formuł używanych w arkuszach Excel
- Zaktualizowane Kart Odpowiedzialności i Uprawnień personelu

Aktualizacja procedur ogólnych. W związku z realizacją Celów i Zadań na okres 2008/2009 Laboratorium zaktualizowało procedury systemowe. Powstało 5 nowych procedur, zaś pozostałe zostały zaktualizowane i wydane w nowej ujednoliconej formie.

Nowe procedury:

- „Działania zapobiegawcze”
- „Postępowanie z pracą niezgodną z wymaganiami”
- „Nadzór nad zapisami”
- „Transport i przechowywanie wzorców odniesienia”
- „Zakupy usług i dostaw”

Procedury pomiarowe zostały zaktualizowane głównie pod kątem graficznym. Nie powstały nowe procedury pomiarowe. Poprawie uległy zapisy dotyczące nadzoru nad sprzętem informatycznym, nadzorowania warunków środowiskowych a także dokonano zmian w procesie wyznaczaniu wartości wzorcowych.

Księga Jakości, wydanie 10. Księga Jakości została w pełni zmodernizowana, układ Księgi w pełni odzwierciedla układ normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005. Pozbyto się niejasnej „Tabeli odwołań, zgodności z normą”.

OPRACOWANIA 2009

Zakład Higieny Radiacyjnej



2009

AKREDYTACJA LABORATORIUM ANALIZ RADIOCHEMICZNYCH I SPEKTROMETRYCZNYCH

*Ewa Starościak, Wojciech Muszyński, Barbara Rubel, Lidia Rosiak,
Agnieszka Fulara, Walenty Kurowski, Małgorzata Kardaś*

Praca pt. „Akredytacja Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych” była realizowana w 2009 roku w Zakładzie Higieny Radiacyjnej Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej. W ramach wyszczególnionych w Umowie Nr 6/SP/2009 zadań zostały zrealizowane następujące prace:

1. Uaktualnienie Księgi Jakości oraz Procedur i Instrukcji Ogólnych:

Po audycie zewnętrznym przeprowadzonym przez ekspertów PCA w maju 2009r. uaktualniono Księgę Jakości (m.in. dokonano przeglądu polityki jakości), zmieniono pod względem merytorycznym i graficznym wszystkie procedury i przygotowano nowe wydanie (wydanie 2 z dnia 15.10.2009r.) dokumentów systemu zarządzania dotyczącego jakości. W Laboratorium obowiązuje obecnie 15 procedur dotyczących systemu zarządzania, procedury spełniają wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005. Zapisy związane z procedurami są prowadzone na ustalonych formularzach powiązanych za pomocą symboli z procedurami.

2. Przygotowanie opisów procedur badawczych i instrukcji operacyjnych, zgodnie

z Normą PN-EN ISO/IEC 17025:2005 i Normą PN-ISO 10012-1:1998/Ap.1:2001 w celu rozszerzenia akredytacji o oznaczanie plutonu w mleku, trytu oraz całkowitej promieniotwórczości alfa i beta w wodzie:

Opracowano Procedury Badawcze opisujące metody o które Laboratorium rozszerza zakres akredytacji, oraz instrukcje niezbędne w procesie wykonywania opisanych badań. Procedura QPB 4 „Oznaczanie stężenia aktywności plutonu - 239, 240 i 238” została uzupełniona o oznaczanie tych izotopów w próbkach żywności (w mleku i produktach mlecznych). W procedurze QPB 3 „Oznaczanie stężenia aktywności trytu” opisano postępowanie w przypadku oznaczania tego pierwiastka w wodzie. W oparciu o normę PN-ISO 9697:2001 „Jakość wody. Pomiar całkowitej aktywności beta w wodach o niskim zasoleniu” opracowano procedurę badawczą QPB 6 „Oznaczanie całkowitej promieniotwórczości beta w wodzie”. Na podstawie normy ISO 9696:2007 “Water quality – Measurement of gross alpha activity in non-saline water – Thick source method” opracowano procedurę badawczą QPB 7 „Oznaczanie całkowitej promieniotwórczości alfa w wodzie”. W Laboratorium obowiązuje obecnie 7 procedur badawczych.

3. Przeprowadzenie dwóch audytów wewnętrznych, dotyczących systemu zarządzania oraz zagadnień technicznych:

W Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych zostały przeprowadzone zgodnie z programem auditów na rok 2009 dwa audyty wewnętrzne, jeden obejmujący system zarządzania, drugi dotyczący zagadnień technicznych. Audyty wykazały, że system zarządzania Laboratorium jest wdrożony. W czasie auditów spisano 1 niezgodność oraz sformułowano 4 spostrzeżenia. Laboratorium podjęło

działania korygujące i zapobiegawcze w stosunku do niezgodności i spostrzeżeń sformułowanych przez audytora wewnętrznego.

4. Zgłoszenie do PCA wniosku o rozszerzenie akredytacji:

Złożono w Polskim Centrum Akredytacji wnioski o rozszerzenie akredytacji Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych. Rozszerzono zakres akredytacji o oznaczanie stężenia promieniotwórczego plutonu 239, 240 i 238 w mleku i produktach mlecznych oraz o oznaczanie stężenia promieniotwórczego trytu i całkowitej promieniotwórczości alfa i beta w wodzie. Do wniosku dołączone zostało nowe wydanie 2 z dnia 15.10.2009r. Księgi Jakości oraz 15 Procedur Ogólnych i 7 Procedur Badawczych.

5. Przeprowadzenie audytu akredytacyjnego przez ekspertów PCA

W dniach 11-12.02.2010r. odbył się audyt zewnętrzny przeprowadzony przez ekspertów PCA. Podczas audytu spisano 11 niezgodności. Laboratorium zaplanowało korekcje oraz działania korygujące w celu usunięcia zaistniałych niezgodności oraz zapobieżenia ich powtórzeniu. Podczas audytu ustalony został zakres akredytacji Laboratorium.

Pracownicy Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych wzięli udział w szkoleniach wewnętrznych dotyczących wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005. Na szkoleniu zorganizowanym w dniach 6-7 października 2009r. przez Biuro Zarządzania Jakością, Środowiskiem i BHP czterech pracowników Laboratorium zostało przeszkolonych ze znajomości normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005. Pracownicy Laboratorium na szkoleniach wewnętrznych zostali zapoznani z nowym wydaniem Księgi Jakości oraz procedur ogólnych i badawczych.

Zgodnie z dokumentem PCA: DA-05 „Polityka Polskiego Centrum Akredytacji dotycząca wykorzystania badań biegłości/porównań międzylaboratoryjnych w procesach akredytacji i nadzoru laboratoriów” Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych wzięło w 2009 roku udział w następujących międzynarodowych oraz krajowych porównaniach międzylaboratoryjnych:

- Interkalibracja zorganizowana przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej: IAEA-2008-3, której przedmiotem było oznaczanie stężenia promieniotwórczego m.in. izotopów uranu-234 i uranu-238 w wodzie i fosfogipsie (wg procedury QPB 5 „Oznaczanie stężenia aktywności uranu - 238, 234 i 235”).
- Porównanie międzylaboratoryjne PROCORAD 2009, dotyczące oznaczania stężeń promieniotwórczych emiterów gamma w próbkach moczu (wg procedury QPB 1 „Badanie sztucznej i naturalnej promieniotwórczości w próbkach żywności i środowiska metodą spektrometrii gamma”).
- Pomiary porównawcze zorganizowane przez Prezesa PAA (przeprowadzone przez IChTJ). Laboratorium wzięło udział w oznaczaniu izotopu promieniotwórczego plutonu-239 w próbkach: wody pitnej, mleka w proszku, marchwi i gleby (wg procedury QPB 4 „Oznaczanie stężenia aktywności plutonu - 239, 240 i 238”) oraz ameryku-241 w próbkach mleka w proszku i wody pitnej (wg procedury QPB 1 „Badanie sztucznej i naturalnej promieniotwórczości w próbkach żywności i środowiska metodą spektrometrii gamma”).

OCENA DAWEK OD WCHŁONIĘĆ ^{137}Cs Z MLEKIEM W RÓŻNYCH GRUPACH WIEKOWYCH

B. Rubel, W. Muszyński, M. Kardaś, K. Trzpil, W. Kurowski
Praca finansowana przez KBN

Oznaczono stężenia ^{137}Cs w mleku dostępnym na terenie Warszawy oraz oszacowano dawki otrzymywane przez dorosłych pijących mleko w zależności od pochodzenia spożywanego mleka. W roku 2009 analizowano mleko z terenu województw: łódzkiego, pomorskiego, kujawsko-pomorskiego, małopolskiego, wielkopolskiego i mazowieckiego. Próby do badań pobierano od lipca do września. Oznaczano stężenie ^{137}Cs w średniej próbce mleka z dwóch miesięcy. Stosowano metodę spektrometrii gamma z wykorzystaniem detektora HPGe. Pomiary prowadzono w geometrii walca o średnicy 60 mm i wysokości 15 lub 20 mm.

Mleko jest jednym z głównych wskaźników skażenia diety, ze względu na szybkie pojawianie się w nim izotopów promieniotwórczych od momentu skażenia środowiska (w tym paszy) a w następstwie krowy. Znaczący jest również ilościowy udział mleka w średniej dziennej racji pokarmowej.

Tabela 1 Stężenie ^{137}Cs w mleku, 2009 [Bq/l]

	Liczba prób	Zakres średnich stężeń ^{137}Cs [Bq/l]
pomorskie	2	0,27
mazowieckie	2	0,19
wielkopolskie	4	0,10 – 0,25
kujawsko-pomorskie	6	0,05 – 0,20
małopolskie	2	0,24
łódzkie	14	0,05 – 1,02

Na podstawie wyników badań i danych z rocznika statystycznego dotyczących spożycia oceniono roczne wchłonięcia ^{137}Cs z mlekiem. Dla dorosłych mieszkańców Warszawy oszacowano roczną efektywną dawkę od ^{137}Cs , korzystając ze współczynnika przeliczeniowego Sv/bekerel. Spożycie mleka wyniosło 182 litry na rok na 1 osobę.

Tabela. 2. Dawka efektywna otrzymywana przez dorosłych w wyniku spożywania mleka zawierającego ^{137}Cs [μSv]

Rejon pochodzenia mleka	Dawka efektywna od ^{137}Cs w mleku [μSv]
pomorskie	0,64
wielkopolskie	0,24 – 0,59
kujawsko-pomorskie	0,12 – 0,47
małopolskie	0,57
łódzkie	0,12 – 2,41
mazowieckie *	0,45

*) Badania 16 próbek mleka przeprowadzone w 2008 roku wykazały, że dawki od mleka z województwa mazowieckiego mogą być w zakresie od 0,07 μSv do 2,64 μSv .

Otrzymywane dawki efektywne od mleka są zróżnicowane w zależności od terenu, z którego mleko pochodzi. Rozkład stężeń jest zgodny z rozkładem skażeń po awarii w Czarnobylu. Dawki te jednak nie są znaczące.

OCENA DAWEK POCHŁONIĘTYCH PRZEZ DZIECI I MŁODZIEŻ W RÓŻNYM WIEKU OD WCHŁONIĘĆ ^{137}Cs I ^{90}Sr Z ŻYWNOSCIĄ

B. Rubel, W. Muszyński, M. Kardaś, W. Kurowski, K. Trzpił
Praca finansowana przez KBN

Oznaczenie zawartości ^{137}Cs i ^{90}Sr w próbkach całodziennego pożywienia dzieci w różnych grupach wiekowych oraz oszacowanie dawki, jaką otrzymują dzieci w wyniku spożywania żywności zawierającej te izotopy stanowiły cel pracy.

Materiałem do badań były całodziennie posiłki (śniadanie, obiad, podwieczorek i kolacja) pobierane w Domu Małego Dziecka na terenie Warszawy w 2009 roku. Pobrano posiłki przygotowane dla dzieci w wieku 2-3 lata oraz w wieku 10-12 miesięcy. Dodatkowo pobrano posiłki bez mleka dla dzieci w wieku 2-3 lata. W tym przypadku mleko zostało zastąpione Nutramigenem – preparatem stosowanym w alergiach na białko mleka. Dzieciom nie podawano również żadnych produktów mlecznych, nie używano śmietany do przyprawiania zup lub surówek, masło zastąpiono masłem roślinnym. Próbkę z każdego dnia i dla każdej grupy wiekowej i rodzaju diety analizowane były osobno. Oznaczano stężenie aktywności ^{137}Cs metodą spektrometryczną lub radiochemiczną. Stężenie aktywności strontu-90 oznaczano poprzez pomiar aktywności itru-90.

Oznaczona zawartość ^{137}Cs i ^{90}Sr w całodziennych posiłkach dla dzieci zestawiono w tabeli:

	Zawartość ^{137}Cs [Bq/dzień]		Zawartość ^{90}Sr [Bq/dzień]	
	średnia	zakres	średnia	zakres
Dzieci 2-3 lata dieta normalna	$0,54 \pm 0,06$	$0,28 \pm 0,04 - 0,85 \pm 0,07$	$0,09 \pm 0,02$	$0,06 \pm 0,02 - 0,13 \pm 0,02$
Dzieci 2-3 lata dieta bez mleka	$0,19 \pm 0,02$	$0,13 \pm 0,02 - 0,27 \pm 0,01$	$0,04 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,01 - 0,05 \pm 0,01$
Dzieci 10-12 miesięcy	$0,07 \pm 0,01$	$0,06 \pm 0,01 - 0,08 \pm 0,01$	$0,03 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,01 - 0,03 \pm 0,01$

Produktami, które mają wpływ na poziom stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs w posiłkach są mleko i mięso, głównie wołowe. Mleko i produkty mleczne stanowią dla dzieci jeden z głównych składników całodziennego pożywienia.

Na podstawie analizy posiłków z poszczególnych dni oceniono średnie roczne wchłonięcia ^{137}Cs i ^{90}Sr z żywnością oraz oszacowano dawki efektywne otrzymywane przez dzieci. Dane zestawiono w tabeli:

	Wchłonięcia ^{137}Cs [Bq/rok]	Dawka efektywna od ^{137}Cs [μSv]	Wchłonięcia ^{90}Sr [Bq/rok]	Dawka efektywna od ^{90}Sr [μSv]
Dzieci 2-3 lata dieta normalna	197	1,9	31	1,5
Dzieci 2-3 lata dieta z Nutramigenem	71	0,7	15	0,8
Dzieci 10-12 miesięcy	25	0,5	9	2,0

Dawki efektywne pochodzące od ^{137}Cs i ^{90}Sr na niskim poziomie zanotowano w grupie dzieci otrzymującej dietę bez mleka (z nutramigenem). Małe dawki od ^{137}Cs w grupie dzieci 10-12 miesięcy są związane z podawaniem dzieciom odżywek. W przypadku ^{90}Sr otrzymywana dawka w analizowanych grupach wiekowych jest na zbliżonym poziomie. Jest to związane z masą spożywanych posiłków i przelicznikiem Sv/Bq.

Przeprowadzone badania wskazują, że dawki efektywne od ^{137}Cs i ^{90}Sr w grupach dzieci 2-3 lata i 10-12 miesięcy znajdują się na niskim poziomie.

POMIARY ZAWARTOŚCI IZOTOPÓW ^{137}Cs I ^{90}Sr W PRODUKTACH ŻYWNOŚCIOWYCH I DANIACH GOTOWYCH

B. Rubel, W. Muszyński, M. Kardaś, K. Trzpił, W. Kurowski

W 2009 roku wykonano dwie prace dotyczące oznaczania ^{137}Cs i ^{90}Sr w produktach żywnościowych i gotowych daniach. Pierwsza dotyczyła Warszawy i obejmowała analizę dań gotowych i produktów żywnościowych, druga obejmowała analizę tylko dań gotowych dla Łodzi i Kielc.

Zawartość ^{137}Cs oznaczano spektrometrycznie po homogenizacji świeżego produktu lub w popiele po mineralizacji w temperaturze poniżej 450°C lub radiochemicznie. Zawartość ^{90}Sr oznaczano radiochemicznie.

Stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs i ^{90}Sr oznaczano w próbkach produktów żywnościowych dostępnych w sklepach na terenie Warszawy. Próby były pobierane według harmonogram i pochodziły z różnych regionów kraju. Skład każdej uwzględniał spożycie poszczególnych gatunków lub rodzajów danego asortymentu wg danych z Rocznika Statystycznego.

Tabela 1. Stężenie ^{137}Cs i ^{90}Sr w próbach produktów żywnościowych pobranych na terenie Warszawy

Produkt	Stężenie aktywności ^{137}Cs [Bq/kg, Bq/l]	Stężenie aktywności ^{90}Sr [Bq/kg, Bq/l]
Mleko I - VI	$0,76 \pm 0,02$	$0,04 \pm 0,01$
Mleko VII - XII	$0,27 \pm 0,02$	$0,03 \pm 0,01$
Mięso	$0,24 \pm 0,03$	$<0,02$
Drób	$0,18 \pm 0,04$	$<0,02$
Jaja	$0,16 \pm 0,03$	$<0,01$
Ryby: Dorsz	$5,32 \pm 0,34$	$0,23 \pm 0,02$
Pstrąg	$0,29 \pm 0,02$	$<0,02$
Owoce	$0,11 \pm 0,02$	$0,03 \pm 0,01$
Warzywa	$0,12 \pm 0,02$	$0,09 \pm 0,02$
Ziemniaki	$0,16 \pm 0,03$	$0,03 \pm 0,01$
Produkty zbożowe	$0,16 \pm 0,02$	$0,06 \pm 0,01$
Pieczywo	$0,19 \pm 0,02$	$0,10 \pm 0,01$

Oznaczone stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs w poszczególnych produktach nie różnią się w sposób zasadniczy od aktywności oznaczanych w ciągu ostatnich 2 lat. Stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w mleku jest na różnym poziomie, zależy od regionu, z którego pochodzi i jakie na danym terenie były skażenia po awarii w Czarnobylu.

Dla określenia stężeń ^{137}Cs i ^{90}Sr w całodziennych posiłkach na terenie Warszawy pobrano dwa razy w ciągu roku (luty i wrzesień) po 2 zestawy całodziennego pożywienia przez 5 dni. W Łodzi (luty) i Kielcach (marzec) pobrano tylko raz w roku całodzienną posiłki.

Posiłki z każdego dnia i miasta były analizowane osobno. Dwie porcje całodziennego pożywienia łączono (zwiększenie próbki do analizy).

Tabela 2. Zawartość ^{137}Cs i ^{90}Sr w całodziennych posiłkach pobranych w Warszawie, Łodzi i Kielcach.

izotop	Zawartość izotopu [Bq/dzień]	Warszawa		Łódź	Kielce
		luty	wrzesień	luty	marzec
^{137}Cs	średnia	$0,78 \pm 0,05$	$0,86 \pm 0,06$	$0,51 \pm 0,08$	$0,33 \pm 0,05$
	zakres	0,48 – 1,68	0,20 – 3,07	0,44 – 0,63	0,28 – 0,37
^{90}Sr	średnia	$0,12 \pm 0,02$	$0,10 \pm 0,01$	$0,06 \pm 0,01$	$0,07 \pm 0,01$
	zakres	0,11 – 0,15	0,07 – 0,14	0,05 – 0,07	0,06 – 0,09

Zawartości ^{137}Cs w całodziennych posiłkach w analizowanym okresie były w zakresie od 0,20 Bq/dzień do 3,07 Bq/dzień w Warszawie. Wartość 3,07 Bq/dzień znacząco odbiega od pozostałych wartości. Tego dnia podano na obiad zupę grzybową a na kolację pastę rybną. Również wartość 1,68 Bq/dzień jest znacznie wyższą od pozostałych. Mogło to być spowodowane podaniem na kolację pasty rybnej. Niektóre gatunki ryb morskich zawierają ^{137}Cs na poziomie kilku Bq/kg. Wartość 0,20 Bq/dzień odbiega również od pozostałych, tego dnia zarówno na obiad jak i na kolację podawano dania przygotowane z produktów o małej zawartości ^{137}Cs . W Kielcach i Łodzi nie zauważa się tak dużych różnic w wartościach ^{137}Cs w poszczególnych dniach. Rozrzut zmierzonych zawartości izotopu ^{137}Cs w poszczególnych dobowych próbkach związany jest z udziałem różnych produktów żywnościowych w dobowej diecie. Wyższe zawartości cezu rejestruje się między innymi w mleku i produktach mlecznych, mięsie, w niektórych gatunkach ryb.

Zawartości ^{90}Sr w posiłkach były w zakresie od 0,05 Bq/dzień do 0,15 Bq/dzień; w analizowanych posiłkach z trzech miast. Rozrzut zawartości ^{90}Sr jest mniej znaczący. Stężenie ^{90}Sr w różnych produktach jest na tym samym poziomie, nie ma znaczących różnic w stężeniu ^{90}Sr w całodziennych posiłkach. Różnice wynikają jedynie z masy posiłków.

Na podstawie otrzymanych zawartości ^{137}Cs i ^{90}Sr w całodziennych posiłkach i stężeniu izotopów w grupach produktów żywnościowych oraz wielkości ich spożycia oceniono roczne wchłonięcia izotopów ^{137}Cs i ^{90}Sr .

Tabela 3. Zawartość ^{137}Cs i ^{90}Sr w całorocznym pożywieniu

Metoda oceny:	^{137}Cs [Bq/osobę, rok]	^{90}Sr [Bq/osobę, rok]
Na podstawie analizy całodziennych posiłków z Warszawy	189 (301*)	40
Na podstawie analizy całodziennych posiłków z Łodzi	186	22
Na podstawie analizy całodziennych posiłków z Kielc	120	26
Na podstawie analizy produktów żywnościowych i średniego spożycia	187	34

*) uwzględniono danie z grzybami

Trudno jest uwzględnić rzeczywiste spożycie grzybów leśnych na osobę w ciągu roku, dlatego też w analizie stężeń ^{137}Cs i ^{90}Sr w produktach żywnościowych nie uwzględnia się grzybów.

Oszacowane wchłonięcia izotopów ^{137}Cs i ^{90}Sr z żywnością mieszkańców Warszawy, Łodzi i Kielc są na zbliżonym poziomie i nie różnią się znacząco od wyników otrzymywanych w poprzednich latach dla Warszawy i innych miast Polski.

OZNACZENIE PROMIENIOTWÓRCZOŚCI WODY DO PICIA W DUŻYCH AGLOMERACJACH MIEJSKICH I OCENA DAWEK OD JEJ SPOŻYCIA

A. Fulara, A. Adamczyk, E. Chrzanowski

Praca wykonana na zlecenie Państwowej Agencji Atomistyki (umowa 20/OR/2009)

Badania promieniotwórczości wody wodociągowej w 2009 roku prowadzono w północno- zachodniej Polsce.

Objętość wody pobieranej z każdego punktu poboru wynosiła 20 litrów.

^{137}Cs i ^{90}Sr oznaczano w tej samej próbce o objętości 15 litrów, w pozostałych 5 litrach oznaczano tryt oraz całkowitą promieniotwórczość alfa i beta.

Łącznie pobrano i wykonano analizę w wodach z 23 stacji uzdatniania wody.

Wyniki oznaczeń ^{137}Cs i ^{90}Sr w wodach do picia pobranych w dziewięciu miastach wskazują, że stężenia ^{137}Cs jak i ^{90}Sr w wodzie pitnej znajdowały się na bardzo niskim poziomie. Stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs mieściło się w zakresie od wartości mniejszej niż granica detekcji ($<0,41$ Bq/l) do $3,95 \pm 0,48$ Bq/l. W przypadku ^{90}Sr zakres stężeń wynosił od $<0,36$ Bq/l do $4,70 \pm 0,74$ Bq/l.

Stężenie trytu w wodach pitnych wahało się od wartości mniejszej niż granica detekcji (0,5 Bq/l) do 1,7 Bq/l.

Całkowita promieniotwórczość beta badanych wód była bardzo niska i zawierała się w zakresie od $0,02 \pm 0,01$ Bq/l do $0,20 \pm 0,03$ Bq/l. Średnie stężenie całkowitej promieniotwórczości beta obliczone dla wszystkich analizowanych wód wynosiło $0,11 \pm 0,02$ Bq/l.

Całkowita promieniotwórczość alfa tylko w jednej wodzie była równa granicy detekcji.

Jak wynika z Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. Nr 61, poz. 417, Załącznik nr 3) dopuszczalne stężenie trytu w wodzie do picia nie może przekraczać 100 Bq/l, a całkowita dopuszczalna dawka wynosi 0,1 mSv/rok.

Wartość 0,1 mSv/rok nie jest przekroczona, jeżeli całkowita promieniotwórczość α nie przekracza wartości 0,1 Bq/l i całkowita promieniotwórczość β nie przekracza wartości 1 Bq/l (Guidelines for drinking-water quality, Second Edition, WHO, Geneva, 1993).

Obciążające dawki skuteczne od rocznych wchłonieć ^{137}Cs z wodą do picia dla dziewięciu badanych aglomeracji mieszczą się w zakresach od $0,005$ $\mu\text{Sv/rok}$ dla grupy od 1 – 10 lat do $0,013$ $\mu\text{Sv/rok}$ dla osób dorosłych. Od rocznych wchłonieć ^{90}Sr dawki te zawierają się w granicach od $0,016$ $\mu\text{Sv/rok}$ w grupie od 1 – 10 lat oraz dla osób dorosłych, do $0,045$ $\mu\text{Sv/rok}$ dla dzieci poniżej 1 roku. Obciążające dawki skuteczne od wchłonieć ^{137}Cs są od kilku do kilkunastu razy niższe od dawek pochodzących od ^{90}Sr . Wyniki uzyskane w tej pracy wskazują, że dawki te są pomijalnie małe.

OKREŚLENIE POZIOMÓW ODNIESIENIA URANU I PLUTONU W MOCZU LUDZI DO OCENY SKAŻEŃ WEWNĘTRZNYCH OSÓB MAJĄCYCH KONTAKT Z MATERIAŁAMI ROZSZCZEPIALNYMI

Lidia Rosiak, Ewa Starościak
Umowa PAA Nr7/SP/2009

Uran i pluton są izotopami o specjalnym znaczeniu. W związku z przypadkami nielegalnego obrotu materiałami rozszczepialnymi oraz coraz częstszym zastosowaniem zubożonego uranu w celach cywilnych jak i wojskowych istnieje niebezpieczeństwo wchłonięcia tych pierwiastków promieniotwórczych drogą inhalacyjną i pokarmową w razie wypadku radiacyjnego. Narażenie to dotyczy zarówno służb, pracowników jak i ludności zamieszkującej okolice zdarzenia. Ocenę narażenia można przeprowadzić znając skażenie wewnętrzne. Skażenia wewnętrzne można określić na podstawie wyników oznaczeń radioizotopów w dobowych próbkach moczu i parametrów metabolizmu tych pierwiastków w organizmie człowieka. Miarą narażenia będzie dawka skuteczna obliczona z wykorzystaniem odpowiednich współczynników przeliczeniowych zalecanych w Publikacjach ICRP. Celem tej pracy jest oznaczenie obok siebie uranu i plutonu w dobowych próbkach moczu ludzi nie narażonych zawodowo. Uzyskane wyniki mogą stanowić poziomy odniesienia, co umożliwi wykrycie skażeń tymi radionuklidami w przypadku ich nieprzewidzianych uwolnień do środowiska.

Dobowe próbki moczu pobrano od 10 zdrowych mieszkańców Warszawy (w tym 5 kobiet i 5 mężczyzn) w wieku od 23 do 60 lat. Osoby te nigdy nie pracowały ze związkami uranu lub/i plutonu.

W 1L próbkach moczu oznaczano ^{238}Pu , ^{239}Pu i ^{240}Pu wobec znacznika – ^{242}Pu oraz ^{235}U , ^{234}U i ^{238}U w obecności znacznika ^{232}U . Radiochemiczna metoda oznaczania plutonu i uranu polega, w wielkim uproszczeniu, na oddzieleniu tych izotopów od siebie na kolumnie chromatograficznej (pluton pozostaje na kolumnie, uran jest wymywany kwasem azotowym). Pluton, na kolumnie chromatograficznej, oddziela się od izotopów toru przez przemycie stężonym kwasem solnym, a następnie wymywa się roztworem jodku amonu w kwasie solnym. Uran, z wycieku z kolumny, ekstrahuje się roztworem trójbutylofosforanu w nafcie, a następnie prowadzi ekstrakcję z fazy organicznej do wodnej najpierw kwasem azotowym potem wodą destylowaną. Dalsza część analizy jest identyczna dla obu pierwiastków. Prowadzi się ich elektrodpozycję na krążkach stalowych i mierzy promieniowanie alfa.

Tą metodą nie udało się oznaczyć stężeń aktywności izotopów plutonu w 1-litrowych próbkach moczu. Stężenia plutonu we wszystkich 10 próbkach były poniżej granicy oznaczalności, która wynosiła 0,2 mBq/l.

Nie udało się też oznaczyć stężeń ^{235}U w 1-litrowych próbkach. We wszystkich 10 przypadkach stężenia aktywności ^{235}U były poniżej granicy wykrywalności, która wynosiła 0,5 mBq/l.

Stężenia ^{234}U w próbkach wahały się znacznie w zakresie od $2,307 \pm 0,59$ do $15,99 \pm 2,12$ mBq/l (średnia: $7,41 \pm 5,09$ mBq/l), a stężenia ^{238}U w zakresie od $1,78 \pm 0,51$ do $15,46 \pm 2,05$ (średnia: $6,24 \pm 4,78$ mBq/l). Średnia objętość dobowej próbki moczu wynosiła 1,79l, tak więc średnie dobowe wydalenie z moczem ^{234}U można określić na $13,45 \pm 9,95$ mBq/dobę, a ^{238}U $11,41 \pm 9,27$ mBq/dobę.

Dobowe wydalanie w moczu obu badanych izotopów uranu było wyższe u kobiet niż u mężczyzn. W przypadku mężczyzn zaobserwowano znaczną korelację wydalanego dobowo uranu z wiekiem badanej osoby ($R^2=0,68$). Porównując uzyskane wyniki z danymi z wcześniej przeprowadzonych badań na 9 osobowej grupie mieszkańców Warszawy korelacja ta nie jest już tak duża ($R^2=0,24$). Nie można jednoznacznie stwierdzić, przy tak małej ilości próbek, że dobowe wydalanie uranu z moczem jest zależne od płci lub wieku.

Przyjęto następujące założenia do obliczania rocznej dawki efektywnej od chronicznych wchłonień drogą pokarmową z danych o ilości uranu wydalanego w ciągu doby z moczem:

6. Uran wprowadzany do krwi z układu pokarmowego jest w równowadze uranem obecnym w ustroju człowieka
7. Cała ilość uranu będącego w ustroju jest wydalana z moczem $f_U = 1$
8. Dobowe wydalanie uranu z moczem jest proporcjonalne do jego zawartości w ustroju
9. $f_1 = 2\%$ dla wszystkich składników diety
10. DCF od wchłonień drogą pokarmową:
dla $^{234}\text{U} = 4,9 \times 10^{-8} \text{ Sv/Bq}$
dla $^{238}\text{U} = 4,5 \times 10^{-8} \text{ Sv/Bq}$

Obliczone średnie dzienne i roczne wchłonięcia ^{234}U i ^{238}U wynosiły odpowiednio 13,7 mBq/d i 7,3 Bq/rok oraz 11,6 mBq/d i 4,25 Bq/rok. W porównaniu z wchłonięciami jakie wyliczył zespół prof. Z. Pietrzak-Flis z pobierania uranu z pokarmem i wodą pitną (dla Polski Centralnej – 8,08 Bq/rok) wyliczone w tej pracy roczne wchłonięcie jest o połowę niższe.

Średnia dawka efektywna wyniosła dla ^{234}U - 0,19 mSv/rok, a dla ^{238}U - 0,25 mSv/rok, co daje sumaryczną dawkę od uranu równą 0,44 mSv/rok. Dawka ta stanowi ok. 0,2% rocznej dawki od środowiska.

OCENA DAWEK POCHŁONIĘTYCH DLA ORGANIZMÓW STANDARDOWYCH CHARAKTERYSTYCZNYCH DLA ŚRODOWISKA LĄDOWEGO I WODNEGO W POLSCE

L. Rosiak, P. Krajewski, E. Starościk, D. Podstawka

Omawiany temat jest kontynuacją prac prowadzonych w latach 2003-2008. W 2009 r. prowadzono pomiary stężeń promieniotwórczych ^{226}Ra , ^{137}Cs , ^{40}K w próbkach bezkręgowców z gromady *Gastropoda*. W okresie od maja do sierpnia 2009 pobrano próbki 3 gatunków ślimaków:

winniczek (*Helix pomata*), pomrów czarniawy (*Limax cinereoniger*) oraz ślinik wielki (*Arion rufus*). Próbki winniczka pobierano z 5 miejsc w Warszawie (Żerań, Tarchomin, Okęcie, Kępa Zawadowska, Młociny) oraz z 4 miejsc z terenu województwa mazowieckiego (Zalew Zegrzyński, Czersk, Pułtusk, Adamów). Próbki ślinika pobrano z Warszawy (Okęcie i Chomiczówki), a próbki pomrowa z Adamowa. Razem ze ślimakami pobierano ok. 2 kg próbki gleby.

Wyniki oznaczenia ^{137}Cs i ^{40}K w próbkach winniczka z terenu województwa mazowieckiego przedstawia tabela 1.

Tabela 1

Miejsce	Liczba prób	Masa świeża [g]	^{137}Cs [Bq/ kg-św.m]	^{40}K Bq/kg św.m]
Zalew Zegrzyński	2	179	1,01	9,68
		192	0,77	21,4
Pułtusk	2	127	0,11	27,5
		167	0,15	33,5
Czersk	2	205	0,29	20,8
		210	8,15	21,2
Adamów	4	161	1,20	53,0
		359	2,67	37,5
		269	4,19	25,9
		145	5,49	10,4
ogółem Średnia±OS	10	201 ± 68	2,40 ± 2,72	26,1 ± 12,9

W winniczkach z terenu województwa mazowieckiego stężenia ^{137}Cs wahały się znacznie od 0,11 (Pułtusk) do 8,5 (Czersk) Bq/kg świeżej masy. Średnio najwyższe stężenia tego radionuklidu obserwowano w winniczkach z Adamowa – 3,39 Bq/kg świeżej masy, a najniższe w ślimakach z Pułtusa – 0,13 Bq/kg świeżej masy. Stężenia ^{40}K wahały się w granicach od 9,68 (Zalew Zegrzyński) do 53,0 (Adamów) Bq/kg świeżej masy. W winniczkach z Adamowa obserwowano odwrotnie proporcjonalną zależność pomiędzy stężeniami ^{40}K i ^{137}Cs .

Wyniki oznaczania ^{226}Ra , ^{137}Cs i ^{40}K w winniczkach z terenu Warszawy zebrano w tabeli 2. Oznaczanie ^{226}Ra wykonano tylko w 7 próbkach i średnie stężenie tego radionuklidu wynosiło 2,35 Bq/kg świeżej masy w zakresie od 0,66 do 5,90 Bq/kg świeżej masy. Stężenia ^{137}Cs w tych ślimakach wahały się znacznie od 0,07 (Okęcie) do 3,64 (Młociny)

Bq/kg świeżej masy. Stężenia ^{40}K wahały się w granicach od 5,42(Młociny) do 52,3 (Tarchomin) Bq/kg świeżej masy.

Tabela 2

Miejsce WARSZAWA	Liczba prób	Masa świeża [g]	^{226}Ra [Bq/ kg św.m]	^{137}Cs [Bq/ kg św.m]	^{40}K [Bq/kg św.m]
Okęcie	4	238	1,30	0,09	13,4
		120	0,66	0,07	15,1
		179	2,46	0,34	36,3
		186	5,90	0,45	49,0
Żerań	2	75	1,94	0,26	44,1
		120	-	0,15	11,3
Tarchomin	2	96	-	0,29	52,3
		225	1,04	0,50	45,4
Młociny	3	265	3,16	3,64	16,3
		235	-	0,75	5,42
		79	-	2,02	21,4
Kępa Zawadowska	2	287	-	0,74	20,2
		311	-	0,35	21,5
Ogółem ŚREDNIA±OS	13	186 ± 81	2,35 ± 1,78	0,74 ± 1,01	27,1 ± 16,1

Wyniki oznaczania ^{226}Ra , ^{137}Cs i ^{40}K w ślimakach nagich (bezmuszlowych) zebrano w tabeli 3.

Tabela 3

Miejsce	Liczba prób	Masa świeża [g]	^{226}Ra [Bq/ kg św.m]	^{137}Cs [Bq/ kg św.m]	^{40}K [Bq/ kg św.m]
Okęcie Chomiczówka ślinik	1 3	53,3	0,24	0,94	28,6
		233	0,24	0,76	19,4
		153	-	1,26	53,6
		127	0,20	1,01	19,7
Adamów pomrów	3	391	0,41	111	61,5
		343	0,15	72,3	17,0
		161	-	216	63,1
Ogółem ŚREDNIA±OS	7	209 ±121	0,25 ±0,09	57,6 ±82,6	37,6 ±20,9

Obserwowano bardzo wysokie stężenie ^{137}Cs w pomrowach z Adamowa – 133 Bq/kg świeżej masy, ok. 40-krotnie wyższe od stężenia (3,39 Bq/kg świeżej masy) tego radionuklidu w winniczkach, pochodzących z tego samego stanowiska. Stężenia ^{226}Ra w ślimakach nagich było średnio o rząd wielkości niższe niż w winniczkach.

Ocenę dawek pochłoniętych dla ślimaków wykonano stosując własny, napisany w CLOR, program BIOTA do liczenia dawek. Ocenę rocznych dawek pochłoniętych dla ślimaków przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4

Miejsce	⁴⁰K [mGy rok-1] Średnia±OS	²²⁶Ra [mGy rok-1] Średnia±OS	¹³⁷Cs [mGy rok-1] Średnia±OS	Suma [mGy rok-1]
Warszawa				
winniczek	0,39 ±0,06	9,15 ±6,24	0,06 ±0,03	9,60
ślinik	0,47±0,05	0,86 ±0,09	0,46±0,28	1,79
Adamów				
winniczek	0,43 ±0,06	-	0,21 ±0,01	0,64
pomrów	0,47 ±0,07	0,87 ±0,39	0,76 ±0,32	2,10
Czersk, Zegrze,				
Pułtusk	0,45 ±0,14	-	0,03 ±0,02	0,48
ŚREDNIA	0,44	3,63	0,30	4,37

Dla ślimaków roczne dawki pochłonięte są niewielkie. Największy wkład do dawki całkowitej wnosi ²²⁶Ra. Dawki od ¹³⁷Cs i ⁴⁰K są porównywalne, ale o rząd wielkości niższe niż dawki od ²²⁶Ra.

PRZEPROWADZENIE POMIARÓW PORÓWNAWCZYCH W ZAKRESIE
OZNACZANIA IZOTOPU ^{137}Cs PRZEZ PLACÓWKI PODSTAWOWE PROWADZĄCE
POMIARY SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH W RAMACH MONITORINGU
RADIACYJNEGO KRAJU

M. Kardaś, W. Kurowski, W. Muszyński, B. Rubel

Praca finansowana przez Państwową Agencję Atomistyki
(Umowa nr 23/OR/2009 z dnia 17 kwietnia 2009 r.)

Celem pracy było przeprowadzenie pomiarów porównawczych w zakresie oznaczeń aktywności izotopu ^{137}Cs w próbkach materiału kontrolnego przez placówki podstawowe prowadzące pomiary skażeń promieniotwórczych w Polsce.

Materiałem kontrolnym do pomiarów porównawczych była woda pitna domieszkowana roztworem wzorcowym ^{137}Cs . Wodę pobrano z ujęcia wodociągowego na terenie Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej.

Sprawdzono wzorcowanie spektrometrów gamma (spektrometry Canberra z detektorami HPGe i oprogramowaniem Genie 2000).

Poprawność wzorcowania była również sprawdzona w porównaniach międzynarodowych „Radiotoxicology Intercomparisons 2009” organizowanym przez PROCORAD, Francja.

Przygotowano pojemnik o pojemności ok. 120 litrów. Pojemnik wysycono roztworem o składzie 25 μg Cs jako CsCl w 0,1 mol/litr HCl. Pojemnik opróżniono i następnie nalano 100 litrów wody pitnej, wodę zakwaszono (1 ml HNO_3 stęż. na 1 litr wody). Przygotowano rozcieńczony roztwór wzorcowy ^{137}Cs , rozcieńczenie przeprowadzono zgodnie z zaleceniami producenta roztworu wzorcowego. Dodano do wody rozcieńczony roztwór wzorcowy w takiej objętości, aby otrzymać materiał referencyjny (wodę) o stężeniu aktywności wymaganym w zleceniu.

Próbę wody wymieszano mechanicznie. Przyjmuje się, że roztwory wodne są homogenne na mocy praw fizycznych (termodynamicznych), co potwierdziły pomiary.

Przygotowano referencyjne próbki do rozesłania do placówek. Pojemniki HDPE (45 sztuk) wysycono roztworem CsCl w 0,1 mol/litr HCl w celu zapobieżenia reakcji ^{137}Cs ze ściankami naczynia. Następnie wlewano po ok. 2500 ml materiału referencyjnego do pojemnika. Każda z placówek ma możliwość oznaczenia stężenia aktywności ^{137}Cs niezależnie od posiadanej aparatury i metody stosowanej do oznaczania tego izotopu.

Do każdej przesyłki dołączono formularze do wpisania danych dotyczących laboratorium i osób wykonujących pomiary, informacji o metodach oznaczeń oraz danych dotyczących aparatury.

Wyniki pomiarów próbek kontrolnych otrzymano z 30 placówek. Placówki wykonały 42 oznaczenia stężeń promieniotwórczych ^{137}Cs (12 placówek wykonało oznaczenia dwoma metodami: spektrometria i radiochemia).

Wszystkie wyniki pomiarów wprowadzono do rejestru i przeprowadzono ich analizę. Wyniki pomiarów porównano z wartościami odniesienia. Wykorzystując testy Dixona, Grubbsa i t-Studenta odrzucono wyniki wątpliwe, pozostałe poddano analizie statystycznej.

Liczba wyników w przedziale $\pm 25\%$ wartości referencyjnej wynosiła 35 (83,3% nadesłanych). Oceniono, zgodnie z kryteriami stosowanymi przez MAEA, poprawność i precyzję wyników oznaczeń nadesłanych przez placówki. Wynik jest akceptowany jeśli spełnia obydwa kryteria. 33 wyniki spełniają ten warunek. Wyznaczono parametr Z, wartość bezwzględna parametru Z jest ≤ 2 dla 29 wyników, co oznacza, że wynik w sposób istotny nie różni się od wartości referencyjnej.

Zakład Dozymetrii



2009

UTRZYMANIE SYSTEMU ZAPEWNIENIA JAKOŚCI
W AKREDYTOWANEJ PRACOWNI PROMIENIOTWÓRCZOŚCI NATURALNEJ
W ZAKRESIE BADAŃ WZORCA ODNIESIENIA RADU ^{226}Ra , TORU ^{228}Th
I POTASU ^{40}K

*Krzysztof Isajenko, Alfred Żak, Barbara Piotrowska, Jarosław Rychlicki,
Magdalena Kuczbajska, Adam Ząbek*

Rzeczowy zakres prac na 2009 rok obejmował:

- nadzór techniczny nad wyposażeniem Laboratorium oraz prowadzenie okresowych kalibracji spektrometrów;
- doskonalenie systemu zarządzania w Pracowni Promieniotwórczości Naturalnej w zakresie pomiarów stężeń radionuklidów naturalnych: ^{226}Ra , ^{228}Th oraz ^{40}K w surowcach i materiałach budowlanych;
- przeprowadzanie auditu akredytacyjnego przez PCA;
- przeprowadzenie 2 auditów wewnętrznych (techniczny i systemowy).

W 2009 roku w ramach nadzoru technicznego nad wyposażeniem Laboratorium przeprowadzono kalibrację spektrometrów typu AZAR i typu MAZAR.

W ramach ciągłego doskonalenia systemu zarządzania wykonano aktualizację dokumentacji systemu zarządzania, tj. Księgi jakości i Księgi metody badawczej. Zmiany w dokumentacji dotyczyły wprowadzenia poprawek po auditach i po przeglądzie zarządzania. Po dokonanych zmianach przeszkolono personel laboratorium w zakresie wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025 p. 4.12 i 4.13 tj. działań zapobiegawczych oraz nadzór nad zapisami. W 2009 roku w laboratorium zatrudniono nowego pracownika, którego objęto szkoleniem w całym zakresie pracy w Laboratorium. Szczegółowy plan szkoleń dotyczył:

- zasady działania aparatury,
- konstrukcji i regulacji urządzeń spektrometrycznych,
- wykonania pełnej kalibracji aparatury pomiarowej,
- przygotowanie próbki i przeprowadzenie pomiaru,
 - zasadność prowadzenia cotygodniowych pomiarów kontrolnych wzorców i próbek kontrolnych,
- ocena prawidłowości przeprowadzonego pomiaru,
- obliczanie wskaźnika aktywności f_1 ,
- sporządzenie raportu z badań.

W tym roku przeprowadzono również szkolenie zewnętrzne pt.: Wdrażanie systemu zarządzania w laboratorium według wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005 zorganizowane przez Biuro Zarządzania Jakością, Środowiskiem i BHP.

Oprócz tego na podstawie odrębnej Umowy z PAA Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej zorganizowało i przeprowadziło pomiary

porównawcze zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych w surowcach i materiałach budowlanych przez jednostki organizacyjne prowadzące takie pomiary. Wyniki badań zostały zaprezentowane w odrębnym sprawozdaniu.

Priorytetowym zadaniem w 2009 roku dla laboratorium było uzyskanie akredytacji. Audit akredytacyjny przez audytorów PCA został przeprowadzony w dniach 5-6 maja 2009 r. W czasie tego auditu zostało stwierdzone 5 niezgodności:

Jedna niezgodność duża:

- Nie przeprowadzono do tej pory żadnych auditów wewnętrznych;

Trzy niezgodności średnie:

- Brak identyfikacji listy dostawców (podpis, data) oraz przeniesienia informacji z kart dostawców;

- Sporządzony harmonogram auditów wewnętrznych nie zawierał daty zatwierdzenia;

- Niepełna identyfikowalność niektórych zapisów technicznych;

Jedna niezgodność mała:

- Zła interpretacja (klasyfikacja) działań zapobiegawczych. Nie wszystkie spostrzeżenia spisane w przeglądzie dokumentacji kwalifikowały się do działań zapobiegawczych.

Z powodu zgłaszanych przez PCA uwag dotyczących przedstawionych dowodów realizacji działań korygujących i zapobiegawczych, proces przyznania akredytacji wydłużył się do IV kwartału 2009 r.

W 2009 roku przeprowadzono jeden przegląd zarządzania i dwa audyty wewnętrzne.

Cele z Przeglądu Zarządzania zostały osiągnięte.

Audyty wewnętrzne przeprowadzono w dniach 20-21.05.2009 (systemowy) i 28-29.09.2009 (techniczny).

Audit wewnętrzny dotyczący systemu zarządzania, przeprowadzono w oparciu o pkt. 4.1-4.15; pkt. 5.2-5.10 normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005. Audytorem była Grażyna Krajewska.

Za kryterium auditu wewnętrznego obejmującego działania techniczne przyjęto: pkt. 4.6; pkt. 4.9; pkt. 4.13 oraz pkt. 5.2 – 5.10 normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005. Audytorem był Janusz Henschke.

Stwierdzone niezgodności zostały usunięte w 2009 roku. Podjęto również działania naprawcze i zapobiegawcze.

Końcowy raport z oceny na miejscu w procesie akredytacji przygotowany przez audytorów zewnętrznych - wiodącego i technicznego Laboratorium otrzymało dn. 16.10.2009 r., po czym został podpisany Kontrakt pomiędzy PCA a CLOR w zakresie współpracy stron wynikający z udzielonej akredytacji.

Z dniem 19 listopada 2009 r. Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej jest uznawane za laboratorium badawcze akredytowane Nr AB 1108. Jednak z uwagi na zmiany personalne osób funkcyjnych w LPPN do czasu uzyskania potwierdzenia przez PCA kompetencji osoby upoważnionej do autoryzacji Laboratorium dobrowolnie wstrzymało używanie symbolu akredytacji.

ZORGANIZOWANIE I PRZEPROWADZENIE POMIARÓW PORÓWNAWCZYCH ZAWARTOŚCI NATURALNYCH IZOTOPÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH W SUROWCACH I MATERIAŁACH BUDOWLANYCH

K. Isajenko, A. Żak, B. Piotrowska, M. Kuczbajska, A. Ząbek

Pracę przeprowadzono w dwóch etapach.

I etap zrealizowano do 15 lipca 2009 r., natomiast II etap zrealizowano do 30 listopada 2009 r.

Zakres pracy I etapu obejmował:

-Przyjęcie zgłoszeń i utworzenie listy laboratoriów biorących udział w pomiarach porównawczych.

- Pozyskanie materiału na próbki do pomiarów porównawczych.

- Przygotowanie próbek do pomiarów porównawczych, w tym pomiary kontrolne jednorodności materiału próbek, oraz ich dystrybucja do laboratoriów wg ustalonej listy.

- Opracowanie i przedstawienie Prezesowi PAA sprawozdania z wykonania prac, o których mowa w punktach powyżej wraz ze stosowanymi metodykami pomiarowymi.

Zakres pracy II etapu:

– Zebranie wyników pomiarów od wszystkich uczestników pomiarów porównawczych i nadanie numeru kodowego uczestniczącym laboratoriom;

– Sporządzenie zestawienia, dokonanie analizy i oceny nadesłanych wyników pomiarów;

– Opracowanie i przedstawienie Prezesowi PAA sprawozdania końcowego obejmującego w szczególności:

– opis technik przygotowania materiałów wyjściowych, próbek referencyjnych i kontrolnych oraz wyniki pomiarów tych materiałów i próbek;

– zestawienie wyników pomiarowych uzyskanych z laboratoriów;

– analizę statystyczną wyników;

– ocenę dokładności i precyzji pomiarów;

– wykaz placówek uczestniczących w pomiarach.

Do badań interkalibracyjnych zgłosiło się 32 laboratoria. Jako materiał porównawczy wybrano beton komórkowy na bazie popiołów z Elektrowni Kozienice otrzymany z Laboratorium Badań Fizyko-Technicznych Surowców i Wyrobów w Centralnym Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Przemysłu Betonów „CEBET”. Do badań zużyto betonu o masie 120 kg. Uzyskano różnicę niejednorodności gotowych próbek na poziomie 1,5 %.

Na podstawie dołączonej ankiety stwierdzono, że spośród 30 laboratoriów, które nadesłały wyniki:

– 26 laboratoriów wykonuje badania przy użyciu analizatorów typu AZAR lub MAZAR z sondą NaJ(Tl) 2x2”;

– 3 laboratoria wykonują badania z wykorzystaniem spektrometru z detektorem HPGe;

– 1 laboratorium stosuje analizator wielokanałowy z sondą NaJ(Tl) 3 x 3”.

Spośród 30 laboratoriów:

- 14 laboratoriów posiada akredytację w zakresie badań promieniotwórczości naturalnej w surowcach i materiałach budowlanych;
- 4 laboratoria wykonują badania zgodnie z PN-EN ISO/IEC 9001/2001,
- 15 laboratoriów wykonuje badania w oparciu o PN-EN ISO/IEC 17025:2005;
- 13 laboratoriów posiada wewnętrzny system zarządzania, w tym 5 z nich opiera swój system na normie PN-EN ISO/IEC 17025.
- 1 laboratorium posiada Certyfikat Zakładowej Kontroli Jakości Produkcji.

Jako wzorzec odniesienia:

- 26 laboratoriów stosuje źródła kalibracyjne wytworzone w CLOR na bazie źródeł referencyjnych pochodzących z New Brunswick Laboratory, USA oraz czystego KCl.
- 2 laboratoria stosują źródła wytworzone w IAEA.
- 2 laboratoria stosują źródła własne wykonane na bazie materiałów referencyjnych pochodzących z New Brunswick Laboratory, USA.
- wyniki z pomiarów rutynowych otrzymano z 28 laboratoriów (Seria A);
- wyniki z pomiarów o wydłużonym czasie otrzymano z 29 laboratoriów (seria B);
- ocenie poddawane zostały wyniki z obydwu serii i dotyczyły stężeń izotopów potasu ^{40}K , radu ^{226}Ra , toru ^{228}Th , oraz wskaźników aktywności f_1 i f_2 .

Za wartości odniesienia przyjęto wartości średnie wyznaczone z wyników nadesłanych przez laboratoria. I tak,

A. dla normalnego czasu pomiaru (seria A):

- stężenie potasu: $494,3 \pm 11,2 \text{ Bq/kg}$;
- stężenie radu: $94,7 \pm 2,6 \text{ Bq/kg}$;
- stężenie toru: $71,7 \pm 1,3 \text{ Bq/kg}$;
- wartość wskaźnika aktywności f_1 : $0,823 \pm 0,014$;
- wartość wskaźnika aktywności f_2 : $94,7 \pm 2,6 \text{ Bq/kg}$;

B. dla normalnego czasu pomiaru (Seria B):

- stężenie potasu: $492,1 \pm 5,3 \text{ Bq/kg}$;
- stężenie radu: $97,3 \pm 1,1 \text{ Bq/kg}$;
- stężenie toru: $70,4 \pm 0,8 \text{ Bq/kg}$;
- wartość wskaźnika aktywności f_1 : $0,817 \pm 0,008$;
- wartość wskaźnika aktywności f_2 : $97,3 \pm 1,1 \text{ Bq/kg}$;

WYNIKI:

Seria A

Wartości stężeń potasu wyznaczone przez laboratoria zawierały się w granicach od 401,4 Bq/kg do 899 Bq/kg. Zdecydowana większość laboratoriów dobrze określiła wartość stężenia potasu oraz całkowitą niepewność pomiaru z wyjątkiem laboratorium nr K3, K9, K12, K15, gdzie wyraźnie nie doceniono wartości całkowitej niepewności pomiaru oraz laboratorium nr K27 gdzie prawdopodobnie nastąpiła zmiana współczynników kalibracyjnych układu.

Wartości stężeń radu zawierały się w granicach od 0,0 do 113,2 Bq/kg. Dla 6 laboratoriów różnica między wartością zmierzoną a wartością średnią przekracza

wartość niepewności pomiaru. Dla laboratoriów o nr K11, K12, K18 przekroczenie to było nieznaczne lecz dla laboratoriów nr K5 i K24 różnica ta była wyraźna. Wartość uzyskana przez laboratorium nr K27 jako najbardziej odbiegająca została wyłączona przy obliczaniu wartości średniej.

Zmierzone wartości stężeń toru zawierały się w granicach od 46,5 do 104,0 Bq/kg. Dla 8 laboratoriów różnica między wartością zmierzoną a wartością średnią przekraczała wartość niepewności pomiaru. Dla laboratoriów o nr K11 i K18 przekroczenie to było nieznaczne lecz dla laboratoriów nr K2, K3, K5, K24, K27 i K28 różnica ta była wyraźna.

Głównym celem pomiarów porównawczych była ocena dokładności określenia wartości wskaźników aktywności f_1 i f_2 jak również ocena biegłości laboratoriów w zakresie określenia wartości wskaźników f_1 i f_2 oraz oceny niepewności ich wartości.

Określone przez laboratoria wartości f_1 zawierały się w granicach od 0,68 do 0,94. Wartości niepewności określenia wartości f_1 zawierały się w granicach od 0,04 (lab. Nr K5, K15, K18) do 0,18 (nr K29). Dużymi wartościami niepewności charakteryzowały się laboratoria nr K12, K13 i K29. Większość laboratoriów poprawnie określiła wartość współczynnika f_1 w granicach niepewności pomiarowej. Laboratoria o nr K3, K5, K11, K18, K24 i K27 określone wartości niepewności były wyraźnie mniejsze od różnic między wartościami zmierzonymi a wartością średnią.

Wartości wskaźnika aktywności f_2 , liczbowo równych wartości S_{Ra} zostały przedstawione prezentując wyniki pomiarów stężenia radu.

Seria B

- Tą serię pomiarów wykonano w celu maksymalnego zmniejszenia zawartej w niepewności pomiarów części zależnej od rozrzutów statystycznych biegu własnego aparatury i rozrzutów liczb zliczeń uzyskiwanych w przyjętych zakresach pomiarowych. Pozwala to najlepiej ocenić wpływ dodatkowych czynników, często niedocenianych przez osoby wykonujące pomiary próbek, na wartość całkowitej niepewności pomiaru. Jako miarę tych czynników przyjęto różnicę między wartością średnią mierzonej wartości a wartością zmierzoną z odpowiednim uwzględnieniem niepewności pomiaru. Jeżeli wartość średnia mieści się w zakresie: wartość zmierzona $\pm$ całkowita niepewność pomiaru oznacza to, że niepewność pomiaru została oceniona prawidłowo. Jeżeli pojawia się odstęp pomiędzy wartością średnią a zakresem wartość zmierzona $\pm$ całkowita niepewność pomiaru oznacza to, że albo całkowita niepewność pomiaru została niedoszacowana albo wystąpiły inne czynniki, które miały wpływ na rezultat pomiaru.

Jako miarę różnicy między wartością zmierzoną a wartością średnią nazywaną dalej „różnica niepewności” przyjęto:

- dla przypadków gdy wartość zmierzona pomniejszona o całkowitą niepewność pomiaru jest większa od wartości średniej, różnicę niepewności obliczać z zależności: wartość zmierzona minus wartość niepewności minus wartość średnia;
- dla przypadków gdy wartość zmierzona zwiększona o wartość niepewności jest mniejsza od wartości średniej różnicę niepewności obliczać z zależności: wartość średnia minus niepewność minus wartość zmierzona.

Różnicę niepewności wyrażono w procentach wartości średniej.

Z rezultatów analizy dla wyznaczanych wartości stężenia potasu wynika, że wyraźna „różnica niepewności” występuje w przypadku laboratoriów K3, K12 i K27. Zdecydowana większość laboratoriów oceniła niepewność pomiaru do 10 %, zaś różnice między wartościami zmierzonymi a wartością średnią zawierają w granicach od - 17,1 % do + 82,2 %. Wyniki mieściły się w granicach ± 20 % wartości średniej z wyjątkiem dwóch laboratoriów K12 i K27, dla których wartości względne odpowiednio wynosiły 1,27 i 1,82.

W przypadku wyników określenia stężenia radu wyraźne różnice niepewności występowały dla laboratoriów nr K3, K10, K11, K18, K27 i K30 jednak większość laboratoriów oceniła niepewność pomiaru poniżej 20,0 % (wiele z nich osiągnęło niepewność < 10%). Niepewność powyżej 20% określiły laboratoria K13 i K27.

Z danych dla określenia stężenia toru wynika, że zdecydowana większość wyznaczonych stężeń zawierała się w granicach ± 20 % wartości średniej. Wyjątek stanowiły wyniki laboratoriów o nr K3 i K12.

W przypadku wartości współczynnika f1 laboratoria K1, K24, K27 oraz K30 podały wartości tego współczynnika, które nie odpowiadają wartościom obliczonym na podstawie pomierzonych przez te laboratoria stężeń potasu, radu i toru. Z danych wynika że wyraźne różnice niepewności wartości współczynnika f1 występowały dla laboratoriów nr K1, K3, K5, K10, K11, K24 i K27 oraz w nieznacznym stopniu dla laboratoriów nr K18, K23 i K32.

OCENA WYNIKÓW

Kryteria oceny biegłości laboratoriów opierają się w zasadzie na analizie odchylen wyników z laboratorium w przeliczeniu na przyjęte odchylenie standardowe od wartości referencyjnej (tutaj wartości średniej). Wyniki poddano analizie statystycznej stosując test Z, jak również procedury zalecane przez MAEA.

Parametr Z obliczono ze wzoru:

$$Z = \frac{(lab.result - ref.value)}{\delta}$$

Gdzie: δ – wartość odchylenia standardowego wartości średniej (po odrzuceniu wyników wątpliwych).

Na podstawie znajomości parametru Z oceniono dokładność wyników na tle całej ich populacji, przy czym dla oceny biegłości laboratorium przyjęto jak następuje:

- $|Z| \leq 2$ wynik zadowalający,
- $2 < |Z| < 3$ wynik wątpliwy, ale do przyjęcia,
- $|Z| \geq 3$ wynik nie zadowalający, uzasadniający podjęcie działań naprawczych.

Ocena wyników laboratoriów wykonana za pomocą testów zalecanych przez MAEA pozwala na określenie oceny dokładności i precyzji wyników. Przyjęto poniższe kryteria:

Dokładność wyniku jest zadowalająca jeśli:

$$|lab.result - ref.value| \leq 2,58\sqrt{U^2_{ref} + U^2_{lab}}$$

Precyzja wyniku jest zadowalająca jeśli:

$$\sqrt{\left(\frac{U_{ref}}{ref.value}\right)^2 + \left(\frac{U_{lab}}{lab.result}\right)^2} \cdot 100\%$$

jest mniejszy lub równy 16% w przypadku f_1 oraz 25% w przypadku f_2 ;
gdzie: U – niepewność pomiaru.

Seria A

W przypadku wskaźnika f_1 dwa laboratoria (K24 oraz K27) podały wynik, który jest niezadowalający (parametr |Z| dla tych laboratoriów wyniósł odpowiednio 3,22 oraz 3,95). Dwa laboratoria (K3 oraz K11) zgodnie z testem Z podały wynik wątpliwy, ale do przyjęcia. Dla tych laboratoriów wartość |Z| wynosiła odpowiednio: 2,85 oraz 2,02. Pozostałe 24 laboratoria uzyskały wynik zadowalający.

Ocena laboratorium ze względu na dokładność wyników wskaźnika f_1 to wszystkie laboratoria spełniły podane powyżej kryterium. Kryterium precyzji wyników nie zostało spełnione w przypadku trzech laboratoriów (K12, K13, K29).

w przypadku wskaźnika f_2 cztery laboratoria (K5, K12, K24 oraz K29) podały wynik wątpliwy, ale do przyjęcia (parametr |Z| dla tych laboratoriów wyniósł odpowiednio 2,64; 2,37; 2,48 oraz 2,73). Natomiast jedno laboratorium (K27) podało wynik, który jest niezadowalający (|Z| wynoszący prawie 14). Pozostałe 23 laboratoria uzyskały wynik zadowalający (tzn. $|Z| \leq 2$).

W przypadku oceny laboratorium ze względu na dokładność wyników wskaźnika f_2 to jedynie dla laboratorium K27 dokładność uznano za niezadowalającą. Kryterium precyzji wyników nie zostało spełnione w przypadku jednego laboratoriów (K13).

Seria B

Aż 7 laboratoriów osiągnęło niezadowalające wyniki w teście Z przy badaniu prawidłowości określenia wskaźnika f_1 – są to laboratoria: K1, K3, K7, K10, K12, K24, K27. Wartości parametru |Z| dla tych laboratoriów zawierają się w granicach od 3,28 (laboratorium K7) aż do 7,80 (laboratorium K27). Dodatkowo 7 następnych laboratoriów (K5, K6, K11, K18, K21, K23 oraz K32) zgodnie z testem Z podały wynik wątpliwy, ale do przyjęcia. Tylko 15 laboratoriów uzyskało wynik zadowalający.

W przypadku oceny laboratorium ze względu na dokładność wyników wskaźnika f_1 to jedynie laboratorium K27 podało wynik, który potraktowano za niezadowalający. Kryterium precyzji wyników nie spełniło laboratorium K12.

Przy określaniu wskaźnika aktywności f_2 aż 14 laboratoriów osiągnęło wyniki

niezadowalające (wartość $|Z|$ większa niż 3) – były to następujące laboratoria: K2, K3, K6, K9, K10, K11, K12, K13, K14, K18, K21, K24, K27 oraz K30. Jedno laboratorium podało wynik wątpliwy, ale do przyjęcia (laboratorium K7). I tylko 14 laboratoriów posiadało wyniki spełniające test Z (wyniki zadowalające).

W przypadku oceny laboratorium ze względu na dokładność wyników wskaźnika f_1 to 2 laboratoria (K10 oraz K27) nie spełniły podanych powyżej kryterium. Kryterium precyzji wyników nie spełniło jedynie laboratorium K27.

Oprócz powyżej opisanej oceny wyników porównań międzylaboratoryjnych, poddano także ocenie wyniki według wymagań Polskiego Centrum Akredytacji – dotyczy w szczególności laboratoriów akredytowanych. Analizę parametru $|E_n|$ ograniczono tylko do wyników z normalnego czasu pomiarowego tj. Serii A.

Wartością porównawczą w tej ocenie jest parametr E_n obliczony ze wzoru:

$$E_n = \frac{x_{lab} - x_{ref}}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}}$$

gdzie:

x_{lab} - jest wynikiem uzyskanym w laboratorium,

x_{ref} - wynikiem uzyskanym w laboratorium odniesienia (w przypadku tej interkalibracji jako wartość odniesienia przyjęto wartość średnią mierzonej wielkości), a U_{lab} i U_{ref} są odpowiednio niepewnością wyniku pomiaru w laboratorium i w laboratorium odniesienia (niepewność wartości średniej).

Jeżeli $|E_n| > 1$ dla jakiegokolwiek wyniku, ogólna ocena wyniku porównania jest negatywna.

Po przeprowadzeniu analizy wyników zgodnie z kryterium $|E_n| > 1$ stwierdzono, że dla 5 laboratoriów należy wystawić negatywną ocenę w przeprowadzonym porównaniu międzylaboratoryjnym. Są to laboratoria o numerach kodowych: K3, K5, K11, K24 oraz K27.

ANALIZA I OCENA ZMIAN RADIOAKTYWNOŚCI SUROWCÓW I MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH STOSOWANYCH W POLSCE W LATACH 1980-2009

K. Isajenko, B. Piotrowska, A. Żak, J. Rychlicki, M. Kuczbajska, A. Ząbek

Systematyczne badania radioaktywności naturalnej surowców i materiałów budowlanych są prowadzone w Polsce od 1980 roku.

Od 1980 do 2002r na podstawie stężeń izotopów: potasu ^{40}K , radu ^{226}Ra oraz toru ^{232}Th wyznaczało się wartości współczynników kwalifikacyjnych f_1 i f_2 ze wzorów:

$$f_1 = 0,00027 S_K + 0,0027 S_{Ra} + 0,0043 S_{Th} \leq 1$$

$$f_2 = S_{Ra} \leq 185 \text{ Bq/kg}$$

Zgodnie z obowiązującą w ochronie radiologicznej zasadą ALARA do oceny zalecono przyjęcie wartości maksymalnych współczynników f_1 i f_2 :

$$f_1 \text{ max} = f_1 + \Delta f_1 \text{ i } f_2 \text{ max} = f_2 + \Delta f_2 \leq 185 \text{ Bq/kg}$$

gdzie S_K , S_{Ra} , S_{Th} są wyrażane w Bq/kg, f_1 i f_2 są wartościami zmierzonymi, Δf_1 i Δf_2 są wartościami całkowitej niepewności pomiarów określonymi na poziomie ufności 0,95.

Od 01.01.2003r. do oceny materiałów stosuje się kryteria zamieszczone w Rozporządzeniu RM z dnia 3 grudnia 2002r., a następnie w Rozporządzeniu RM z dnia 2 stycznia 2007r.

Rozporządzenie to klasyfikuje możliwość zastosowania różnych surowców i materiałów budowlanych w różnych typach budownictwa poprzez określenie dwóch parametrów:

- Wskaźnika aktywności f_1 , określającego zawartość naturalnych izotopów promieniotwórczych (wskaźnik narażenia całego ciała na promieniowanie gamma),
- Wskaźnika aktywności f_2 , który określa zawartość radu ^{226}Ra (wskaźnik narażenia nabłonka płuc na promieniowanie alfa emitowane przez produkty rozpadu radonu pobrane wraz z powietrzem przez układ oddechowy człowieka)

Wartości **wskaźników aktywności f_1 i f_2** określone są wzorami:

$$f_1 = S_K/3000 [\text{Bq/kg}] + S_{Ra}/300 [\text{Bq/kg}] + S_{Th}/200 [\text{Bq/kg}];$$

$$f_2 = S_{Ra} [\text{Bq/kg}].$$

gdzie S_K , S_{Ra} i S_{Th} są wartościami stężeń odpowiednich radionuklidów wyrażonymi w Bq/kg.

Dla budownictwa mieszkaniowego wartości graniczne wskaźników aktywności f_1 i f_2 wynoszą:

$$f_1=1 \text{ i } f_2=200 \text{ Bq/kg}$$

Równocześnie zmieniono zasady oceny materiałów. Do oceny przyjmuje się zmierzone wartości wskaźników f_1 i f_2 przy czym żaden z nich nie może przekroczyć wartości granicznej o więcej niż 20% , czyli:

$$f_1 \leq 1,2 \text{ i } f_2 \leq 240 \text{ Bq/kg.}$$

Ograniczono również wartość całkowitą niepewności pomiarów do 20% dla wartości wskaźników f_1 i f_2 nie mniejszej niż 0,8 ich wartości granicznych. Wartości graniczne dla pozostałych zastosowań w budownictwie wynoszą:

$f_1=2$ i $f_2=400$ [Bq/kg] w odniesieniu do odpadów przemysłowych stosowanych w obiektach budowlanych naziemnych wznoszonych na terenach zabudowanych lub przeznaczonych do zabudowy w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego oraz do niwelacji takich terenów;

$f_1=3,5$ i $f_2=1000$ [Bq/kg] w odniesieniu do odpadów przemysłowych stosowanych w częściach naziemnych obiektów budowlanych niewymienionych w punkcie wyżej oraz do niwelacji terenów niewymienionych w punkcie wyżej;

$f_1=7$ i $f_2=2000$ [Bq/kg] w odniesieniu do odpadów przemysłowych stosowanych w częściach podziemnych obiektów budowlanych, o których mowa w punkcie 3, oraz w budowlach podziemnych, w tym w tunelach kolejowych i drogowych, z wyłączeniem odpadów przemysłowych wykorzystywanych w podziemnych wyrobiskach górniczych.

Na podstawie wyników badań radioaktywności naturalnej surowców i materiałów budowlanych, prowadzonych przez Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej i ponad 30 innych placówek pomiarowo-badawczych w naszym kraju, została stworzona ogólnopolska baza danych wyników tych pomiarów. Baza zawiera wyniki badań prowadzonych od 1980 roku do chwili obecnej, czyli zawiera wyniki dla ponad 38 000 próbek.

Efekt zmiany kryteriów oceny przydatności dla budownictwa mieszkaniowego przeanalizowano na próbkach popiołów lotnych i żużli jako najczęściej stosowanego surowca odpadowego. Do analizy porównawczej wybrano pomocniczy zbiór wyników badań 8507 próbek popiołów zawierających wszystkie potrzebne wartości, czyli:

- - wyniki badań stężeń radioizotopów,
- wartości wskaźników aktywności f_1 i f_2 ,
- wartości stosowanych do 2002r. tzn. współczynników kwalifikacyjnych f_1 i f_2 , całkowite niepewności ich określenia Δf_1 i Δf_2 .

Ocenę przydatności partii materiałów reprezentowanych przez badane próbki wykonano w dwóch wersjach:

- A. według zasad stosowanych od 1980r do 2002 r.,
- B. według zasad stosowanych od 2003r.

Zaskakującym stał się fakt, że uzyskano większą liczbę próbek popiołów lotnych i żużli spełniającą zasady stosowane od 2003r. tzn., że obecnie mają zastosowanie łagodniejsze kryteria oceny wskaźników aktywności niż przed rokiem 2003.

W 1985 r. opracowano w Zakładzie Dozymetrii ogólnopolską bazę danych, w której gromadzone są rezultaty badań wykonanych przez CLOR oraz przez współpracujące Laboratoria nadsyłające do CLOR zestawienia zbiorcze. Na podstawie danych z bazy z lat 1980 – 2009 wykonano histogramy wartości wskaźników aktywności f_1 i f_2 dla wybranych surowców, oraz sporządzono przebieg średnich wartości rocznych tych wskaźników za cały okres od 1980 do 2009r. Od kilkunastu lat wartości średnie wskaźników aktywności utrzymują się na podobnym poziomie. I tak, dla najczęściej stosowanych materiałów i surowców budowlanych, średnie wartości wskaźników wynoszą:

dla żużli kotłowych od 1992 roku:

- f_1 na poziomie ok. 0,9,
- f_2 na poziomie ok. 95 Bq/kg;

dla popiołów od 1996 roku:

- f_1 na poziomie ok. 1,15,
- f_2 na poziomie ok. 120 Bq/kg;

dla betonów lekkich i komórkowych od 2000 roku:

- f_1 na poziomie ok. 0,7,
- f_2 na poziomie ok. 80 Bq/kg;

dla ceramiki budowlanej od 1996 roku:

- f_1 na poziomie ok. 0,65,
- f_2 na poziomie ok. 52 Bq/kg;

dla cementów od 2005 roku:

- f_1 na poziomie ok. 0,3,
- f_2 na poziomie ok. 40 Bq/kg.

Znajomość przebiegów rocznych wartości wskaźników aktywności f_1 i f_2 materiałów gotowych pozwala ocenić zmiany czasowe narażenia ludności kraju na promieniowanie jonizujące w budynkach mieszkalnych, zaś badanie zmian tych wskaźników dla surowców odpadowych pozwala pośrednio ocenić źródła tych zmian.

Informacje zgromadzone w bazie danych pozwalają również zidentyfikować materiały zawierające szczególnie duże wartości stężeń naturalnych radionuklidów np. nawozy potasowe, niektóre materiały stosowane w przemyśle, czy też niektóre rodzaje materiałów ściernych. Stężenia radionuklidów naturalnych i wartości wskaźników aktywności f_1 i f_2 w wybranych surowcach i materiałach budowlanych pomierzone w latach 2003-2009 zamieszczono w tabeli 2.

W 2009 r. zebrano wprowadzono do bazy wyniki 1182 próbek surowców i materiałów budowlanych dostarczone przez 12 laboratoriów (wyniki za 2009 rok nadal napływają).

Analizując ilość przekroczeń wartości granicznych wskaźników f_1 oraz f_2 z całej bazy określonych dla budownictwa mieszkaniowego i użyteczności publicznej w latach 1980-2009 należy stwierdzić, że:

- od kilku lat utrzymuje się stała tendencja wartości średnich wyznaczanych wskaźników aktywności f_1 i f_2 dla surowców i materiałów budowlanych.
- 100 % surowców pochodzenia naturalnego i gotowych materiałów budowlanych (tj. cement, beton komórkowy, ceramika budowlana) mogą być wykorzystane w budownictwie mieszkaniowym.
- w przypadku surowców pochodzenia przemysłowego najlepszymi wskaźnikami aktywności charakteryzują się:
 - gips (100 % badanych próbek może być zastosowana w budownictwie mieszkaniowym),
 - kruszywo z popiołów (98,4 %),
 - żużel wielkopiecowy (97,8 %),
 - żużel elektrowniany (94,3 %).
- najmniejszą możliwość wykorzystania surowców budowlanych pochodzenia przemysłowego do celów mieszkaniowych ma żużel pomiedziowy (tylko 1,3 % ogólnej ilości próbek nadaje się do budownictwa mieszkaniowego).
- utrzymanie w dotychczasowym wymiarze obligatoryjnej kontroli surowców i materiałów budowlanych zapewnia mieszkańcom (z punktu widzenia ochrony radiologicznej) stosowanie nieszkodliwych materiałów.

Inne ważniejsze prace wykonane przez Laboratorium w ramach Zakładu Dozymetrii w 2009 roku to:

1. Wykonanie badań i opracowanie warunków radiologicznych składowiska popiołu Elektrociepłowni Żerań przy ul. Myśliborskiej w Warszawie;
2. Wykonanie badań i opracowanie warunków radiologicznych składowiska odpadów paleniskowych Elektrociepłowni Siekierki „Zawady” w Warszawie;
3. Laboratorium brało udział w:
 - XVI Międzynarodowej Konferencji „Popioły z energetyki” (referat i plakat pt.: „Radioaktywność naturalna surowców odpadowych”);
 - Pikniku naukowym;
4. Opracowano 73 opinie dotyczące zastosowań materiałów reprezentowanych przez próbki nadesłane z różnych regionów kraju.

EKSPLOATACJA SIECI WYSOKOCZUŁYCH STACJI ASS-500

Krzysztof Isajenko, Izabela Kwiatkowska, Adam Ząbek, Magdalena Kuczbajska

W roku 2009 stacje typu ASS-500 do poboru i pomiaru aerosoli w przyziemnej warstwie powietrza atmosferycznego pracowały w Warszawie, Świdrze, Białymstoku, Katowicach, Krakowie, Lublinie, Gdyni, Wrocławiu, Szczecinie, Sanoku, Toruniu, Łodzi i Zielonej Górze (13 stacji). W lutym 2009 Państwowa Agencja Atomistyki zakończyła finansowanie stacji w Świdrze (w związku z ograniczeniami budżetowymi), ale stacja pracowała do końca 2009 roku (finansowana przez Dyrektora Instytutu Energii Atomowej w Świerku). Dwanaście z 13 stacji było wyposażonych w detektor scyntylacyjny NaI(Tl) umieszczony nad filtrem. Widmo promieniowania gamma oraz inne parametry, jak np. wielkość przepływu powietrza przez filtr, były przesyłane do komputera stacyjnego i następnie do CLOR. Filtry z trzech stacji: ze Szczecina, Torunia i Zielonej Góry były mierzone w Zakładzie Dozymetrii CLOR. Sieć stacji ASS-500 jest częścią Systemu Wczesnego Ostrzegania o Skażeniach.

Wszystkie stacje pracowały bez dłuższych przerw. Efektem tego było zebranie 675 tygodniowych próbek aerosoli ze wszystkich stacji przez cały rok 2009. Filtry z zebranymi aerosolami, tzn. pyłami zawierającymi aerozole, były przez minimum dwa dni po zdjęciu ze stacji przetrzymywane w temperaturze pokojowej, potem prasowane do dysku o średnicy ok. 50 mm i następnie mierzone na detektorach germanowych HPGe współpracujących z analizatorem wielokanałowym. Wydajności detektorów wykorzystywanych do tych pomiarów zawierały się w zakresie od kilku do 40 %. Grubości sprasowanych filtrów zawierały się w granicach 3,0-8,2 mm. W sytuacjach alarmowych filtr może być mierzony bezpośrednio po zdjęciu ze stacji.

W 2009 roku średnia masa pyłu zebranego przez tydzień na filtrze wynosiła 3.0 g przy zakresie zmian 0,8-8,6 g. Średnia ilość powietrza, z jakiego została pobrana tygodniowa próbka aerosoli wyniosła 74245 m³, przy zakresie 12130-121785 m³. Takie zróżnicowanie w ilościach zebranego pyłu oraz przefiltrowanego powietrza mogły być spowodowane używaniem stacji z wentylatorami o różnych mocach, a także zróżnicowaniem w zapyleniu i wilgotności powietrza w poszczególnych tygodniach.

Przy obliczeniach i analizie stężeń radionuklidów promieniotwórczych w przyziemnej warstwie powietrza atmosferycznego przyjęto zasadę, że stężenia poniżej minimalnego progu detekcji LLD (na poziomie ufności 70%) są traktowane przy obliczaniu wartości średnich jako LLD, a nie jako wartości zerowe.

Wartości średnie stężeń wraz z informacjami o miejscach i tygodniach wystąpienia maksymalnych stężeń dla przyziemnej warstwy powietrza atmosferycznego oraz dla pyłów w powietrzu zostały przedstawione w Tabelach 1 i 2.

Z tabel można zauważyć, że maksymalne stężenia jodu ¹³¹I w pyle oraz w powietrzu zarejestrowano w Warszawie w tygodniu 40 (28.09 – 5.10). Wynosiło ono 47.7 μBq/m³ w powietrzu oraz 1.7 Bq/g w pyle. Źródła tych maksymalnych stężeń w 2009 roku nie zostały zidentyfikowane.

Maksymalne stężenie cezu ¹³⁷Cs w powietrzu w roku 2009 zaobserwowano w Łodzi, w tygodniu 52 (12-28.12) – 6.7 μBq/m³ oraz maksymalne stężenie tego radionuklidu w pyle zmierzono w tygodniu 26 (22-29.06) w Toruniu. Wynosiło ono 0.2 Bq/g pyłu.

Pomiary prowadzone przez 2009 rok jasno pokazały, że polski System Wczesnego Ostrzegania o Skażeniach jest bardzo czuły na pojawienie się w powietrzu nawet niewielkich zanieczyszczeń pochodzenia sztucznego, których źródłem mogą być instytucje krajowe lub zagraniczne.

Pod koniec 2009 roku (październik/listopad) stacja w Warszawie wykryła niewielkie stężenia cyny ^{113}Sn na poziomie $1.5 \pm 0.2 \mu\text{Bq/m}^3$, cyny $^{117\text{m}}\text{Sn}$ o stężeniu $2.0 \pm 0.1 \mu\text{Bq/m}^3$ oraz rutenu ^{103}Ru - stężenie $0.7 \pm 0.1 \mu\text{Bq/m}^3$ (tydzień 47: 23-30.11.2009) oraz w tygodniu 44 (26.10-2.11.2009) ta sama stacja (Warszawa) zmierzyła obecność rutenu ^{103}Ru w powietrzu na poziomie $4.8 \pm 0.2 \mu\text{Bq/m}^3$. Informacje o tych pomiarach zostały przekazane do Centrum Do Spraw Zdarzeń Radiacyjnych (CEZAR).

Tabela 1. *Stężenia radionuklidów w przyziemnej warstwie powietrza atmosferycznego, Polska, 2009 rok. Roczne podsumowanie.*

Radio-nuklid	Stężenie, $\mu\text{Bq/m}^3$		n	Maksymalne stężenie	
	Średnia $\pm \sigma/\sqrt{n}$	Zakres		Lokalizacja	W okresie
^{137}Cs	1.0 ± 0.0	(<0.1- 6.7)	675	Łódź	21.12 - 28.12
^{131}I	0.6 ± 0.0	(<0.1- 47.7)	675	Warszawa	28.9 - 5.10
^7Be	3390 ± 70	(520-13850)	675	Katowice	20.04 - 27.04
^{40}K	16.7 ± 0.4	(<2.0-80.8)	675	Gdynia	21.12 - 28.12
^{210}Pb	420 ± 9	(12-1524)	658	Łódź	21.12 - 28.12
^{226}Ra	5.2 ± 0.2	(1.8-59.5)	675	Kraków	25.05 - 1.06
^{228}Ra	1.2 ± 0.0	(<0.2-8.8)	675	Lublin	20.04 - 27.04

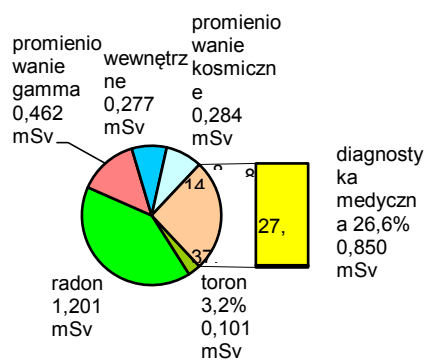
n = ilość wyników otrzymanych w ciągu roku ze wszystkich stacji.

Tabela 2. *Stężenia radionuklidów w całkowitym pyłe, Polska, 2009 rok. Roczne podsumowanie.*

Radio-nuklid	Stężenie, Bq/g		n	Maksymalne stężenie	
	Średnia $\pm \sigma/\sqrt{n}$	Zakres			Średnia $\pm \sigma/\sqrt{n}$
^{137}Cs	0.02 ± 0.00	(<0.002-0.2)	675	Toruń	22.06 - 29.06
^{131}I	0.02 ± 0.00	(<0.002-1.7)	675	Warszawa	28.9 - 5.10
^7Be	88.50 ± 2.04	(12.5-277.7)	675	Sanok	10.08 - 17.08
^{40}K	0.40 ± 0.01	(<0.07-1.9)	675	Gdynia	28.12 - 4.01
^{210}Pb	10.68 ± 0.23	(0.2-42.5)	658	Sanok	5.10 - 12.10
^{226}Ra	0.14 ± 0.00	(<0.02-1.8)	675	Kraków	25.05 - 1.06
^{228}Ra	0.03 ± 0.00	(<0.002-0.2)	675	Katowice	6.07 - 13.07

n = ilość wyników otrzymanych w ciągu roku ze wszystkich stacji.

Dział Szkolenia i Informacji



2009

SZKOLENIE, INFORMACJA I NORMALIZACJA

Janusz Henschke, Maria Zielonka

Do zadań Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej należy prowadzenie szkoleń w zakresie ochrony radiologicznej, udzielanie naukowej i technicznej informacji oraz prowadzenie sekretariatu Normalizacyjnego Komitetu Technicznego do spraw Ochrony Radiologicznej.

DZIAŁALNOŚĆ SZKOLENIOWA

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej prowadzi szkolenie osób, które muszą posiadać odpowiednie uprawnienia do pracy z promieniowaniem jonizującym. W 2009 roku CLOR przeprowadziło szkolenie dla osób chcących uzyskać uprawnienia inspektorów ochrony radiologicznej typu IOR-0, IOR-1 i IOR-3, dla operatorów akceleratorów stosowanych do celów innych niż medyczne (uprawnienia typu A-A), dla operatorów akceleratorów używanych do celów medycznych oraz operatorów urządzeń teleterapii (uprawnienia typu S-A) i dla operatorów urządzeń brachyterapii ze źródłami promieniotwórczymi (uprawnienia typu S-Z). Ilość osób przeszkolonych w 2009r., chcących uzyskać odpowiedni typ uprawnień, podaje Tablica 1:

Tablica 1. Ilość osób przeszkolonych w 2009 roku.

Typ uprawnień	IOR-0, IOR-1 i IOR-3	A-A, S-A i S-Z	razem
Ilość	113	47	160

OŚRODEK INFORMACJI NAUKOWEJ I TECHNICZNEJ

Ośrodek informacji prowadzi prace związane z publikacją raportów naukowych, broszur, informatorów, materiałów szkoleniowych w dziedzinie ochrony radiologicznej jak również zajmuje się wymianą materiałów między podobnymi centrami w kraju i zagranicą.

Biblioteka posiada 5793 woluminy. W 2009 roku zaprenumerowano 11 czasopism.

W 2009 roku ośrodek informacji w CLOR udzielił ok. 1200 konsultacji oraz informacji dla mediów publicznych oraz rządowych, miejskich, naukowych i prywatnych instytucji jak również dla mieszkańców kraju.

SEKRETARIAT KOMITETU TECHNICZNEGO DO SPRAW OCHRONY RADIOLOGICZNEJ

W 2009 roku sekretariat Komitetu Technicznego do Spraw Ochrony Radiologicznej przekazał do publikacji następujące normy:

- PN-ISO 19589-1 „Pomiary promieniotwórczości w środowisku – Gleba – Część 1: Wytyczne ogólne i definicje”
- PN-ISO 19589-1 „Pomiary promieniotwórczości w środowisku – Gleba – Część 2: Wskazania dotyczące doboru strategii pobierania próbek, ich pobierania i obróbki wstępnej”

Przygotowano opinie dotyczące projektów międzynarodowych norm ISO.

KRAJOWY PUNKT KONTAKTOWY DS. EUROPEJSKIEJ PLATFORMY KSZTAŁCENIA I EDUKACJI W OCHRONIE RADIOLOGICZNEJ

Od końca 2006 roku, za zgodą Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki, funkcjonuje w CLOR Punkt Kontaktowy ds. Europejskiej Platformy Kształcenia i Edukacji w Ochronie Radiologicznej (EUTERP).

Głównymi zadaniami Platformy jest:

- usunąć przeszkody w mobilności ekspertów ochrony radiologicznej w krajach Unii Europejskiej poprzez harmonizację kryteriów i kwalifikacji do wzajemnego uznawania takich ekspertów,
- ułatwić międzynarodowy dostęp do zawodowego szkolenia i stażu,
- poprawić zintegrowaną edukację i szkolenie w strukturach zawodowej ochrony radiologicznej w krajach członkowskich, kandydatach i krajach stowarzyszonych.

Punkt Kontaktowy pełni rolę koordynacyjną między różnymi instytucjami biorącymi udział w pracach Platformy w kraju. Zadaniem tego punktu jest harmonizacja podstaw i struktury krajowej edukacji w dziedzinie ochrony radiologicznej z wymaganiami krajów Unii Europejskiej. To wymaga ścisłej współpracy z różnymi centrami edukacji w celu uaktualnienia obecnej wiedzy i do przekazania dostatecznej i kompetentnej informacji w tym zakresie.

ROCZNA DAWKA EFEKTYWNA (2009)

Janusz Henschke

Roczna dawka efektywna, jaką otrzymuje ludność Polski od promieniowania jonizującego pochodzącego od źródeł naturalnych i pochodzenia sztucznego, jest na podobnym poziomie jak w wielu innych krajach europejskich. Na promieniowanie naturalne składa się promieniowanie kosmiczne oraz promieniowanie pochodzące od radionuklidów naturalnych obecnych w różnego rodzaju komponentach środowiska takich jak gleba, woda, powietrze oraz w różnych produktach i materiałach takich np. jak artykuły żywnościowe czy też materiały budowlane. Promieniowanie sztuczne to głównie promieniowanie wykorzystywane w diagnostyce medycznej i w dużo mniejszym stopniu pochodzące od opadu promieniotwórczego spowodowanego dawnymi próbnymi eksplozjami jądrowymi i awarią elektrowni jądrowej w Czarnobylu.

Średnia roczna dawka efektywna od źródeł naturalnych i sztucznych, oceniana zgodnie z zaleceniami UNSCEAR 2000¹⁾, wyniosła w 2009 roku 3,19 mSv na statystycznego mieszkańca Polski.

Największy udział w tej wartości wynoszący 73% (2,33 mSv) ma dawka od radionuklidów naturalnych. Wśród nich największa dawka 1,20 mSv (37,6%) pochodzi od radonu, podczas gdy od promieniowania kosmicznego wynosi tylko 0,28 mSv (8,9%).

Dawka od źródeł pochodzenia sztucznego wynosi 0,87 mSv, co stanowi około 27% średniej rocznej dawki efektywnej, przy czym największy udział w tej dawce powoduje promieniowanie jonizujące stosowane w diagnostyce medycznej (0,85 mSv lub 26,6%).

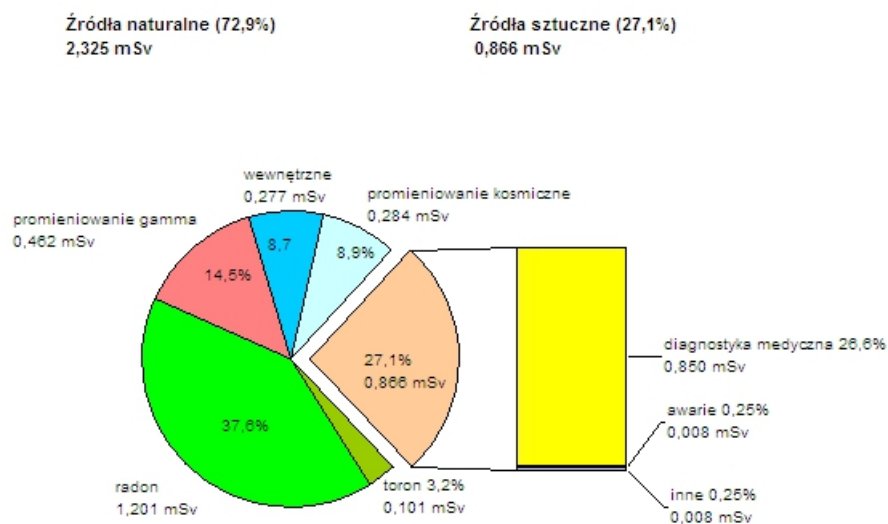
Średnie roczne dawki efektywne, jakie otrzymuje mieszkaniec Polski od różnych źródeł promieniowania jonizującego zostały przedstawione na rysunkach 1 i 2.

Zgodnie z obowiązującymi w kraju przepisami dawka graniczna dla osób mieszkających lub przebywających w sąsiedztwie źródeł promieniowania, włączając w to obiekty jądrowe, jak również dla osób narażonych na promieniowanie pochodzące od radioaktywnych skażeń środowiska wyrażona jako dawka efektywna wynosi 1 mSv w ciągu roku. Dawka ta nie obejmuje narażenia na promieniowanie naturalne, jeżeli narażenie to nie zostało zwiększone w wyniku działalności człowieka, w szczególności nie obejmują narażenia pochodzącego od radonu w budynkach mieszkalnych, od naturalnych nuklidów promieniotwórczych wchodzących w skład ciała ludzkiego, od promieniowania kosmicznego na poziomie ziemi, jak również narażenia nad powierzchnią ziemi od nuklidów promieniotwórczych znajdujących się w nienaruszonej skorupie ziemskiej.

Z badań prowadzonych przez Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej wynika, że średnia dawka efektywna spowodowana promieniowaniem pochodzącym od źródeł pochodzenia sztucznego (bez diagnostyki medycznej) na statystycznego mieszkańca Polski wynosiła w 2009 roku 0,016 mSv. Na dawkę tę składa się dawka pochodząca od narażenia zewnętrznego oraz dawka od radionuklidów, które znalazły się w organizmie poprzez układ pokarmowy oraz oddechowy człowieka.

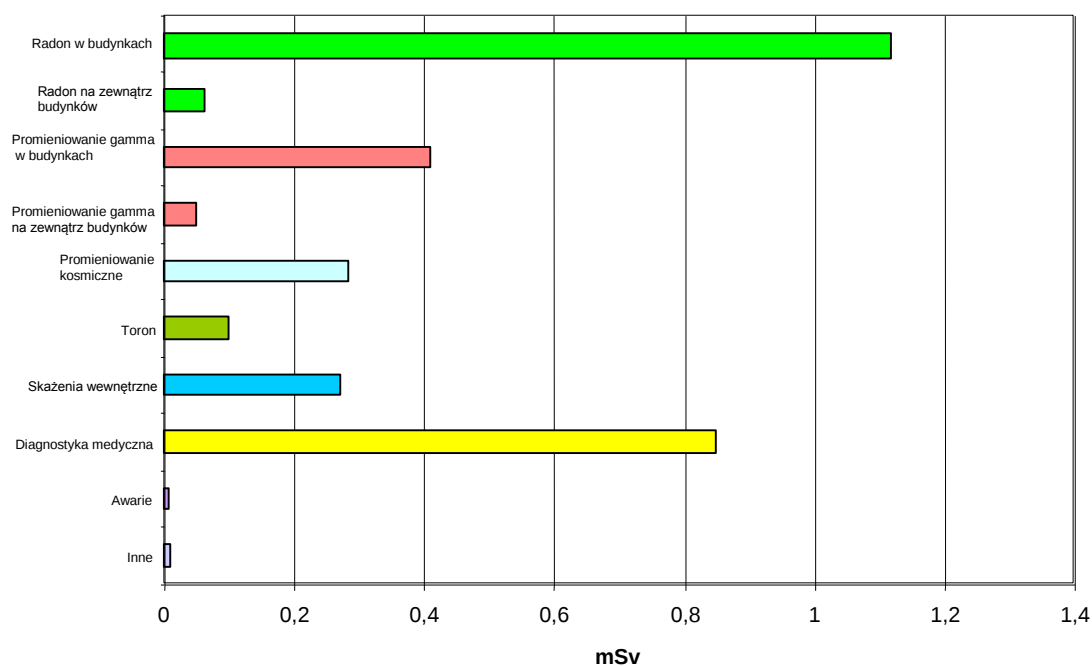
Porównując tę wartość (0,016 mSv) do dawki granicznej dla ludności (1 mSv) oraz do średniej dawki efektywnej (3,19 mSv) można stwierdzić, że w 2009 roku wartość ta stanowi 1,6% dawki granicznej oraz 0,5% średniej rocznej dawki efektywnej, na którą był narażony statystyczny mieszkaniec Polski.

Rys.1 Udział różnych źródeł promieniowania jonizującego w dawce otrzymywanej przez ludność Polski w 2009 r. (3,19 mSv)



la

Rys. 2 Średnie roczne dawki efektywne otrzymywane przez ludność Polski od różnych źródeł promieniowania jonizującego w 2009 r.



Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania



2009

OPRACOWANIE METODYKI NIEZBĘDNEJ DO URUCHOMIENIA WZORCA WTÓRNEGO PROMIENIOWANIA BETA

Krzysztof Ciupek

CLOR – Pracownia Wzorcowania posiada wzorzec wtórny BSS 2 (Beta Secondary Standard), produkcji QSA Global GmbH, wyposażony w trzy źródła β -promieniotwórcze:

1. ^{147}Pm o średniej energii promieniowania beta równej 0,06MeV
2. ^{85}Kr o średniej energii promieniowania beta równej 0,24MeV
3. $^{90}\text{Sr}/\text{Y}/^{90}$ o średniej energii promieniowania beta równej 0,8MeV

Uruchomienie stanowiska BSS 2 wymagało prawidłowego podłączenia wszystkich elementów i zainstalowania najnowszej wersji oprogramowania wraz z aktualnymi współczynnikami poprawkowymi dostarczonymi przez Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Niemcy). System zgodny jest z wymaganiami zawartymi w normie ISO 6980. Przed przystąpieniem do prac, dokonano pomiarów dozymetrycznych na stanowisku BSS 2 w celu określenia dawek otrzymywanych przez pracownika, obsługującego aparaturę. Oszacowano, że przy jednorazowym wyjmowaniu źródła ^{85}Kr z pojemnika i umieszczaniu go w uchwycie mocującym na stanowisku BSS 2, dawka jaką otrzymuje pracownik na dłoń wynosi 50nSv. Dane zebrane z pomiarów środowiska pracy posłużyły do przygotowania Procedury Pomiarowej oraz Instrukcji Obsługi Stanowiska, tak aby spełniały wymogi zasad ochrony radiologicznej.

Zgodnie z tematem zadania przeprowadzono próbne wzorcowania przyrządów dozymetrycznych na moc dawki promieniowania beta. W tym celu posłużono się miernikiem Smartlon, którego producent podaje odpowiedź przyrządu na promieniowanie emitowane przez poszczególne źródła stosowane na stanowisku BSS 2. I tak dla źródła ^{147}Pm , odpowiedź przyrządu, a więc stosunek wskazania do wartości wzorcowej mocy dawki wynosi 1,05 a uzyskany w DLWW ma wartość 1,02.

Przeprowadzono również próbne odczyty dawkomierzy fotometrycznych naświetlanych mieszanym promieniowaniem: beta i gamma. Wyniki przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki odczytów dawkomierzy fotometrycznych napromienianych źródłami beta i gamma

Lp.	Źródło	Wartość Wzorcową ¹⁾		Wartość Odczytana ²⁾	
		Hp(0,07)	Hp(10)	Hp(0,07)	Hp(10)
		[mSv]			
1	⁹⁰ Sr i ¹³⁷ Cs	10	0,5	8,9	0,4
2	⁸⁵ Kr i ⁶⁰ Co	10	0,5	9,8	0,4
3	⁸⁵ Kr i ¹³⁷ Cs	5	0,5	4,8	0,7
4	⁸⁵ Kr	0,5	-	0,3	-
5	⁸⁵ Kr i ¹³⁷ Cs	0,5	0,5	0,7	0,4
6	⁹⁰ Sr	0,5	-	0,4	-

¹⁾ niep. rozsz. ± 5%

²⁾ niep. rozsz. ± 22%

Podobne pomiary przeprowadzono dla dawkomierzy termoluminescencyjnych (Tabela 2.)

Tabela 2. Wyniki odczytów dawkomierzy termoluminescencyjnych napromienianych źródłami beta i gamma

L p.	Źródło	Wartość Wzorcową ¹⁾		Wartość Odczytana ²⁾	
		Hp(0,07)	Hp(10)	Hp(0,07)	Hp(10)
		[mSv]			
1	⁸⁵ Kr	0,5	-	0,5	-
2	⁸⁵ Kr i ¹³⁷ Cs	2,0	5,0	1,7	5,1
3		2,0	1,0	2,1	1,0
4		1,0	0,5	0,9	0,5
5		1,0	3,0	0,6	3,0

¹⁾ niep. rozsz. ± 5%

²⁾ niep. rozsz. ± 30%

Przeprowadzone próbne pomiary mocy dawki oraz odczyty dawki potwierdzają prawidłowość stosowanej metody na stanowisku BSS 2. Trwające obecnie prace dotyczą przygotowania budżetu niepewności i rozszerzenia akredytacji Pracowni Wzorcowania DLWW w CLOR, udzielonej przez Państwowe Centrum Akredytacji. W tym celu konieczne jest kontynuowanie badań przy użyciu dawkomierzy i mierników oraz przeprowadzenie porównań międzylaboratoryjnych z zagraniczną instytucją (np. PTB) będącą laboratorium odniesienia.

KONTROLA DAWEK INDYWIDUALNYCH W ROKU 2008 I 2009

Marek Wasek¹, Grażyna Krajewska, Kamil Szewczak

¹Warszawski Uniwersytet Medyczny, Zakład Bioanalizy i Analizy Leków

Pracownia Dawek Indywidualnych i Środowiskowych CLOR w 2008 roku prowadziła kontrolę narażenia zawodowego od zewnętrznych źródeł promieniowania dla ponad 3900 osób. W 2009 roku liczba ta wzrosła do 4500 osób.

W latach tych byli to odpowiednio pracownicy:

- instytucji naukowych 733 i 895 osób;
- zakładów przemysłowych 919 i 895 osób;
- zakładów leczniczych 1302 i 1809 osób i
- innych zakładów 733 i 850 osób.

Pomiary dawek indywidualnych promieniowania X, γ i beta wykonywano metodą fotometryczną oraz wykorzystując dawkomierze termoluminescencyjne. Pomiary odbywały się w cyklach miesięcznych i kwartalnych.

Wyniki kontroli wykazują, że zarówno w 2008 jak i w 2009 roku około 90% dawek efektywnych, określonych ze wszystkich odczytów $H_p(10)$, było poniżej progu detekcji metody ($< 0,2$ mSv) tzn. poniżej 1% rocznej dawki granicznej. Przekroczenie rocznej dawki granicznej 20mSv zarejestrowano dla 0,1% odczytów w 2008 i 0,07% w 2009 roku. Było to 21 przypadków w 2008 i 12 przypadków w 2009 roku.

W ciągu dwuletniego okresu kontroli prawie wszystkie dawki równoważne w skórze, określone z odczytów $H_p(0,07)$, były poniżej 1% rocznej dawki granicznej 500 mSv. Jedynie w 2009 r. były dwa przypadki dawki w przedziale 50 – 150 mSv tzn. w przedziale 10 – 30% rocznej dawki granicznej.

Szczegółowe wyniki pomiarów w zakładach naukowych, przemysłowych, leczniczych i pozostałych przedstawiono w Tabelach 1 – 4.

Tabela 1 Liczba odczytów $H_p(10)$ w poszczególnych przedziałach dawek, w różnych rodzajach zakładów w 2008 roku.

Metoda pomiarowa	Rodzaj zakładu	Dawka efektywna [mSv]				Odczyty razem
		<0,2	0,2÷0,6	>0,6÷20	>20	
Fotometryczna	Naukowe	2643	206	83	6	2938
	Przemysłowe	3383	233	58	1	3675
	Lecznicze	4416	696	89	2	5203
	Inne	2687	121	44	0	2852
	Odczyty razem	13129	1256	274	9	14668
TLD	Lecznicze		585	221	12	818

Tabela 2 Liczba odczytów $H_p(0,07)$ w poszczególnych przedziałach dawek, w różnych rodzajach zakładów w 2008 roku.

Metoda pomiarowa	Rodzaj zakładu	Dawka równoważna [mSv]				Odczyty razem
		<0,2	0,2÷0,6	>0,6÷20	>20	
Fotometryczna	Naukowe	0	7	7	0	14
	Lecznice	0	60	22	0	82
	Odczyty razem		67	29		96

Tabela 3 Liczba odczytów $H_p(10)$ w poszczególnych przedziałach dawek, w różnych rodzajach zakładów w 2009 roku.

Metoda pomiarowa	Rodzaj zakładu	Dawka efektywna [mSv]				Odczyty razem
		<1	1÷6	>6÷20	>20	
Fotometryczna	Naukowe	3353	181	20	0	3554
	Przemysłowe	3289	54	7	3	3355
	Lecznice	3907	32	3	2	3944
	Inne	3199	48	1	0	3248
	Odczyty razem	13748	315	31	5	14099
TLD	Naukowe	106	12	5	3	126
	Przemysłowe	32	0	0	0	32
	Lecznice	3408	144	24	4	3580
	Inne	206	0	0	0	206
	Odczyty razem	3752	156	29	7	3944

Tabela 4 Liczba odczytów $H_p(0,07)$ w poszczególnych przedziałach dawek, w różnych rodzajach zakładów w 2009 roku.

Metoda pomiarowa	Dawka równoważna [mSv]				Odczyty razem
	<50	50÷150	150÷500	>500	
TLD	853	2	0	0	855

WZORCOWANIE PRZYZRĄDÓW DOZYMETRYCZNYCH DLA POTRZEB OCHRONY RADIOLOGICZNEJ W 2009 ROKU

Krzysztof Ciupek

Dozymetryczne Laboratorium Wzorców Wtórnych w CLOR posiada certyfikat akredytacji PCA AP 057 od 2003 roku. W pracowni wzorcowane są dawkomierze indywidualne i środowiskowe. Częstotliwość wzorcowania określona jest w Rozporządzeniu Rady ministrów z dnia 23 grudnia 2002r. W sprawie wymagań dotyczących sprzętu dozymetrycznego (Dz. U. z 2002r. Nr 239, poz. 2032). Zgodnie z powyższym rozporządzeniem, wzorcowanie sprzętu dozymetrycznego przeprowadza się nie rzadziej niż:

- 1) raz na 12 miesięcy – w przypadku przyrządu nie posiadającego kontrolnego źródła promieniotwórczego,
- 2) raz na 24 miesiące – w przypadku przyrządu posiadającego kontrolne źródło promieniotwórcze.

Wzorcowanie w zakresie promieniowania gamma przeprowadza się na dwóch stanowiskach: GAMMA 1 oraz GAMMA 2.

Pierwsze stanowisko posiada trzy źródła: ^{60}Co , ^{137}Cs i ^{241}Am . Przyrządy na tym stanowisku wzorcowane są w zakresie¹⁾ do:

- 6 000 $\mu\text{Gy/h}$ dla ^{60}Co
- 100 000 $\mu\text{Gy/h}$ dla ^{137}Cs
- 20 $\mu\text{Gy/h}$ dla ^{241}Am

Drugie stanowisko posiada 8 źródeł ^{60}Co i 5 źródeł ^{137}Cs . Przyrządy na tym stanowisku wzorcowane są w zakresie²⁾ do:

- 200 $\mu\text{Gy/h}$ dla ^{60}Co
- 4 000 $\mu\text{Gy/h}$ dla ^{137}Cs

Odpowiednie wartości wzorcowe uzyskuje się poprzez:

- ustawienie odległości między źródłem a wzorcowanym przyrządem,
- wybór źródła o odpowiedniej aktywności (dla GAMMA 2)
- stosując przesłony (dla GAMMA 1).

W pracowni wzorcowane są również przyrządy w zakresie skażeń powierzchniowych. Korzysta się z 3 źródeł emitujących promieniowanie β - (^{14}C , ^{36}Cl , ^{90}Sr) oraz źródła α -promieniotwórczego – ^{241}Am .

W 2009 roku Pracownia otrzymała 705 zleceń na wywzorcowanie ponad 50-ciu typów przyrządów. Wykonano 271 wzorcowań przyrządów z licznikami wewnętrznymi i sondami do pomiarów skażeń powierzchniowych promieniowania α i β . Sporządzono 17 protokoły niezdatności dla niesprawnych przyrządów. Wystawiono tym samym 583 świadectw wzorcowania.

Najczęściej wzorcowanymi:

- miernikami mocy dawki były: RK-67, EKO-C i RKP-1,
- dawkomierzami indywidualnymi były: ISOTRAK i STEPHEEN,
- przyrządami posiadającymi komorę jonizacyjną były: EKO-K, RGD i VICTOREEN,
- przyrządami posiadającymi licznik proporcjonalny były mierniki typu FH,
- sondami z licznikiem scyntylacyjnym były: SSU i SGB-D.

Około 90% przyrządów wzorcowanych w DLWW posiadało licznik Geigera-Müllera.

¹⁾ i ²⁾ wartości odnoszą się do mocy kermy w powietrzu

UTRZYMANIE SYSTEMU ZAPEWNIENIA JAKOŚCI W PRACOWNI DOZYMETRII RADONU

Olga Stawarz, Katarzyna Wołoszczuk, Kalina Mamont-Cieśla

1. Wprowadzenie

W ramach umowy CLOR z Państwową Agencją Atomistyki nr 5/SP/2009 pn. „Utrzymanie systemu zapewnienia jakości wzorcowania przyrządów dozymetrycznych” Pracownia Dozymetrii Radonu CLOR była zobowiązana wywiązać się z czterech zadań zapisanych w trzecim rozdziale tej umowy i dotyczącym systemu zarządzania jakością (zwanego dalej systemem zarządzania) w zakresie kalibracji detektorów i przyrządów do pomiaru stężenia radonu i jego produktów rozpadu.

Poniżej przedstawiono w skrócie działania wykonane w ramach tych zadań.

2. Nadzór techniczny i konserwacja komory i jej wyposażenia

Zostały wykonane okresowe pomiary sprawdzające i porównawcze następujących przyrządów:

- spektrometru średnic pochodnych radonu RPPSS-Mk2 (bieg własny, przepływy, wydajność zliczania cząstek alfa) wzorca odniesienia dla kalibracji przyrządów do pomiaru energii potencjalnej alfa krótkożyciowych pochodnych radonu-222
- monitora firmy Thomson/Nielsen WL Meter model TN-WL-02 No S 39812-763 (pomiar ze źródłem kontrolnym, kontrola przepływu)
- monitora firmy PYLON WLx (pomiar ze źródłem kontrolnym, pomiary porównawcze)
- monitorów radonowych AlphaGUARD PQ 2000: S/N EF 0843 (AG1 - wzorzec roboczy) i AlphaGuard PQ 2000 PRO S/N EF 1103 (AG2 - przyrząd odniesienia) do wzorcowania przyrządów i detektorów do pomiaru ekspozycji i stężenia radonu-222.

Oddano do naprawy radiometr górniczy, w którym, jak okazało się, konieczna jest wymiana detektora.

3. Audity wewnętrzne i audit w nadzorze

Dn. 4 lutego 2009r. odbył się przegląd zarządzania z dyrektorem CLOR i udziałem kierowniczk ds. technicznych i kierowniczk ds. jakości. Przedstawiono sprawozdania z działalności PDR od ostatniego przeglądu zarządzania – zarówno jeśli chodzi o sprawy systemowe jak i techniczne, a także omówiono raporty z oceny, które powstały po zeszłorocznym audicie w nadzorze.

Odbyły się cztery audyty wewnętrzne: dwa systemowe oraz dwa techniczne. Sporządzono protokoły spostrzeżeń i niezgodności oraz raporty z auditów. Wprowadzono stosowne poprawki w dokumentach systemu zarządzania i przeprowadzono działania korygujące, a następnie powiadomiono o tym audytorów.

Dnia 20 listopada 2009r. odbyła się ocena PCA, na podstawie przeglądu dokumentacji, przeprowadzona przez dr inż. Magdalenę Nowak (audytora wiodącego). Wyniki oceny nie wpłynęły jednak do CLOR przed końcem roku 2009.

4. Udoskonalanie systemu zarządzania w Pracowni Dozymetrii Radonu

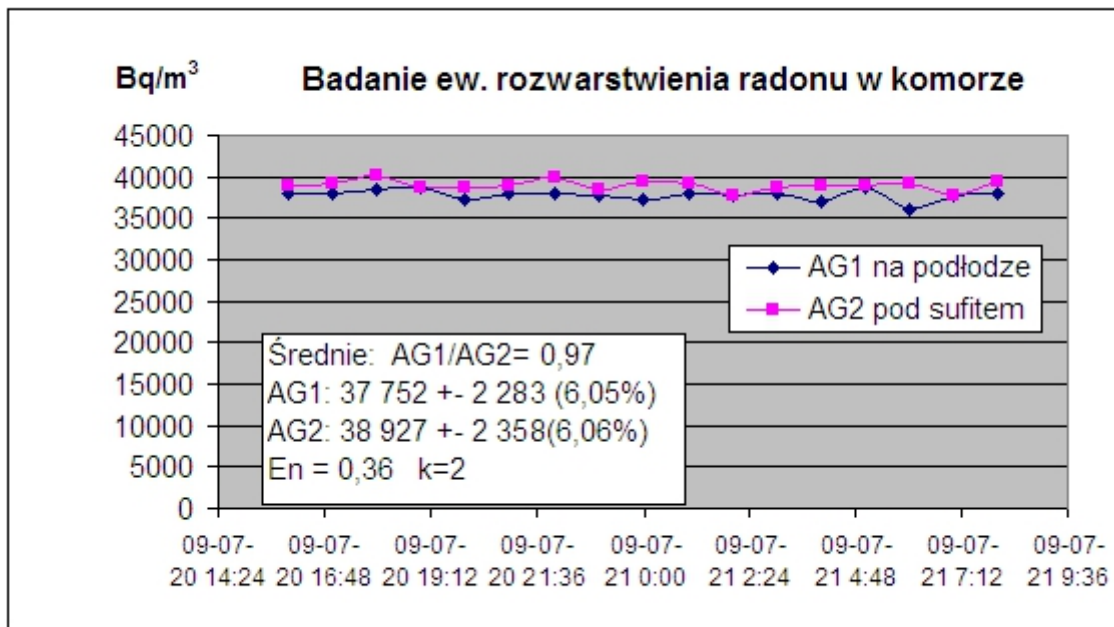
Udoskonalenie systemu zarządzania polegało na czterech rodzajach aktywności. Jedna dotyczyła przygotowywania się do połączenia Pracowni Dozymetrii Radonu z Pracownią Wzorcowania-Dozymetrycznym Laboratorium Wzorców Wtórnych (wprowadzanie zmian w dokumentacji i szkolenie pracowników). Drugi rodzaj polegał na działalności w kierunku udoskonalania technicznej strony wzorcowania. Trzeci rodzaj to udział w interkalibracji międzynarodowej dla detektorów pasywnych oraz czwarta – to zorganizowanie eksperymentu porównawczego dla polskich laboratoriów radonowych w zakresie porównań metod śladowych z detektorem CR-39.

4.1. Udoskonalanie metod wzorcowania

4.1.1. Zainstalowano oczyszczacz powietrza do komory radonowej umożliwiając szybkie uzyskanie atmosfery o bardzo niskim stężeniu aerozoli a przez to bardzo niskim współczynniku równowagi między radonem i jego krótkożyciowymi pochodnymi: $F=0,01$.

4.1.2. Zastosowano na zewnątrz komory rotametr w zamkniętym obwodzie przepływu powietrza przy pomiarze stężenia energii potencjalnej alfa za pomocą spektrometru średnic pochodnych radonu RPPSS. Umożliwia to permanentną kontrolę wartości przepływu, co jest szczególnie ważne podczas pomiaru w trybie ciągłym, zwykle długotrwałego.

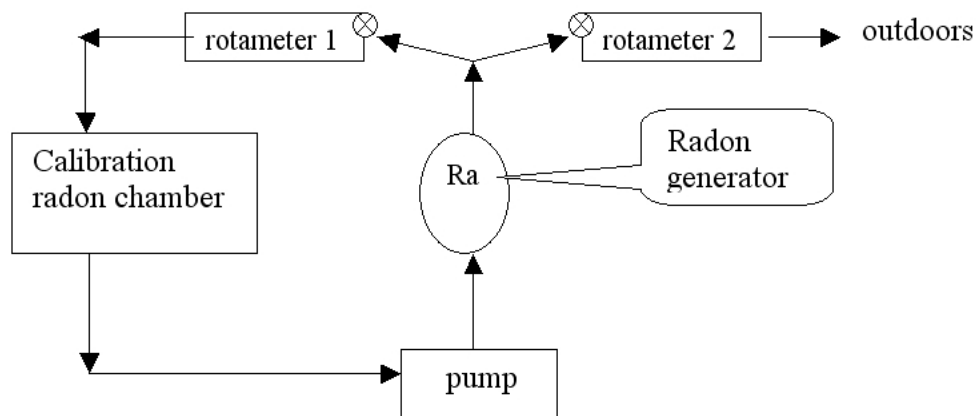
4.1.3. Przeprowadzono badania potwierdzające równomierny rozkład stężenia radonu w komorze, żeby wykazać eksperymentalnie audytorowi technicznemu PCA, że ciężar właściwy radonu ok. dziewięciokrotnie większy niż powietrza nie powoduje w komorze gradientu stężenia radonu. W tym celu wykonano porównanie wskazań dwu monitorów AlphaGUARD: AG1 i AG2 stojących obok siebie w komorze, wykazując zgodność wyników: stosunek średnich wartości z 166godz. $AG1/AG2=0,96$. Następnie jeden z nich AG1 ustawiono na podłodze komory a drugi AG2 pod samym sufitem przy bardzo wysokim stężeniu radonu w komorze ok. $40\ 000\ Bq/m^3$ i przy braku mieszania powietrza. Wysokość komory wynosi 199 cm. Stosunek średnich wartości z 15 godz. wynosi $AG1/AG2= 0,97$ (rys.1).



Rys.1. Przebieg stężeń radonu w komorze odczytany z dwu monitorów AlphaGUARD- jednego umieszczonego w komorze na podłodze a drugiego pod sufitem podczas jednoczesnego pomiaru przy braku mieszania powietrza.

4.2. System utrzymywania stałego poziomu radonu w komorze

Opracowano system utrzymywania stałego poziomu stężenia radonu w komorze, co jest ważne dla wzorcowania niektórych rodzajów detektorów radonowych np. węglowych oraz oczekiwane przez niektórych klientów. System ten polega na ciągłym pompowaniu radonu ze źródła w obiegu zamkniętym poprzez trójnik i dwa rotametry (tryb „widłowy”), co powoduje dostarczanie do komory jedynie porcji radonu z całkowitej strugi. Porcja ta regulowana jest przez odpowiednie ustawienie przepływów na obu rotametrach. Schemat tego systemu pokazany jest na rys. 2.



Rys. 2. Schemat „widłowego” trybu zasilania komory kalibracyjnej w radon.

Zależność stabilnego stężenia A_0 maksymalnego $A_{\max}$ i współczynnika k można opisać następującym równaniem:

$$A_{\max} * k * (1 - e^{-\lambda_{Rn} * t}) + A_0 * e^{-\lambda_1 * t} = A_0 \quad \text{stąd:}$$

$$k = A_0 \frac{1 - e^{-\lambda_1 * t}}{A_{\max} * (1 - e^{-\lambda_{Rn} * t})} \quad (1)$$

gdzie:

$A_{\max}$ – maksymalne stężenie w komorze odpowiadające danemu źródłu, związane z aktywnością Ra w źródle ($10\,500\text{ Bq/m}^3$)

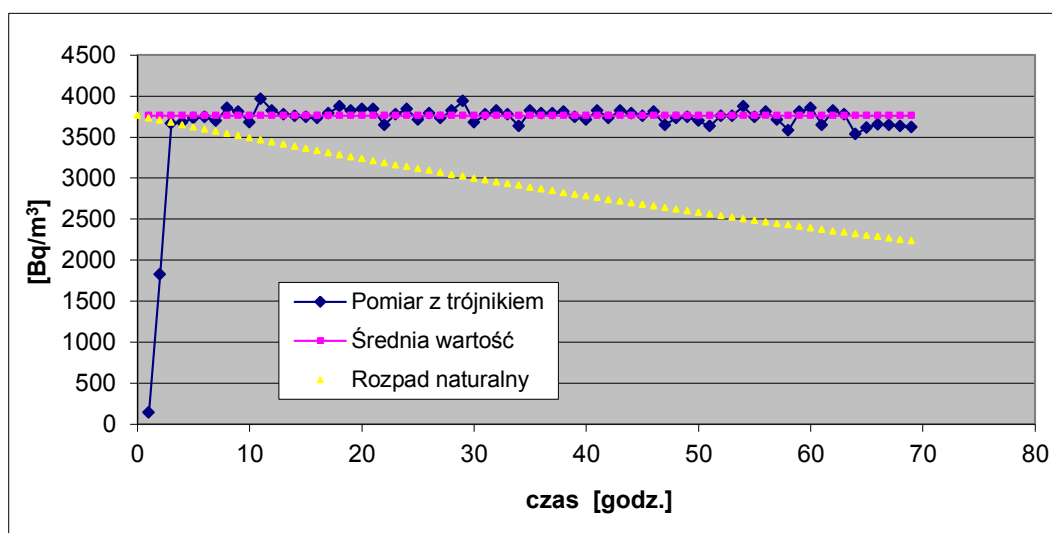
A_0 – oczekiwane stabilne stężenie

$\lambda_{Rn} = 0,00755\text{ godz.}^{-1}$

λ_1 – stała zaniku radonu w komorze

$k = r_1 / (r_1 + r_2)$, gdzie r_1 i r_2 przepływy odpowiednio przez rotametry r_1 i r_2 .

Na rys. 3 podany jest przykład stabilnego przebiegu stężenia radonu w czasie ok. 70 godz. dla $k=0,38$. Wartość średnia A_0 wynosi $3\,761\text{ Bq/m}^3$.



Rys.3. Przebieg w czasie stężenia radonu w „widłowym” systemie zasilania komory w radon.

Stała zaniku radonu w komorze odpowiada złożeniu dwu przyczyn zaniku: naturalnemu rozpadowi opisanemu stałą rozpadu radonu ($\lambda_{Rn} = 0,00755\text{ godz.}^{-1}$) i nieszczelności komory. Dlatego zależy ona od tego ile i jakie przyrządy podłączone są na zewnątrz komory (pompa do RPPSS, generator aerozoli TSI, licznik stężenia neutralnych jąder kondensacji RICH100, itd.). Badania prędkości zaniku radonu w komorze bez podłączonych przyrządów na zewnątrz wykazują $\lambda_1 = 0,0082$. Taka sytuacja ma miejsce podczas wzorcowania detektorów i przyrządów do pomiaru stężenia radonu. W Tabeli 1 podane są stałe zaniku radonu λ_1 w komorze, wyznaczone eksperymentalnie, dla różnych przyrządów podłączonych na zewnątrz komory.

Tabela 1. Stałe zaniku stężenia radonu w komorze przy różnych podłączonych przyrządach.

$\lambda_{Rn}=0,00755 \text{ godz.}^{-1}$	$\lambda_1 [\text{godz.}^{-1}]$
Bez zewnętrznych przyrządów	0,0082
Generator aerozoli TSI w obwodzie otwartym	0,0161
Generator aerozoli TSI w obwodzie zamkniętym	0,0173
Spektrometr średnic RPPSS	0,0229
RPPSS + TSI	0,0245
Licznik jąder kondensacji RICH100 + RPPSS + TSI	0,0528

Dla konkretnej konfiguracji połączeń, żeby uzyskać żadaną stabilną wartość A_0 stężenia radonu w komorze, należy obliczyć dla odpowiedniego λ_1 współczynnik k ze wzoru (1).

4.3. Udział w międzynarodowej interkalibracji metod pasywnych

Pracownia Dozymetrii Radonu uczestniczy co roku w międzynarodowej interkalibracji metod pasywnych organizowanej przez National Institute of Radiological Sciences (NIRS), Chiba, Japonia. W kolejnej serii 2008/2009 zgłoszono uczestnictwo dwu metod pomiarowych: własną metodę komór dyfuzyjnych typu NRPB/SSI z folią CR-39 oraz komercyjnie dostępną amerykańską metodę elektretów E-PERM system.

Wykonano dwie ekspozycje (trzecia się nie udała) scharakteryzowane w tabeli 2.

Tabela 2. Wartości stężeń, czasów trwania i ekspozycji w dwóch eksperymentach porównawczych w NIRS, Japonia.

	Referencyjne stężenie radonu ($C_{ref} \pm \Delta C_{ref}$) y [kBq/m ³]	Czas trwania ekspozycji [godz.]	Ekspozycja [kBq h/m ³]
I „LOW”	$0,96 \pm 0,10$	100	96 ± 10
III „HIGH”	$9,30 \pm 0,49$	119	1107 ± 58

Do oceny porównań zdefiniowano współczynnik $PD = (C_{lab} - C_{ref})/C_{ref} \cdot 100\%$ i przyjęto jako kryterium zgodności warunek: $PD \leq 20\%$. W Tabeli 3 podane są wyniki dla CLOR.

Tabela 3. Wartości współczynników PD dla dwu metod Pracowni Dozymetrii Radonu.

Ekspozycja	Detektory CR-39	Elektrety
I „LOW”	12%	5%
III „HIGH”	13%	3%

Jak widać obie metody PDR uzyskały bardzo dobrą zgodność z wartościami referencyjnymi w obu eksperymentach (współczynniki PD są znacznie niższe niż 20%).

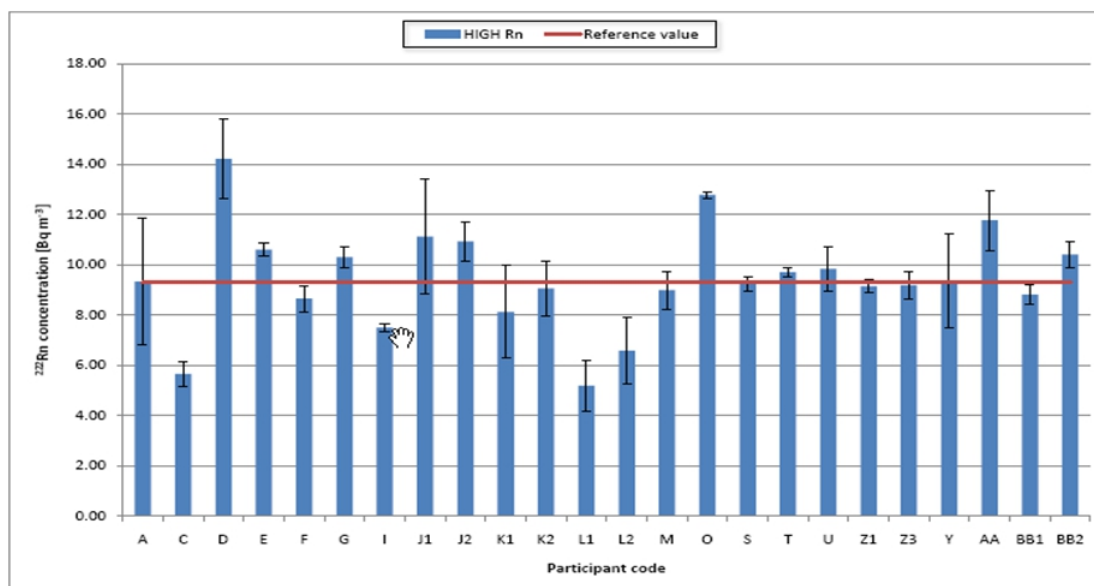
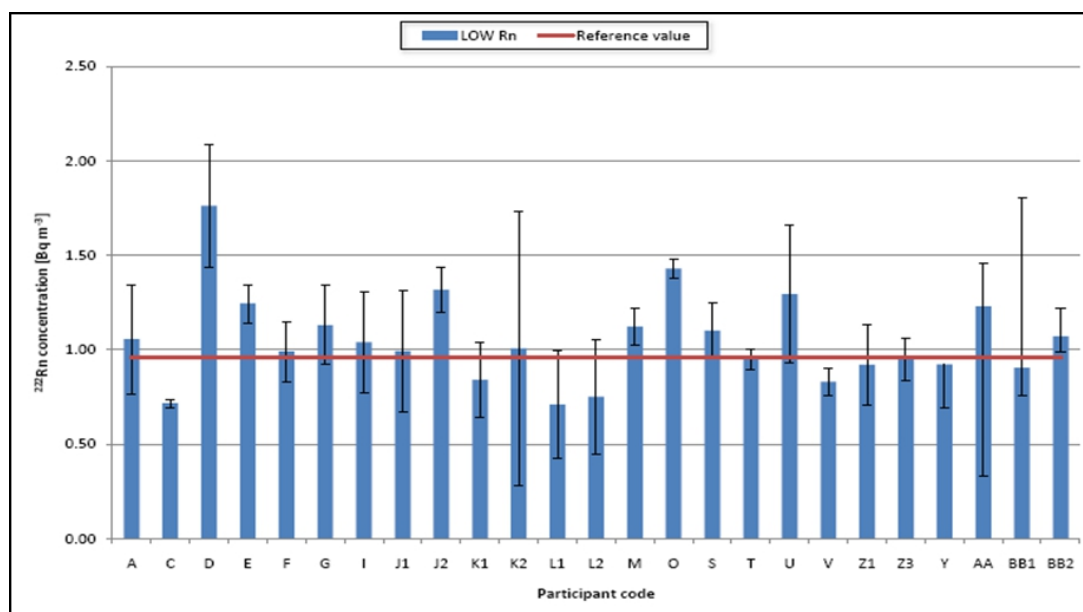


Figure 9. Results of Radon High Level exposure condition

Rys. 4. Zbiorcze wyniki japońskiej interkalibracji 2008/2009. Kody metod PDR: K1- detektory CR-39 i K2-elektrety.

4.4. Krajowa interkalibracja metod śladowych z detektorami CR-39

Zorganizowano interkalibrację detektorów śladowych z folią CR-39 dla sześciu instytucji zrzeszonych w Centrum Radonowym (siedem metod):

- Medyczny Uniwersytet w Białymstoku
- Główny Instytut Górniczy w Katowicach
- Instytut Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie
- Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej (komory KfK) w Warszawie
- Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej (komory SSI) w Warszawie
- Instytut Medycyny Pracy w Łodzi
- Wrocławski Techniczny Uniwersytet we Wrocławiu.

Wykonano trzy ekspozycje: 204 ± 13 , 430 ± 27 i 740 ± 46 kBq h/m³.

Każdy uczestnik przysłał 20 detektorów: po 5 do każdej z trzech ekspozycji plus 5 transportowych.



Rys. 5. Komory dyfuzyjne z detektorami CR-39 podczas eksperymentu porównawczego w komorze radonowej CLOR.

Interkalibracja ta została opisana w publikacji w Nukleonice pt. Intercomparison of radon CR-39 detector systems conducted in CLOR's calibration system 2010;55(4):589-593.

ZAPEWNIENIE I UTRZYMANIE SYSTEMU JAKOŚCI W PRACOWNI WZORCOWANIA DOZYMETRYCZNEGO LABORATORIUM WZORCÓW WTÓRNYCH (DLWW) DLA POTRZEB OCHRONY RADIOLOGICZNEJ

Kamil Szewczak, Andrzej Wiśniewski

Wstęp

Pracownia Wzorcowania – Dozymetryczne Laboratorium Wzorców Wtórnych jest jednostką organizacyjną w obrębie Zakładu Kontroli Dawek i Wzorcowania (Z-IV) Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej. Zgodnie z wymaganiami ustawy Prawo atomowe [1], przyrządy dozymetryczne używane w rutynowej kontroli przez jednostki wykorzystujące w swej działalności promieniowanie jonizujące, podlegają obowiązkowi wzorcowania w okresie jedno rocznym lub dwu letnim w przypadku przyrządów posiadających własne źródło kontrolne. Wzorcowanie takie może być przeprowadzane jedynie przez instytucje posiadające akredytację odpowiedniej jednostki w tym przypadku jest nią Polskie Centrum Akredytacji. W 2003 roku DLWW jako pierwsza pracownia w CLOR uzyskała akredytację Polskiego Centrum Akredytacji, otrzymując numer akredytacji AP 057. Od tamtej pory Laboratorium utrzymuje akredytację jednocześnie rozszerzając swoją działalność, w sposób ciągły podnosząc kompetencje swojego personelu oraz poprawia możliwości pomiarowe poprzez uruchamianie nowych stanowisk a także modernizację obecnych. Zgodnie z zasadami akredytacyjnymi w DLWW z okresem nie dłuższym niż 12 miesięcy odbywa się ocena zewnętrzna przeprowadzana przez audytorów PCA. Do chwili obecnej w DLWW odbyło się sześć auditów zewnętrznych w tym 1 audit w roku 2007, przedłużający certyfikat akredytacji.

System zarządzania w DLWW

Od momentu uzyskania przez DLWW akredytacji PCA w Pracowni utrzymywany jest system zarządzania zgodny z wymaganiami normy międzynarodowej PN-EN ISO/IEC 17025. Podstawą wdrożenia systemu zarządzania była *Deklaracja Polityki Jakości* zainicjowana przez ówczesnego Dyrektora CLOR. Następnie określona i wdrożona została *Polityka Jakości* określająca główne założenia działalności Laboratorium. Głównym założeniem uwzględnionym w *Polityce Jakości* jest zapewnienie wysokiej jakości prowadzonych w Pracowni pomiarów. Cel ten zostaje osiągany między innymi poprzez stosowanie wyposażenia o odpowiednio wysokiej jakości, odpowiednich oraz ciągle podnoszonych kwalifikacjach pracowników jak również stosowanie procedur kontroli jakości wykonywanych pomiarów. Podstawowym dokumentem obowiązującym w Pracowni jest *Księga Jakości*, obejmuje ona ogólny opis Systemu Zarządzania a także opis działalności technicznej Laboratorium. W roku 2009 *Księga Jakości* została zmodernizowana, jej obecny układ odpowiada dokładnie układowi normy PN-EN

ISO/IEC 17025:2005. W DLWW obowiązuje zasadniczo siedem typów dokumentów systemu zarządzania, pierwszym jest wymieniona już *Księga Jakości*, następnie, podyktowane wymaganiami normy, obowiązują Procedury ogólne (symbol QPO), Instrukcje ogólne (QIO), Procedury pomiarowe (QPP), Instrukcje pomiarowe (QIP), Instrukcje obsługi (QIOB) oraz Instrukcje sprawdzeń (QIS). Wszystkie prowadzone w DLWW zapisy dokonywane są na ustalonych formularzach które powiązane są za pomocą symboli z adekwatnymi procedurami. Osobą odpowiedzialną za utrzymywanie Systemu Zarządzania jest Kierownik ds. Jakości powołany przez Dyrektora CLOR. Odpowiedzialny jest on między innymi za utrzymywanie dokumentacji systemowej w stanie aktualnym zgodnie z procedurą *QPO 13 Nadzór nad dokumentami*, planowanie i realizacją auditów wewnętrznych zgodnie z procedurą *QPO 11 Audity wewnętrzne* a także za takie elementy systemu jak działania korygujące, działania zapobiegawcze czy przeglądy zarządzania. W kwestii działalności technicznej obejmującej nadzór nad wyposażeniem, szkolenia pracowników, zakupy usług i dostaw odpowiedzialność ponosi Kierownik ds. Technicznych. Kierownik Laboratorium natomiast odpowiada między innymi za zatwierdzanie dokumentów systemowych, zatwierdzanie planów szkoleń, planów wydatków a także za autoryzację *Świadectw wzorcowania*. Obecnie na system zarządzania składają się:

- Księga Jakości, wydanie 10
- 17 Procedur ogólnych
- 1 Instrukcja ogólna
- 5 Procedur pomiarowych
- 2 Instrukcje obsługi
- 2 Instrukcje pomiarowe
- 4 Instrukcje sprawdzania

Utrzymanie systemu zarządzania w roku 2009

W ujęciu chronologicznym w DLWW w roku 2009 odbyły się następujące działania związane z utrzymaniem systemu zarządzania:

- Przeprowadzenie dwóch auditów wewnętrznych
- Przeprowadzenie przeglądu zarządzania
- Audit zewnętrzny przeprowadzony przez audytorów PCA
- Opracowanie propozycji działań korygujących i przedstawienie ich PCA
- Przeprowadzenie zaakceptowanych działań korygujących
- Rozszerzenie działalności Laboratorium w zakresie pomiaru powierzchniowej emisji promieniowania
- Ustalenie planów na rok 2010

Pierwszy audit wewnętrzny odbył się 9 czerwca 2009 i obejmował on swoim zakresem takie elementy jak: Nadzór nad dokumentami, Nadzór nad zapisami, Działania korygujące i zapobiegawcze, Audity wewnętrzne, Przeglądy zarządzania, Organizacja oraz System zarządzania. W wyniku oceny przeprowadzonej przez audytora wewnętrznego sporządzono jedną Kartę niezgodności oraz odnotowano jedno spostrzeżenie. Niezgodność odniesiona została do punktu 4.3 Normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005 czyli nadzoru nad dokumentami oraz procedury ogólnej *QPO 13 Nadzór nad dokumentami*. Treść niezgodności: „Nadzór nad dokumentami systemu zarządzania jest niepełny. Dowody: 1. W zbiorze norm znajdują się kopie normy PN-ISO 4037 ark. 1, 2 i 3, 2. Brak informacji o przeglądzie dokumentów prawnych, 3. Nie jest prowadzony wykaz instrukcji wyposażenia pomiarowego.”. Jako działanie korygujące, zgodnie z Kartą

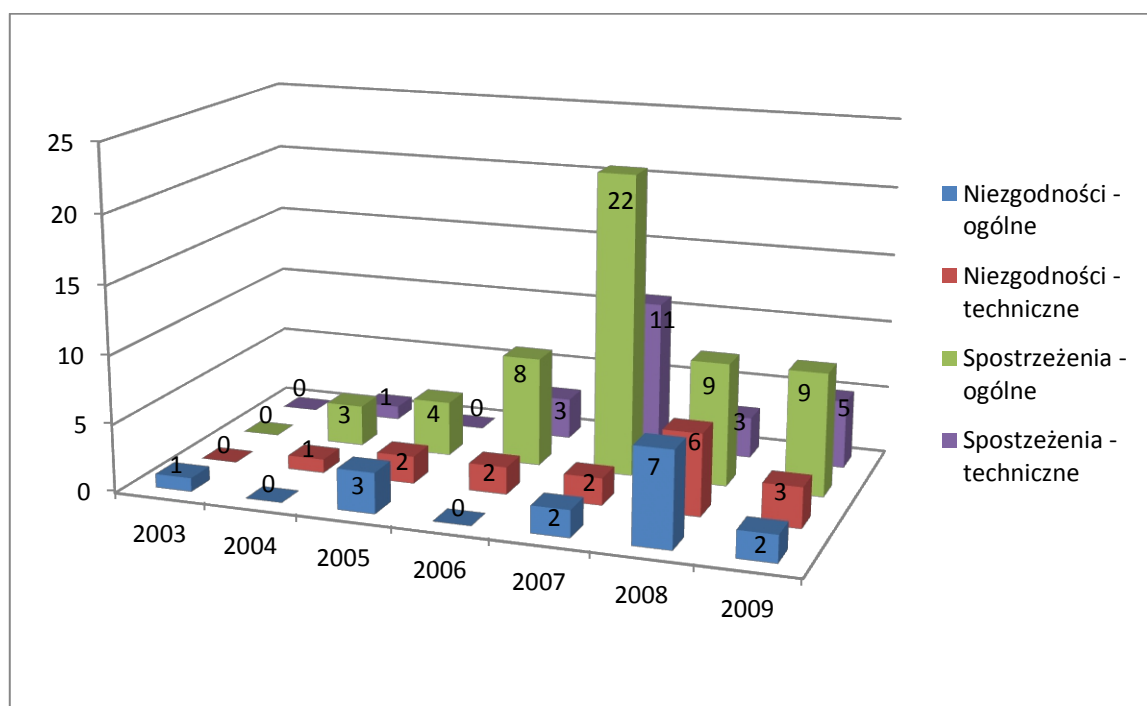
Planowania i Monitorowania Działań Korygujących Nr 1/09, zaplanowane zostało przeprowadzenie przeglądu i aktualizacja wykazu dokumentów prawnych i instrukcji obsługi wyposażenia pomiarowego oraz zakup Normy PN-ISO 4037. Działania zostały pomyślnie zrealizowane z 21.08.2009. Laboratorium dodatkowo odniosło się do spostrzeżenia zgodnie z zapisami *Karty Planowania i Monitorowania Działań Zapobiegawczych Nr 1/2009*. W ramach zaplanowanych działań przeprowadzono analizę dotychczasowych spostrzeżeń zaś wyniki analizy przedstawiono na przeglądzie zarządzania.

Drugi z zaplanowanych auditów wewnętrznych odbył się 16 czerwca i obejmował swym zakresem takie elementy systemu zarządzania jak: Zakupy usług i dostaw, Skargi, Nadzorowanie wzorcowań niezgodnych z wymaganiami, Wyposażenie oraz Zapewnienie jakości wyników wzorcowań. W wyniku oceny sporządzony został jeden Protokół niezgodności nr 1/2/2009 oraz odnotowane zostały dwa spostrzeżenia. Niezgodność została odniesiona do punktu 5.5 Normy PN-EN ISO/IEC 17025 oraz do procedury ogólnej *QPO 7 Nadzór nad wyposażeniem pomiarowym*. Dokładą treść niezgodności brzmiała: „Nadzór nad wyposażeniem jest niepełny. Dowody: 1. Kartoteka wyposażenia nie zawiera wymaganych informacji (dot. sprawdzania, wzorcowania, przeglądów, konserwacji oraz informacji o ograniczeniach stosowania wyposażenia), 2. W procedurze *QPO 7* nie odniesiono się do zabezpieczenia wyposażenia przed adjustacjami.”. W wyniku analizy niezgodności zaproponowane zostały następujące działania korygujące: „Opracowanie nowego wydania procedury *QPO 7* wraz z nowymi formularzami”. W efekcie przeprowadzonych działań zostało opracowane i wdrożone nowe wydanie procedury *QPO 7 Nadzór nad wyposażeniem pomiarowym*, w którym uwzględniono między innymi zabezpieczenie wyposażenia przed de adjustacjami. Opracowano jednocześnie nową poprawioną wersję formularza *QD 7.1 Karta wyposażenia*. Działania korygujące zakończone zostały 30 września 2009 roku. Laboratorium jednocześnie podjęło działania zapobiegawcze zgodnie z *Kartami Planowania i Monitorowania Działań Zapobiegawczych Nr 2/2009* oraz 3/2009.

Kolejnym elementem utrzymania systemu zarządzania było zaplanowanie i przeprowadzenie przeglądu zarządzania przez Dyrektora CLOR. *Plan przeglądu nr PR 9.1*, obejmował swym zakresem całą działalność Laboratorium. Celem przeglądu było: „Ocena utrzymania i skuteczności systemu zarządzania Laboratorium oraz przygotowanie Laboratorium do auditu nadzoru PCA”. Przegląd zarządzania odbył się zgodnie z planem dnia 26 czerwca 2009 roku. Podczas przeglądu zaprezentowane zostały dwa sprawozdania, pierwsze z zakresu działalności systemowej Laboratorium omówione przez Kierownika ds. jakości oraz drugie opisujące działalność techniczną zaprezentowane przez Kierownika ds. technicznych. Wynikiem przeglądu był *Protokół z przeglądu zarządzania* sporządzony zgodnie z procedurą ogólną *QPO 10 Przegląd zarządzania*. Jednocześnie w wyniku przeglądu określone zostały Cele i Zadania na Rok 2010.

Audit zewnętrzny przeprowadzony przez audytorów PCA odbył się zgodnie z planem 3 lipca 2009. Audit obejmował swym zakresem całą działalność Laboratorium dodatkowo w wyniku wcześniejszego zgłoszenia Laboratorium podczas auditu odbyło się rozszerzenie zakresu akredytacji o nową poddziedzinę oraz nowy personel. W wyniku oceny z zakresu akredytacji wykreślona została poddziedzina 18.04 „Aktywność promieniotwórcza powierzchniowa” zaś dopisana został nowa poddziedzina 18.02 „Powierzchniowa emisja promieniowania”.

Jednocześnie na wniosek Laboratorium zostały sprawdzone i potwierdzone kompetencje nowego pracownika wzorcującego, został on umieszczony w Zakresie akredytacji. Zespół audytujący podczas oceny sporządził pięć Kart niezgodności, w tym dwie stwierdzone w obszarze zarządzania Laboratorium oraz trzy w obszarze technicznym. Dodatkowo zanotowanych zostało osiem spostrzeżeń w obszarze zarządzania oraz sześć spostrzeżeń w obszarze technicznym. Porównując ilość odnotowywanych niezgodności i spostrzeżeń w latach ubiegłych, należy zwrócić uwagę na znaczny spadek otrzymanych niezgodności w stosunku do roku 2008, Rysunek 1. Ma to niewątpliwie związek z modernizacją systemu przeprowadzoną na przełomie lat 2008/2009.



Rysunek 1. Liczba otrzymanych niezgodności oraz spostrzeżeń w kolejnych latach.

Tabela 1. Wykaz niezgodności sporządzonych podczas oceny PCA w 2009 roku

Treść niezgodności	Podstawa niezgodności	Propozycje korekcy i/lub działań korygujących
Nadzór nad dokumentami jest niedostateczny. Przykłady: „Analiza spostrzeżeń sformułowanych w roku...” oraz „Rejestr odstępstw” nie mają identyfikacji systemowej.	Norma PN-EN ISO/IEC 17025: 2005 p. 4.3.2.3	Korekcje: 1. Oznaczenie i powiązanie formularz „Analiza spostrzeżeń sformułowanych w roku...” z procedurą QPO 14, 2. Oznaczenie i powiązanie formularza „Rejestr odstępstw” z procedurą QPO 15, 3. Wprowadzenie zmian w procedurach QPO 14 i QPO 15. Działania korygujące: Przeszkolenie pracowników w zakresie wprowadzonych zmian.
Nadzór nad zapisami jest niewystarczający. Przykłady: „Rejestr działań korygujących” nie jest prowadzony, brak oceny skuteczności działań w kartach niezgodności, „Deklaracja polityki jakości” nie ma daty, „Plan szkoleń podnoszących kwalifikacje w roku 2008/2009” nie jest zatwierdzony.	Norma PN-EN ISO/IEC 17025: 2005 p. 4.13	Korekcje: Uzupełnienie „Rejestru działań korygujących”. Ocena przeprowadzonych działań przez KL. „Plan szkoleń podnoszących kwalifikację w roku 2008/2009” został zastąpiony zatwierdzonym przez KL dokumentem „Plan i realizacja szkoleń w roku 2008/Ikw 2009”. Uzupełnienie „Deklaracji polityki jakości” o datę zatwierdzenia przez Dyrektora CLOR. Uzupełnienie procedury QPO 12 o zapisy dotyczące oceny skuteczności przeprowadzonych działań korygujących. Działania korygujące: Przeszkolenie pracowników w w/w zakresie
Wzór Świadectwa wzorcowania stosowany w Laboratorium nie jest zgodny z zaleceniami PCA, gdyż podawane wartości temperatury, ciśnienia i wilgotności podczas wzorcowania nie uwzględniają niepewności termohigrobarometru. Świadectwa zawierają niezgodne z zaleceniami PCA informację o okresie ważności Świadectwa.	Norma PN-EN ISO/IEC 17025: 2005 p. 5.10.2	Korekcja: Dostosowanie wzoru Świadectwa wzorcowania używanego w Laboratorium do wymagań PCA Działania korygujące: Przeprowadzenia szkolenia personelu w zakresie zmian w Świadectwie wzorcowania.
Procedury pomiarowe QPP1S i QPP2S dotyczące wzorcowania mierników skażeń powierzchniowych nie są właściwe, gdyż nie definiują wielkości mierzonych i zawierają niepoprawne zapisy ich jednostek. W procedurach używane są też jednostki spoza układu SI.	Norma PN-EN ISO/IEC 17025: 2005 p. 5.4.1	Korekcja: Przegląd i korekcja procedur pomiarowych QPP1S i QPP2S pod kątem poprawności definiowania wielkości mierzonych oraz stosowanych jednostek. Działania korygujące: Przeszkolenie pracowników w zakresie wprowadzonych zmian.
Procedury wzorcowania QPP4G i QPP1G odwołują się do tabel mocy dawki w funkcji odległości, ale tabele te nie są opisane i zatwierdzone.	Norma PN-EN ISO/IEC 17025: 2005 p. 5.4.1	Korekcje: 1. Oznaczenie i wprowadzenie tabel z wartościami wzorcowymi do procedur pomiarowych QPP1G i QPP4G, 2. Wprowadzenie zmian do procedur QPP1G i QPP4G. Działania korygujące: Szkolenie pracowników w zakresie wprowadzonych zmian.

Do wszystkich niezgodności zarejestrowanych podczas oceny (patrz Tabel 1), założone zostały *Karty Planowania i Monitorowania Działań Korygujących*, w których opisana została analiza niepewności oraz propozycje korekcji i/lub działań korygujących wraz z podaniem terminów ich wykonania. Wszystkie propozycje działań zostały pozytywnie zaakceptowane przez PCA, co umożliwiło podjęcie zaplanowanych zadań.

W wyniku przeprowadzonej oceny oraz pozytywnie ocenionych działań korygujących PCA zatwierdziło nowy Zakres Akredytacji. W zakresie pojawiła się wspomniana już poddziedzina 18.02 oraz nowy personel. W ostatecznym podsumowaniu zespół oceniający PCA stwierdził iż DLWW przestrzega postanowień kontraktu akredytacyjnego, Świadcstwa wzorcowania wystawiane przez Laboratorium są wystawiane w zakresie akredytacji nr AP 057 oraz iż personel wzorcujący jest kompetentny i akredytowany przez PCA.

Ostatecznie w Laboratorium ustalone zostały cele i zadania na rok 2010. Pierwszym z trzech zakładanych cali jest połączenie Pracowni Wzorcowania – Dozymetrycznego Laboratorium Wzorców Wtórnych z również akredytowaną Pracownią Dozymetrii Radonu co wiąże się z objęciem obu Laboratoriów jednym systemem zarządzania. Drugim celem jest rozszerzenie zakresu akredytacji o stanowisko wzorcowania RTG w zakresie promieniowania X serii widm wąski (N, zgodnie z Normą PN-ISO 4073-1) oraz szerokich (W). Ostatnim celem Laboratorium zakładanym na rok 2010 jest uczestnictwo w porównaniach międzylaboratoryjnych w zakresie wzorcowania przyrządów do pomiaru promieniowania rentgenowskiego oraz powierzchniowej emisji promieniowania.

Podsumowanie

System zarządzania w DLWW utrzymywany jest od momentu jego wdrożenia w sposób zgodny z wymaganiami Polskiego Centrum Akredytacji. Posiadanie oraz utrzymywanie akredytacji wpływa pozytywnie na jakość przeprowadzanych w Laboratorium wzorcowań przyrządów do pomiaru dawki i mocy dawki promieniowania fotonowego oraz pomiaru skażeń α i β -promieniotwórczych. Laboratorium kierując się Polityką Jakości dąży do ciągłego podnoszenia kwalifikacji personelu oraz rozszerzania swojej działalności, tak aby klienci DLWW mogli dopasowywać zakres wzorcowania przyrządów pod kątem posiadanych źródeł oraz rodzaju promieniowania z jakim pracują. Przekłada się to niewątpliwie na bezpieczeństwo pracy w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące przez klientów Pracowni Wzorcowania DLWW.

ZAPEWNIENIE I UTRZYMANIE SYSTEMU JAKOŚCI W PRACOWNI DAWEK INDYWIDUALNYCH I ŚRODOWISKOWYCH DLA POTRZEB OCHRONY RADIOLOGICZNEJ

Marek Wasek¹, Grażyna Krajewska, mgr Kamil Szewczak

¹Warszawski Uniwersytet Medyczny, Zakład Bioanalizy i Analizy Leków

W 2009 r. w ramach zapewnienia i utrzymania systemu jakości w Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych (PDIŚ) wykonano:

1. Cztery planowane audyty wewnętrzne:
 - „Nadzór nad wyposażeniem badawczym”
 - „Obsługa klienta”
 - „Skargi i reklamacje”
 - „Nadzór nad dokumentacją”

Wszystkie cztery audyty zostały przeprowadzone przed corocznym auditem w nadzorze organizowanym przez Polskie Centrum Akredytacji. Miały one na celu kontrolę systemu jakości w najważniejszych punktach, decydujących o jego przydatności w określaniu równoważnika dawki. Nie stwierdzono żadnych reklamacji klientów oraz na podstawie kontroli jakości badań potwierdzono wysoką jakość świadczonych przez PDIŚ usług.

2. Działania korygujące po audicie rozszerzającym zakres akredytacji z dnia 12.12.2008 r.
 - uzupełniono procedurę QPO 13 w zakresie ochrony zapisów z badań przechowywanych elektronicznie
 - przeprowadzono doraźnie szkolenie personelu: „Ochrona i tworzenie kopii bezpieczeństwa zapisów przechowywanych elektronicznie”
3. W dniu 18 czerwca Przegląd Systemu Zarządzania. Przegląd zarządził i prowadził dyrektor CLOR dr Paweł Krajewski.

Przegląd zarządzania przeprowadzony został zgodnie z nowymi wymogami normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005. Zwrócono szczególną uwagę na zagadnienia związane z doskonaleniem skuteczności systemu zarządzania, poprzez wykorzystanie polityki jakości, celów dotyczących jakości, wyników auditów, analizy danych, działań korygujących i zapobiegawczych. Szczególną uwagę zwrócono na plan szkoleń oraz ocenę skuteczności tych szkoleń. Przeanalizowano wyniki ankiety przeprowadzonej wśród klientów. Na podkreślenie zasługuje fakt, że od czasu uzyskania przez PDIŚ certyfikatu akredytacyjnego nie było ani jednej skargi na jakość świadczonych usług.

Przedyskutowano pod kątem zgodności z dokumentem DAB – 07 (wydanie 4) zakres akredytacji w PDIŚ.

4. W dniu 22 czerwca audit w nadzorze Polskiego Centrum Akredytacji.

Stwierdzono 2 niezgodności:

- „ Nieprecyzyjnie zapisana nazwa stanowiska Kierownika Laboratorium Monitoringu Jodu” (niezgodność mała)
- „ Na niektórych sprawozdaniach z badań (QDB 5.2) symbol akredytacji ma nieprawidłowe wymiary (zbyt szeroki) ” (niezgodność średnia)

Przeprowadzono dalsze działania korygujące po audytach wewnętrznych (2 niezgodności) oraz po audicie w nadzorze PCA z dnia 22 czerwca. W szczególności zwrócono uwagę na prawidłowe stosowanie symbolu akredytacji na dokumentach wysyłanych do klientów.

Wnioskiem końcowym auditu w nadzorze pomimo kilku zauważonych nieścisłości było stwierdzenie, że laboratorium PDIŚ utrzymało wdrożony system jakości zgodny z wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025:2001 + Ap1:2005. Certyfikat akredytacyjny ważny jest do grudnia 2011 roku.

5. Wewnętrzne szkolenia personelu (6 szkoleń) dotyczące:

- Wniosków po audicie rozszerzającym zakres akredytacji
- Oceny szkoleń przez pracowników PDIŚ
- Reklamacji
- Procedury Ogólnej QPO 12
- Prawidłowego stosowania symbolu akredytacji
- Procedur Badawczych stosowanych w PDIŚ z wykorzystaniem detektorów termoluminescencyjnych

6. W każdym kwartale 2009 r wykonywano okresowe badania detektorów filmowych i termoluminescencyjnych służących do określania indywidualnego równoważnika dawki $H_p(10)$ zgodnie z przyjętymi procedurami w systemie jakości obowiązującymi w PDIŚ. Wyniki badań ujęte są w dokumentach QD 3.1 i QD 3.2

W grudniu 2009 roku po blisko rocznym oczekiwaniu uzyskano z PCA potwierdzenie nowego zakresu akredytacji. Szczegóły dotyczące akredytowanych metod badawczych przedstawiono w poniższej tabeli.

Badane obiekty / grupy obiektów	Badana cecha Metoda badawcza	Normy i / lub udokumentowane procedury badawcze
1	2	3
1. Dawkomierz człowieka w polu promieniowania jonizującego	1. Indywidualny równoważnik dawki Hp(10) i Hp(0,07) dla promieniowania rentgenowskiego, gamma i beta. Metoda fotometryczna 2. Indywidualny równoważnik dawki Hp(10) dla promieniowania gamma Metoda z użyciem detektorów TLD Zakres dawek: od 0,2 mSv do 1 Sv	1. Norma: PN-ISO 1757:2001 2. Procedura badawcza: QPB1, wyd.1, marzec 2003. 3. CEI IEC 61066 : 2006 Procedura badawcza: QPB , wyd.1, czerwiec 2008
2. Tarczycza człowieka	Aktywność jodu promieniotwórczego zdeponowana w tarczycy człowieka, Metoda spektrometrii gamma, zakres: od 5 Bq do 5 MBq	Procedura badawcza QPB 8, wyd.1, październik 2008