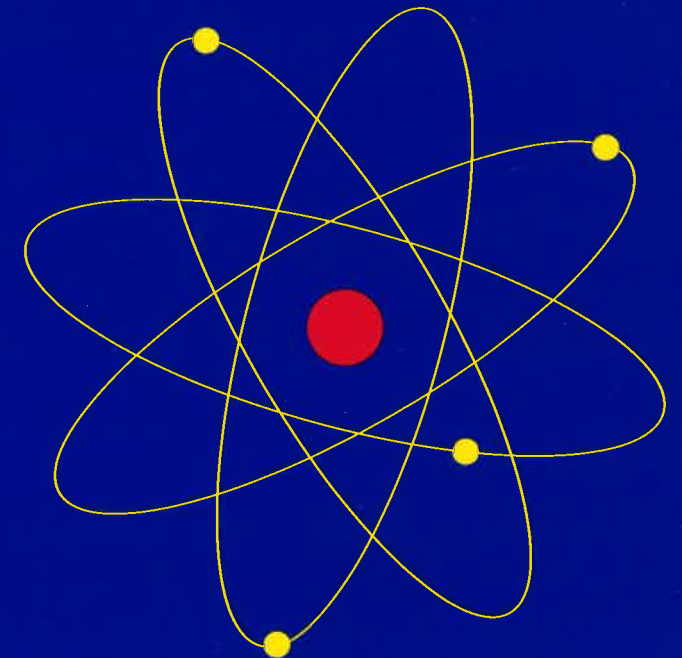


ISSN 0867-4752

4 (54)/2003

*BEZPIECZEŃSTWO  
JĄDROWE  
i  
OCHRONA  
RADIOLOGICZNA*



PAŃSTWOWA AGENCJA ATOMISTYKI

# BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE i OCHRONA RADIOLOGICZNA

BIULETYN INFORMACYJNY PAŃSTWOWEJ AGENCJI ATOMISTYKI

Nr 4(54)/2003  
Warszawa

Wydawca  
PAŃSTWOWA AGENCJA ATOMISTYKI


Redakcja: 00-522 Warszawa, ul. Krucza 36  
tel.: 695 98 22, 629 85 93  
fax: 695 98 15  
e-mail: tbia@paa.gov.pl

Przewodniczący Rady Programowej  
Witold ŁADA

Redaktor naczelny  
Tadeusz BIAŁKOWSKI

Wydanie publikacji dofinansował Komitet Badań Naukowych

ISSN 0867-4752

Druk  
 Drukarnia Piotra Włodarskiego  
02-646 Warszawa, ul. Ksawerów 21, tel.: 853-50-98

## SPIS TREŚCI

Podnoszenie bezpieczeństwa jądrowego w Czechach i na Słowacji . . . . .	3
Zdarzenia radiacyjne przy stosowaniu promieniowania jonizującego i w obiektach jądrowych . . . . .	16
Polsko-litewska i polsko-słowacka współpraca dwustronna . . . . .	19
Ecurie (European Community Urgent Radiological Information Exchange). System wczesnego powiadamiania i wymiany informacji w sytuacji zagrożenia radiacyjnego w krajach Unii Europejskiej . . . . .	24
Przekazywanie danych pochodzących z rutynowego monitoringu radiacyjnego środowiska w krajach Unii Europejskiej (UE) do centralnej bazy danych monitoringowych REM (Radioactivity Environmental Monitoring) UE znajdującej się w JRC (Joint Research Centre, Ispra, Włochy) . . . . .	30

*Szanowni Państwo,*

W bieżącym numerze Biuletynu dużo miejsca poświęcamy potencjalnym źródłom zagrożenia radiacyjnego, jakimi dla naszego kraju mogą być reaktory elektrowni jądrowych w krajach sąsiadujących z Polską. Inaugurujący ten numer artykuł p. Andrzeja Strupczewskiego omawia dość szczegółowo zagadnienie podnoszenia bezpieczeństwa jądrowego reaktorów typu WWER, pracujących między innymi w Czechach i na Słowacji. Przegląd ważniejszych wypadków radiacyjnych oraz zdarzeń w obiektach jądrowych wraz z ich analizą zawiera artykuł p. Witolda Łady i Andrzeja Mikulskiego. Ostatnio miały miejsce dwa coroczne spotkania, związane z realizacją międzyrządowej umowy dwustronnej o wczesnym powiadamianiu o awariach jądrowych oraz o współpracy w dziedzinie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej podpisane z Litwą i Słowacją. Relację z tych spotkań daje p. Stanisław Latek w swoim artykule. Pan Andrzej Kowalczyk opisuje system ECURIE, służący w Unii Europejskiej do wczesnego powiadamiania i wymiany informacji o zagrożeniach radiacyjnych. Drugi artykuł tegoż autora porusza zagadnienie monitoringu radiacyjnego środowiska w państwach Unii.

Życzymy owocnej lektury

*Redakcja Biuletynu*

## PODNOSENIE BEZPIECZEŃSTWA JĄDROWEGO W CZECHACH I NA SŁOWACJI

*Andrzej Strupczewski*

W momencie wielkiej transformacji ustrojowej w byłej Czechosłowacji pracowały dwa bloki z reaktorami najstarszego typu — WWER 440/230 — w elektrowni jądrowej (EJ) Bohunice (Słowacja), oraz po dwa bloki z reaktorami WWER 440/213 w EJ Bohunice i w EJ Dukovany (Czechy). Prócz tego w fazie budowy znajdowały się dwa bloki z reaktorami WWER 440/213 — w EJ Mochovce (Słowacja) i dwa bloki z reaktorami WWER 1000 — w elektrowni jądrowej Temelin (Czechy).

Wszystkie te reaktory miały szereg wad w porównaniu z reaktorami PWR budowanymi w Europie Zachodniej<sup>1</sup>. Misje ekspertów Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA) do reaktorów WWER 440/230 stwierdziły, że odstępstwa od zasad bezpieczeństwa stosowanych w krajach zachodnich są w tych reaktorach tak poważne, że należy podjąć niezwłoczne działania dla zmniejszenia zagrożenia w razie ich awarii [IAEA 92]. Zdaniem ekspertów z Unii Europejskiej, reaktory te należało niezwłocznie wyłączyć. Znacznie lepiej oceniono reaktory WWER 440/213. Wymagały one modernizacji z perspektywą osiągnięcia poziomu bezpieczeństwa zgodnego ze standardami międzynarodowymi. Reaktory WWER 1000 oceniano jako zaprojektowane prawidłowo, choć i w nich należało w zasadzie dokonać szeregu zmian celem zażegnania potencjalnych zagrożeń [AGENDA 2000].

W przeciwieństwie do reaktorów RBMK, które w dawnym Związku Radzieckim projektowano i budowano w warunkach tajności, rozwiązania reaktorów WWER były dobrze znane i analizowane w krajach zachodnich. Podstawowa zasada wyznawana przez przemysł jądrowy mówi, że awaria w jednym reaktorze niesie za sobą skutki dla pozostałych reaktorów. Hołdując tej zasadzie, zarówno międzynarodowe jak i krajowe organizacje jądrowe w krajach zachodnich

podjęły działania zmierzające do określenia i usunięcia słabości konstrukcyjnych reaktorów WWER. W tym celu MAEA utworzyła Pozabudżetowy Program Ocen Bezpieczeństwa Reaktorów WWER, finansowany przez USA, Japonię i inne kraje zachodnie. W ramach tego programu w latach 1992-1998 prowadzono intensywne działania obejmujące analizy bezpieczeństwa poszczególnych elektrowni z reaktorami WWER, włącznie z delegowaniem do tych elektrowni misji ekspertów. Misje oceniały ogólny stan bezpieczeństwa i szczegółowe problemy bezpieczeństwa, takie jak: funkcjonowanie obudowy bezpieczeństwa z kondensatorem wodnym lub wzrost kruchości zbiornika reaktora w funkcji napromieniowania. Zadaniem misji było także opracowanie raportów technicznych, zarówno przeglądowych na temat wszystkich problemów bezpieczeństwa, jak i szczegółowych, odnoszących się do wybranych zagadnień [IAEA 96a].

Kraje prowadzące eksploatację lub kończące budowę EJ z reaktorami WWER chętnie korzystały z pomocy misji MAEA, dobrze przygotowywanych i realizowanych z udziałem najlepszych ekspertów z wielu krajów. Typowym przykładem dobrego wykorzystania pomocy MAEA może być analiza bezpieczeństwa EJ Mochowce na Słowacji. W latach 1992-93 w elektrowni tej działały francuskie i niemieckie organizacje jądrowe, które przeprowadziły szereg analiz i znalazły wiele słabych punktów w istniejącym projekcie elektrowni, której budowa została wówczas czasowo zawieszona, podobnie jak to stało się w Polsce. Reaktory EJ w Mochowcach zaprojektowano wcześniej niż reaktory dla EJ Żarnowiec i charakteryzowały się zbliżonym, nieco tylko niższym niż w Żarnowcu poziomem bezpieczeństwa. W przeciwieństwie do Polski, Słowacja nie podjęła jednak decyzji o likwidacji niedokończonej elektrowni, lecz zaprosiła MAEA do przeprowadzenia misji w celu dokonania kompleksowej oceny bezpieczeństwa budowanych bloków.

Wobec tego, że w owym okresie byłem pracownikiem MAEA odpowiedzialnym za analizy

<sup>1</sup> *Przyp. Red.* Reaktory typu WWER, skonstruowane w ZSRR, są odpowiednikami reaktorów PWR konstruowanych i budowanych w Europie Zachodniej

bezpieczeństwa reaktorów WWER 440/213, przypadł mi w udziale obowiązek zorganizowania tej misji, jak i późniejszych, podobnych misji do elektrowni w Czechach, na Węgrzech, oraz szeregu specjalistycznych misji do elektrowni w innych krajach Europy Środkowej. Warto zdać sobie sprawę z tego, jak wygląda przygotowanie i praca misji MAEA, by mieć pojęcie o zakresie związanych z nią prac i o znaczeniu misji dla podniesienia bezpieczeństwa elektrowni jądrowej. Wstępnym etapem misji jest analiza raportów różnych organizacji krajowych i międzynarodowych na temat potencjalnych zagrożeń wynikających z niewłaściwych rozwiązań w elektrowni. W przypadku reaktorów WWER lista słabości była długa i obejmowała ponad 60 zagadnień, których znaczenie oceniano w skali od I do IV, przypisując poziom IV tym problemom, które wymagały niezwłocznego podjęcia działań zaradczych, aż po wyłączenie elektrowni. Listę opracowano systematycznie, dzieląc ją na działy obejmujące rdzeń, systemy bezpieczeństwa, system sterowania i kontroli, zasilanie elektryczne, obudowę bezpieczeństwa, biorąc pod uwagę zachowanie nienaruszalności elementów składowych reaktora, odporność na zagrożenia wewnętrzne (np. pożar), zewnętrzne (np. trzęsienie ziemi) i na wszystkie inne potencjalne wypadki możliwe w elektrowni jądrowej. Rozważano także problemy ogólne, takie jak kwalifikacja i weryfikacja zdolności do pracy w warunkach awaryjnych dla wszystkich elementów ważnych dla bezpieczeństwa. Ten ostatni punkt był zwykle przedmiotem szczególnych wątpliwości, gdyż w reaktorach WWER wyposażenie pochodziło głównie z dostaw byłych krajów RWPG.

Każdy z potencjalnych problemów był opisywany, ekspert MAEA przygotowujący misję formułował wątpliwości i odchylenia od rozwiązań uznanych za przyjęte w praktyce międzynarodowej, wskazywał na potencjalne zagrożenia i przesyłał do kierownictwa elektrowni gruby raport zawierający te informacje i listę wymaganych wyjaśnień. Na tej podstawie elektrownia powoływała szereg zespołów ekspertów, którzy w przypadku EJ Mochowce dobierani byli zarówno spośród inżynierów słowackich i czeskich, jak i z ekspertów rosyjskich będących przedstawicielami projektanta reaktora, oraz

z ekspertów francuskich i niemieckich uczestniczących w analizach i projektowaniu ulepszeń elektrowni. Następnie w ciągu kilku miesięcy — w przypadku EJ Mochowce zajęto to 4 miesiące — zespoły ekspertów przygotowały analizy i szczegółowe odpowiedzi na wszystkie pytania Agencji. Elektrownia przesłała je do MAEA, która zaprosiła najlepszych ekspertów, specjalizujących się w różnych dziedzinach bezpieczeństwa jądrowego, takich jak: fizyka reaktorowa, wymiana ciepła, analiza systemów, wytrzymałość itd. z 10 krajów. Dla zapewnienia bezstronności ocen przyjęto zasadę, że żaden z ekspertów nie może być pracownikiem organizacji, które uprzednio uczestniczyły w jakichkolwiek pracach dla ocenianej elektrowni. Ekspertom tym MAEA przedstawiła pytania przesłane do elektrowni i otrzymane od niej odpowiedzi, a następnie zaprosiła ich do wzięcia udziału w misji w samej elektrowni. Misja trwała 3 tygodnie i w tym czasie każdy z ekspertów MAEA spotykał się z zespołem przedstawicieli elektrowni i projektantów, dyskutował ich odpowiedzi, wymagał dodatkowych wyjaśnień, i wreszcie przedstawiał wnioski. Te z kolei były dyskutowane na codziennych wieczornych spotkaniach ekspertów Agencji z kierownictwem elektrowni i po uzgodnieniu stawały się częścią końcowej oceny opracowywanej przez MAEA. Raport powstały w wyniku misji był przesyłany do elektrowni w celu sprawdzenia wszystkich sformułowań, które budziły wątpliwości i po zatwierdzeniu stawał się ostateczną oceną bezpieczeństwa.

Choć przegląd dokonany przez ekspertów MAEA i ich porady są cenne, największe korzyści z punktu widzenia bezpieczeństwa przynosi własna praca ekspertów elektrowni i formułowanie przez elektrownię odpowiedzi na pytania Agencji. Zwykle odpowiedziom tym towarzyszy program prac modernizacyjnych, zmierzających do usunięcia słabości zidentyfikowanej w czasie prac MAEA. Urząd Dozoru Jądrowego Słowacji wykorzystał raport Agencji określający rangę ważności poszczególnych problemów bezpieczeństwa do ustalenia kolejności prac przy modernizacji EJ Mochowce. I tak problemy zaliczone do poziomu III i II (problemów na poziomie IV nie było) trzeba było rozwiązać w pierwszej kolejności, przed uruchomieniem elektrowni, a problemy na poziomie

I można było rozwiązywać w drugiej kolejności, nawet podczas pierwszego okresu eksploatacji reaktora, mianowicie do czasu jego pierwszego wyłączenia na przeładunek paliwa. W ten sposób kraj stosunkowo mały i posiadający ograniczoną kadre

ekspertów rozwiązał problem rankingu prac modernizacyjnych i wykorzystał łączne doświadczenia specjalistów z największych firm reaktorowych różnych krajów celem stworzenia dobrego programu prac naprawczych.

Tablica 1. Ważniejsze problemy bezpieczeństwa w reaktorach WWER 440/213 [IAEA 96a]

Obszar i sformułowanie problemu bezpieczeństwa	Poziom ważności
<b>Zachowanie nienaruszalności elementów składowych reaktora</b>	
Wzrost kruchości zbiornika ciśnieniowego reaktora i jego obserwacja	II
Niewystarczające badania nieniszczące elementów obiegu pierwotnego	III
Przecieki z obiegu pierwotnego do wtórnego (w wytornicach pary przez kolektor obiegu pierwotnego i rurki wymiany ciepła)	II
Braki ograniczników odrzutu rurociągu w obiegu pierwotnym	II
Niewystarczający system diagnostyczny dla obiegu pierwotnego	II
Zagrożenie szczelności i wytrzymałości rurociągów obiegu pary i wody zasilającej	III
<b>Systemy</b>	
Zabezpieczenie zbiornika ciśnieniowego reaktora przed szokiem termicznym pod wysokim ciśnieniem w przypadku awarii	III
Zabezpieczenie obiegu pierwotnego przed nadciśnieniem na zimno	III
Zapobieganie rozerwaniu kolektora obiegu pierwotnego w wytornicy pary i ograniczanie jego skutków	II
Zagrożenie jednoczesną utratą pomocniczego i awaryjnego układu wody zasilającej	III
Słabości układu niezawodnej wody technicznej (do potrzeb bezpieczeństwa)	II
Sprawdzenie zdolności zaworów bezpieczeństwa i zaworów odciążających stabilizatora ciśnienia do pracy przy przepływie wody.	II
Zdolność do pracy zaworów bezpieczeństwa i zaworów odciążających wytornicy pary przy przepływie wody	II
Gromadzenie się pary i gazu w obiegu pierwotnym w warunkach awaryjnych	II
Możliwość przecieku z systemu chłodzenia uszczelnień pomp obiegu pierwotnego	II
Niebezpieczeństwo zablokowania siatki wlotowej odpływu z obudowy bezpieczeństwa do układu awaryjnego chłodzenia rdzenia (UACR)	III
Groźba utraty szczelności wymiennika ciepła UACR	II
Gromadzenie się wodoru w warunkach awaryjnych	II
Słabości układu wentylacji sterowni	II
<b>System sterowania i kontroli</b>	
Niewystarczająca niezawodność układów sterowania i kontroli	II
Dobór sygnałów inicjujących awaryjne wyłączenie reaktora	II
Niepełne fizyczne i funkcjonalne rozdzielenie sterowni głównej i awaryjnej	II
Niewystarczające przedstawienie operatorowi informacji o parametrach związanych z bezpieczeństwem reaktora	II
Niedostateczna kontrola w stanach awaryjnych	II
<b>Układ zasilania elektrycznego</b>	
Zbyt mała pojemność baterii akumulatorowych 24 V i 220 V	II
<b>Budynki i konstrukcje budowlane</b>	
Zagrożenie dla wytrzymałości kondensatora wodnego w warunkach awarii utraty chłodziwa z obiegu pierwotnego (LOCA <sup>2</sup> )	II
Zachowanie termodynamiczne kondensatora wodnego	II
Maksymalne różnice ciśnień na ścianach dzielących pomieszczenia wewnątrz obudowy bezpieczeństwa	II

Obszar i sformułowanie problemu bezpieczeństwa	Poziom ważności
<b>Zagrożenia wewnętrzne<sup>3</sup></b>	
Zagrożenia wewnętrzne związane z rozerwaniem rurociągów wysokoenergetycznych	III
Niedostateczna analiza zagrożeń pożarowych	II
Niedostateczna ochrona pożarowa i oddzielenie fizyczne systemów ważnych dla bezpieczeństwa	III
<b>Zagrożenia zewnętrzne</b>	
Wstrząsy sejsmiczne	III
<b>Analiza awarii</b>	
Niepełne wymagania licencyjne przyjęte w analizie awarii	II
Zakres analiz awaryjnych	II
Sprawdzenie kodów obliczeniowych i modelu elektrowni	II
Stany przejściowe związane z zimnym szokiem termicznym pod ciśnieniem	III
Rozerwanie kolektora w wytwornicy pary	II
Awarie możliwe w stanach powyłączeniowych	II
Analizy poważnych awarii (hipotetycznych)	I
<b>Zagadnienia ogólne</b>	
Niezgodna z wytycznymi MAEA klasyfikacja elementów elektrowni jądrowej	II
Braki dokumentacji udowadniającej, że wyposażenie ważne dla bezpieczeństwa może pracować w warunkach awaryjnych	II

<sup>3</sup> ang. Lost of Coolant Accident

<sup>3</sup> Do zagrożeń wewnętrznych zalicza się pożar, zalanie wodą oraz skutki rozerwania rurociągu, takie jak: bicie rurociągu o sąsiednie konstrukcje wskutek odrzutu i cięcie konstrukcji przez strumień wody wypływającej z miejsca rozerwania

Lista słabości konstrukcyjnych reaktorów WWER 440/213 w zakresie bezpieczeństwa, kwalifikowanych jako problemy na poziomie II i III przedstawiona jest w tabelicy 1 [IAEA 96a]. Pełna lista obejmowała wiele problemów o poziomie ważności I, a także problemy związane z eksploatacją reaktora, których z braku miejsca nie omawiam w tym artykule.

Można w pierwszej chwili zdziwić się, że badania nieniszczące obiegu pierwotnego zostały w Tabeli I sklasyfikowane wyżej w skali ważności niż wzrost kruchości zbiornika ciśnieniowego, który przecież potencjalnie wiąże się z najgroźniejszą możliwą awarią w elektrowni jądrowej. Podobnych problemów dotyczących ocen ważności jest do rozwiązania więcej, a wynikają one stąd, że przy określaniu wagi problemu uwzględniano nie tylko potencjalnie możliwe skutki zanieczyszczenia, ale i aktualny rzeczywisty stan środków stosowanych w reaktorach WWER 440/213 do zapobiegania możliwym zagrożeniom. I tak np. zakwalifikowanie sprawy badań nieniszczących do poziomu III było spowodowane nie tylko analizą możliwych skutków tych zanieczyszczeń (rozerwanie obiegu pierwotnego, utrata chłodziwa,

szok termiczny na ścianki zbiornika reaktora), ale i stwierdzeniem, że stan badań nieniszczących w reaktorach WWER odbiega znacznie od wymagań i powszechnie stosowanej praktyki krajów zachodnich. Natomiast kontrola stanu kruchości zbiorników reaktora, choć nie w pełni zadawała, nie wykazywała rażącej słabości.

Klasyfikacja podana w tabelicy 1 jest ogólną klasyfikacją dla typowych reaktorów WWER 440/213 wykonanych zgodnie z oryginalnym projektem, opracowaną na podstawie analizy ich konstrukcji i wykonawstwa. W przypadku konkretnej elektrowni eksperci MAEA wspólnie z przedstawicielami elektrowni prowadzili analizy by stwierdzić, jakie ulepszenia wprowadzono po uruchomieniu elektrowni, jaki jest jej stan aktualny i jaką rangę należy nadać dalszym pracom modernizacyjnym. W przypadku EJ Mochowce wiele prac modernizacyjnych wykonano już przed rokiem 1994, w ramach współpracy Słowacji z firmami niemieckimi i francuskimi, a także przy udziale ekspertów rosyjskich. Obejmowały one:

- awaryjne usuwanie gazów z obiegu pierwotnego,

- połączenia zabezpieczające przed powstawaniem korków parowych w obiegu pierwotnym w warunkach awaryjnych,
- zwiększenie wydatku i stopnia rezerwowania awaryjnego układu zasilania wytwornicy pary,
- zwiększenie wydatku i dobre rezerwowanie układu niezawodnej wody technicznej,
- dodatkowy układ chłodzenia powyłączeniowego zaprojektowany na wypadek wstrząsów sejsmicznych,
- wstępne podgrzewania wody dla zbiorników UACR i hydroakumulatorów celem zmniejszenia zagrożenia szokiem cieplnym w warunkach awaryjnych,
- nowy system sterowania i kontroli dostarczony przez firmy zachodnie,
- poprawę odporności pożarowej kabli elektrycznych,
- podniesienie odporności sejsmicznej układów elektrowni,
- zastąpienie aluminiowych pokryć izolacji cieplnej pokryciami ze stali nierdzewnej, mające na celu zmniejszenie wydzielania wodoru w warunkach awaryjnych,
- automatyczną kontrolę radioaktywności w elektrowni i jej otoczeniu,
- zwiększenie szczelności obudowy bezpieczeństwa dzięki wymianie szczelnych przepustów kablowych na przepusty ulepszonego typu.

Nadal pozostawały jednak zagrożenia związane z niedostateczną różnorodnością, niewystarczającym rezerwowaniem i oddzieleniem systemów ważnych dla bezpieczeństwa EJ.

Dalsze prace przy modernizacji elektrowni jądrowej Mochowce prowadzono intensywnie przez 4 lata zgodnie z wytycznymi MAEA, po czym Słowacja poprosiła Agencję o dokonanie nowej oceny stanu bezpieczeństwa elektrowni. Druga misja była zorganizowana podobnie starannie jak pierwsza, wzięło w niej udział 12 ekspertów z różnych krajów, a ponadto zaproszono przedstawicieli organizacji antynuklearnych z Austrii, by na miejscu mogli zorientować się w przebiegu analiz bezpieczeństwa dokonywanych przez MAEA. Słowacja przedstawiła osobny raport na temat każdego z zakwestionowanych poprzednio rozwiązań konstrukcyjnych, pokazujący dokonane ulepszenia i ich skutki, od

nowych analiz bezpieczeństwa do budowy nowych budynków elektrowni. Dla ilustracji zakresu wykonanych prac, omówimy poniżej kilka spośród 65 przedsięwzięć zrealizowanych przez Słowację w czasie pomiędzy misjami MAEA.

**Dla usuwania ciepła poprzez wytwornice pary** konieczne jest dostarczanie do nich wody zasilającej. Funkcję tę może w reaktorze WWER 440/213 spełniać główny układ wody zasilającej, pomocniczy układ wody zasilającej i awaryjny układ wody zasilającej (AUWZ), każdy z nich wyposażony w trzy równoległe i niezależne ciągi z własnymi pompami, zbiornikami, rurociągami, a nawet z odrębnym zasilaniem elektrycznym przy czym dowolny ciąg wystarcza do zapewnienia bezpieczeństwa elektrowni. O takim układzie mówimy, że ma on rezerwowanie 300%, tzn., że są dwa ciągi rezerwowe poza jednym potrzebnym i wystarczającym. Jednakże rurociągi AUWZ przebiegają blisko rurociągów układu pary w rejonie tzw. półki na poziomie 14,7 m, położonej między halą turbin a obudową bezpieczeństwa reaktora. Przy analizie skutków rozerwania rurociągu parowego spowodowanego np. przez trzęsienie ziemi stwierdzono, że odrzut rozerwanego rurociągu może spowodować uszkodzenie rurociągów AUWZ. Wobec tego, że wskutek potencjalnego trzęsienia ziemi i utraty zasilania elektrycznego przestałyby także pracować układy głównego i pomocniczego zasilania wytwornicy pary, podstawowa droga do odbioru ciepła z reaktora byłaby stracona [IAEA 96a].

Celem rozwiązania tego problemu w EJ Mochowce zaprojektowano nową trasę dla awaryjnego układu wody zasilającej. Trzeba było zbudować nowy budynek odporny na wstrząsy sejsmiczne, wykonać nowe przepusty o dużej średnicy w obudowie bezpieczeństwa reaktora i zainstalować w nich nowe rurociągi układu. Prace te wykonano w pełni tak, że w chwili uruchamiania elektrowni rurociąg awaryjnego układu wody zasilającej nie był narażony na całej swej długości na niebezpieczeństwo rozerwania w wyniku uderzenia przez rurociąg parowy [IAEA 98].

W warunkach awarii z rozerwaniem obiegu pierwotnego, **niebezpieczeństwo zablokowania siatki wlotowej odpływu** z obudowy bezpieczeństwa do układu awaryjnego chłodzenia rdzenia UACR występuje skutek odrywania od ru-



rociągów fragmentów izolacji cieplnej i ich stopniowego spływu do miski odpływowej. Badania wykonywane w fazie projektowania reaktorów WWER wykazały, że izolacja cieplna nie opada na dno miski i nie powoduje jej zatykania. Jednakże badania te prowadzono z nową izolacją, przeznaczoną do zainstalowania w reaktorze. Okazało się, że w przypadku izolacji, która pracowała przez kilka lat w cyklach termicznych właściwości jej są gorsze i niebezpieczeństwo zatykania spływu do UACR staje się realne. Grozi to utratą dopływu wody do zbiorników UACR w warunkach recyrkulacji po awarii, a w konsekwencji do utraty wody na wlocie do pomp UACR i do utraty chłodzenia awaryjnego rdzenia reaktora [IAEA 96a].

EJ Mochowce przeprowadziła obszerne prace dla rozwiązania tego problemu, obejmujące badania doświadczalne spływu wody z fragmentami izolacji i próby różnych rozwiązań technicznych układu siatek filtrujących. W pracach tych pomagała Słowakom fińska firma Imatran Voima, dobrze znana w Polsce z okresu współpracy przy budowie pętli wodnej do badań bezpieczeństwa reaktorów WWER w reaktorze MARIA. Pod kierunkiem ekspertów fińskich EJ Mochowce przebudowała układ filtrów zwiększając ich powierzchnię, dodając układ filtrów wstępnych i instalując układ czyszczenia filtrów.

Jednym z największych potencjalnych zagrożeń jest awaria zapoczątkowana **przeciekami z obiegu pierwotnego do wtórnego**, np. wskutek rozerwania rurek wymiany ciepła lub kolektora obiegu pierwotnego w wytwornicy pary. Radiologiczne skutki takiej awarii są bardzo poważne, bo wyciekająca woda niesie ze sobą produkty rozszczepienia najpierw zawarte w chłodziwie obiegu pierwotnego, a potem wyzwalane z paliwa w rdzeniu reaktora. Woda ta wypływa bezpośrednio do otoczenia elektrowni, omijając główną barierę zabezpieczającą przed rozprzestrzenianiem produktów rozszczepienia, jaką stanowi obudowa bezpieczeństwa. Awaryje takie są groźne we wszystkich reaktorach, zarówno WWER jak i PWR, i wymagają szeregu zabezpieczeń, by operator mógł powstrzymać wyciek, zanim dojdzie do utraty wody z obiegu pierwotnego i UACR, a następnie osuszenia i stopienia rdzenia. W reaktorach zachodnich odpowiednie za-

bezpieczenia należą do podstawowego wyposażenia reaktora. W reaktorach WWER pierwotnie uważano, że rozerwanie kolektora obiegu pierwotnego lub większej liczby rurek w wytwornicy pary jest mało prawdopodobne, tak, że nie trzeba zaliczać tych awarii do rzędu projektowych. Mimo, że w EJ Rowne (Ukraina) doszło do zerwania śrub mocujących pokrywy kolektorów w wytwornicach pary i awaryjnego przepływu chłodziwa z obiegu pierwotnego do wtórnego, stanowisko projektantów radzieckich co do prawdopodobieństwa takiej awarii pozostawało niezmienione i reaktory WWER nie były przygotowane do opanowania jej skutków. Dopiero nacisk organizacji zachodnich, zapoczątkowany obszernymi pracami badawczymi i modernizacyjnymi w EJ Loviisa w Finlandii, doprowadził do wprowadzenia awarii rozerwania kolektora obiegu pierwotnego na listę awarii projektowych i podjęcia odpowiednich kroków modernizacyjnych dla zażegnania skutków takiej awarii [IAEA 96a].

W EJ Mochowce działania objęły zarówno środki zapobiegania awarii jak i ograniczania jej skutków. Zainstalowano układ detekcji małych przecieków z obiegu pierwotnego do wtórnego, oparty na pomiarze aktywności azotu N-16 i pozwalający na wczesne wykrywanie oznak nadchodzącej awarii. Zmieniono narzędzia do dokręcania śrub mocujących pokrywy kolektorów i wyposażono je w mierniki przykładanego momentu obrotowego, tak by zapobiec nadmiernym nierównomiernym naprężeniom w śrubach. Konstrukcję pokrywy kolektora zmieniono, tak że możliwe w razie uszkodzenia pole wypływu chłodziwa z obiegu pierwotnego zostało sześciokrotnie zmniejszone. Dla zapobieżenia możliwości rozrywania rurek w wytwornicy pary wprowadzono nowoczesne metody kontroli grubości rurek, by móc zaślepić osłabione rurki zanim dojdzie do ich rozerwania w czasie pracy reaktora.

Dla ograniczenia skutków awarii zainstalowano dodatkową linię zraszania przestrzeni parowej w stabilizatorze ciśnienia obiegu pierwotnego zapewniającą szybki spadek ciśnienia po awarii, wprowadzono zasadę wykorzystywania zaworu odciążającego na stabilizatorze ciśnienia dla szybkiego obniżenia ciśnienia w obiegu pierwotnym i zapewniono dodatkowe źródła wody

do uzupełniania stanu chłodziwa w obiegu pierwotnym. Po stronie obiegu wtórnego przeprowadzono sprawdzenie zdolności zaworów do zamykania w warunkach przepływu mieszaniny parowo-wodnej lub samej wody pod ciśnieniem, co zapobiega niebezpieczeństwu, że zawór odciążający na uszkodzonej wytwornicy pary zakleszczy się w pozycji otwartej i stworzy drogę do ciągłego wypływu chłodziwa z reaktora. Przeprowadzone analizy cieplno-przepływowe potwierdziły, że po wdrożeniu tych przedsięwzięć w EJ Mochowce awarię rozerwania kolektora w wytwornicy pary można opanować zanim dojdzie do uszkodzenia rdzenia reaktora [IAEA 98].

Poważne potencjalne zagrożenie w reaktorach WWER wiąże się z **możliwością pęknięcia zbiornika ciśnieniowego reaktora**. Zbiornik ten wykonywany jest przy zachowaniu najwyższych możliwych wymagań technologicznych i podlega wielokrotnej kontroli różnymi metodami, pozwalającymi wykryć wszelkie groźby pęknięć, tak, że rozerwanie zbiornika nie rozpatruje się jako awarii projektowej zarówno w elektrowniach jądrowych z reaktorami PWR, jak i z reaktorami WWER. Jednakże w reaktorach WWER warunki pracy zbiornika są trudniejsze niż w reaktorze PWR, ponieważ średnica zbiorników WWER jest mniejsza niż w reaktorach PWR. Wynika to stąd, że reaktory WWER budowano w miejscach wymagających transportu kolejowego i gabaryty zbiornika musiały być dostatecznie małe, by mieścił się on na platformie kolejowej, podczas gdy zbiorniki PWR były z zasady transportowane drogą wodną i nie podlegały takim ograniczeniom wymiarowym. W efekcie odległość od zewnętrznego skraju rdzenia do wewnętrznej powierzchni ścianki zbiornika jest w reaktorze WWER znacznie mniejsza niż w reaktorze PWR i strumienie neutronów prędkich powodujących wzrost kruchości stali są znacznie większe. Wysokie dawki neutronów prędkich w połączeniu z faktem, że stal zbiorników WWER w pierwszych latach ich budowy zawierała sporą ilość domieszek, powodują przyspieszony wzrost kruchości stali w zbiornikach reaktorów WWER.

Praca zbiornika o zwiększonej kruchości jest bezpieczna nawet przy wysokich ciśnieniach tak długo, jak długo jego temperatura jest wyższa od progu kruchości stali po napromieniowaniu. Jed-

nakże, jeśli skutek awarii i uruchomienia układu awaryjnego chłodzenia rdzenia dojdzie do wtrysnięcia do zbiornika zimnej wody z UACR i temperatura stali spadnie poniżej progu kruchości, istniejące drobne pęknięcia w ściankach zbiornika mogą powiększyć się aż do całkowitego przeniknięcia przez ścianę zbiornika i rozerwania ściany. Podobne sytuacje mogą powstać po innych awariach z szybkim ochłodzeniem obiegu pierwotnego, na przykład po rozerwaniu rurociągu obiegu parowego powodującym nagły spadek ciśnienia w wytwornicy pary, wzrost intensywności parowania wody zasilającej obiegu wtórnego i gwałtowne ochłodzenie obiegu pierwotnego.

**W EJ Mochowce materiał zbiornika był lepszy** od stosowanego we wcześniej wykonywanych zbiornikach reaktorów WWER, dlatego sytuacja nie wymagała drastycznych kroków zaradczych. Tym niemniej dla zmniejszenia wielkości strumienia neutronów prędkich padającego na ściankę zbiornika wprowadzono w rdzeniu tasowanie paliwa w taki sposób, by zmniejszyć ucieczkę neutronów poza rdzeń, co było możliwe bez ograniczenia mocy reaktora dzięki znacznym zapasom bezpieczeństwa, którymi charakteryzuje się rdzeń reaktora WWER. Oznacza to znaczne zmniejszenie szybkości zmian kruchości zbiornika. Wielkość strumienia neutronów mierzy się specjalnym układem próbek materiału zbiornika, umieszczonych w przestrzeni pomiędzy zbiornikiem a skrajem rdzenia, tak że otrzymują one większe dawki neutronów niż sama ściana zbiornika i zmiany ich kruchości pozwalają przewidywać przebieg zmian w samym zbiorniku. Takie układy próbek istniały we wszystkich reaktorach WWER 440/213, ale położenie próbek było trudno dokładnie wyznaczyć i ich temperatura nie była dobrze znana, a w związku z tym ekstrapolacja wyników była obarczona znaczną niepewnością. Zmiany w ustaleniu pozycji próbek wprowadzone w EJ Mochowce pozwoliły na znaczne zmniejszenie tej niepewności. Równolegle wprowadzono podgrzewanie wody w zbiornikach UACR i hydroakumulatorach, tak by w razie awarii z wtryskiem wody z UACR ochłodzenie materiału zbiornika było znacznie mniejsze. Dla uniknięcia nagłego ochłodzenia obiegu pierwotnego pod wysokim

ciśnieniem zainstalowano dodatkowy zawór odciążający, o przepustowości równej połowie wydatku możliwego w zaworach bezpieczeństwa. Zawór odciążający można automatycznie otworzyć w przypadku awarii powodującej wychłodzenie obiegu pierwotnego tak, by ewentualny spadek temperatury ścianek zbiornika odbywał się przy niskim ciśnieniu. Ponadto, dla uniknięcia zablokowania zaworu nadmiarowego w pozycji otwartej, przeprowadzono weryfikację pracy zaworów na stabilizatorze ciśnienia w warunkach przepływu mieszaniny parowo-wodnej, typowych dla warunków awaryjnych. Zmiany te pozwoliły stwierdzić, że zbiorniki obu reaktorów w EJ Mochowce mogą bezpiecznie pracować przez 60 lat [IAEA 98].

**Szereg innych zmian** dotyczył modernizacji systemu detekcji i gaszenia pożaru, instalowania dodatkowych filtrów w układach wentylacji sterowni głównej i rezerwowej, odporności układów elektrowni na wstrząsy sejsmiczne, raportu bezpieczeństwa oraz układu zabezpieczeń reaktora. W układzie sterowania i zabezpieczeń reaktora już przed misją Agencji wprowadzono szereg podsystemów opartych na technologii zachodniej, spełniających zasadę bezpiecznego uszkodzenia (fail safe), które dobrze połączono z radzieckim rozwiązaniem całości układu. Misja MAEA zwróciła jednak uwagę, że w układzie zabezpieczeń występowała typowa dla reaktorów WWER słabość, polegająca na tym, że w okresie sprawdzania pracy układu pracującego na zasadzie jeden z dwu<sup>4</sup> sprawdzany ciąg układu był odłączany od układu zrzutu prętów bezpieczeństwa reaktora. Kolidowało to z zasadą mówiącą, że pojedyncze uszkodzenie układów bezpieczeństwa reaktora nie może powodować utraty skuteczności działania układu. W okresie czteroletniej modernizacji reaktora, EJ Mochowce wprowadziła zmiany i w tym układzie tak, że obecnie testowanie go podczas pracy reaktora nie powoduje żadnego wzrostu zagrożenia obiektu.

<sup>4</sup> Zasada jeden z dwu oznacza, że istnieją dwa równoległe ciągi detekcji i przekazywania sygnału o przekroczeniu parametrów ważnych dla bezpieczeństwa, i jeśli choć jeden ciąg wykazuje takie przekroczenie, to reaktor wyłącza się.

Misja MAEA w 1999 roku stwierdziła, że **EJ Mochowce przeprowadziła wszystkie niezbędne prace i podniosła zdecydowanie poziom bezpieczeństwa elektrowni** tak, że obecnie elektrownia ta spełnia wymagania obowiązujące w krajach Unii Europejskiej. Podobne wyniki przyniosły misje do innych elektrowni z reaktorami WWER 440/213, mianowicie do EJ Bohunice V2 na Słowacji, do EJ Paks na Węgrzech [IAEA 97] i EJ Dukowany w Czechach.

Natomiast **znacznie gorzej przedstawia się sytuacja w pierwszych dwóch blokach EJ Bohunice**, oznaczanych symbolem EBO-V1, w których pracują reaktory WWER 440/230. Miały one szereg wad [IAEA 2000], do których poza wadami typowymi dla WWER 440/213 wymienionymi powyżej należały także:

- niezadawalająca konstrukcja budynku reaktora, która zapewniała powstrzymywanie wydzielania produktów rozszczepienia przy rozerwaniu rury obiegu pierwotnego o średnicy do 32 mm, ale nie wystarczała przy rozerwaniu większym, a przy pełnym rozerwaniu rurociągu o średnicy 500 mm mogła ulec zniszczeniu. Klapy bezpieczeństwa zainstalowane w dachu budynku otwierały się przy niewielkim nadciśnieniu, po czym radionuklidy zawarte w atmosferze budynku były uwalniane bezpośrednio do otoczenia,
- rażąco wysokie przecieki z obudowy bezpieczeństwa, sięgające kilku tysięcy procent dziennie, podczas gdy dla normalnych elektrowni wymagana jest szczelność ograniczająca przeciek do poniżej 1 % na dobę,
- słabość układu zraszania obudowy bezpieczeństwa, wysoko i niskociśnieniowego układu chłodzenia rdzenia i awaryjnego układu wody zasilającej, które nie miały wystarczającego rezerwowania (normalne rezerwowanie w WWER 440/213 to 3 ciągi równoległe, natomiast w EBO-V1 występują po dwa ciągi w tych systemach), brak rozdzielenia przestrzennego i brak odporności na zagrożenia wewnętrzne (pożar, zatapianie) i zewnętrzne (trzęsienie ziemi),
- brak odporności na pożar, w szczególności w hali turbin, gdzie występują potencjalne źródła pożaru (wodór), a budynek nie jest odporny na wysokie temperatury ani nie jest po-

- dzielony na mniejsze przedziały ogniowe,
- słabość niezawodnego układu wody technicznej, polegająca na zbyt małym rezerwowaniu i niewystarczającej odporności na zagrożenia wewnętrzne,
- wąski zakres awarii, z którymi mogą uporać się układy bezpieczeństwa reaktora tak, że maksymalna awaria projektowa ograniczona jest do rozerwania rurki w obiegu pierwotnym o średnicy 32 mm,
- niska jakość stali zbiornika ciśnieniowego reaktora, powodująca bardzo szybki wzrost kruchości tak, że już po kilku latach trzeba było przeprowadzać operację wyżarzania zbiornika by obniżyć temperaturę, przy której następuje jego kruche pęknięcie.

**EJ Bohunice podjęła szereg działań dla podniesienia bezpieczeństwa bloków WWER 440/230.** W wyniku wieloletnich starań zmniejszono przecieki z obudowy bezpieczeństwa tak, że obecnie wynoszą one około 40% na dobę, a więc są stukrotnie mniejsze niż pierwotnie, ale wciąż pozostają na poziomie uznawanym za niezgodny z filozofią bezpieczeństwa jądrowego na zachodzie. W obudowie bezpieczeństwa zainstalowano przepusty, przez które mieszanina parowo-gazowa może po wzroście ciśnienia przepłynąć z pomieszczenia wytwornic pary do basenu wodnego pod powierzchnię wody, gdzie para skrapla się i tylko gazy wydostają się nad lustro wody. Umożliwia to filtrację upuszczanej mieszaniny parowo-gazowej i zatrzymywanie w wodzie lotnych i stałych produktów rozszczepienia, takich jak jod czy cez. Układ zraszania obudowy bezpieczeństwa zbudowany w postaci dwóch niezależnych linii o dużej wydajności zapewnia szybkie skraplanie pary wodnej pozostającej w pomieszczeniu wytwornic pary i obniżenie ciśnienia w tym pomieszczeniu. Przy niewielkich rozszczelnieniach obiegu pierwotnego ciśnienie to nie przekracza 60 kPa, tak że możliwe jest uniknięcie otwarcia klapy bezpieczeństwa na dachu budynku, natomiast przy dużych wyciekach chłodziwa klapy te otwierają się w początkowym okresie awarii, gdy radionuklidy jeszcze nie uwolniły się z rdzenia reaktora, a pozostają zamknięte w późniejszym okresie, gdy elementy paliwowe ulegają rozszczelnieniu. Umożliwiło to ograniczenie wydzieleń produktów rozszcze-

pienia poza budynek reaktora i opanowanie skutków awarii projektowych. Przedział awarii z rozerwaniem obiegu pierwotnego zaliczanych do awarii projektowych rozszerzono aż do rozerwania rury o równoważnej średnicy 200 mm włącznie. Zwiększono także rezerwowanie UACR, układu niezawodnej wody technicznej i awaryjnego układu zasilania wytwornic pary, tak że każdy z tych systemów składa się obecnie z dwóch równoległych i niezależnych linii z własnymi zbiornikami, zaworami i zasilaniem z awaryjnych silników Diesla. Zbiorniki ciśnieniowe reaktorów wyżarzono dla obniżenia ich temperatury kruchości, a następnie wprowadzono tasowanie paliwa celem zmniejszenia szybkości ponownego napromieniowania stali zbiorników neutronami prędkimi [IAEA 2000].

Pomimo tych osiągnięć, poziom bezpieczeństwa EJ Bohunice V1 jest wciąż niższy od obowiązującego w krajach Unii Europejskiej. Na przykład awaria rozerwania rurociągu o średnicy 500 mm w obiegu pierwotnym nie może być zaliczona do awarii projektowych, ponieważ filozofia bezpieczeństwa wymaga, aby dla awarii projektowych można było zapewnić bezpieczeństwo przy przyjęciu założeń pesymizujących. Do założeń tych należy zasada, że w dowolnym układzie bezpieczeństwa może wystąpić pojedyncze uszkodzenie, niezależne od pierwotnej awarii, do której opanowania potrzebne jest działanie tego układu bezpieczeństwa. W EJ Bohunice V1 w układzie UACR pracują dwa ciągi, każdy z dwoma pompami wysokociśnieniowymi i jedną pompą niskociśnieniową. Mamy więc tutaj rezerwowanie 200%. Jednakże, jeśli zgodnie z zasadą pojedynczego uszkodzenia założymy utratę silnika Diesla, zasilającego jeden z tych ciągów, to okaże się, że wypadają z ruchu dwie pompy wysokociśnieniowe i jedna pompa niskociśnieniowa. Ponadto trzeba uwzględnić możliwość, że pierwotną awarią było rozerwanie tej pętli obiegu pierwotnego, do której wtryskuje wodę jedna z pomp wysokociśnieniowych w drugim ciągu, zasilanym przez sprawny silnik Diesla. Oznacza to, że tracimy wodę z tej pompy, ponieważ wypływa ona w miejscu rozerwania. Pozostałe dwie pompy — jedna wysokociśnieniowa i jedna niskociśnieniowa — nie wystarczają do chłodzenia rdzenia.

Poziom bezpieczeństwo, który zapewnia **budynki reaktora jest także nadal dużo gorszy** niż wymagany obecnie, zgodnie z aktualnymi zasadami. W przypadku poważnej awarii, która wykraczałaby poza ramy awarii projektowych i powodowała stopienie rdzenia, przecieki z obudowy będą tak duże, że działania dla ograniczenia skutków awarii trzeba byłoby w razie niekorzystnych warunków pogodowych podejmować, przyjmując rozprzestrzenianie się skażeń na odległość 40 km. Aby podnieść zdecydowanie bezpieczeństwo elektrowni trzeba byłoby wyposażyć ją w układy bezpieczeństwa o stopniu rezerwowania 300%, a nie 200% jak w tej chwili. Trzeba byłoby też zdecydowanie zmniejszyć przecieki z obudowy bezpieczeństwa — a nie jest to możliwe obecnie, gdy obudowa już istnieje.

W tej sytuacji Unia Europejska zażądała od Republiki Słowacji zamknięcia obu bloków z reaktorami WWER 440/230 i po negocjacjach uzgodniono, że pierwszy z tych bloków zostanie ostatecznie wyłączony w 2006, a drugi w 2008 roku. Na to miejsce Słowacja zamierza uruchomić dalsze dwa bloki w EJ Mochovce z reaktorami WWER 440/213, które jak potwierdziła Unia Europejska nadają się do modernizacji i pozwalają docelowo osiągnąć poziom bezpieczeństwa porównywalny z reaktorami pracującymi w krajach należących już do Unii.

Zupełnie odmienne problemy wiążą się z budową i uruchomieniem elektrowni jądrowej **Temelin w Czechach**, wyposażonej w dwa bloki z reaktorami WWER 1000. Po przerwaniu budowy tych bloków na początku lat 90-tych, Czechy wznowiły starania o ich uruchomienie i zapewniły sobie pomoc znanej firmy reaktorowej Westinghouse, która od dawna zajmuje się modernizacją i rozwojem elektrowni jądrowych w krajach Europy Centralnej i Wschodniej. Westinghouse podjął się wyposażyć EJ Temelin w nowoczesne układy sterowania i zabezpieczeń, które sprawiały wiele trudności innym elektrowniom z reaktorami WWER, a ponadto zapewnił pomoc w modernizacji projektu elektrowni i uzupełnieniu jej wyposażenia zgodnie ze współczesnymi wymaganiami bezpieczeństwa. W ten sposób Temelin miał stać się pierwszą elektrownią, która łączyłaby na wielką skalę ory-

ginalny projekt i wyposażenie opracowane w byłym ZSRR z nowoczesnymi technikami sterowania i zabezpieczeń.

Realizacja tego zadania okazała się znacznie trudniejsza niż przypuszczano, harmonogram budowy Temelina ulegał ciągłym zmianom, a koszty rosły. Jednocześnie organizacje antynuklearne w Austrii rozwinęły wielką kampanię na rzecz zatrzymania budowy Temelina. Poprzednia taka kampania, która miała na celu uniemożliwienie uruchomienia EJ Mochowce, została przegrana, ale pod naciskiem demagogów z partii FPO rząd austriacki podjął próbę nacisku na Czechy by zatrzymały budowę Temelina, oraz na Unię Europejską, by odmówiła przyjęcia Czech do Unii, jeśli budowa EJ Temelin nie zostanie wstrzymana. Ostatecznie na spotkaniu w Melku rządy Austrii i Czech podpisały porozumienie o współpracy i wymianie informacji, na mocy którego strona czeska jest zobowiązana do informowania Austrii o stanie prac i o rozwiązywaniu problemów bezpieczeństwa jądrowego występujących w związku z tą elektrownią.

Gdy MAEA prowadziła analizy bezpieczeństwa reaktorów WWER w ramach wspomnianego powyżej Programu Pozabudżetowego, raporty przedstawiające słabe miejsca reaktorów powstały nie tylko dla typu WWER 440/213, ale i dla reaktorów WWER 440/230 a także dla WWER 1000. Ranga poszczególnych problemów była inna dla każdego typu reaktora. I tak np. dla WWER 1000 konstrukcja obudowy bezpieczeństwa nie była powodem zarzutów, bo jest to tzw. duża sucha obudowa bezpieczeństwa, podobna do obudów w nowoczesnych elektrowniach jądrowych z reaktorami PWR w krajach zachodnich. Również odporność zbiornika ciśnieniowego reaktora na działanie strumienia neutronów prędkich była znacznie lepsza niż w poprzednich typach reaktorów, a to dzięki wykonaniu go ze znacznie lepszej jakości stali. Natomiast w czasie analiz MAEA zwrócono uwagę na dwa zagadnienia o wielkim znaczeniu dla reaktorów WWER 1000. Agencja przez dłuższy czas zamierzała zakwalifikować je jako problemy na poziomie IV, i dopiero po przedłożeniu przez Rosję materiałów świadczących, że problemy te są w trakcie rozwiązywania, uzgodniono ostatecznie, że będą one kwalifikowane na poziomie III.

Pierwszym z tych problemów było systematycznie **pojawianie się długich pęknięć w ścianach bocznych kolektorów** obiegu pierwotnego w wytwornicach pary [IAEA 96b]. Ściany te są pocięte siecią otworów, w których mocowane są rurki o średnicy zewnętrznej 13 mm, przez które przepływa chłodziwo reaktora oddając ciepło przez ścianę rurki do wody odparowywanej po stronie wtórnej wytwornicy pary. Otwory rozstawione są bardzo gęsto, a szczelność mocowania rurek zapewniano w czasie budowy przez łączenie wybuchowe, powodujące znaczne naprężenia w materiale ścianek kolektora. W miarę eksploatacji i działania na kolektor wody obiegu wtórnego o niskim pH, korozja naprężeniowa prowadziła do pęknięcia kolektorów, przy czym szczeliny miały znaczną długość, sięgającą nawet jednego metra. Do pełnego przerwania żadnego kolektora nie doszło, ale groźba tak dużego możliwego przecieku zmusiła operatorów EJ z WWER 1000 do wymiany wytwornicy pary by zapobiec możliwej awarii. Liczba wymienionych wytwornic doszła do 20 zanim udało się określić środki zaradcze. Okazało się, że podstawową sprawą było uniknięcie łączenia wybuchowego. Gdy zastąpiono je rozłaczaniem, naprężenia resztkowe zniknęły i kolektory przestały pękać. Na szczęście dla EJ Temelin, wytwornice pary zainstalowane w tej elektrowni były wykonane nie w byłym ZSRR, lecz w czeskich zakładach Skoda i przy ich wyrobie zastosowano właśnie technikę rozłaczania.

Inną bolączką reaktorów WWER 1000 było **nadmierne tarcie prętów regulacyjnych** w czasie ich wprowadzania do rdzenia przy przedłużonej 4-letniej kampanii paliwowej. Powodowało to opóźnienia w wyłączaniu reaktora, a czasem wręcz zakleszczanie się prętów w czasie ich zrzutu. Konstruktorzy reaktorów WWER 1000 zmienili w związku z tym konstrukcję kanałów prętów regulacyjnych i zwiększyli ich ciężar, co polepszyło sytuację, ale i ten problem nie dotyczył EJ Temelin, bo tam paliwo i układ prętów regulacyjnych były zaprojektowane i dostarczone przez firmy zachodnie.

Główne problemy w Temelinie wiązały się z **udowodnieniem, że wyposażenie elektrowni ważne dla bezpieczeństwa będzie pracować** zgodnie z przeznaczeniem podczas stanów awa-

ryjnych. Wobec tego, że badania odbiorcze urządzeń wykonywano w dużej mierze w byłym ZSRR i protokoły prób były niezadowolające z punktu widzenia wymogów krajów zachodnich, EJ Temelin uruchomiła cały obszerny program badań sprawdzających. Dla każdego urządzenia ważnego dla bezpieczeństwa sprawdzano, czy może ono pracować w temperaturach, ciśnieniach i wilgotności występujących podczas możliwych awarii, a jeśli istniejące dokumenty były niewystarczające, przeprowadzano próby na analogicznych urządzeniach lub w ostateczności, na samym urządzeniu wymontowywanym w tym celu z układu elektrowni lub poddawany symulowanym warunkom awaryjnym na miejscu pracy. Program ten był bardzo obszerny i jeszcze nie jest w pełni zakończony. Jego przebieg obserwują organizacje austriackie, uzyskujące informacje od strony czeskiej na regularnych spotkaniach komisji rządowych w ramach umowy z Melk.

Innym zagadnieniem jest **odporność EJ Temelin na poważne awarie**. Awarie takie następują przy założeniu, że wskutek nieznanego przyczyn wszystkie układy awaryjnego chłodzenia rdzenia zawiodą w sytuacji awaryjnej. Wówczas rdzeń ulega stopieniu, opada na dno zbiornika ciśnieniowego reaktora i może przegrzać je i przetopić. Po wycieku płynnego rdzenia na dno komory reaktora zaczyna się reakcja ciekłych materiałów rdzenia z betonem, prowadząca do wydzielania wodoru i tlenku węgla, a także dużych ilości pary wodnej. Należy podkreślić, że awaria taka ma charakter hipotetyczny. Aby wykazać, że reaktor w EJ Temelin jest zabezpieczony na wypadek poważnej awarii, trzeba udowodnić, że wyposażono go w układy i urządzenia wystarczające do:

- **obniżenia ciśnienia w obiegu pierwotnym** w przypadku awarii przebiegającej przy wysokich ciśnieniach, np. wycieku z obiegu pierwotnego do wtórnego lub całkowitej utraty zasilania elektrycznego, zarówno z sieci jak i z prądnic napędzanych przez silniki Diesla. Takimi urządzeniami mogą być układy usuwania gazu z obiegu pierwotnego, lub zawory odciażające na stabilizatorze ciśnienia. W przypadku przecieku z obiegu pierwotnego do wtórnego szybkie obniżenie ciśnienia w obiegu pierwotnym jest warunkiem



- zatrzymania ucieczki wody z obiegu. W razie stopienia rdzenia obniżenie ciśnienia w obiegu pierwotnym zapobiega gwałtownemu wyrzuceniu stopionego rdzenia do atmosfery po rozerwaniu zbiornika reaktora, z towarzyszącym mu gwałtownym wzrostem ciśnienia w obudowie. W EJ Temelin obniżanie ciśnienia w obiegu pierwotnym możliwe jest przy użyciu zaworu odciążającego na stabilizatorze ciśnienia, a także przez użycie układu awaryjnego usuwania gazu z obiegu pierwotnego,
- **uzupełniania wody w obiegu pierwotnym** ze źródeł dodatkowych, poza zbiornikami UACR i układem uzupełniania chłodziwa, również w warunkach utraty zasilania elektrycznego. Pozwala to na przedłużenie chłodzenia rdzenia, a może też uchronić przed jego stopieniem,
  - **zasilania w wodę** wytwornic pary po stronie wtórnej przy wykorzystaniu dodatkowych źródeł wody, np. basenu wody przeciwpożarowej lub cystern przewoźnych, również w przypadku utraty zasilania elektrycznego. Przedłuża to czas, po którym następuje opróżnienie wytwornic pary i utrata odbioru ciepła z obiegu pierwotnego,
  - **usuwania wodoru** z atmosfery obudowy bezpieczeństwa, lub utrzymania mieszaniny gazów w obudowie w stanie obojętnym, przy którym nie może nastąpić spalanie wodoru. Do tego celu instaluje się w budowie układy do katalitycznego łączenia wodoru z tlenem, podpalania wodoru, albo do wprowadzania do obudowy gazu obojętnego. W Temelinie układ katalitycznego łączenia wodoru został zaprojektowany tak, że wystarcza do usuwania wodoru wydzielanego w czasie awarii projektowych, a więc awarii, w których działają układy bezpieczeństwa i nie dochodzi do stopienia rdzenia. W przypadku poważnych awarii ze stopieniem rdzenia wódór wydziela się tak szybko, że układy katalitycznego łączenia nie nadążają z jego usuwaniem i stężenie wodoru w obudowie bezpieczeństwa rośnie do wartości, przy których możliwe jest intensywne spalanie wodoru. Na szczęście w dużej suchej obudowie bezpieczeństwa nawet przy spalaniu całego wy-

dzielonego podczas awarii wodoru nie dochodzi do przekroczenia ciśnienia dopuszczalnego, a szybko rosnąca frakcja pary wodnej powoduje inertyzację atmosfery obudowy bezpieczeństwa i uniemożliwia przejście do detonacji wodoru nawet przy jego bardzo wysokich stężeniach,

- **powstrzymania reakcji stopionego rdzenia z betonem** prowadzącej do przetopienia płyty fundamentowej reaktora. Jest to wymaganie trudne do spełnienia i jak dotąd EJ Temelin liczy się z możliwością, że reakcji tej nie da się powstrzymać. Przeprowadzone dotychczas badania w małej skali wykazują, że nawet zalanie stopionego rdzenia z góry wodą nie wystarcza do jego ochłodzenia i zatrzymania reakcji z betonem. Dzieje się tak, ponieważ przewodzenie ciepła przez stopiony materiał rdzenia jest złe i chłodząca woda powoduje tylko wytworzenie zastygłej skorupy na powierzchni stopionego rdzenia, natomiast nie wychładza granicy styku rdzenia z betonem. W przypadku reaktorów PWR, w których płyta fundamentowa spoczywa w głębi ziemi, wydzielanie produktów rozszczepienia po stopieniu płyty fundamentowej odbywa się przez warstwę gruntu, działającą jak filtr i zatrzymującą lotne i stałe produkty rozszczepienia. W EJ Temelin natomiast pod płytą fundamentową znajdują się pomieszczenia mające połączenie z atmosferą, tak że wydzielanie produktów rozszczepienia do tych pomieszczeń może mieć znacznie poważniejsze skutki niż w reaktorach PWR. W chwili obecnej trwają jeszcze poszukiwania najlepszej drogi do redukcji wydzielania produktów radioaktywnych po stopieniu płyty fundamentowej lub do zapobieżenia stopieniu tej płyty,
- **zapobieżenie nadmiernemu wzrostowi ciśnienia w obudowie bezpieczeństwa** w późnej fazie awarii, podczas reakcji stopionego rdzenia z betonem. W szeregu reaktorów w krajach Unii Europejskiej zainstalowano w tym celu układy wentylacji wyposażone w filtry wychwytyjące produkty rozszczepienia. Układy te są zazwyczaj odcięte od wnętrza obudowy bezpieczeństwa membraną, która ulega rozerwaniu w razie nadmiernego

wzrostu ciśnienia wewnątrz obudowy. W EJ Temelin brak jest takiego układu, ale istniejący układ wentylacyjny został przystosowany do działania w razie poważnej awarii i może posłużyć do ograniczania ciśnienia tak by nie przekroczyło ono wielkości dopuszczalnej z punktu widzenia wytrzymałości obudowy bezpieczeństwa.

Porównanie problemów, na które napotyka EJ Temelin z tymi, które uniemożliwiają długą eksploatację EJ Bohunice V1, pokazuje wyraźnie jak długą drogę przeszły elektrownie jądrowe. W Bohunicach reaktor WWER 440/230 boryka się z możliwościami opanowania awarii rozerwania rurociągu 500 mm przy normalnych licencyjnych założeniach odnośnie spodziewanej pracy układów bezpieczeństwa. W EJ Mochowce problemy takie jak ten są już w pełni rozwiązane, a w EJ Temelin opanowanie awarii projektowych traktuje się jako oczywiste, kierując uwagę na awarie pozaprojektowe, zdarzające się wielokrotnie rzadziej, i dla takich awarii przedstawia się analizy bezpieczeństwa elektrowni.

Losy elektrowni jądrowych w Czechach i Słowacji są dobrą ilustracją działań przemysłu jądrowego. Elektrownie z reaktorami WWER 440/213 i WWER 1000 zostały ulepszone i doprowadzone do stanu bezpieczeństwa podobnego jak w krajach Unii Europejskiej, natomiast reaktory WWER 440/230, które nie mogą zdecydowanie zmienić swego stanu bezpieczeństwa, zostały zabezpieczone w miarę możliwości, a w niedalekiej przyszłości mają zostać wyłączone. Natomiast zarówno Czechy jak i Słowacja planują budowę nowych reaktorów: Słowacja stara się o dokończenie budowy trzeciego i czwartego bloku z reaktorem WWER 440/213 w EJ Mochowce, Czechy zamierzają zbudować trzeci i czwarty blok w EJ Temelin, a w dalszej perspektywie rozpocząć budowę nowej elektrowni jądrowej w pobliżu granicy Polski, tak by do 2030 roku uzyskać z elektrowni jądrowych 40% potrzebnej energii elektrycznej.

Dotychczasowe pomyślnie wyniki modernizacji istniejących i nowo budowanych elektrowni jądrowych w obu tych krajach stanowią dobrą podstawę dla realizacji dalszych planów rozwoju energetyki jądrowej. Warto dodać, że bloki jądrowe są bardzo opłacalne. Na przykład na Sło-

wacji wytwarzają one energię elektryczną po koszcie dwukrotnie niższym niż elektrownie na paliwo organiczne. Dzięki zdrowemu rozsądkowi inżynierów i polityków Słowacja i Czechy nie zmarnowały swego potencjału nuklearnego, a społeczeństwo widząc pomyślną eksploatację zbudowanych już elektrowni zdecydowanie popiera dalszy rozwój energetyki jądrowej.

## LITERATURA

### AGENDA 2000

*Nuclear Safety in Central Europe and the New Independent States — The Context*, [http://europa.eu.int/comm/external\\_relations/nuclear\\_safety/intro/context.htm](http://europa.eu.int/comm/external_relations/nuclear_safety/intro/context.htm)

### WENRA 2000

*Report on Task Force Mission to Bohunice and Kozloduy NPPs, February 2000*

### IAEA 92

*IAEA: Ranking of Safety Issues for WWER 440 model 230 NPPs, IAEA TECDOC-640, IAEA Feb. 1992*

### IAEA 96a

*Safety Issues and their Ranking for WWER 440 Model 213 NPPs, IAEA-EBP/WWER-03, Vienna April 1996*

### IAEA 98

*Report of the IAEA Mission to Review Safety Improvements in Mochovce NPP, 6 to 16 October 1998, IAEA-RU-8081*

### IAEA 97

*Report of a Safety Review Mission to Review the Safety Upgrading Programme of Paks NPP Units 1-4, Paks Hungary, 18-28 November 1996, IAEA RU-6625, WWER-SC-197, July 1997*

### IAEA 2000

*IAEA Review of Results and the Gradual Upgrading at the Bohunice WWER 400/230 NPP, Units 1-2, 19-24 November 2000*

### Kujal 03

*KUJAL, B., 'Existing SA Analyses for Temelin NPP', ÚJV Řež, presented at the Workshop on Severe Accident Related Issues, SUJB, Prague, Czech Republic, June 17 and 18, 2003.*

### IAEA 96b

*Safety Issues and their Ranking for WWER 1000 Model 320 NPPs, IAEA-EBP/WWER-05, Vienna March 1996*

## NOTKA O AUTORZE:

**Andrzej Strupczewski** — dr inż. bezpieczeństwa jądrowego, przewodniczący Komisji Bezpieczeństwa Jądrowego Instytutu Energii Atomowej, 05-400 Świerk,  
e-mail: [A.Strupczewski@cyf.gov.pl](mailto:A.Strupczewski@cyf.gov.pl)

# ZDARZENIA RADIACYJNE PRZY STOSOWANIU PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO I W OBIEKTACH JĄDROWYCH

Witold Łada, Andrzej T. Mikulski

## WPROWADZENIE

Stosowanie promieniowania jonizującego w różnych dziedzinach działalności ludzkiej oraz istnienie obiektów jądrowych generuje występowanie nieprzewidywanych zdarzeń, które niosą za sobą zagrożenia dla człowieka. Wobec takiej sytuacji większość państw świata powołała u siebie organy państwowe zajmujące się bezpieczeństwem jądrowym i ochroną radiologiczną. Są one organami wydającymi decyzje w sprawach związanych z występowaniem promieniowania jonizującego. W celu minimalizacji zagrożeń użytkownicy źródeł promieniowania oraz projektanci, konstruktorzy, budowniczowie obiektów jądrowych starają się maksymalnie wykorzystać doświadczenia płynące z istniejących już urządzeń czy obiektów oraz wyciągać wnioski ze zdarzeń zaistniałych w przeszłości. Działania te sukcesywnie podnoszą poziom bezpieczeństwa stosowanych rozwiązań technicznych. Należy odnotować fakt ciągłego zmniejszania skali potencjalnych zagrożeń wynikających ze stosowania promieniowania jonizującego i pracy obiektów jądrowych. Niemniej jednak w zastosowaniach promieniowania jonizującego liczba poważnych zdarzeń ze skutkami śmiertelnymi budzi niepokój i wciąż dochodzi do sytuacji powodujących zagrożenie zdrowia i życia ludzi, natomiast zdarzenia w obiektach jądrowych nie powodują tak poważnych skutków dla człowieka i środowiska. Obserwacje takie potwierdzają eksperci oraz organizacje zajmujące się bezpieczeństwem jądrowym i ochroną radiologiczną.

Powstaje zatem pytanie, jakie są przyczyny zaistniałych zdarzeń. Oczywiście jest twierdzenie, że prócz poznania wspomnianych przyczyn należy podejmować działania ograniczające jakiegokolwiek zagrożenie dla człowieka. W tym między innymi celu powołano organizacje międzynarodowe związane z bezpieczeństwem jądrowym i ochroną radiologiczną, a w szczególności Międzynarodową Agencję Energii Atomo-

wej w Wiedniu, która powstała w 1957 roku dla realizacji programu Organizacji Narodów Zjednoczonych „Atom dla Pokoju”. Jednym z jej zadań jest dokładna analiza każdego poważnego zdarzenia poprzez misje ekspertów, publikowanie raportów, organizowanie konferencji, na których omawiane są zdarzenia i formułowane wnioski. Inną organizacją międzynarodową zajmującą się wyłącznie elektrowniami jądrowymi jest Światowe Stowarzyszenie Operatorów Elektrowni Jądrowych znane pod angielskim skrótem WANO (World Association of Nuclear Operators), które powstało w 1989 roku, po awariach w Elektrowni Three Mile Island (USA) w 1979 roku i Elektrowni Czarnobylskiej (b. ZSRR) w 1986 roku. Celem jego jest otwarta, szeroka i niczym nieskrępowana wymiana doświadczeń między personelem eksploatacyjnym podobnych elektrowni jądrowych na całym świecie, co zostało przedstawione w szeregu publikacjach (patrz m. in. miesięcznik Energetyka, maj 2003).

Aby przekonać naszych czytelników jak ważnym zagadnieniem jest szeroka dyskusja nad przyczyną każdego zdarzenia radiologicznego postanowiliśmy przypomnieć istotniejsze zdarzenia radiacyjne, które miały miejsce przy stosowaniu promieniowania jonizującego, a także mające miejsce przy eksploatacji obiektów jądrowych. Na tym tle omówione zostaną główne nieprawidłowości występujące w różnych strukturach organizacyjnych, które mają wpływ na bezpieczeństwo jądrowe i ochronę radiologiczną.

## ZDARZENIA RADIACYJNE

W ostatnich kilkunastu latach wystąpiło kilkadziesiąt zdarzeń na świecie, w których narażono na utratę zdrowia pracowników stosujących promieniowanie jonizujące i osoby postronne. W kilkunastu zdarzeniach miały miejsce przypadki śmiertelne. Do najpoważniejszych z nich należy zaliczyć:

- uwolnienie substancji promieniotwórczej ze źródła  $^{137}\text{Cs}$  stosowanego w celach medycznych (Goiania, Brazylia, 1987); poszkodowanych zostało setki osób z tego cztery zmarły, czternaście cierpi na chorobę popromienną, pięćdziesiąt hospitalizowano, skażono objekty i środowisko wokół szpitala,
  - błędne skalowanie akceleratora stosowanego w terapii (Sarragossa, Hiszpania, 1990); na skutek znacznie zawyżonej dawki zmarło jedenaście osób, a dwadzieścia siedem doznało uszczerbku na zdrowiu,
  - błędna ocena mocy dawki ze źródła  $^{60}\text{Co}$  stosowanego w terapii (San Jose, Costa Rica, 1996); w wyniku nadmiernej dawki zmarło siedmiu pacjentów, a siedemdziesięciu siedmiu ucierpiało na zdrowiu,
  - kradzież źródła  $^{60}\text{Co}$  ze szpitala (Samut Prakan, Tajlandia, 2000); złodziej przetrzymał źródło w mieszkaniu, a następnie przekazał je na złom w wyniku czego trzy osoby zmarły a dziesięć cierpi na chorobę popromienną,
  - zagubienie źródła  $^{192}\text{Ir}$  stosowanego w radiografii (Halfa, Egipt 2000); poszkodowanych zostało dziewięć osób, z tego dwie zmarły,
  - błąd w procedurze postępowania przy wytwarzaniu paliwa jądrowego (Tokaimura, Japonia, 1999); dwie osoby zmarły, a jedna otrzymała znaczną dawkę promieniowania,
  - uszkodzenie akceleratora w czasie naświetlania (Białystok, Polska, 2001) było przyczyną przekroczenia dawki u pięciu pacjentek oraz poważnego poparzenia ciała w okolicy napromienionego organu.
- Uwzględniając roczną skalę zastosowania na świecie promieniowania jonizującego tylko w celach medycznych oszacowaną w ostatnich latach na około:
- 5,5 miliona zabiegów terapeutycznych,
  - 32 miliony różnego rodzaju badań z zastosowaniem substancji promieniotwórczych,
  - 2 miliardy diagnostycznych badań rentgenowskich,
- można uważać, że liczba zdarzeń radiacyjnych zgłaszanych do MAEA w odniesieniu do liczby zastosowań nie jest wysoka, ale liczba zgonów i poważnych przypadków uszczerbku na zdrowiu budzi zaniepokojenie ekspertów i organiza-

cji działających w obszarze ochrony radiologicznej. Raporty krajowych urzędów dozoru jądrowego oraz misje ekspertów powoływane przez międzynarodowe organizacje badające poszczególne zdarzenia formułują przyczyny ich powstawania.

## ZDARZENIA W OBIEKTACH JĄDROWYCH

Zestawienie zdarzeń w obiektach jądrowych jakimi są głównie elektrownie jądrowe nie wygląda tak dramatycznie jak przy stosowaniu promieniowania jonizującego i ogranicza się do niesprawności technicznych i naruszenia lub pogwałcenia przepisów Lista znaczących zdarzeń, nie licząc wymienionych awarii w dwóch elektrowniach jądrowych i przy wytwarzaniu paliwa jądrowego w ostatnich trzech latach przedstawia się następująco:

- wykrycie pęknięć na spawach mocujących system zraszania rdzenia w EJ Ringhals-1 (Szwecja, 2001),
- pożar wirnika turbiny w EJ San Onofre-3 (USA, 2001),
- braku elektrycznego zasilania zewnętrznego w EJ Rowno-2 i Rowno-3 (Ukraina, 2001), ale własne źródła zasilania umożliwiły pracę systemów sterowania i awaryjnego chłodzenia rdzenia,
- wykrycie uszkodzenia elementów w 28 zestawach paliwowych i ich wymiana w EJ Cattenom-3 (Francja, 2001),
- wyciek radioaktywnej pary z pękniętego rurociągu w obrębie szczelnej obudowy reaktora EJ Hamaoka-1 (Japonia, 2001),
- praca reaktora w EJ Philippsburg-2 (Niemcy, 2001) przez dwa tygodnie z niesprawnym układem awaryjnego chłodzenia rdzenia,
- zniszczenie 12 wypalonych zestawów paliwowych w czasie przeładunku w EJ Chapelcross-3 (Wielka Brytania, 2001),
- awaria w systemie elektrycznym w EJ Południowo-Ukraińska (Ukraina, 2001) i wyłączenie reaktora,
- stwierdzenie uszkodzenia układu zraszania pokrywy zbiornika reaktora na skutek wybuchu wodoru powstałego z radiolizy wody pozostawionej omyłkowo po przeładunku pali-

- wa w EJ Brunsbüttel (Niemcy, 2001) i 12-miesięczny postój dla naprawy i weryfikacji procedur eksploatacyjnych,
- wykrycie uszkodzenia korozyjnego pokrywy zbiornika reaktora w EJ Davis-Bessie (USA, 2002) i wymiana tej pokrywy, powodująca postój reaktora już prawie dwuletni,
- uszkodzenie 30 zestawów paliwowych w czasie ich czyszczenia z warstwy substancji pogarszającej wymianę ciepła w EJ Paks (Węgry, 2003) powodujące co najmniej roczny postój reaktora,
- wykrycie śladów przecieku w dolnej części zbiornika reaktora w EJ South Texas (USA, 2003) i przedłużenie postoju reaktora.

Większość opisanych zdarzeń, gdyby nie zostały wykryte, mogłyby potencjalnie doprowadzić do poważniejszych uszkodzeń urządzeń w elektrowniach, czy skażeń poza obiektem. W większości kończyły się one przedłużonym postojem i stratami ekonomicznymi elektrowni. Trzeba też stwierdzić ogromną rolę wczesnego wykrywania grożących niebezpieczeństw oraz dbałość urzędów dozoru jądrowego o bezpieczeństwo i właściwe prowadzenie eksploatacji reaktora.

## ANALIZA ZDARZEŃ

MAEA zorganizowała w dniu 16 września 2003 r. spotkanie głównych inspektorów dozoru jądrowego, na którym omówiono przyczyny zaistniałych zdarzeń. Hasłem spotkania było „Uczmy się na błędach — wyciągamy wnioski ze zdarzeń dla zwiększenia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej”. Z materiałów prezentowanych na spotkaniu oraz dyskusji uczestników wynika, że przyczyny zdarzeń można podzielić na kilka grup. Do pierwszej grupy zaliczamy zdarzenia, które zaistniały na skutek błędu człowieka wynikającego z:

- braku przeszkolenia załogi przez kierownictwo obiektu,
- bezkrytycznego wykonywania swoich obowiązków przez członków załogi,
- braku samokrytycznej oceny,
- omijania przepisów,
- niedyspozycji psychicznej.

Drugą grupę stanowi zła organizacja pracy, do której można zaliczyć:

- niedostateczny nadzór nad pracami podwykonawców,
- nieprecyzyjne instrukcje,
- niejednoznaczne określenie odpowiedzialności,
- zła współpraca między służbami,
- nie przekazywanie informacji o drobnych zdarzeniach osobom zainteresowanym przez kierownictwo zakładu,
- zła organizacja kontroli wewnętrznej,
- opieszale wypełnianie zaleceń i poleceń dozoru jądrowego.

Oddzielną grupę stanowią zdarzenia, powstałe z przyczyn technicznych, które w mniejszym stopniu są powodowane błędami człowieka. Analiza zdarzeń na wymienionym spotkaniu pozwoliła również sformułować zalecenia dla producentów materiałów i urzędów. Wśród nich są następujące zalecenia:

- stworzyć i stosować przejrzysty system zarządzania,
- wdrażać zasady bezpieczeństwa w zakładzie, jak również przekazywać je pracownikom odbiorcy materiału lub urządzenia,
- wdrażać kulturę bezpieczeństwa i pamiętać, że jest to proces ciągły,
- dokładnie analizować każde zdarzenie radiacyjne, a wyniki analizy przekazywać właściwym osobom,
- monitorować i reagować na nadmierne 'samozadowolenie' pracowników zakładu,
- szczególnie wnikliwie przeprowadzać ekspertyzy,
- doskonalić system edukacji pracowników,
- przekazywać pracownikom pełne informacje o wszelkich uchybieniach.

Sformułowano również zalecenia dla kierowników obiektów. Są to między innymi następujące zalecenia:

- angażowanie całej załogi w zapewnienie bezpieczeństwa obiektu,
- stałe podnoszenie wiedzy o zarządzaniu zakładem,
- doskonalenie kontroli wewnętrznej ze szczególnym uwzględnieniem realizacji zaleceń pokontrolnych,
- jasne określenie odpowiedzialności pracowników,
- stałe doskonalenie elementów technicznych w obiektach,

- uwzględnianie wpływu postaw i zachowań ludzkich w systemie bezpieczeństwa,
- bezwzględne wypełnianie zaleceń i poleceń organów kontrolnych.

Ostatnią grupę stanowią zalecenia dla organów kontrolnych (urzędów dozoru jądrowego) postulujące:

- doskonalić przepisy i procedury,
- sprawdzać czy licencjobiorca posiada zaplecze do spełniania wymagań bezpieczeństwa,
- sprawdzać czy osoby odpowiedzialne za bezpieczeństwo mają wpływ na usprawnianie zarządzania,
- sprawdzać, czy wyniki kontroli są kierowane do właściwych służb i czy kierownictwo zakładu przekazuje pełne informacje o wynikach kontroli tym służbom.

## ZAKOŃCZENIE

Przedstawione zdarzenia radiacyjne przy stosowaniu promieniowania jonizującego i w obiektach jądrowych mają na celu zwrócenie uwagi operatorom krajowym na zagadnienia bezpieczeństwa pracy z wykorzystaniem promieniowania jonizującego, szczególnie w medycynie i technice oraz w czasie eksploatacji obiektów jądrowych, do których zalicza się w naszym kraju reaktor badawczy MARIA i przechowalniki wypalonego paliwa.

### NOTKA O AUTORACH

*Witold Łada* — mgr fizyki, Główny Inspektor Dozoru Jądrowego, Wiceprezes Państwowej Agencji Atomistyki

*Andrzej T. Mikulski* — dr inż. inżynierii jądrowej, naczelnik Wydziału Analiz i Nadzoru

## POLSKO-LITEWSKA I POLSKO-SŁOWACKA WSPÓLPRACA DWUSTRONNA

*Stanisław Latek*

Polska zawarła umowy z 7 krajami o wczesnym powiadomianiu o awarii jądrowej i współpracy w dziedzinie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej. Poniższa tabela przedstawia zestawienie umów obecnie obowiązujących.

Trwają zabiegi o podpisanie umowy z Niemcami oraz z Republiką Czeską.

W 2003 roku odbyły się 2 spotkania dwustronne w ramach realizacji umów międzyrządowych: z delegacją słowacką (Niedzica, 21 października 2003) oraz z delegacją litewską (Warszawa, 28 października 2003).

W spotkaniu w Niedzicy uczestniczyli ze strony słowackiej przedstawiciele Urzędu Dozoru Jądrowego Republiki Słowacji (UJD SR), z szefową Urzędu Martą Žiakovą, Ministerstwa Zdrowia, Instytutu Hydro-Meteorologicznego oraz firmy eksploatującej słowackie elektrownie jądrowe — „Slovenské elektrárne a. s.”, łącznie 9 osób. Polska delegacja liczyła także 9 osób, z czego ponad połowa reprezentowała Państwową Agencję Atomistyki. Pozostali Polacy byli

pracownikami Ministerstwa Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej, Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej, oraz Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych.

Reprezentanci Słowacji przedstawili podczas spotkania informację o nowych regulacjach prawnych dotyczących m. in. ocen bezpieczeństwa jądrowego (nuclear safety assessment), wymagań w zakresie bezpieczeństwa instalacji jądrowych oraz dokumentacji dotyczącej bezpieczeństwa jądrowego. Poinformowano stronę polską o pracach prowadzonych nad przygotowaniem nowego Prawa Atomowego (Atomic Act). W grudniu 2003 projekt tego aktu prawnego ma być przesłany do rządu. Autorzy nowego prawa mają nadzieję, że wejdzie ono w życie 1 maja 2004 r.

Atomic Act ma zapewnić harmonizację prawa słowackiego z systemem prawnym UE w zakresie problematyki jądrowej, a w szczególności składowania odpadów radioaktywnych i odpowiedzialności państwa za ostateczne ich składowanie oraz odpowiedzialności za szkody jądrowe.

Tabela. Międzyrządowe umowy dwustronne o wczesnym powiadomieniu o awarii jądrowej

Państwo, miejsce podpisania i data	Umowa
Dania, Warszawa 22.12.1987	Umowa między Rządem Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej a Rządem Królestwa Danii o wymianie informacji i współpracy w dziedzinie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony przed promieniowaniem
Norwegia, Oslo 15.11.1989	Umowa pomiędzy Rządem PRL a Rządem Królestwa Norwegii o wczesnym powiadomieniu o awariach jądrowych i współpracy w dziedzinie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony przed promieniowaniem
Austria, Wiedeń 15.12.1989	Umowa między Rządem PRL a Rządem Republiki Austrii w sprawie wymiany informacji i współpracy w dziedzinie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony przed promieniowaniem
Ukraina, Kijów 24.05.1993	Umowa między Rządem Rzeczypospolitej Polskiej a Rządem Ukrainy o wczesnym powiadomieniu o awariach jądrowych, o wymianie informacji oraz o współpracy w dziedzinie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej
Białoruś, Mińsk 26.10.1994	Umowa między Rządem RP a Rządem Republiki Białorusi o wczesnym powiadomieniu o awariach jądrowych i o współpracy w dziedzinie bezpieczeństwa radiologicznego
Rosja, Warszawa 18.02.1995	Porozumienie między Rządem RP i Rządem Federacji Rosyjskiej o wczesnym powiadomieniu o awarii jądrowej, o wymianie informacji związanej z obiektami jądrowymi i o współpracy w dziedzinie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej
Litwa, Warszawa 2.06.1995	Umowa między Rządem RP a Rządem Rep. Litewskiej o wczesnym powiadomieniu o awarii jądrowej oraz o współpracy w dziedzinie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej
Słowacja, Bratysława 17.09.1996	Umowa między Rządem RP a Rządem Rep. Słowackiej o wczesnym powiadomieniu o awariach jądrowych, o wymianie informacji oraz o współpracy w dziedzinie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej

Nowe prawo pozwoli na poprawienie wielu innych regulacji.

Józef Tomek z koncernu „Slovenske elektrarne” scharakteryzował obecny stan słowackich elektrowni jądrowych. W 2002 roku udział elektrowni jądrowych w produkcji energii elektrycznej wynosił 55%.

Elektrownia V-1 w Bohunicach (bloki 1 i 2) została poddana znacznym rekonstrukcjom, w wyniku których jest uznawana za bezpieczną, co potwierdziły międzynarodowe zespoły ekspertów. Mimo to rząd Słowacji zgodził się na zamknięcie bloku nr 1 w 2006 r., a bloku nr 2 w 2008 r. Decyzje te zostały podjęte w toku procesu akcesyjnego do Unii Europejskiej.

Druga elektrownia w Bohunicach — V-2 (bloki 3 i 4) również została zmodernizowana, a poziom bezpieczeństwa jej pracy został podwyższony. Prace modernizacyjne będą zresztą kontynuowane do roku 2008. Słowacy przewidują wydanie na ten cel 280 mln \$.

Program podniesienia bezpieczeństwa realizowany jest również w Mochovcach. W szczególności wdrażany jest system monitoringu powypadkowego (Post accident monitoring sys-

tem). Nie ma ostatecznych decyzji dotyczących budowy bloków 3 i 4 w Mochovcach, ale nieoficjalnie mówi się, że po zamknięciu V-1 w Bohunicach Słowacja zmuszona zostanie do dokończenia elektrowni w Mochovcach. W 2002 r. zdarzyło się jedno nieplanowane wyłączenie reaktora (Mochovce, blok 2) spowodowane przez błąd operatora. Także na bloku nr 2 w Mochovcach podczas prób ciśnienia nastąpiło zerwanie przewodu drenażowego w obiegu pierwotnym reaktora. Wydarzenie zakwalifikowano jako poziom 1 w Międzynarodowej Skali Zdarzeń Jądrowych.

Elektrownie jądrowe na Słowacji osiągnęły bardzo dobre wyniki eksploatacyjne. Dla bloku nr 4 w Bohunicach współczynnik dyspozycyjności wyniósł 87,8%.

Nie wydarzył się żaden incydent skutkujący skażeniem ludzi bądź środowiska. Uwolnienia produktów rozszczepienia były znacznie poniżej obowiązujących limitów.

Mokry przechowalnik wypalonego paliwa jest eksploatowany w Bohunicach. W Mochovcach budowany jest suchy przechowalnik, który ma być skończony w 2009 r. W zakładzie

unieszkodliwiania odpadów w Bohunicach obecnie stosuje się cementowanie i bitumizację. Budowana jest instalacja do zeszkliwiania.

Do składowiska odpadów nisko i średnio aktywnych w Mochovcach w 2002 roku przewieziono z Bohunic 214 pojemników. W składowisku jest miejsce na 7200 pojemników.

W Słowacji trwają prace nad lokalizacją głębokiego składowiska podziemnego. Dotychczasowe poszukiwania i badania doprowadziły do wytypowania 4-ech lokalizacji.

Sprawą bardzo ważną jest likwidacja dawno już zamkniętej elektrowni A1. Pierwsza faza planu likwidacji A1 obejmuje lata 1994-2007 i przewiduje m. in. konfekcjonowanie odpadów tzw. operacyjnych, budowę bezpiecznego składowiska, wybudowanie stawu i umieszczenie w nim wypalonego paliwa, zabezpieczenie i unieszkodliwienie starych odpadów przechowywanych w tymczasowych przechowalnikach.

Bardzo ciekawa była informacja T. Melicherowej dotycząca sieci monitoringu radiologicznego. System nadzorowany przez Słowacki Instytut Hydro-Meteorologiczny składa się z 23 detektorów Gamma Tracer Py Genitron, umieszczonych w profesjonalnych stacjach w wybranych obszarach Słowacji.

W tabeli podano miejscowości i współrzędne lokalizacji detektorów.

Detektory podanego typu mierzą poziom aktywności w obszarze od 20 nSv/h do 1 Sv/h.

Wspomniany Instytut wykorzystuje również 4 aerolowe monitory, których filtry analizowane są w Instytucie Zdrowia.

Słowacja udostępniła Austrii możliwość bezpłatnego korzystania z odczytów (wskazań) automatycznego monitora aerolowego AMS-02 umieszczonego w stacji meteorologicznej w Jasłowskich Bohunicach. Odębne porozumienie o wymianie informacji zawierających dane ra-

Tabela 2. Sieć monitoringu radiologicznego Instytutu Hydro-Meteorologicznego Słowacji

Lp	Numer Identyfikacyjny	Stacja	Długość geograficzna	Szerokość geograficzna	Wysokość nad poziomem morza
1.	11812	Maly Javornik	48°15'	17°09'	584
2.	11813	Bratislava-Koliba	48°10'	17°06'	340
3.	11819	Jaslovske Bohunice	48°29'	17°40'	176
4.	11826	Piestany	48°32'	17°50'	163
5.	11841	Zilina — D. Hričov	49°14'	18°37'	310
6.	11855	Nitra	48°17'	18°08'	135
7.	11856	Mochovce	48°17'	18°27'	261
8.	11858	Hurbanovo	47°52'	18°12'	115
9.	11867	Prievidza	48°46'	18°36'	259
10.	11880	Dudince	48°10'	18°52'	140
11.	11903	Sliač	48°39'	10°09'	314
12.	11916	Chopok	48°59'	19°36'	2008
13.	11918	Liesek	49°22'	19°41'	692
14.	11927	Lučence	48°20'	19°44'	214
15.	11930	Lomnický štít	49°12'	20°13'	2635
16.	11933	Štrbské Pleso	49°07'	20°05'	1355
17.	11938	Telgárt	48°51'	20°11'	901
18.	11952	Poprad-Gánovce	49°02'	20°19'	695
19.	11958	Kojšovská Holá	48°47'	20°59'	1242
20.	11968	Košice-letisko	48°40'	21°13'	231
21.	11976	Stropkov	49°13'	21°39'	216
22.	11978	Milhostov-Trebišov	48°40'	21°44'	105
23.	11993	Kamenica nad Cirochou	48°56'	22°00'	117

diologiczne zawarła Słowacja z Węgrami. Słowacja współpracuje również z Centrum Badawczym Komisji Europejskiej w Ispra.

Ostatnia prezentacja słowacka, M. Šeligi dotyczyła działalności informacyjnej Dozoru. Ciekawa była informacja, że Dozór Jądrowy odrzucił prośbę Greenpeace'u, który domagał się bardzo specjalistycznej informacji dotyczącej obliczeń wytrzymałościowych, z udostępnieniem kodów obliczeniowych łącznie. Sprawę tę z powództwa Greenpeace rozpatruje Sąd Najwyższy Słowacji.

Jeśli chodzi o prezentacje polskie to dotyczyły one ostatnich zmian Prawa Atomowego i innych regulacji „jądrowych”, zmiany typu paliwa w reaktorze Maria, sytuacji w polskiej energetyce, likwidacji reaktora Ewa, sytuacji radiologicznej w Polsce, programu zapewnienia jakości w PAA oraz działalności informacyjnej i edukacyjnej Państwowej Agencji Atomistyki.

Po każdym referacie odbywała się dyskusja. Delegacje wymienili się prezentowanymi materiałami zapisanymi na CD-ROM lub w formie papierowej.

Na zakończenie spotkania sformułowano kilka wniosków odnoszących się do przyszłej współpracy i przyszłego spotkania dwustronnego.

Przedstawiciel ZUOP wyraził zainteresowanie wizytą w składowisku paliwa wypalonego w Mochovcach.

Podczas następnego spotkania szczególną uwagę poświęci się zagospodarowaniu odpadów radiologicznych, informacji społecznej, problematyce inwentaryzacji i zabezpieczeń materiałów jądrowych w sytuacji pełnego członkostwa naszych krajów w UE. Ustalono, że kolejne spotkanie — zgodnie z Art. 6 § 2 Umowy odbędzie się na Słowacji w 2004 r.

Spotkanie polsko-litewskie odbyło się w Warszawie w siedzibie PAA w dniu 28.10.03. W spotkaniu uczestniczyło 7 osób ze strony litewskiej i 12 Polaków. Delegacji litewskiej przewodniczył wiceminister gospodarki p. Arturas Dainius, a w skład delegacji wchodził przedstawiciel litewskiego Państwowego Inspektoratu Bezpieczeństwa Energii Jądrowej (VATESI), Agencji Zagospodarowania Odpadów Promieniotwórczych, Centrum Ochrony Radiologicz-

nej, Agencji Ochrony Środowiska oraz Departamentu Obrony Cywilnej.

Szefem polskiej delegacji był prof. J. Niedwiedzki, Prezes PAA. W składzie delegacji polskiej znajdowali się także inni pracownicy PAA oraz przedstawiciele Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych, Ministerstwa Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej oraz Szefostwa Państwowej Straży Pożarnej.

Program tego spotkania zbliżony był do programu spotkania słowacko-polskiego, ale — co będzie szczegółowiej pokazane poniżej — sytuacja sektora jądrowego na Litwie mimo pewnych podobieństw dość znacznie różni się od sytuacji na Słowacji.

Podobnie jak to dzieje się na Słowacji i w Polsce także Litwini zmieniają swoje przepisy w zakresie wykorzystania energii jądrowej.

System tworzenia przepisów jest na Litwie dość złożony. Jak wynika z informacji przedstawionych przez szefa VATESI, Sauliusa Kutasa, przepisy z zakresu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej stanowią na Litwie: parlament, rząd oraz blisko 10 różnych ministerstw i agend rządowych.

Decyzja o zamknięciu I bloku elektrowni w Ignalinie wymagać będzie specjalnych regulacji. Przewiduje się opracowanie programu wyłączenia bloku, bardziej szczegółowego planu oraz konkretnych projektów. Wszystkie fazy likwidacji (łącznie z projektami) muszą być licencjonowane przez VATESI.

Jak wiadomo, w październiku 1999 opracowana została Narodowa Strategia Energetyczna Litwy i podjęto decyzję o zamknięciu I bloku Ignalińskiej EJ do 2005 r. W maju 2000 Sejm litewski uchwalił ustawę o likwidacji I bloku.

Minister Arturas Dainius poinformował uczestników spotkania o przewidywanych scenariuszach rozwoju gospodarki litewskiej i zapotrzebowaniu na energię. Gospodarka litewska od roku 1994 rozwija się dość dynamicznie. W ostatnich dwóch latach wzrost GNP przekroczył 7%. W latach 2001-2002 wzrastała również konsumpcja energii elektrycznej.

W przewidywaniach na przyszłość przyjęto 3 scenariusze: wzrost GNP na poziomie 2% (wolny wzrost ekonomiczny), 4,7% (bazowy) oraz 7.0% (szybki wzrost ekonomiczny).

Zapotrzebowanie na energię elektryczną, w zależności od scenariusza wzrośnie w latach 2003-2020 od 40 do 120%. Nasuwa się pytanie: w jaki sposób Litwa zapewni sobie produkcję energii, by to zapotrzebowanie zaspokoić, przy założeniu, że w roku 2009 wyłączony zostanie także 2 blok ignalińskiej elektrowni. Odpowiadając na to pytanie minister A. Dainius wyjaśnił, że po zamknięciu EJ w Ignalinie istniejące moce będą wystarczające do zaspokojenia zapotrzebowania do roku 2010, pod warunkiem, że elektrownie będą sukcesywnie modernizowane. Głównym źródłem energii będzie po zamknięciu EJ Ignalińskiej Elektrownia Litewska o mocy 1200 MW. Później przewiduje się budowę bloku lub bloków gazowych w cyklu kombinowanym.

Wyłączanie z eksploatacji bloków jądrowych spowoduje konieczność rozwiązania problemu składowania znacznie większej niż obecnie ilości odpadów promieniotwórczych, a także przechowywania paliwa wypalonego.

Na Litwie za zagospodarowanie odpadów odpowiedzialna jest RATA (Agencja Zagospodarowania Odpadów Radioaktywnych) podległa Ministrowi Gospodarki.

Zgodnie z przyjętą przez rząd strategią odpady bardzo nisko radioaktywne umieszczone będą w składowisku powierzchniowym o łącznej objętości 60.000 m<sup>3</sup>. Składowisko powstanie do roku 2007. Koncepcja składowiska dla nisko i średnioaktywnych odpadów ma być opracowana do 2005 roku. Ma być zlokalizowana w pobliżu ignalińskiej elektrowni.

Głębokie składowisko geologiczne jest dopiero na etapie planowania. Litwa chce wykorzystać doświadczenia innych krajów w tej dziedzinie. Prowadzone są poszukiwania lokalizacji składowiska geologicznego.

Monitoringiem radiologicznym zajmuje się na Litwie Agencja Ochrony Środowiska, podległa Ministrowi Środowiska. System monitoringu składa się z 3 części: sieci stacji wczesnego ostrzegania, sieci stacji pomiarów radioaktywności oraz odrębnego podsystemu monitoringu EJ w Ignalinie.

Podobnie jak w Polsce także na Litwie stacje PMS przestaną wkrótce być pod nadzorem duńskim. Oba kraje będą więc musiały same rozwiązać szereg problemów technicznych i softwaro-

wych, aby wspomniane stacje mogły prawidłowo funkcjonować.

Zgodnie z prawem litewskim, za ochronę radiologiczną odpowiada Ośrodek (Centrum) Ochrony Radiologicznej podległy Ministrowi Zdrowia. Jedno z ostatnich zarządzeń (z 2 października 2003) Ministra Zdrowia i Ministerstwa Środowiska określa procedury pobierania próbek jarzyn, owoców, gleby, trawy, mleka, wody, a także procedury dotyczące sporządzania protokołów pomiarów aktywności w tych próbkach.

Litwa zaadaptowała wymagania i rekomendacje Unii Europejskiej i MAEA dotyczące postępowania z ludnością w przypadku wystąpienia zagrożenia radiologicznego spowodowanego wypadkiem jądrowym lub radiologicznym. Opracowane zostały odpowiednie standardy higieniczne (HIGIENE STANDARDS) dotyczące ochrony radiologicznej w obiektach jądrowych, jak również w placówkach medycznych.

Podczas polsko-litewskiego spotkania scharakteryzowany był również system ochrony cywilnej i ratownictwa przewidziany na wypadek wystąpienia sytuacji nadzwyczajnych zagrożeń, mający na celu ostrzeganie i informowanie społeczeństwa, organizowanie ewakuacji, ratowanie ludzi, opiekę medyczną, gaszenie pożarów, wyznaczenie stref niebezpiecznych, dekontaminację, zapewnienie pomieszczeń osłonnych i żywności.

Na Litwie problematyką tą zajmuje się Departament Ochrony Cywilnej Ministerstwa Obrony. System wymaga jeszcze dopracowania, dostosowania do standardów UE i NATO, uzupełnienia przepisów, utworzenia brakujących ogniw systemu na niższych poziomach zarządzania — w powiatach i gminach, przygotowania ludności do właściwego reagowania w sytuacjach zagrożenia, przeprowadzenia różnego rodzaju ćwiczeń.

Innymi aspektami zarządzania w sytuacjach kryzysowych zajmuje się VATESI. Głównym zadaniem urzędu w ostatnim czasie było dostosowanie odpowiednich procedur do najnowszych wymagań instytucji i organizacji międzynarodowych. Chodzi w szczególności o nowe wymagania MAEA, powołanie punktów kontaktowych ECURIE oraz współpracę z Centrum Reagowania w Sytuacjach Kryzysowych MAEA,



a w szczególności przystąpienie do ENAC (Early Notification and Assistance Conventions).

Litwini starają się, aby ich system dyżurowania (VATESI duty system) był jak najlepiej przygotowany do przyjmowania informacji a także do przesyłania odpowiednich meldunków do systemów międzynarodowych. Chodzi zwłaszcza o techniczną niezawodność systemu, jak również o odpowiednie przygotowanie personelu pełniącego dyżury.

Strona polska przedstawiła w zasadzie te same informacje, które prezentowane były podczas spotkania ze Słowakami, z tym, że A. Cholerzyński przedstawił informację na temat składowiska odpadów w Różanie, a nie na temat likwidacji reaktora EWA.

Przewodniczący delegacji litewskiej został przyjęty przez polskiego Wiceministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej p. Jacka Piechotę.

Odbyła się również konferencja prasowa, podczas której grupa polskich dziennikarzy miała możliwość zadawania pytań (na różne tematy) wszystkim członkom litewskiej delegacji.

We wnioskach zawartych w protokole spotkania sformułowano m. in. zalecenie, aby na kolejnym spotkaniu dwustronnym omówić następujące tematy:

- wyzwania wynikające z członkostwa obu krajów w Unii Europejskiej,

- zabezpieczenia przeciw jądrowemu i radiologicznemu terroryzmowi,
- odpowiedzialność za szkody jądrowe, dokumentowanie ilościowe i zabezpieczenie materiałów jądrowych.

W dyskusji podsumowującej spotkanie, obie strony wyraziły również opinię, że niektóre sprawy wymagają specjalnego, szczegółowego potraktowania. Są to:

- harmonizacja poziomów interwencyjnych w obu krajach,
- zbieranie danych meteorologicznych dla systemu ARGOS, stosowanego w obu krajach,
- rozszerzenie współpracy na niższym poziomie w ramach umowy dwustronnej; chodzi o wymianę ekspertów, pewne problemy techniczne, edukację i informację społeczną,
- współpraca w zakresie implementacji — w obu krajach — Programów Zapewnienia Jakości.

Oba spotkania oceniono jako bardzo interesujące i pożyteczne. Uznano za celową kontynuację ścisłej dwustronnej współpracy w przyszłości.

#### NOTKA O AUTORZE

*Stanisław Latek — dr fizyki reaktorowej, dyrektor Departamentu Szkolenia i Informacji Społecznej Państwowej Agencji Atomistyki*

## ECURIE (EUROPEAN COMMUNITY URGENT RADIOLOGICAL INFORMATION EXCHANGE) SYSTEM WCZESNEGO POWIADAMIANIA I WYMIANY INFORMACJI W SYTUACJI ZAGROŻENIA RADIACYJNEGO W KRAJACH UNII EUROPEJSKIEJ

*Andrzej Kowalczyk*

### WSTĘP

W związku z przystąpieniem polski do Unii Europejskiej (UE) od 1 maja 2004 r. kraj nasz zobligowany będzie do uczestnictwa w systemie ECURIE wczesnego powiadamiania i wymiany informacji w sytuacji zagrożenia radiacyjnego, działającego w krajach Unii Europejskiej. Za

prawidłowe funkcjonowanie systemu w krajach w nim uczestniczących odpowiedzialne są urzędy kompetentne w sprawach bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej. Ze strony polskiej odpowiedzialność taka spoczywa na Państwowej Agencji Atomistyki. Komisja Europejska zorganizowała na jesieni 2002 r. i wiosną

2003 r. dla krajów wstępujących do UE specjalizowane szkolenie operatorów systemu ECURIE. Przeszkolonych zostało dwóch pracowników Centrum do Spraw Zdarzeń Radiacyjnych PAA, a od października 2003 r. — wychodząc naprzeciw zaleceniom Komisji Europejskiej — w Centrum rozpoczęła działanie polska stacja ECURIE — Komisja Europejska włączyła ją do systemu ze statusem stacji nieoficjalnej.

Spośród krajów przystępujących do UE wraz z Polską takie nieoficjalne stacje posiadają także Węgry i Słowenia.

### 1. PODSTAWY PRAWNE SYSTEMU ECURIE

System ECURIE wczesnego powiadamiania i wymiany informacji w sytuacji zagrożenia radiacyjnego działa w krajach Unii Europejskiej w oparciu o:

- Traktat EURATOM (EURATOM Treaty),
- Decyzję Rady Europy 87/600/EUROATOM z grudnia 1987 r.

Tło historyczne:

- Kwiecień 1986 r. — awaria w Czarnobylu,
- Wrzesień 1986 r. — Konwencja MAEA o wczesnym powiadamianiu o awariach jądrowych,
- Grudzień 1987 r. — Decyzja Rady Europy 87/600/EURATOM,
- Od 1988 r. Tworzenie i wdrażanie systemu ECURIE,
- Od 1995 stała eksploatacja i udoskonalanie systemu ECURIE.

Rola Komisji Europejskiej:

- w oparciu o podstawy prawne:
  - System ECURIE,
  - Regulacje prawne dotyczące skażeń żywności, wody pitnej i pasz,
  - Przygotowania w zakresie wzajemnej pomocy w sytuacjach zagrożenia radiacyjnego.
- w praktyce, w sytuacji zagrożenia radiacyjnego, Komisja Europejska wykonuje również następujące zadania:
  - Informuje społeczeństwo poprzez media,
  - Reaguje na napływające informacje i prośby o pomoc,
  - Przygotowuje działania polityczne.

### 2. CEL I ZAKRES SYSTEMU

Celem systemu jest wczesne powiadamianie i wymiana informacji we wszystkich przypadkach w których kraj będący członkiem UE podejmuje szeroko zakrojone działania zapobiegawcze dla ochrony społeczeństwa w przypadku zagrożenia radiacyjnego wynikającego z:

a) awarii urządzenia lub zdarzenia radiacyjnego na jego terytorium, obejmującego:

- awarię reaktora jądrowego,
- awarię innego urządzenia jądrowego cyklu paliwowego,
- awarię urządzenia związanego z gospodarką odpadami promieniotwórczymi,
- zdarzenie podczas transportu i składowania paliwa jądrowego lub odpadów promieniotwórczych,
- zdarzenie związane z produkcją, stosowaniem, przechowywaniem, usuwaniem i transportem izotopów promieniotwórczych dla potrzeb rolnictwa, przemysłu, medycyny lub związanych z tymi dziedzinami prac naukowo badawczych,

b) innej awarii lub zdarzenia w wyniku którego do środowiska uwalniane są lub mogą być uwolnione znaczące ilości substancji promieniotwórczej, lub

c) pomiaru, na lub poza jego terytorium, podwyższonego poziomu promieniowania, mogącego stanowić zagrożenie dla zdrowia społeczeństwa.

### 3. ZASADY WYMIANY INFORMACJI

Każdy z krajów członkowskich, w przypadku podjęcia działań zapobiegawczych wynikających z zagrożenia radiacyjnego opisanego w pkt 2, jest zobligowany do bezzwłocznego powiadomienia o tym Komisji Europejskiej oraz przekazania jej informacji o bieżącej i przewidywanej sytuacji radiacyjnej, a także o podjętych i przewidywanych działaniach interwencyjnych. Komisja Europejska bezzwłocznie powiadamia kraje członkowskie EURATOM i inne kraje uczestniczące w systemie.

#### 4. ZAWARTOŚĆ INFORMACJI

Informacja przekazywana w ramach systemu do Komisji Europejskiej, a poprzez Komisję do innych krajów członkowskich i uczestniczących w systemie winna zawierać:

- a) czas i opis zdarzenia, jego dokładną lokalizację, dane o obiekcie (urządzeniu, źródle promieniotwórczym) i jego stanie lub wielkościach aktywności radionuklidów uwalnianych do środowiska (składzie i aktywności źródła),
- b) przypuszczalną przyczynę zdarzenia i przewidywany jego dalszy rozwój, a w szczególności możliwe, dalsze uwolnienia substancji promieniotwórczych,
- c) dane charakteryzujące źródło uwolnienia (source term) obejmujące ilość, rodzaj i formę fizyko-chemiczną uwalnianych radionuklidów oraz warunki uwalniania, w tym wysokość uwolnienia,
- d) bieżące oraz prognozowane dane meteorologiczne i hydrologiczne umożliwiające przeprowadzenie analizy rozprzestrzeniania się skażeń w środowisku,
- e) wyniki pomiarów monitoringu radiacyjnego środowiska,
- f) wyniki pomiarów stężeń radionuklidów w żywności, wodzie pitnej i paszach,
- g) działania interwencyjne podjęte i planowane,
- h) działania podjęte i planowane w celu poinformowania społeczeństwa,
- i) prognozę dalszego rozwoju sytuacji radiacyjnej, w tym prognozę dalszych uwolnień substancji promieniotwórczej do środowiska.

Informacja winna być uzupełniana w miarę rozwoju sytuacji lub uzyskiwania nowych, istotnych dla jej rozwoju danych, z uwzględnieniem przewidywanego lub faktycznego zakończenia zagrożenia.

#### 5. WYMIANA INFORMACJI W SYTUACJI ZAGROŻENIA RADIACYJNEGO

Komisja Europejska po otrzymaniu informacji o zdarzeniu radiacyjnym:

bezzwłocznie przekazuje ją do krajów uczestniczących w systemie wraz z ewentualnymi,

- określonymi przez Komisję zaleceniami,
- bezzwłocznie przekazuje krajom uczestniczącym w systemie informacje uzupełniające, a w szczególności wyniki pomiarów stężeń radionuklidów w żywności, wodzie pitnej i paszach oraz wyniki pomiarów środowiskowych napływające z krajów uczestniczących w systemie,

Kraje uczestniczące w systemie bezzwłocznie informują Komisję o podjętych działaniach, zaleceniach i wynikach pomiarów żywności, wody pitnej i pasz oraz pomiarów środowiskowych.

#### 6. OGRANICZENIA

Kraje uczestniczące w systemie nie są zobligowane do przekazywania Komisji informacji zastrzeżonych ze względów bezpieczeństwa narodowego. W przypadku przekazania przez uczestnika systemu do Komisji informacji poufnych, Komisja nie przekazuje takich informacji do innych uczestników systemu.

#### 7. UCZESTNICTWO W SYSTEMIE ECURIE

Uczestnictwo w systemie ECURIE jest obowiązkowe dla krajów członkowskich UE lub krajów wstępujących do UE (od momentu przystąpienia). Możliwe jest uczestnictwo w systemie po podpisaniu umowy dwu lub wielostronnej z Euratom. Umowa wchodzi w życie po 3 miesiącach od jej podpisania. Przykładem kraju nie będącego członkiem UE a uczestniczącego w systemie jest Szwajcaria (umowa z 21 czerwca 1995 r.).

Koszty implementacji, utrzymania i eksploatacji systemu w kraju uczestniczącym ponosi ten kraj.

#### 8. KOMPETENTNE URZĘDY I PUNKTY KONTAKTOWE

Kraje uczestniczące w systemie zobowiązane są do wyznaczenia kompetentnego urzędu (odpowiedzialnego za funkcjonowanie systemu) oraz punktu kontaktowego przeznaczonego do wysyłania i odbierania informacji. Punktami kontaktowymi Komisji są: Unit TREN H.4

w Luksemburgu (centrala) i Security Office w Brukseli.

Punkty kontaktowe powinny działać w systemie całodobowym a personel obsługujący powinien władać językiem angielskim.

#### 9. SPOTKANIA PRZEDSTAWICIELI KRAJÓW UCZESTNICZĄCYCH W SYSTEMIE ECURIE

Komisja Europejska organizuje regularne (dotychczas raz w roku) spotkania przedstawicieli krajów uczestniczących w systemie. Na spotkaniach omawiane jest działanie i rozwój systemu, przeprowadzane testy i ćwiczenia, a także przedstawiane są inicjatywy dotyczące technicznych i organizacyjnych zmian w systemie.

Przedstawiciele krajów kandydujących mają status obserwatora. W latach 2002 i 2003 ze strony Polski w spotkaniach takich, zorganizowanych w Luksemburgu) uczestniczył A. Kowalczyk - PAA.

#### 10. SZKOLENIA

Komisja Europejska zorganizowała jesienią 2002 r. i na wiosnę 2003 r. szkolenia dla krajów kandydujących (oprócz przedstawicieli krajów kandydujących w szkoleniu uczestniczyli również przedstawiciele Włoch, Irlandii i Turcji) w zakresie implementacji i użytkowania tzw. stacji ECURIE. Z Polski w szkoleniach wzięli udział: A. Kowalczyk i R. Dąbrowski z PAA.



Na zdjęciu od lewej: dyr. Augustin Janssens (Directorate C — Environment and Health) oraz wykładowcy na kursie Gerhard de Vries (DG-JRC (Ispra)) i Vesa Tanner (TREN H. 4 -Radiation Protection)



A. Kowalczyk (drugi od prawej) podczas kursu w październiku 2002 r. (Luksemburg)

#### 11. STACJA ECURIE (STACJA CoDecS)

Stacja ECURIE składa się z komputera stacyjnego (system operacyjny NT 4.0, Windows 2000 lub Windows XP) z wyjściem do Internetu,



Na zdjęciu u góry stacja ECURIE w centrali w Luksemburgu (z prawej widoczny monitor stacji zapasowej). Szef centrali Vesa Tanner wskazuje na blok aparatury (od góry: modem, ALARMBOX, telex — obecnie wycofany). Na zdjęciu pod spodem powiększenie



modemu komunikacyjnego umożliwiającego łączność telefoniczną (dopuszcza się jedynie łącze cyfrowe ISDN), faksu i tzw. ALARMBOX'u (umożliwia sygnalizację akustyczną oraz zapewnienia częściową automatyzację procesu wymiany informacji).

## 12. OPROGRAMOWANIE

Komputer stacyjny zawiera specjalistyczne oprogramowanie przeznaczone do wymiany informacji w systemie ECURIE wg ustalonego formatu i zawartości:

- Program komputerowy CoDecS umożliwiający wysyłanie/odbieranie informacji oraz inne operacje konieczne do obsługi systemu, w tym automatyczne sprawdzenie klucza elektronicznego oraz kodowanie i rozkodowywanie informacji — utworzony w języku programowania Java w JRC (Joint Research Centre) Ispra;
- Platforma systemowa języka Java konieczna do działania programu,
- Server MySQL oraz przechowywana w nim baza danych stacji.

## 13. WYMIANA INFORMACJI W SYSTEMIE ECURIE — INSTRUKCJA KOMUNIKACYJNA

Wymiana informacji w systemie ECURIE odbywa się wg ściśle określonych zasad.

Zasady te określa Instrukcja Komunikacyjna systemu ECURIE. Nowa wersja Instrukcji (wersja 2.2, CoDecS wersja 1.2) obowiązywać będzie od 8 grudnia 2003 r.

Zgodnie z tą instrukcją:

- każdy z krajów uczestniczących w systemie jest zobowiązany do posiadania co najmniej 1 stacji ECURIE (zalecane jest posiadanie stacji zapasowej) w punkcie kontaktowym ECURIE,
- punkt kontaktowy powinien działać w systemie całodobowym lub informacja notyfikacyjna przesyłana jest faksem do punktu dyżuru całodobowego, który powiadamia niezwłocznie personel stacji ECURIE o konieczności pilnego przybycia do miejsca lokalizacji stacji w kompetentnym urzędzie,

- personel stacji musi posługiwać się językiem angielskim,
- podstawowym środkiem łączności jest Internet, zapasowymi: cyfrowe łącze telefoniczne (ISDN) i faks (od 1.12.2002 r. nie zezwala się na dalsze używanie łączności teleksowej),
- centrala systemu ECURIE znajduje się w Luksemburgu, w odrębnym pomieszczeniu należącym do Unit TREN H. 4 (kompetentny urząd Komisji Europejskiej) i składa się z dwóch stacji,
- punkt kontaktowy Komisji Europejskiej (dyżur całodobowy) znajduje się w Brukseli, w Security Office Komisji Europejskiej i składa się z dwóch stacji,
- wsparcie techniczne systemu oraz dalszy rozwój oprogramowania zapewnia JRC w Ispra, Włochy,
- dane adresowe stacji systemu są przekazywane jako poufne i nie mogą być udostępniane stronom trzecim,
- w celu testowania systemu stosuje się cztero-stopniowy schemat ćwiczeń:
  - Poziom 0 — automatyczny test łączności pomiędzy Komisją i stacjami CoDecS w krajach uczestniczących w systemie bez udziału operatora (codziennie ok. 04:00 UTC) — tylko CoDecS,
  - Poziom 1 — niezapowiedziany test komunikacyjny pomiędzy Komisją i krajowymi punktami kontaktowymi — CoDecS i faks,
  - Poziom 2 — niezapowiedziany test komunikacyjny pomiędzy Komisją i kompetentnymi urzędami poprzez krajowe punkty kontaktowe — CoDecS i faks,
  - Poziom 3 — zapowiedziane wcześniej ćwiczenie komunikacyjne przeprowadzone zgodnie ze zdefiniowanym wcześniej scenariuszem — CoDecS i faks,
- system ECURIE może być również używany do przesyłania wiadomości o charakterze informacji bezpośrednio pomiędzy stacjami w różnych krajach (o ile kompetentny urząd jednego kraju uzna, że informacja taka może być interesująca z punktu widzenia kompetentnego urzędu innego kraju),
- Komisja rekomenduje w szczególności przekazywanie informacji o zagubionych lub

skradzionych dużych źródłach promieniotwórczych, które mogą stworzyć groźbę zagrożenia transgranicznego; również dozwolone jest przekazywanie informacji związanych z wyjaśnieniem pogłosek lub ochroną rynku wewnętrznego,

- wiadomości o charakterze informacyjnym, w tym wiadomości związane z techniczną obsługą systemu, powinny być przesyłane w godzinach pracy Komisji,
- dane wymieniane dotąd w systemie EURDEP (European Radiological Data Exchange Platform) włączone zostają w ramy systemu ECURIE i ich oddzielne przesyłanie za pomocą CoDecS lub faksu nie jest dłużej konieczne; Komisja zaleca aby w sytuacji zagrożenia radiacyjnego kraje ECURIE niezwłocznie rozpoczynały przekazywanie danych EURDEP na dotychczasowych zasadach systemu EURDEP ale z częstotliwością awaryjną (limitowaną jedynie dostępnością danych z krajowego systemu monitoringu radiacyjnego); dotychczas w systemie EURDEP wymieniane są jedynie dane pomiarowe dotyczące mocy dawki promieniowania gamma,
- dane systemu EURDEP przechowywane są w centralnej bazie danych w JRC Ispra i udostępniane uczestnikom systemu na specjalnej stronie internetowej lub jest możliwe ich skopiowanie (usługa FTP) z serwera JRC Ispra.

## 13. OBECNY STAN SYSTEMU

Pracuje 18 oficjalnych, 7 nieoficjalnych (w tym Wielka Brytania 3, Słowenia 1, JRC Ispra test 1, Węgry 1, Polska 1) stacji. Francja nie uczestniczy w systemie. Komisja Europejska posiada 5 oficjalnych stacji (Bruksela 2, Luksemburg 2, JRC Ispra Alarm 1) oraz 1 nieoficjalną (JRC Ispra test). Internet, dostępny w 9 stacjach krajów członkowskich oraz we wszystkich stacjach Komisji Europejskiej, proponowany jest — od grudnia 2003 — jako kanał podstawowy. ISDN (cyfrowa sieć z integracją usług) jest równoległym (równorzędnym) kanałem łączności (w przypadku gdy wystąpi utrata łączności z Internetem staje się kanałem podstawowym dla CoDecS). Faks, dostępny we wszystkich stacjach,

traktowany jest jako kanał zapasowy, a w łączności z punktami kontaktowymi (całodobowy dyżur) nie posiadającymi Stacji z CoDecS jako kanał podstawowy. Przewidywana jest wymiana dotąd używanych skrzynek alarmowych (ALARMBOX) na zmodernizowane (min włączenie modemu do nowej konstrukcji).

## 14. WŁĄCZENIE KRAJÓW KANDYDUJĄCYCH DO SYSTEMU ECURIE

Kraje kandydujące otrzymają od Komisji Europejskiej pomoc przy wdrażaniu systemu ECURIE. Zalecane jest uruchomienie stacji przed akcesją. Przewidywana jest kontynuacja szkoleń i ćwiczeń. Zalecane jest posiadanie docelowo 1 stacji podstawowej i 1 zapasowej. Dotychczas Słowenia, Węgry i Polska jako pierwsze z grupy krajów kandydujących, posiadają działające (po jednej) stacje ECURIE (nieoficjalne).

W celu przyspieszenia procesu integracji Komisja Europejska przygotowała wielostronną umowę ECURIE obejmującą kraje wstępujące do UE i Szwajcarię.

Umowa sporządzona w języku angielskim i językach krajów objętych umową została podpisana na początku roku 2003 przez Komisarza Wallströma i przedstawiona w maju do poszczególnych krajów do podpisu. Jak dotąd umowę podpisały Węgry i Litwa.

## 15. WSPÓLPRACA KOMISJI EUROPEJSKIEJ Z MAEA W CELU UNIFIKACJI ZAKRESU I FORMY PRZEKAZYWANYCH INFORMACJI

Prowadzone są wspólne prace MAEA i Komisji Europejskiej mające na celu zbudowanie wspólnej platformy wymiany informacji w sytuacji zdarzeń radiacyjnych a co za tym idzie uniknięcie dublowania wymienianych informacji.

Założenia:

- wysłanie powiadomienia do jednej z organizacji oznacza automatyczne przekazanie tej informacji do drugiej organizacji,
- unifikacja zakresu i formy informacji umożli-

liwiająca zbudowanie interfejsu pomiędzy ENAC (MAEA) i CoDecS (Komisja Europejska), prace rozpoczęte w roku 2002 powinny zakończyć się w roku 2004.

## NOTKA O AUTORZE

*Andrzej Kowalczyk — mgr inż., główny specjalista w Centrum do Spraw Zdarzeń Radiacyjnych Państwowej Agencji Atomistyki*

# PRZEKAZYWANIE DANYCH POCHODZĄCYCH Z RUTYNOWEGO MONITORINGU RADIACYJNEGO ŚRODOWISKA W KRAJACH UNII EUROPEJSKIEJ DO CENTRALNEJ BAZY DANYCH MONITORINGOWYCH REM (RADIOACTIVITY ENVIRONMENTAL MONITORING) UE ZNAJDUJĄCEJ SIĘ W JRC (JOINT RESEARCH CENTRE, ISPRA, WŁOCHY)

*Andrzej Kowalczyk*

## WSTĘP

W związku z przystąpieniem Polski do Unii Europejskiej od 1 maja 2004 r. kraj nasz zobligowany będzie do uczestnictwa w systemie wymiany danych pomiarowych pochodzących z rutynowego monitoringu radiacyjnego środowiska, działającego w krajach Unii Europejskiej. Dane o których mowa przekazywane są okresowo, w określonych przez Komisję Europejską terminach. Ich zawartość i format został przez Komisję Europejską ściśle określony. Za prawidłowe funkcjonowanie systemu, w krajach w nim uczestniczących, odpowiedzialne są krajowe urzędy kompetentne w sprawach bezpieczeństwa jądowego i ochrony radiologicznej. Ze strony polskiej odpowiedzialność taka spoczywa na Państwowej Agencji Atomistyki. Komisja Europejska zorganizowała na jesieni 2003 r. dla krajów wstępujących do UE specjalizowane szkolenie operatorów programu komputerowego Easy-Proteo służącego do przygotowywania danych krajowych — zgodnie z wymaganiami Komisji — do przekazania do centralnej bazy danych REM znajdującej się w JRC Ispra, Włochy. Przeszkolonych zostało dwóch pracowników Centrum do Spraw Zdarzeń Radiacyjnych. Komisja rekomenduje aby kraje wstępujące od 1 maja 2004 r. do UE rozpoczęły przekazywanie danych

już w roku bieżącym, przekazując w terminie do końca roku 2003 dane za rok poprzedni (2002).

## 1. PODSTAWY PRAWNE SYSTEMU WYMIANY DANYCH POMIAROWYCH POCHODZĄCYCH Z RUTYNOWEGO MONITORINGU RADIACYJNEGO ŚRODOWISKA

System wymiany danych pomiarowych pochodzących z rutynowego monitoringu radiacyjnego środowiska działa w krajach Unii Europejskiej w oparciu o:

- Traktat EURATOM (EURATOM Treaty), art. 35 i 36.
- Zalecenie Komisji Europejskiej 2000/473/Euratom z 8 czerwca 2000 r. w sprawie wykonywania artykułu 36 Traktatu EURATOM, dotyczącego pomiarów poziomów skażeń środowiska w celu oceny narażenia całej populacji.

Art. 35 Traktatu mówi: Każdy z krajów członkowskich winien ustanowić urządzenie konieczne do prowadzenia ciągłego monitoringu poziomu aktywności promieniotwórczej w powietrzu, wodzie i glebie w zgodności z podstawowymi standardami. Komisja Europejska po-

winna mieć prawo dostępu do urządzeń o których mowa oraz weryfikacji ich działania oraz sprawności.

Art. 36 Traktatu mówi: Odpowiednie, kompetentne urzędy, winny okresowo przekazywać wyniki pomiarów z monitoringu, o którym mowa w art. 35, do Komisji, tak aby była ona poinformowana o poziomach skażeń środowiska na które narażony jest ogół społeczeństwa.

Zalecenia komisji stanowią zbiór wytycznych. Nie mają siły wiążącej (art. 161 Traktatu).

## 2. OMÓWIENIE ZALECENIA KOMISJI EUROPEJSKIEJ 2000/473/EURATOM Z 8 CZERWCA 2000 R. W SPRAWIE WYKONYWANIA ARTYKUŁU 36 TRAKTATU EURATOM DOTYCZĄCEGO POMIARÓW POZIOMÓW SKAŻEŃ ŚRODOWISKA W CELU OCENY NARAŻENIA CAŁEJ POPULACJI

Zalecenie definiuje następujące terminy:

- (a) termin 'ciągły monitoring' oznacza istnienie i wykonywanie programu prowadzenia monitoringu w sposób ciągły. W zależności od monitorowanego medium jest to osiągane odpowiednio poprzez:
  - pobieranie prób i ocena prowadzone w sposób ciągły,
  - ciągle pobieranie prób i okresowa ocena,
  - pobieranie prób i ocena prowadzone okresowo,
  - bezpośredni, ciągły pomiar;
- (b) termin 'urządzenia' oznacza program monitoringu, procedury i sprzęt do pomiarów bezpośrednich i pobierania prób (w tym do kontroli jakości oraz do przekazywania i archiwizowania danych), a także laboratoria niezbędne do wdrożenia ciągłego monitoringu poziomów skażeń promieniotwórczych,
- (c) termin 'sieć monitoringu' oznacza kombinację każdego medium (którego próby są pobierane) i rodzaju pomiarów bezpośrednich oraz odpowiednich położeń (lokalizacji) miejsc pomiarowych dla tego medium / pomiaru bezpośredniego,

- (d) termin 'gęsta sieć monitoringu' oznacza sieć monitoringu złożoną z lokalizacji poboru prób / pomiarów bezpośrednich na terytorium kraju członkowskiego, wybranych w taki sposób aby umożliwić Komisji wyliczenie regionalnych wartości średnich dla UE,
- (e) termin 'rzadka sieć monitoringu' oznacza sieć monitoringu składającą się — dla każdego regionu i każdego medium/pomiaru bezpośredniego — z przynajmniej 1 lokalizacji reprezentatywnej dla tego regionu; dla takiej lokalizacji wykonywane powinny być pomiary o wysokiej czułości, których wartości będą w sposób jednoznaczny wartościami reprezentatywnymi rzeczywistych poziomów skażeń i tendencji ich zmian,
- (f) termin 'region' oznacza każdy reprezentatywny obszar kraju członkowskiego przyjęty dla dokonania na jego terenie oceny narażenia radiologicznego dla jego całej populacji biorąc pod uwagę oddziaływanie radiologiczne poprzez emisję substancji promieniotwórczych do środowiska, dawkę promieniowania gamma w powietrzu i rozkład demograficzny.

Wykaz aktualnych regionów przyjętych przez Komisję Europejską zawiera załącznik II Zalecenia. Austria, Belgia, Dania, Grecja, Irlandia, Luksemburg, Holandia i Portugalia stanowią pojedyncze regiony. Niemcy, Hiszpania, Finlandia, Francja, Włochy, Szwecja i Wielka Brytania podzielone są na 2-4 regiony.

Kraje członkowskie zobowiązane są określić swoje kompetentne urzędy i przekazać stosowną informację do Komisji Europejskiej. W Polsce takim kompetentnym urzędem jest Państwowa Agencja Atomistyki.

Wymagania podane w Zaleceniu:

- (a) sieci monitoringu:
  - każdy kraj członkowski powinien określić reprezentatywne regiony dla swojego terytorium,
  - każdy kraj członkowski powinien określić dla każdego rodzaju medium / pomiaru bezpośredniego gęstą i rzadką sieć monitoringu,
  - lokalizacje wchodzące w skład sieci powinny być reprezentatywne dla sytuacji

Tabela 1

Medium	Kategoria pomiarowa	
	Sieć gęsta	Sieć rzadka
Acrozole atmosferyczne	Cs-137, całkowita beta	Cs-137, Be-7
Powietrze	Moc dawki promieniowania gamma w powietrzu	Moc dawki promieniowania gamma w powietrzu
Woda powierzchniowa	Cs-137, szczątkowa beta	Cs-137
Woda pitna	Tryt, Sr-90, Cs-137, Radionuklidy naturalne zgodnie z Dyrektywą 98/83/EC	Tryt, Sr-90, Cs-137, Radionuklidy naturalne zgodnie z Dyrektywą 98/83/EC
Mleko	Cs-137, Sr-90	Cs-137, Sr-90, K-40
Dieta mieszana	Cs-137, Sr-90	Cs-137, Sr-90, C-14

regionu, uwzględniając, o ile ma to znaczenie, rozkład zaludnienia w regionie;

(b) rozpatrywane media, rodzaje i częstotliwość pomiarów:

- rodzaje prób i pomiarów przedstawia powyższa Tabela 1 (załącznik I do Zalecenia):

O ile Zalecenie nie określa inaczej, pomiary powinny być wykonywane dla rzadkiej sieci raz w miesiącu a dla gęstej – raz na kwartał.

- Dla sieci rzadkiej, progi detekcji i czułości aparatury pomiarowej powinny pozwolić na określenie ilościowe rzeczywistych poziomów,

- Dla sieci gęstej, progi detekcji przyrządów pomiarowych powinny być niższe niż poziomy raportowania podane w poniższej Tabeli 2 (załącznik III do Zalecenia):

wiarygodne i zapewniają kontrolę jakości wyników,

- laboratoria w krajach członkowskich, dostarczające danych pomiarowych w rozumieniu Zalecenia, powinny okresowo uczestniczyć w ćwiczeniach porównawczych, w szczególności w ćwiczeniach organizowanych przez Komisję Europejską, dla zapewnienia wewnętrznej porównywalności przekazywanych danych;

(c) strategię pobierania prób i wykonywania pomiarów w stosunku do każdego z wymaganych, pobieranych mediów.

1) *Aerozole atmosferyczne.*

Pomiary radionuklidów gammapromieniotwórczych powinny być rutynowo wykonywane dla wykrycia radionukli-

Tabela 2

Typ próby	Kategoria radionuklidu	Poziom raportowania
Powietrze	Całkowita beta (w oparciu o Sr-90) Cs-137	5 mBq/m <sup>3</sup> 30 mBq/ m <sup>3</sup>
Woda powierzchniowa	Szcątkowa beta (w oparciu o Sr-90) Cs-137	0,6 Bq/l 1,0 Bq/l
Woda pitna	H-3 Sr-90 Cs-137	100 Bq/l 0,06 Bq/l 0,1 Bq/l
Mleko	Sr-90 Cs-137	0,2 Bq/l 0,5 Bq/l
Dieta mieszana	Sr-90 Cs-137	0,1 Bq/d. p <sup>(1)</sup> 0,2 Bq/d. p

<sup>(1)</sup> Bq na osobę na dzień

- kraje członkowskie powinny poinformować Komisję o progach detekcji i marginesach niepewności wziętych pod uwagę,
- kraje członkowskie powinny utrzymać techniki pomiarowe które okazały się

dów sztucznych jak również określenia aktywności radionuklidów naturalnych. Zawartość Be-7 powinna być raportowana w celu jakościowego sprawdzenia użytych metod pomiarowych. W przy-

padku gdy dokonywane są pomiary całkowitej aktywności beta, ich wyniki również powinny być raportowane. Miejsca poboru prób powinny znajdować się w pobliżu obszarów gęsto zaludnionych. Aby zapewnić odpowiednie 'pokrycie' geograficzne, przynajmniej jedno miejsce poboru prób powinno przypadać na region geograficzny. System poboru prób powinien pracować w sposób ciągły.

2) *Moc dawki zewnętrznego promieniowania gamma w powietrzu.*

Pomiary powinny być prowadzone w sposób ciągły. Poziomy raportowania nie jest określony.

3) *Woda powierzchniowa.*

Próby wód powierzchniowych powinny być pobierane z głównych zbiorników wód śródlądowych w krajach członkowskich i, o ile dotyczy, z wód przybrzeżnych. W przypadku wód rzecznych, próby powinny być pobierane — o ile to możliwe — w miejscach w których możliwy jest pomiar szybkości przepływu. W takich przypadkach, średnia szybkość przepływu dla okresu poboru prób powinna być określana i raportowana dla poprawienia reprezentatywności średnich wartości pomiarowych obliczanych przez Komisję Europejską. Monitorowane winny być radionuklidy gammapromieniotwórcze. Jeśli notuje się obecność szczątkowej aktywności beta wyniki takich pomiarów powinny być także raportowane.

4) *Woda przeznaczona do spożycia przez ludzi.*

Monitoring poziomów zawartości radionuklidów w wodzie pitnej powinien być prowadzony zgodnie z wymaganiami Dyrektywy 98/93/EC.

W celu zapewnienia zgodności z art. 36 Traktatu EURATOM, powinny być raportowane wartości pomiarowe dla głównych ujęć wód gruntowych i powierzchniowych oraz sieci wodociągowych, tak aby zapewnić reprezentatywne pokrycie obszarów państw członkowskich. Odpowiadające tym wartościom pomiarowym objętości rozprowadzanej lub wytwarza-

nej w ciągu roku wody powinny również być raportowane aby poprawić reprezentatywność wartości średnich, wyliczanych przez Komisję.

5) *Mleko.*

Próby mleka powinny być pobierane z zakładów przemysłu mleczarskiego (mleczarnie, zlewnie, itp.) Konieczne dane statystyczne związane z wysokością produkcji powinny również być przekazywane aby poprawić reprezentatywność wartości średnich, wyliczanych przez Komisję.

Rozmieszczenie zakładów przemysłu mleczarskiego powinno zapewniać reprezentatywne pokrycie obszarów państw członkowskich. Monitorowane powinny być radionuklidy gammapromieniotwórcze i Sr-90. Wartości pomiarowe dla K-40 powinny być także przekazywane w celu jakościowego sprawdzenia użytych metod pomiarowych.

6) *Dieta mieszana.*

Ze względu na zasady handlu żywnością, dieta mieszana jest niekoniecznie reprezentatywna dla poziomów skażeń w regionie a nawet w kraju, ale jest wskaźnikiem narażenia ludności.

W przypadkach gdy pomiarom podlegają oddzielne składniki diety, kraje członkowskie powinny przekazywać do Komisji wyniki pomiarów dla poszczególnych składników i skład diety. Program pomiarowy powinien uwzględniać regionalne różnice w diecie. Składniki diety powinny być pobierane z punktów sprzedaży detalicznej i hurtowej, a także z lokalnych zakładów gastronomicznych i zbiorowego żywienia zaopatrujących duże zbiorowości dla zapewnienia reprezentatywnych prób pełnych posiłków. Uwzględnione powinny być produkty pochodzące z naturalnego lub częściowo naturalnego ekosystemu, zakładając, że skutki awarii w Czarnobylu mogą mieć nadal wpływ na taki ekosystem.

Monitorowane powinny być radionuklidy gammapromieniotwórcze i Sr-90. Pomiary powinny być wykonywane nie rzadziej



niż raz na kwartał. Jeśli wykonywane są pomiary węgla C-14, ich wyniki powinny być również przekazywane do Komisji.

Procedura przygotowywania i przekazywania do Komisji wyników pomiarowych:

1) Przygotowanie danych.

Kraje członkowskie powinny przekazywać Komisji dane zweryfikowane i jednoznaczne, w postaci gotowej do opublikowania. Poniżej podano listę minimalnych wymagań dla jednego rekordu zbioru przekazywanych danych.

I. Wymagania dla pobierania prób.

A. Charakterystyki pobieranych prób.

- Rodzaj próby.
- Postępowanie z próbą (np. radiochemia, pomiar po 5 dniach etc.).

B. Data i czas.

- Data poboru.
- Rodzaj daty (np. data początkowa, data końcowa, etc.).
- Czas poboru<sup>3</sup>.
- System czasu<sup>3</sup> (np. GMT).
- Czas trwania poboru (w godzinach).

C. Miejsce poboru.

- Nazwa miejsca poboru.
- NUTS-code (kod nadany przez Komisję).
- Długość i szerokość geograficzna w stopniach i minutach lub w zapisie dziesiętnym.
- Rejon<sup>3</sup> (dla wód powierzchniowych: nazwa rzeki, jeziora, zbiornika wodnego lub morza).

II. Wymagania dla danych pomiarowych.

- Nazwa laboratorium.
- Kategoria radionuklidu.
- Aparatura pomiarowa (typ).
- Wartość zmierzona (aktywność).
- Niepewność.
- Rodzaj niepewności.
- Jednostka.
- Rodzaj jednostki.
- Data odniesienia<sup>3</sup> (data dla której podano wartość aktywności).
- Szybkość przepływu<sup>3</sup> (w przypadku wody rzecznej).

- Szybkość produkcji<sup>3</sup> (dla mleka i wody pitnej).
- Objętość produkowana lub dostarczona w ciągu roku (dla wody pitnej).

Kraje członkowskie powinny dostarczać do Komisji dane w określonym przez nią formacie, a w szczególności używać do tego celu specjalistycznego oprogramowania komputerowego dostarczonego przez Komisję (EasyProteo). Indywidualne dane pomiarowe powinny być przekazywane dla każdego medium i każdego miejsca poboru raczej, niż jako wartości średnie. Jednakże, jeśli dane dotyczą bezpośrednich, ciągłych pomiarów, przekazywane powinny być wartości średnie miesięczne dla każdego miejsca pomiaru.

2) Środki i sposób przekazywania danych.

Dane powinny być przekazywane w formie cyfrowej z wykorzystaniem najodpowiedniejszej drogi elektronicznej.

3) Okresowość przekazywania.

Wszystkie dostępne dane powinny być przekazywane do Komisji jak tylko zostaną zweryfikowane w celu umożliwienia Komisji szybkiej oceny wpływu skażeń promieniotwórczych środowiska na zdrowie populacji. Wszystkie dane za dany rok kalendarzowy powinny być przekazane do Komisji nie później niż do 30 czerwca roku następnego.

4) Przekazywanie innych danych.

Poza danymi dotychczas omówionymi, kraje członkowskie powinny dostarczać do Komisji swoje zbiorcze raporty z krajowych sieci monitoringu radiacyjnego co umożliwi Komisji pełniejsze zrozumienie znaczenia przekazywanych danych w odniesieniu do danych podanych w Tabeli 1 i w kontekście funkcjonujących, krajowych programów monitoringu. Roczne raporty Komisji będą powoływać się na te raporty krajowe w bibliografii.

### 3. PROGRAM KOMPUTEROWY

#### EasyProteo

Program komputerowy EasyProteo (utworzony w języku programowania FoxPro) służy do wprowadzania i przechowywania danych z monitoringu radiacyjnego kraju oraz do tworzenia na podstawie tych danych zbioru wyjścio-

wego, co do zakresu i formy (format danych), zgodnego z wymaganiami Komisji Europejskiej. Utworzony w taki sposób zbiór wyjściowy przekazywany jest do Komisji drogą elektroniczną w określonym przez Komisję terminie.

Wprowadzanie danych do EasyProteo może być ręczne (z klawiatury) lub za pomocą mechanizmu importu danych. Można importować dane zewnętrzne o ile są one zgodne ze strukturą bazy danych EasyProteo oraz zapisane są w formacie ASCII, a w szczególności w tzw. formacie CIF (Card Image Format), a także ze zbiorów tekstowych z polami rozdzielanymi za pomocą TAB (tabulatora). Zbiór wyjściowy — przekazywany do Komisji — winien być utworzony za pomocą mechanizmu eksportu danych Programu EasyProteo w formacie CIF (warunek konieczny).

Dobrym narzędziem pomocniczym do przygotowania danych wejściowych dla Programu EasyProteo może być MS Excell ze względu na łatwą możliwość eksportu danych do pliku tekstowego, który następnie można zaimportować do bazy EasyProteo.

Po utworzeniu przy pomocy EasyProteo i przekazaniu do Komisji danych z krajowego monitoringu radiacyjnego są one importowane do centralnej bazy danych REM w JRC Ispra, Włochy. Dane zebrane w REM z krajów członkowskich stanowią podstawę do analiz narażenia radiologicznego populacji UE. Okresowo Komisja Europejska wydaje stosowny raport zbiorczy 'Environmental Radioactivity in the European Community' — ostatnie wydanie z roku 1995.

Komisja Europejska przekazała do PAA program EasyProteo wraz ze zbiorami danych specyficznymi dla Polski (min. określającymi kody nadane Polsce tzw. NUTS-code) umożliwiającymi jednoznaczne ulokowanie naszych krajowych danych w bazie centralnej REM.

### 4. UCZESTNICTWO POLSKI W SYSTEMIE WYMIANY DANYCH

Wymiana danych stanie się obligatoryjna od momentu wstąpienia do UE, a więc od 1 maja 2004 r., ale Komisja Europejska mocno rekomenduje dostarczenie danych w wymaganym formacie (CIF) umożliwiającym wprowadzenie danych otrzymanych z poszczególnych krajów do bazy centralnej w Ispra:

- za rok 2002 do końca 2003 roku,
- za rok 2003 do końca czerwca 2004.

W związku z tym w Centrum do Spraw Zdarzeń radiacyjnych PAA trwają prace związane z przygotowaniem stosownych danych za rok 2002 za pomocą programu EasyProteo w celu ich terminowego dostarczenia do Komisji Europejskiej.

### NOTKA O AUTORZE

*Andrzej Kowalczyk — mgr inż., główny specjalista w Centrum do Spraw Zdarzeń Radiacyjnych Państwowej Agencji Atomistyki*

<sup>3</sup> O ile jest to istotne.

NOTATKI