

ISSN 2353-9062

2 (96) 2014

BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE I OCHRONA RADIOLOGICZNA



PAŃSTWOWA
AGENCJA
ATOMISTYKI

Wydawca:



Redakcja: ul. Krucza 36, 00-522 Warszawa
TEL. 22 695 98 22, 629 85 93
FAX 22 695 98 15
E-MAIL biuletyn@paa.gov.pl
www.paa.gov.pl

Maciej JURKOWSKI, Przewodniczący Rady Programowej

Marek WOŹNIAK, Redaktor naczelny

ISSN 2353-9062 (publikacja elektroniczna)

BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE I OCHRONA RADIOLOGICZNA

BIULETYN INFORMACYJNY PAŃSTWOWEJ AGENCJI ATOMISTYKI

Nr 2 (96) 2014
Warszawa

Spis treści

Marek Gąszczyk	
Nowelizacja prawa atomowego. Likwidacja funkcji Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego	5
Władysław Kiełbasa	
Podstawy bezpieczeństwa obiektów energetyki jądrowej. <i>Część II</i>	10
Mateusz Włostowski, Bartłomiej Abramowicz	
Międzynarodowe bazy zdarzeń dotyczących elektrowni jądrowych – podstawowe informacje	19
Bartosz Skłodowski	
Bezpieczeństwo jądrowe w poszerzonej agencji badań nad bezpieczeństwem.	24
Krzysztof Rzymkowski	
Pośrednia kontrola materiałów jądrowych.	29

Szanowni Państwo

Drugi tegoroczny numer naszego biuletynu odbiega treścią i formą od tych, które wydawane były przez szereg ubiegłych lat. Jest publikacją elektroniczną i w związku z tym ma nowy numer ISSN 2353-9062. Zrezygnowano z publikowania w nim skrótu Raportu Prezesa PAA nt. stanu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w kraju w poprzednim roku, który dotąd publikowany był przez wiele lat w drugim numerze danego roku (całość raportu za rok 2013 udostępniona będzie niebawem w formie elektronicznej na stronie www.paa.gov.pl). Bieżący numer natomiast, podobnie jak pozostałe, zawiera aktualne informacje istotne z punktu widzenia dozoru bezpieczeństwa jądrowego w świetle przygotowań PAA do efektywnego pełnienia swojej roli w programie Polskiej Energetyki Jądrowej przyjętym przez Radę Ministrów 28 stycznia br.



Numer otwiera artykuł pana Marka Gąszczyka omawiający zmiany w ustawie Prawo atomowe, jakie weszły w życie 24 maja br., związane głównie z transpozycją do prawa polskiego Dyrektywy 2011/70/EURATOM (ws. odpowiedzialnego i bezpiecznego gospodarowania wypalonym paliwem jądrowym i odpadami promieniotwórczymi), ale także wprowadzające istotne zmiany w strukturze i działaniu organów dozoru jądrowego w Polsce. Publikujemy także drugą część artykułu pana Władysława Kiełbasy* przybliżającego w sposób kompleksowy, w kontekście wymagań międzynarodowych oraz naszych świeżo znowelizowanych przepisów, problematykę bezpieczeństwa współczesnej elektrowni jądrowej, a więc takiej, jaka ma powstać w Polsce. Trzeci artykuł, autorstwa panów Mateusza Włostowskiego i Bartłomieja Abramowicza, poświęcony jest znaczeniu, jakie ma zarówno dla organizacji eksploatującej elektrownie jądrową, jak i dla dozoru jądrowego gromadzenie i analizowanie informacji zwrotnych nie tylko z eksploatacji, ale także z budowy i rozruchu elektrowni jądrowych. Artykuł omawia wymagania w tym zakresie wynikające ze znowelizowanego prawa atomowego, wskazuje również źródła informacji na ten temat, do których ma dostęp PAA. W czwartym artykule pan Bartosz Skłodowski snuje ciekawe rozważania natury teoretycznej na temat pojęcia „bezpieczeństwo jądrowe” w szerszym kontekście znaczenia i interpretacji terminu bezpieczeństwo w teorii nauk o bezpieczeństwie państwa i bezpieczeństwie międzynarodowym. Bieżący numer Biuletynu zamyka artykuł pana Krzysztofa Rzymkowskiego poświęcony trendom ewolucji obecnego światowego systemu kontroli materiałów jądrowych w kierunku systemu obejmującego cały cykl paliwowy, umożliwiającego śledzenie wykorzystania paliwa jądrowego. Autor omawia w nim rozwój tzw. inicjatywy GNEP** oraz tworzenie międzynarodowego systemu IFNEC***.

Kształtowanie tematyki i programu kwartalnika „Bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna” od jego powstania w 1989 r. należało do Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego, pełniącego rolę Przewodniczącego Rady Programowej. Pełniąc nadal tę rolę, mimo likwidacji z dniem 24 maja br. funkcji GIDJ jako organu dozoru jądrowego, pragnę wyrazić wszystkim Koleżankom i Kolegom – Autorom, Tłumaczom, Redaktorom – współpracującym ze mną przy wydawaniu Biuletynu w okresie pełnienia przeze mnie funkcji Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego (01.11.2008–24.05.2014) jak najserdeczniejsze podziękowania. Szczególne podziękowania kieruję do pana Tadeusza Białkowskiego – jako współpracującego ze mną w tych latach Redaktora Naczelnego.

W maju br. jego obowiązki przejął pan redaktor Marek Woźniak, któremu życzę sukcesów w kontynuacji dzieła P.T. Poprzedników oraz owocnej współpracy.

Przewodniczący Rady Programowej
Maciej Jurkowski

* Pierwsza część opublikowana została w poprzednim numerze Biuletynu – nr 1 (95) 2014.

** Światowe Partnerstwo Energii Jądrowej (ang. *Global Nuclear Energy Partnership* – GNEP).

*** Międzynarodowe Ramy Współpracy w zakresie Energii Jądrowej (ang. *International Framework for Nuclear Energy Cooperation* – IFNEC).

Nowelizacja prawa atomowego. Likwidacja funkcji Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego

Marek Gąsczyk
Państwowa Agencja Atomistyki

1. Uwagi wprowadzające

W dniu 9 maja 2014 r. Prezydent podpisał ustawę z dnia 4 kwietnia 2014 r. o zmianie ustawy – Prawo atomowe oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. poz. 587), zwaną dalej „Ustawą”. Tego samego dnia Ustawa została ogłoszona w Dzienniku Ustaw. Natomiast weszła w życie 14 dni po ogłoszeniu ustawy, tj. w dniu 24 maja 2014 r.

Wspomnianym aktem prawnym wprowadzono zmiany w przepisach:

- 1) ustawy z dnia 29 listopada 2000 r. – Prawo atomowe (Dz. U. z 2012 r. poz. 264 i 908), zwanej dalej „ustawą”;
- 2) ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. z 2013 r. poz. 1235 i 1238);
- 3) ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. Nr 163, poz. 981 oraz z 2013 r. poz. 21 i 1238).

Zgodnie z treścią uzasadnienia projektu Ustawy jej podstawowym celem jest wdrożenie do prawa krajowego przepisów dyrektywy Rady 2011/70/EURATOM z dnia 19 lipca 2011 r. ustanawiającej ramy wspólnotowe w zakresie odpowiedzialnego i bezpiecznego gospodarowania wypalonym paliwem jądrowym i odpadami promieniotwórczymi (Dz. Urz. UE L 199 z 02.08.2011, s. 48). Dyrektywa nakłada na państwa członkowskie obowiązek wprowadzenia krajowych ram ustawodawczych, regulacyjnych i organizacyjnych zapewniających wysoki poziom bezpieczeństwa gospodarowania wypalonym paliwem jądrowym i odpadami promieniotwórczymi. Dyrektywa utrwała zasadę, zgodnie z którą ostateczną odpowiedzialność za wypalone paliwo jądrowe i odpady

promieniotwórcze ponosi państwo członkowskie, w którym zostały one wytworzone.

Podstawowym narzędziem zapewniającym realizację obowiązków wynikających z przedstawionej zasady jest krajowy program gospodarowania wypalonym paliwem jądrowym i odpadami promieniotwórczymi, obowiązkowo opracowany i wdrożony w każdym państwie członkowskim. Bezpieczeństwo wskazanych w dyrektywie działań ma ponadto zapewniać istnienie właściwego organu regulacyjnego, w pełni niezależnego od wszelkich innych organów i podmiotów działających w jakikolwiek sposób w szeroko pojętej dziedzinie energii jądrowej. Jednocześnie obowiązkiem nałożonym na państwa członkowskie przez dyrektywę jest zapewnienie realizowanemu programowi postępowania z wypalonym paliwem jądrowym i odpadami promieniotwórczymi wykwalifikowanych kadr oraz niezbędnych środków finansowych.

Przepisy dyrektywy gwarantują również dostęp społeczeństwa do informacji oraz jego uczestnictwo w zagadnieniach związanych z gospodarowaniem odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym, z uwzględnieniem jednak krajowych norm dotyczących bezpieczeństwa informacji. Służyć temu mają przepisy ustanawiające obowiązek podawania niezbędnych informacji do wiadomości zarówno pracowników, jak i ogółu społeczeństwa przez właściwy organ regulacyjny oraz zobowiązujące państwa członkowskie do umożliwienia społeczeństwu aktywnego uczestnictwa w procesie decyzyjnym dotyczącym odpadów promieniotwórczych i wypalnego paliwa jądrowego.

Poza tym przy okazji transponowania przepisów prawa unijnego dokonano zmian dotyczących organów dozoru jądrowego, które to zmiany zostaną przedstawione w niniejszym artykule.

2. Geneza funkcji Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego

Funkcja Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego została ustanowiona ustawą z dnia 10 kwietnia 1986 r. Prawo atomowe (Dz. U. Nr 12, poz. 70, z późn. zm.). Jednakże pierwsze powołanie na to stanowisko nastąpiło dopiero w dniu 25 listopada 1988 r. Zostało ono wówczas objęte przez twórcę i organizatora dozoru jądrowego w Polsce – Wacława Dąbka [3]. Można założyć, że decyzja ustanowienia funkcji Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego wynikała z wielości zadań nałożonych wymienioną ustawą na Prezesa PAA obejmujących także zadania pozadozowe, a powołanie wówczas wspomnianej osoby na to stanowisko wynikało z jej wysokich kompetencji merytorycznych w dziedzinie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej oraz sprawdzonych zdolności menedżerskich. Ponadto decyzja ustanowienia tej funkcji mogła mieć swe źródło również w roli, jaką sprawnie funkcjonujący dozór jądrowy odgrywa dla zapewnienia bezpieczeństwa publicznego, a także we wzroście świadomości społecznej w tym zakresie spowodowanym katastrofą w Czarnobylu. W rezultacie, zgodnie z art. 52 Prawa atomowego w ówczesnym brzmieniu, system instytucjonalny dozoru jądrowego obejmował Prezesa PAA, Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego i inspektorów dozoru jądrowego.

3. Opis dotychczasowego systemu organów dozoru jądrowego

Zarówno przed nowelizacją, jak i po nowelizacji dokonanej Ustawą system organów dozoru jądrowego był uregulowany przepisami ustawy z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (Dz. U. z 2012 r., poz. 264, z późn. zm.). Wynika to już z samego art. 1 pkt 3 tego aktu prawnego, w którym, przedstawiając jego zakres przedmiotowy, wskazano, że określa on organy właściwe w sprawach bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej.

Bardziej szczegółowe rozwiązania w tym zakresie sformułowano w rozdziale 9 wymienionego aktu prawnego zatytułowanym „Nadzór i kontrola w zakresie przestrzegania warunków bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej”.

Wobec posłużenia się w treści wymienionego tytułu sformułowania „nadzór” i „kontrola” warto wspomnieć o znaczeniu, jakie tym terminom przypisuje się w literaturze prawniczej. W nauce prawa pojęcie „kontroli” utożsamia się np. z działalnością obejmującą: ustalanie stanu obowiązującego, określanego mianem wyznaczeń, zależnego m.in. od przyjętych kryteriów kontroli, ustalenie stanu rzeczywistego, zwanych wykonywaniami, a następnie ustalenie relacji między wyznaczeniami a wykonaniami

w kontekście ich zgodności ze sobą, wraz z ewentualnym wskazaniem przyczyn niezgodności i przedłożeniem wyników tego ustalenia odpowiedniemu podmiotowi (kontrolowanemu, zlecającemu kontrolę, jednostce nadrzędnej itp.) [1]. W każdym razie za istotę kontroli uważa się obserwowanie określonych zjawisk, analizowanie ich charakteru i przedstawianie wniosków i propozycji organowi nadrzędnemu nad jednostką kontrolowaną [5, s. 204 i cytowana tam literatura] czy nawet w jeszcze bardziej zwięzły sposób – „sprawdzanie stanu faktycznego, ocena i formułowanie wniosków” [4]. Natomiast pojęcie nadzoru definiuje się jako działalność obejmującą kontrolę oraz kompetencję do merytorycznego korygowania sposobu funkcjonowania podmiotu poddanego nadzorowi. Warunki sprawowania nadzoru nad jednostką muszą być uregulowane w sposób wskazujący na cele ingerencji nadzorczej (np. zapewnienie zgodności z prawem działania organu nadzorowanego), sytuacje, kiedy ingerencja w działalność podmiotu nadzorowanego jest możliwa oraz środki działania podmiotu nadzorującego [1, s. 409]. Istota nadzoru sprowadza się do władczego ingerowania w działalność jednostki nadzorowanej w celu przywrócenia stanu zgodnego z prawem czy nawet „zasadniczą linią polityki państwa” [5]*. Relacja tego rodzaju obejmuje uprawnienie do wydawania dyrektywy co do zmiany sposobu działania, wywierania wpływu na działalność podmiotu nadzorowanego oraz wiąże się z władczym charakterem form realizacji, co stanowi cechę odróżniającą ją od kontroli [4]. Oznacza to, że organy właściwe w sprawach bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej mogą nie tylko badać sposób funkcjonowania podmiotów prowadzących działalność w tym zakresie, lecz również władczo ingerować w ich działalność np. w celu nakazania im wyeliminowania stwierdzonych nieprawidłowości.

Stosownie do art. 63 ust. 1 i ust. 2 pkt 1 ustawy Prawo atomowe wykonywanie działalności powodującej lub mogącej powodować narażenie ludzi i środowiska na promieniowanie jonizujące podlega nadzorowi i kontroli w zakresie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej. Działania te mogą być wykonywane przez różne organy wskazane w art. 63 ust. 2 wyżej wymienionej ustawy. Przy czym ze względu na temat artykułu należy wskazać, że gdy organem właściwym do wydania zezwolenia albo przyjęcia zgłoszenia jest Prezes Państwowej Agencji Atomistyki, zwany dalej „Prezesem PAA”, mieszczą się one w zakresie kompetencji organów dozoru jądrowego.

W stanie prawnym istniejącym przed nowelizacją dokonaną Ustawą funkcjonowały aż trzy kategorie organów dozoru jądrowego. Przede wszystkim Prezes PAA będący naczelnym organem dozoru jądrowego. Następnie Główny Inspektor Dozoru Jądrowego, któremu przypisana była funkcja organu wyższego stopnia w stosunku do inspektorów dozoru jądrowego. Poza tym w ramach systemu tych organów funkcjonują inspektorzy I

* Szerzej na ten temat M. Szewczyk, *Nadzór w materialnym prawie administracyjnym*, Poznań 1996.

i II stopnia. Inspektorzy należący do pierwszej z wymienionych kategorii są uprawnieni do wykonywania kontroli w jednostkach organizacyjnych wykonujących działalność związaną z narażeniem rozumianym jako proces, w którym organizm ludzki podlega działaniu promieniowania jonizującego (zob. art. 3 pkt 15 ustawy Prawo atomowe), z wyjątkiem jednostek organizacyjnych wykonujących działalność, o której mowa w art. 4 ust. 1 pkt 2 lub 3 wyżej wymienionej ustawy (tj. polegającą odpowiednio na budowie, rozruchu, eksploatacji oraz likwidacji obiektów jądrowych, a także budowie, eksploatacji i zamknięciu składowisk odpadów promieniotwórczych). Zakres uprawnień inspektorów z drugiej z wymienionych grup jest analogiczny, jednakże dzięki dalszemu wyszkoleniu i odbyciu wymaganych praktyk w obiektach po uzyskaniu uprawnień I stopnia nie podlega wymienionym ograniczeniom, tj. obejmuje także zadania nadzoru i kontroli obiektów jądrowych i obiektów przechowywania i składowania odpadów promieniotwórczych na wszystkich wymienionych wyżej etapach ich funkcjonowania.

Kolejne ustępy, tj. 2 i 3, art. 63 ustawy Prawo atomowe przed nowelizacją regulowały kwestie związane ze sposobem powoływania poszczególnych organów dozoru jądrowego. W poprzednim stanie prawnym Główny Inspektor Dozoru Jądrowego powoływał, spośród inspektorów dozoru jądrowego, i odwoływał Prezes PAA, zaś inspektorów dozoru jądrowego powoływał i odwoływał Prezes PAA na wniosek Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego.

Powyżej wskazane organy zgodnie z art. 64 ust. 4 ustawy Prawo atomowe realizowały takie zadania, jak m.in.:

- 1) wydawanie zezwoleń i innych decyzji w sprawach związanych z bezpieczeństwem jądrowym i ochroną radiologiczną, na zasadach i w trybie określonych w ustawie Prawo atomowe;
- 2) przeprowadzanie kontroli w obiektach jądrowych oraz w jednostkach organizacyjnych posiadających materiały jądrowe, źródła promieniowania jonizującego, odpady promieniotwórcze i wypalone paliwo jądrowe;
- 3) wydawanie nakazów i zakazów mających na celu usunięcie zagrożenia bezpieczeństwa jądrowego lub ochrony radiologicznej zapewniające usunięcie wymienionych niebezpieczeństw (zob. art. 68 ust. 1 ustawy Prawo atomowe).

Kolejną ważną zmianą wprowadzoną przez Ustawę jest zmiana organu określonego w art. 124 ustawy Prawo atomowe nakładającego administracyjną karę pieniężną, o której mowa w art. 123 wyżej wymienionej ustawy, będąca konsekwencją zniesienia funkcji Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego. W poprzednim stanie prawnym kary te nakładał wspomniany organ w formie decyzji administracyjnej, jeżeli organem właściwym do wydania zezwolenia albo przyjęcia zgłoszenia był Prezes PAA. Obecnie przedmiotowa kompetencja zostanie powierzona Prezesowi PAA.

Należy zwrócić uwagę, że zmiany wprowadzone Ustawą w sposób znaczący zwiększają odpowiedzialność inspektorów dozoru jądrowego, gdyż od wejścia Ustawy w życie, tj. od dnia 24 maja 2014 r., stali się oni organem I instancji w postępowaniach wskazanych m.in. w art. 64 ust. 4, art. 65a ustawy Prawo atomowe.

Dopełnienie regulacji ustawowej systemu organów dozoru jądrowego stanowi rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie inspektorów dozoru jądrowego (Dz. U. poz. 1014) będące aktem wykonawczym do ustawy Prawo atomowe. W § 4, § 6, § 9 ust. 4 oraz § 11 ust. 1 tego aktu prawnego znajdują się odniesienia do Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego. Zgodnie z § 4 wyżej wymienionego rozporządzenia Główny Inspektor Dozoru Jądrowego, w celu zapewnienia prawidłowego przebiegu praktyki, wyznacza kandydatowi na inspektora opiekuna spośród inspektorów dozoru jądrowego. Natomiast § 6 stanowi, że Główny Inspektor Dozoru Jądrowego opracowuje program praktyki wymienionego kandydata oraz stwierdza odbycie praktyki poprzez dokonanie wpisu w dzienniku praktyki. Z kolei stosownie do § 9 ust. 4 Główny Inspektor Dozoru Jądrowego ustala termin i miejsce egzaminu oraz co najmniej na miesiąc przed wyznaczonym terminem zawiadamia kandydata o terminie i miejscu egzaminu. Wreszcie zgodnie z § 11 ust. 1 kandydatowi, który uzyskał pozytywny wynik egzaminu, Główny Inspektor Dozoru Jądrowego wydaje zaświadczenie o zdaniu egzaminu kwalifikacyjnego na stanowisko inspektora dozoru jądrowego.

Pomimo to, że wyżej wymienione rozporządzenie nadal obowiązuje, to w związku ze zmianami wprowadzonymi Ustawą nie jest możliwe wykonywanie jego przepisów. Obecnie trwają prace mające na celu dostosowanie tego aktu prawnego do aktualnego brzmienia ustawy Prawo atomowe.

4. System organów dozoru jądrowego po nowelizacji

Zasadnicza zmiana systemu organów dozoru jądrowego wskutek nowelizacji prawa atomowego została dokonana na podstawie art. 7 ust. 1 Ustawy. Zgodnie z tym przepisem z dniem wejścia w życie aktu prawnego, w którym jest zawarty, zniesiony został organ dozoru jądrowego – Główny Inspektor Dozoru Jądrowego. Stosownie do ust. 2 wyżej wymienionego artykułu wygasł również stosunek powołania Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego, co nastąpiło z dniem wejścia w życie Ustawy. W ramach nowelizacji uregulowano również kwestie intertemporalne związane z wyeliminowaniem tej funkcji z obrotu prawnego. W tym zakresie przewidziano (w art. 7 ust. 3 Ustawy), że postępowania prowadzone przez Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego wszczęte i niezakończone

przed dniem wejścia w życie Ustawy zostaną przejęte i będą kontynuowane przez Prezesa PAA.

Przesłanki wprowadzenia tych zmian zostały przedstawione w uzasadnieniu do projektu Ustawy. W tym zakresie wyjaśniono, że wobec wyłączenia z zakresu działalności Prezesa PAA zadań niedozorowych zbędne stało się utrzymywanie wydzielonego organu Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego, wspomagającego Prezesa PAA w zakresie zadań dozorowych. Ponadto, zwrócono uwagę, że w istniejącym stanie prawnym część zadań Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego powiela zadania Prezesa PAA. W stanie prawnym założono przejęcie przez Prezesa PAA uprawnień i obowiązków Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego i wprowadzenie dwustopniowego systemu organów dozoru jądrowego składającego się jedynie z inspektorów dozoru jądrowego oraz Prezesa PAA, zamiast dotychczasowego trójstopniowego systemu składającego się z inspektorów dozoru jądrowego, Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego i Prezesa PAA. Nie ulega wątpliwości, że taka modyfikacja pozwoli na stworzenie bardziej przejrzystej i uporządkowanej struktury organów dozoru jądrowego. Nie bez znaczenia jest również fakt, że „uporządkowanie” kwestii związanej z liczbą stopni wspomnianego systemu dozoru jądrowego pozwoli na takie zorganizowanie systemu organów dozoru jądrowego, w którego ramach łatwiej będzie zidentyfikować organ wyższego stopnia w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 14 czerwca 1960 r. Kodeks postępowania administracyjnego (Dz. U. z 2013 r., poz. 267, z późn. zm.).

W rezultacie analizy wprowadzonych zmian należy stwierdzić, że mają one nie tylko charakter porządkowy, lecz również służą ujednoczeniu systemu prawa, sprawiając, że w tym zakresie jest on bardziej przejrzysty i czytelny dla adresatów norm prawnych składających się na regulację obrotu prawnego w przedmiotowym obszarze. Pozwalają one na lepsze wdrożenie zasady dwuinstancyjności poprzez sformułowanie przepisów ułatwiających zidentyfikowanie organu sprawującego kontrolę i nadzór nad działalnością inspektorów dozoru jądrowego. Jest to o tyle istotne, że zasada dwuinstancyjności jest zasadą konstytucyjną, wyrażoną w art. 78 Konstytucji RP, zatem nie ulega wątpliwości, że zapewnienie właściwego jej funkcjonowania stanowi o sprawności i jakości funkcjonowania krajowego porządku prawnego. W tym kontekście należy wspomnieć, że zgodnie z wyżej wymienionym przepisem konstytucji każda ze stron ma prawo do zaskarżenia orzeczeń i decyzji wydanych w pierwszej instancji, a wyjątki od tej zasady oraz tryb zaskarżania muszą być ustanowione ustawą. Możliwość skorzystania z uprawnień gwarantowanych tą zasadą uwarunkowana jest świadomością prawną strony postępowania administracyjnego, która w tym zakresie zdeterminowana jest nie tylko przez jej własne kompetencje, lecz również wspomnianą przejrzystość systemu prawa. Wprawdzie w wielu sytuacjach ogólne rozwiązania prawa administracyjnego procesowego chro-

nią interesy stron, nawet nieznaną prawa. Na przykład w kontekście zaskarżania rozstrzygnięć inspektorów dozoru jądrowego, które składa się za pośrednictwem organu I instancji, należy zauważyć, że ich złożenie do niewłaściwego organu spowoduje przekazanie sprawy według właściwości bez uszczerbku dla dochowania terminów przez stronę, ale kwestia przejrzystości prawa w tym zakresie zyska na znaczeniu wówczas, gdy zajdzie konieczność zareagowania na beczynność czy przewlekłe działanie wyżej wymienionego organu. W takiej bowiem sytuacji strona musi wiedzieć, do jakiego organu powinna skierować stosowne zażalenie. W przeciwnym razie sprawa będzie trwała jeszcze dłużej, ponieważ złożenie zażalenia do niewłaściwego organu spowoduje dalsze wydłużenie postępowania. Tylko mając świadomość tych uwarunkowań względem danego podmiotu może być zrealizowany podstawowy cel zasady dwuinstancyjności, jakim jest „zagwarantowanie jednostce, której statusu prawnego dana sprawa dotyczy (tj. stronie), prawa do zaskarżenia orzeczeń i decyzji do organu wyższej instancji w celu sprawdzenia (skontrolowania) prawidłowości orzeczenia” [7], a w tym kontekście również prawidłowości działania. Mimo, że w literaturze prawniczej podnosi się, że zasada ta jest realizowana w postępowaniu administracyjnym nie tylko w art. 15 KPA, zgodnie z którym „postępowanie administracyjne jest dwuinstancyjne”, ale również – i przede wszystkim – odzwierciedlona jest w przepisach dotyczących odwołań od decyzji i zażaleń na postanowienia [6, s. 22; 2, s. 100 i cytowana tam literatura], to nie ulega wątpliwości, że jej prawidłowe funkcjonowanie zależy również od możliwości szybkiego zidentyfikowania organu uprawnionego do rozpoznania zażalenia na beczynność organu administracji.

5. Podsumowanie

Z perspektywy nowo wprowadzonych rozwiązań wydaje się, że funkcjonowanie w poprzednim stanie prawnym aż trzech kategorii organów dozoru jądrowego nie było bezwzględnie konieczne. Jednakże przesłanką uzasadniającą takie rozbudowanie systemu był fakt wykonywania przez Prezesa PAA w tamtym okresie większej niż obecnie liczby zadań. Przy czym jednym z nich był dozór nad bezpieczeństwem jądrowym kraju, którego właściwe wykonywanie miało zostać ułatwione poprzez powołanie Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego. Z chwilą przekazania wielu zadań Prezesa PAA Ministrowi Gospodarki i objęcia w ich miejsce funkcji dozorowych doszło do nałożenia się kompetencji Prezesa PAA i Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego. Istnienie wspomnianej instytucji w tym stanie prawnym niepotrzebnie komplikowało system i mogło powodować wątpliwości będące udziałem zarówno stron postępowań administracyjnych co do tego, który organ był organem wyższego stopnia, jak i nawet poszczególnych

inspektorów dozoru jądrowego mogących mieć wątpliwości, czy np. w danej sprawie odwołanie od ich rozstrzygnięć powinno zostać przekazane do Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego, czy do Prezesa PAA.

Mimo, że Główny Inspektor Dozoru Jądrowego był organem wyższego stopnia w stosunku do inspektorów dozoru jądrowego, wprowadzona zmiana w praktyce nie zlikwiduje możliwości odwoływania się kierownika jednostki organizacyjnej od nakazów i zakazów wydanych przez organy dozoru jądrowego i nie będzie mieć żadnego wpływu na możliwość przeprowadzenia procedury mającej na celu zmianę lub uchylenie postanowień organów dozoru jądrowego. Zgodnie z uchylonym art. 68 ust. 3 ustawy Prawo atomowe kierownik kontrolowanej jednostki organizacyjnej mógł wystąpić z wnioskiem o uchylenie lub zmianę nakazu lub zakazu, o którym mowa w ust. 1 wyżej wymienionego przepisu, do Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego, jeżeli nakaz lub zakaz został wydany przez inspektora dozoru jądrowego, albo do Prezesa Agencji, jeżeli został on wydany przez Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego. Po likwidacji stanowiska Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego wydawanie nakazów lub zakazów będzie nadzorował tylko Prezes PAA, zatem tylko do niego będą kierowane wnioski o ich uchylenie lub zmianę. Ich weryfikacja, tak jak dotychczas, będzie się od-

bywała w trybie określonym przez przepisy ustawy Kodeks postępowania administracyjnego oraz ustawy o postępowaniu przed sądami administracyjnymi.

Literatura

1. Banaszak B., *Kontrola*, [w:] *Encyklopedia prawa*, pod red. U. Kaliny-Prasznic, Warszawa 2007.
2. Glibowski K., [w:] *Kodeks postępowania administracyjnego*, pod red. M. Wierzbowskiego i A. Wiktorowskiej, Warszawa 2013.
3. Jurkowski M., *Wspomnienie o Wacławie Dąbku*, Biuletyn BJIOR 2014, nr 1(95), s. 4–11.
4. Olejniczak-Szałowska E., [w:] Z. Duniewska, B. Jaworska-Dębska, R. Michalska-Badziak, E. Olejniczak-Szałowska, M. Stahl, *Prawo administracyjne. Pojęcia, instytucje, zasady w teorii i orzecznictwie*, pod red. M. Stahl, Warszawa 2004.
5. Ura E., Ura E., *Prawo administracyjne*, Warszawa 2008.
6. Wiktorowska A., [w:] M. Szubiakowski, A. Wiktorowska, M. Wierzbowski, *Postępowanie administracyjne – ogólne, podatkowe, egzekucyjne i przed sądami administracyjnymi*, pod red. M. Wierzbowskiego, Warszawa 2008.
7. Wyrok Trybunału Konstytucyjnego z dnia 15 maja 2000 r., SK 29/99, OTK 200, Nr 4, poz. 110.

Notka o autorze

Mgr **Marek Gąszczyk** – absolwent Uniwersytetu Warszawskiego, specjalista w Wydziale Kontroli Orzecznictwa i Zastępstwa Procesowego Departamentu Prawnego Państwowej Agencji Atomistyki (e-mail: gaszczyk@paa.gov.pl).

Podstawy bezpieczeństwa obiektów energetyki jądrowej. Część II

Władysław Kiełbasa
Państwowa Agencja Atomistyki

1. Podstawowe wymagania dla rozwiązań projektowych elektrowni jądrowych

1.1. Funkcje bezpieczeństwa, klasyfikacja i kategoryzacja bezpieczeństwa konstrukcji, systemów i urządzeń elektrowni jądrowej

Zapewnienie bezpieczeństwa elektrowni jądrowej (EJ) zawsze wymaga wypełniania następujących fundamentalnych funkcji bezpieczeństwa:

- I. Sterowanie reaktywnością.
- II. Odprowadzanie ciepła z rdzenia reaktora.
- III. Zatrzymanie substancji promieniotwórczych, ograniczanie i kontrolowanie ich uwolnień do środowiska w stanach normalnej eksploatacji oraz ograniczanie uwolnień podczas awarii.

W celu zapewnienia wypełniania tych funkcji bezpieczeństwa w rozwiązaniach projektowych EJ wykorzystuje się przede wszystkim (w stopniu praktycznie możliwym) **wbudowane (inherentne) cechy bezpieczeństwa**. Tam, gdzie do zapewnienia wypełniania funkcji bezpieczeństwa nie jest możliwe wykorzystanie wbudowanych cech bezpieczeństwa, priorytetem jest stosowanie systemów i urządzeń niewymagających zasilania elektrycznego ze źródeł zewnętrznych albo takich, które w razie utraty zasilania będą przyjmować stan preferowany z punktu widzenia bezpieczeństwa („bezpieczny po uszkodzeniu”).

Konstrukcje, systemy i urządzenia EJ dzieli się na klasy i kategorie bezpieczeństwa – w zależności od ważności wypełnianych przez nie funkcji bezpieczeństwa i odpowiednio różnicuje się także stawiane im wymagania techniczne (zależnie od kategorii bezpieczeństwa jądrowego).

1.2. Podstawowe problemy bezpieczeństwa reaktorów wodnych

1. Awarie tzw. reaktywnościowe (tj. związane z niekontrolowanym wzrostem mocy reaktora) nie stwarzają

istotnego zagrożenia – ze względu na wbudowaną cechę stabilności i samoregulacji, którą charakteryzują się te reaktory (opisaną poniżej w punkcie 1.2).

2. Kluczowe problemy bezpieczeństwa reaktorów wodnych wiążą się z:
 - a) zapewnieniem niezawodnego odprowadzenia ciepła powyłączeniowego z rdzenia – tym samym zapobiegając lub ograniczając uszkodzenie paliwa (chłodzenie w stanach bez rozszczelnienia obiegu chłodzenia reaktora oraz w razie powstania rozszczelnienia – awaryjne chłodzenie rdzenia);
 - b) ograniczeniem niekontrolowanych uwolnień do środowiska substancji promieniotwórczych w stanach awaryjnych (utrzymanie funkcji obudowy bezpieczeństwa: zachowanie jej integralności i szczelności oraz efektywnego usuwania radionuklidów).

1.3. Stabilność i samoregulacja reaktora

Reaktor i związane z nim systemy nie mogą mieć takich wbudowanych cech, które mogłyby spowodować znaczny wzrost reaktywności* podczas zakłóceń eksploatacyjnych lub w stanach awaryjnych, prowadząc tym samym do pogorszenia skutków tych zdarzeń. Konieczne jest zapewnienie stabilności i samoregulacji reaktora, tak aby łączny efekt fizycznych sprzężeń zwrotnych ograniczał wzrost mocy reaktora.

W szczególności rdzeń reaktora i związane z nim systemy chłodzenia oraz sterowania i zabezpieczeń muszą być zaprojektowane tak, aby:

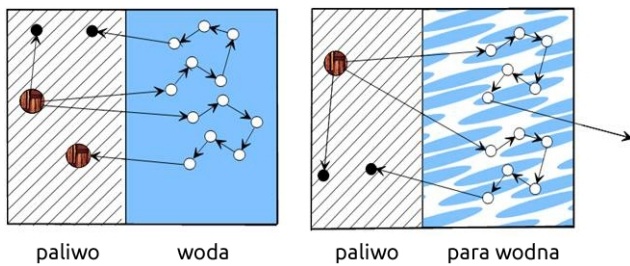
- 1) zapewniona była stabilność mocy reaktora podczas normalnej eksploatacji;
- 2) wahania mocy reaktora mogące prowadzić do przekroczenia określonych granicznych parametrów paliwa jądrowego były wykluczone albo mogły być one niezawodnie, szybko wykryte i stłumione.

* Reaktywność, $\beta = (k_{ef} - 1)/k_{ef}$ – parametr fizyczny określający bilans neutronów w reaktorze (gdzie: k_{ef} – efektywny współczynnik mnożenia).

Wymagania te są łatwe do spełnienia przez reaktory wodne, w których woda jest moderatorem neutronów i chłodziwem, ze względu na inherentnie ujemne reaktownościowe sprzężenie zwrotne od mocy reaktora wynikające z:

- 1) silnego ujemnego sprzężenia zwrotnego od temperatury moderatora;
- 2) ujemnego sprzężenia zwrotnego od temperatury paliwa.

W reaktorach z **moderatorem wodnym** (lekkowodnych – LWR lub ciężkowodnych – PHWR) wzrost temperatury moderatora, a **zwłaszcza** jego **wrzenie**, powoduje zmniejszenie gęstości moderatora – co z kolei skutkuje pogorszeniem spowalniania neutronów i zwiększeniem ich ucieczki poza rdzeń (rys. 1) – w efekcie zmniejsza się liczba rozszczepień i moc reaktora samorzutnie maleje (na skutek zbyt wysokiej energii neutronów i zmniejszenia ich liczby w rdzeniu). Zatem w reaktorach wodnych występuje **zawsze ujemny*** tzw. efekt reaktownościowy temperatury moderatora (w reaktorach wodno-ciśnieniowych wielkość tego efektu zależy od aktualnego stężenia kwasu borowego w chłodziwie reaktora).



Rys. 1. Ilustracja bilansu neutronów (wychwyty, spowalnianie, ucieczka) w reaktorze wodnym przed i po wystąpieniu wrzenia [9].

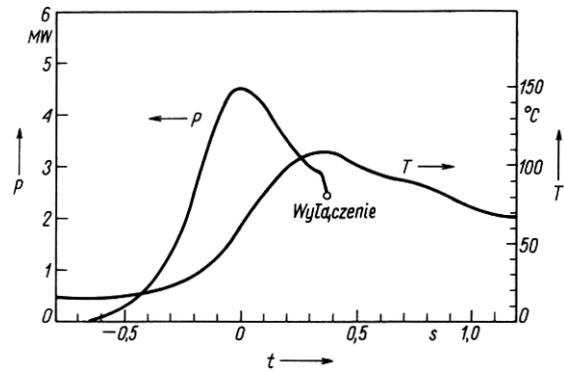
Z kolei wzrost temperatury paliwa skutkuje zwiększeniem tzw. pochłaniania rezonansowego neutronów (efekt Dopplera) i dodatkowo zmniejszeniem ilości rozszczepień na skutek wzrostu średniej energii neutronów** – co w efekcie daje ujemny tzw. efekt reaktownościowy temperatury paliwa, sprzyjający wyhamowaniu łańcuchowej reakcji rozszczepienia.

Ponieważ wzrost mocy reaktora wiąże się zawsze ze wzrostem średnich temperatur zarówno moderatora, jak i paliwa, więc – przy pracy reaktora na mocy – oba powyżej opisane efekty reaktownościowe występują jednocześnie, dając (wypadkowy) tzw. efekt reaktownościowy mocy reaktora – **w reaktorach wodnych jest on zawsze ujemny**, zapewniając tym samym ich inherentną cechę stabilności i samoregulacji.

Zjawisko samoregulacji reaktorów wodnych zostało potwierdzone nie tylko przez symulacje obliczeniowe, ale

także sprawdzone doświadczalnie w USA – na reaktorze doświadczalnym SPERT, w którym przeprowadzono eksperyment polegający na wystrzeleniu z rdzenia pręta regulacyjnego przy wyłączonym systemie zabezpieczeń (rys. 2).

Moc reaktora, a następnie temperatura początkowo wzrosły, lecz po wystąpieniu wrzenia wody moc zaczęła samorzutnie szybko spadać i w efekcie reaktor samoczynnie się wyłączył.



Rys. 2. Zmiany mocy (P) i temperatury (T) reaktora SPERT-1 z okresem 118 ms po skokowym wzroście reaktowności (wystąpienie pręta regulacyjnego) i przy wyłączonym systemie zabezpieczeń [8].

1.4. Zasady projektowania systemów i urządzeń EJ mających istotne znaczenie dla bezpieczeństwa w celu zapewnienia ich niezawodności

Zasady projektowania systemów i urządzeń EJ ważnych dla bezpieczeństwa zapewniają wykonanie przez nie funkcji bezpieczeństwa nawet w razie ich uszkodzenia lub nieprawidłowego działania. Uzyskuje się to, stosując rozwiązania takie jak: **zwielokrotnienie, separacja fizyczna i niezależność funkcjonalna oraz różnorodność rozwiązań**.

Najważniejsze systemy, konieczne do doprowadzenia obiektu do stanu bezpiecznego wyłączenia i utrzymania go w tym stanie, muszą być zdolne do wypełnienia swoich funkcji nawet w razie niesprawności jakiegokolwiek elementu danego systemu i nawet wówczas, gdy jakikolwiek inny element tego samego systemu lub systemu wspomagającego, albo pomocniczego koniecznego do jego pracy, jest wyłączony z eksploatacji w celu przeprowadzenia wymaganych zabiegów utrzymania lub do remontu.

1.4.1. Kryterium pojedynczego uszkodzenia

Kryterium pojedynczego uszkodzenia „n-1” (ang. *single failure criterion*) stanowi, że **pojedyncze uszkodzenie jakiegokolwiek czynnego lub biernego elementu nie może spowodować utraty możliwości wypełnienia przez system jego funkcji bezpieczeństwa**. Przez

* W przeciwieństwie do reaktorów typu RBMK z moderatorem grafitowym chłodzonych wodą (takich, jakie zainstalowane były m.in. w Czarnobylu), które można było doprowadzić do takiego stanu, że wrzenie wody w kanałach reaktora powodowało duży i niekontrolowany wzrost reaktowności.

** Ponieważ tzw. przekrój czynny na rozszczepienie będący miarą prawdopodobieństwa rozszczepienia jądra izotopu rozszczepialnego jest odwrotnie proporcjonalny do prędkości neutronu ($\sigma_f \sim 1/v$).

pojedyncze uszkodzenie rozumie się tu uszkodzenie, które powoduje utratę zdolności danego urządzenia do wykonywania przewidzianej (przewidzianych) dla niego w projekcie funkcji bezpieczeństwa oraz wszelkie uszkodzenia wtórne będące jego skutkiem.

Jest to podstawowe kryterium stosowane przy projektowaniu systemów EJ mających istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa (a szczególnie systemów bezpieczeństwa) i musi być ono zastosowane do każdej grupy bezpieczeństwa występującej w projekcie elektrowni. Wykonuje się systematyczne analizy deterministyczne, zakładając kolejno pojedyncze uszkodzenia (lub błędy personelu o analogicznych skutkach), aby zaprojektować EJ tak, że nawet przy najbardziej niekorzystnym wariacie żadne pojedyncze uszkodzenie w systemie nie spowoduje niemożności wypełnienia przez dany system jego funkcji bezpieczeństwa założonej w projekcie.

1.4.2. Zapobieganie uszkodzeniom ze wspólnej przyczyny

Przez uszkodzenie ze wspólnej przyczyny (ang. *common cause failure*) rozumie się **uszkodzenie dwu lub więcej zwielokrotnionych** konstrukcji, systemów lub urządzeń spowodowane pojedynczym określonym zdarzeniem lub przyczyną. Przykładami tego rodzaju uszkodzeń są: zablokowanie studzienek w obudowie bezpieczeństwa – uniemożliwiający dopływ wody do wszystkich grup systemu awaryjnego chłodzenia rdzenia (przy pracy w trybie recyrkulacji), awaria zasilania elektrycznego wielu systemów mających istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa, mnogie uszkodzenia spowodowane pożarem lub zalaniem.

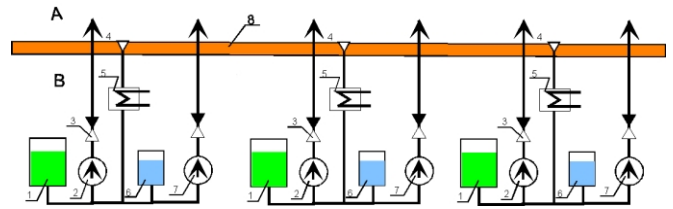
Wymaga się, aby uszkodzenia ze wspólnej przyczyny w systemach bezpieczeństwa miały jedynie bardzo niewielki wpływ na bezpieczeństwo EJ. Analizuje się przy tym możliwości wystąpienia uszkodzeń ze wspólnej przyczyny elementów ważnych dla bezpieczeństwa, aby określić, gdzie należy zastosować zasady **zwielokrotnienia, różnorodności i niezależności** dla uzyskania koniecznego poziomu ich niezawodności.

1.4.3. Zwielokrotnienie (redundancja)

Zwielokrotnienie (redundancja – ang. *redundancy*) to zastosowanie więcej niż minimalnej liczby (identycznych lub różnych) urządzeń lub systemów tak, aby uszkodzenie jakiegokolwiek z nich nie skutkowało niewypełnieniem wymaganej funkcji bezpieczeństwa.

Poniższy przykład (rys. 3) ilustruje zastosowanie zasady zwielokrotnienia w rozwiązaniach projektowych czynnego systemu awaryjnego chłodzenia rdzenia (SACR) rosyjskich reaktorów wodno-ciśnieniowych WWER.

Zastosowano tu 3 jednakowe grupy (podsystemy), z których każda składa się ze zbiorników („1” i „6”), pomp (wysokiego ciśnienia – „2” i niskiego ciśnienia – „7”), za-



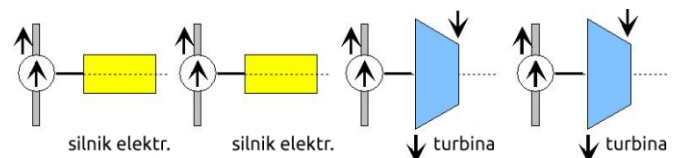
Rys. 3. Zwielokrotnienie: tu zastosowano 3 równoległe podsystemy czynnego systemu awaryjnego chłodzenia rdzenia reaktora (SACR) WWER [8; 9].

worów „3” oraz wymienników „5”. Do zapewnienia bezpieczeństwa EJ (uzupełniania chłodziwa, zalania i chłodzenia rdzenia) wystarczy poprawna praca jedynie jednego podsystemu, zatem czynny SACR reaktorów WWER ma redundancję „3x”^{*}.

1.4.4. Różnorodność (dywersyfikacja)

Różnorodność (dywersyfikacja – ang. *diversity*) oznacza wypełnianie funkcji przez dwa lub więcej urządzeń lub systemów wyraźnie różniących się między sobą (np. technologicznie, sposobem uruchamiania lub zasilaniem w energię), tak by jedna przyczyna nie mogła spowodować jednocześnie utraty funkcji wszystkich równoległych i rezerwujących się wzajemnie podsystemów.

Przykładowe zastosowanie zasady różnorodności ilustruje poniższy rysunek (rys. 4), na którym pokazano zróżnicowanie sposobu napędu pomp awaryjnego systemu wody zasilającej wytwornice pary: dwie pompy napędzane są silnikami elektrycznymi, a dwie inne turbinami parowymi.



Rys. 4. Różnorodność: tu napędów pomp awaryjnego systemu wody zasilającej wytwornice pary (2 silniki elektryczne, 2 turbiny parowe) [9].

1.4.5. Separacja przestrzenna i/lub fizyczna

Przez separację przestrzenną i/lub fizyczną rozumie się zastosowanie separacji geometrycznej (przez odległość, położenie itp.) lub za pomocą odpowiednich barier fizycznych, albo przez połączenie obu tych metod. Stosowanie separacji jest szczególnie ważne dla zabezpieczenia się przed uszkodzeniami ze wspólnej przyczyny związanych z zagrożeniami, takimi jak pożary i zalania, działaniem odłamków powstałych w związku z uszkodzeniami urządzeń pod ciśnieniem lub zdarzeniami zewnętrznymi, jak: uderzenie samolotu lub eksplozja.

1.4.6. Niezależność funkcjonalna

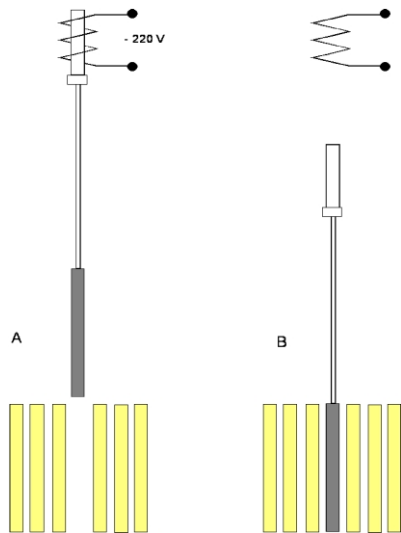
Niezależność funkcjonalna – dwa urządzenia lub systemy uważa się za niezależne w odniesieniu do określonego zda-

^{*} W reaktorach wodno-ciśnieniowych konstrukcji zachodniej (PWR) stosuje się zwykle układy poczwórne – redundancja „4x”.

zenia, gdy jakiegokolwiek zdarzenie wewnętrzne nie może spowodować jednoczesnego uszkodzenia obu tych urządzeń lub systemów. Wymóg zapewnienia niezależności funkcjonalnej stosuje się przy projektowaniu systemów normalnej eksploatacji i systemów bezpieczeństwa, w szczególności odnosi się on do funkcjonalnej niezależności systemu zabezpieczeń reaktora i systemu sterowania EJ.

1.4.7. Przejście w stan bezpieczny po uszkodzeniu

„Stan bezpieczny po uszkodzeniu” (ang. *fail-safe*) to wymóg zaprojektowania EJ w taki sposób, aby elementy istotne dla zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego w razie uszkodzenia przechodziły samoczynnie w stan bezpieczny. Przykłady zastosowania tej zasady to: zrzut prętów bezpieczeństwa do rdzenia reaktora pod działaniem grawitacji po zaniku zasilania elektrycznego napędów (rys. 5) lub samoczynne zamknięcie/otwarcie zaworu (w zależności od tego, który stan jest stanem preferowanym z punktu widzenia bezpieczeństwa) pod działaniem sprężyn lub sprężonego czynnika.



Rys. 5. Zastosowanie zasady „stan bezpieczny po uszkodzeniu” z wykorzystaniem grawitacji: samoczynny zrzut prętów bezpieczeństwa do rdzenia po zaniku zasilania elektrycznego [9].

1.4.8. Stosowanie rozwiązań biernych

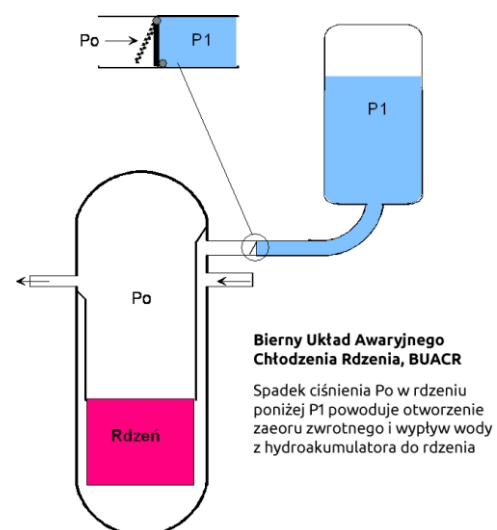
Niezawodność systemów mających istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa EJ – w tym zwłaszcza systemów bezpieczeństwa – można znacznie zwiększyć przez zastosowanie rozwiązań biernych, tzn. urządzeń działających samoczynnie – bez dostarczania energii i sterowania z zewnątrz – wykorzystujących siły i zjawiska naturalne, takie jak: grawitacja, konwekcja naturalna, parowanie/skraplanie, energia sprężyn lub sprężonych gazów. Rozwiązania bierne są dość często stosowane w projektach nowoczesnych EJ z reaktorami generacji III i III+.

Przykłady zastosowania rozwiązań biernych zostały przedstawione na poniższych rysunkach:

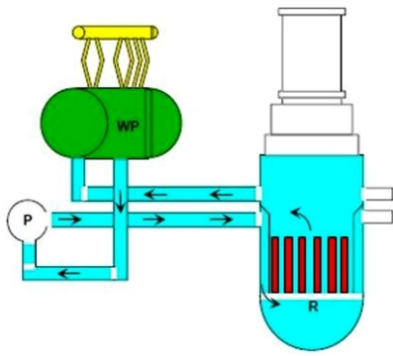
- Na rysunku 5 pokazano samoczynny zrzut – pod działaniem siły grawitacji – do rdzenia reaktora prętów bez-

pieczeństwa, po zaniku zasilania elektrycznego ich napędów (jest tu jednocześnie zrealizowana zasada „stan bezpieczny po uszkodzeniu”);

- Na rysunku 6 przedstawiono zasadę działania podsystemów biernego systemu awaryjnego chłodzenia rdzenia (SACR): woda borowana w zbiornikach tego systemu (hydroakumulatorach) znajduje się pod ciśnieniem poduszki sprężonego gazu (azotu), a każdy ze zbiorników (razem jest ich 4) połączony jest z reaktorem rurociągiem za pośrednictwem kłapy zwrotnej, która zwykle jest w położeniu zamkniętym – gdyż ciśnienie w reaktorze jest znacznie wyższe niż w zbiorniku biernego SACR; w razie spadku ciśnienia w reaktorze poniżej ciśnienia w zbiornikach biernego SACR (co wystąpiłoby przy dużym rozszczelnieniu obiegu chłodzenia reaktora i ucieczce chłodziwa) kłapa zwrotna pod wpływem różnicy ciśnień samoczynnie otwiera się i woda z tych zbiorników dopływa do reaktora, uzupełniając zasób chłodziwa i zalewając rdzeń.
- Na rysunku 7 pokazano wykorzystanie konwekcji naturalnej do odprowadzania ciepła powyłączeniowego z rdzenia reaktora (gdy nie występuje rozszczelnienie obiegu chłodzenia reaktora). Wykorzystanie konwekcji naturalnej wymaga odpowiedniego zaprojektowania systemu – przede wszystkim właściwej jego geometrii (zapewnienie odpowiedniej różnicy poziomów pomiędzy miejscem doprowadzania i odprowadzania ciepła, zminimalizowanie strat hydraulicznych, unikanie powstawania w obiegu „korków parowo-gazowych”).
- Natomiast rysunek 8 ilustruje zasadę całkowicie pasywnego chłodzenia obudowy bezpieczeństwa reaktora AP 1000, gdzie wykorzystano: grawitację, konwekcję naturalną oraz zjawiska parowania wody i skraplania pary wodnej. Ciepło powyłączeniowe odbierane jest od reaktora poprzez parowanie wody i transportowane do metalowej powierzchni wewnętrznej obudowy bezpieczeństwa przez konwekcję naturalną mieszaniny



Rys. 6. Wykorzystanie energii sprężonego gazu i zastosowanie kłap zwrotnych w BUACR [9].



Rys. 7. Wykorzystanie konwekcji naturalnej w obiegu chłodzenia reaktora (WWER) – odbiór ciepła powyłączeniowego [8].

parowo-gazowej, jaka rozwija się wewnątrz tej obudowy. Para wodna skrapla się na ścianach obudowy i kondensat spływa z powrotem do studni reaktora. Stalowa obudowa bezpieczeństwa chłodzona jest natomiast w konwekcji naturalnej powietrzem dopływającym z zewnątrz. Dodatkowo odbiór ciepła zwiększany jest przez odparowanie warstewki wody doprowadzanej grawitacyjnie ze zbiornika umieszczonego na szczycie obudowy zewnętrznej (żelbetowej). Podgrzane powietrze z oparami wypływa kominem u szczytu obudowy, transportując tym samym ciepło powyłączeniowe do atmosfery.

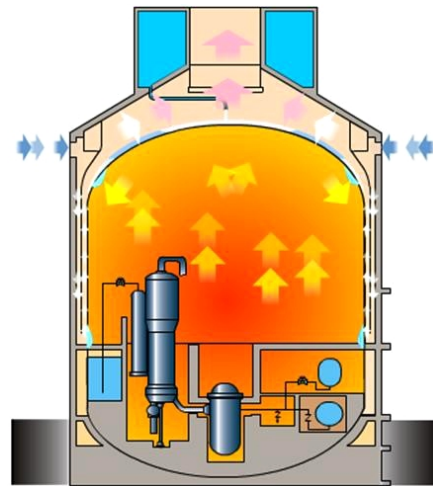
2. Systemy bezpieczeństwa

Aby zapobiec awariom i/lub ograniczyć ich skutki (w razie wystąpienia awarii), elektrownie jądrowe wyposaża się w **systemy bezpieczeństwa** zapewniające wykonanie **fundamentalnych funkcji bezpieczeństwa**, tj.: wyłączenie reaktora i utrzymanie go w stanie podkrytycznym, odprowadzenie ciepła powyłączeniowego oraz utrzymanie substancji promieniotwórczych w obrębie EJ.

2.1. Systemy awaryjnego chłodzenia rdzenia (SACR)

System awaryjnego chłodzenia rdzenia (SACR) przeznaczony jest do uzupełniania chłodziwa reaktora na wypadek powstania rozszczelnienia obiegu chłodzenia reaktora skutkującego ucieczką chłodziwa (awaria taka określana jest angielskim skrótem *LOCA* – *Loss Of Coolant Accident*). SACR projektuje się na rozszczelnienia obiegu chłodzenia reaktora o różnej wielkości: od rozerwania rurki impulsowej o średnicy kilkunastu mm (*Small-Break LOCA* – *SB LOCA*), aż po nagłe rozerwanie rurociągu o maksymalnej średnicy z obustronnym wypływem chłodziwa* (*Large-Break LOCA* – *LB LOCA*) włącznie.

W razie rozerwania dużego rurociągu obiegu chłodzenia chłodziwo reaktora szybko wypływa, ciśnienie w obiegu gwałtownie spada i rdzeń reaktora się odkrywa. Gdyby elementy paliwowe pozostały bez chłodzenia, to tempe-



Rys. 8. Wykorzystanie grawitacji, konwekcji naturalnej i parowania/skrapiania – pasywne chłodzenie obudowy bezpieczeństwa reaktora AP1000 (https://www.ukap1000application.com/psrs_pcs.aspx).

ratura paliwa jądrowego wzrosłaby i uległoby ono stopieniu. Dlatego, po wyłączeniu reaktora, zadaniem SACR jest wtrysnięcie do reaktora wody chłodzącej tak, by rdzeń został zalany wodą. Woda w zbiornikach SACR zawiera kwas borowy (H_3BO_3)**, aby zapewnić utrzymanie podkrytyczności reaktora i uniknąć ew. samorzutnego zainicjowania reakcji rozszczepienia. Po zalaniu rdzenia reaktora i ustabilizowania parametrów SACR musi następnie zapewnić długookresowe odprowadzanie ciepła powyłączeniowego (pracując w trybie recyrkulacji – tj. podając, po schłodzeniu w wymienniku ciepła, ponownie do obiegu chłodzenia reaktora wodę gromadzącą się w studzienkach ściekowych obudowy bezpieczeństwa).

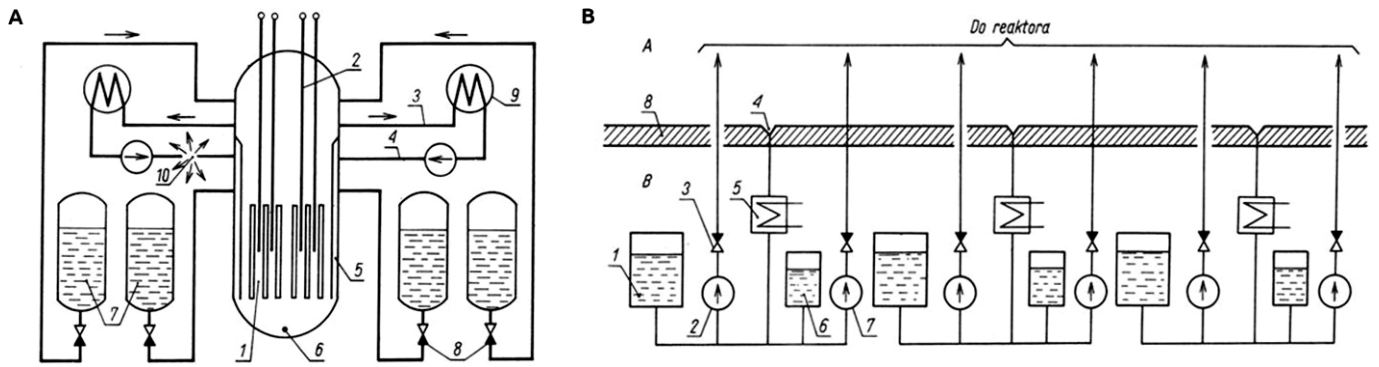
Obecnie pracujące reaktory (II generacji) oraz reaktory III generacji o tzw. ewolucyjnych rozwiązaniach standardowo wyposażone są w czynne i bierne systemy awaryjnego chłodzenia rdzenia (SACR). Systemy czynne zawierają trzy lub cztery równoległe podsystemy ze zbiornikami chłodziwa, pompami i zaworami, zaprojektowane tak, by tylko jeden z kilku równoległe pracujących podsystemów wystarczał do zalania rdzenia wodą i skutecznego chłodzenia. Obok nich stosowane są systemy bierne, a więc takie, które mogą pracować bez doprowadzenia energii z zewnątrz. W innowacyjnych rozwiązaniach reaktorów generacji III+ – jak np. reaktor wodno-ciśnieniowy AP 1000 (firmy Westinghouse) – stosuje się wyłącznie całkowicie bierne SACR.

Na rysunku 9 pokazane są schematy systemów awaryjnego chłodzenia rdzenia reaktora wodno-ciśnieniowego (WWER starszych typów): biernego i czynnego (oznaczonych na tym rysunku odpowiednio jako bierny i aktywny system UACR).

- Bierny SACR (rys. 9A) składa się z 2 grup – przy czym do zalania rdzenia wystarczające jest poprawne działanie jednej grupy (redundancja: „x2”); każda grupa

* W połączeniu z jednoczesną utratą zasilania elektrycznego prądem przemiennym z sieci zewnętrznej.

** Bor, a konkretnie izotop ^{10}B , silnie pochłania neutrony.



Rys. 9. Schematy systemów awaryjnego chłodzenia rdzenia (WVER starszych typów) [8; zmodyf.].

A. Schemat biernego systemu UACR; 1 – rdzeń, 2 – pręty bezpieczeństwa, 3 – rurociąg gorący obiegu pierwotnego, 4 – rurociąg zimny obiegu pierwotnego, 5 – szczelina opadowa, 6 – dolna komora mieszania, 7 – akumulator wody UACR, 8 – zawór zwrotny, 9 – wytwornica pary, 10 – miejsce rozzerwania rurociągu obiegu pierwotnego.

B. Część aktywna układu awaryjnego chłodzenia rdzenia; A – obszar wewnątrz obudowy bezpieczeństwa, B – obszar poza obudową bezpieczeństwa, 1 – zbiornik UACR, 2 – pompa niskociśnieniowa UACR, 3 – zawór zwrotny, 4 – studzienka ściekowa, 5 – wymiennik ciepła, 6 – zbiornik UACR, 7 – pompa wysokociśnieniowa UACR, 8 – ściana obudowy bezpieczeństwa.

biernego SACR składa się z 2 hydroakumulatorów („7”) z poduszką gazową (sprężony azot) połączonych z reaktorem rurociągami z kłapami zwrotnymi („8”), działają one w początkowej fazie zalewania rdzenia (podając wodę pod i nad rdzeń reaktora).

- Czynny SACR (rys. 9B) składa się z 3 lub 4 podsystemów – przy czym do zalania rdzenia i chłodzenia reaktora po awarii wystarczy poprawna praca tylko jednego podsystemu (redundancja: „x3” lub „x4”); każdy z czynnych podsystemów SACR zawiera:

- część wysokociśnieniową, która działa przy małych rozszczelnieniach obiegu chłodzenia reaktora (zbiornik – „6”, pompa – „7”);

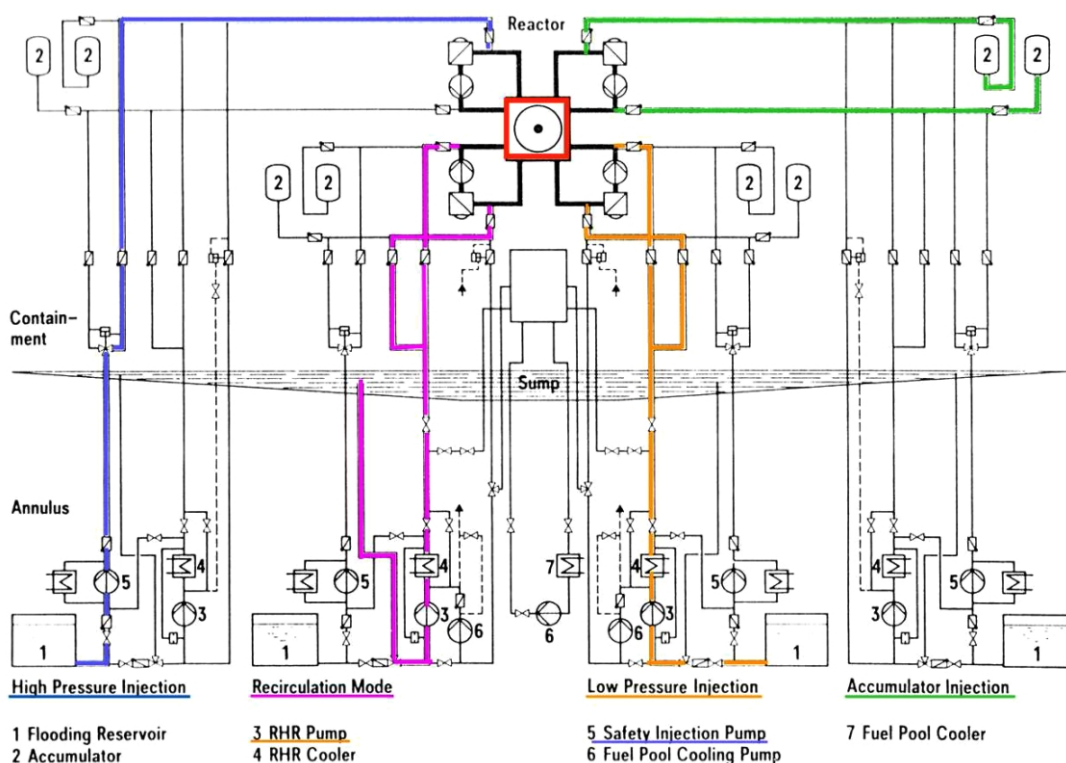
- część niskociśnieniową (zbiornik – „1”, pompa – „2”, zawór zwrotny – „3”, wymiennik ciepła – „5”).

Przy tym każdy z czynnych podsystemów SACR zasilany jest z oddzielnego awaryjnego generatora dieslowskiego.

Na rysunku 10 pokazano konfigurację SACR reaktora wodno-ciśnieniowego (PWR) typu Konvoi (projektu firmy Siemens). Obieg chłodzenia tego reaktora składa się z 4 pętli.

Podobnie jak w przypadku reaktora WVER, bierny SACR reaktora Konvoi składa się z 2 grup, z których każda zawiera 2 hydroakumulatory („2”).

Natomiast czynny SACR tego reaktora składa się z 4 podsystemów, podłączonych do poszczególnych pętli



Rys. 10. Schemat systemu awaryjnego chłodzenia rdzenia reaktora Konvoi (Siemens) [1].

obiegu chłodzenia reaktora, przy czym do zalania rdzenia i chłodzenia reaktora po awarii wystarczy poprawna praca tylko jednego podsystemu (redundancja „x4”). W skład każdego z podsystemów czynnego SACR wchodzi: zbiornik – „1”, pompa wysokiego ciśnienia – „5”, pompa niskiego ciśnienia – „3”, i wymiennik ciepła – „4”.

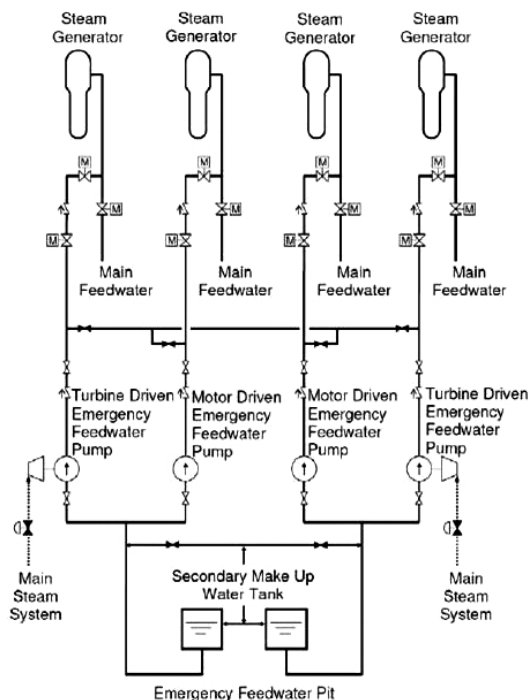
Na schemacie pokazano ponadto 4 różne tryby pracy SACR: wtrysk wysokociśnieniowy (*High Pressure Injection*), wtrysk z hydroakumulatorów (*Accumulator Injection*), wtrysk niskociśnieniowy (*Low Pressure Injection*) oraz tryb recyrkulacji (*Recirculation Mode*).

2.2. Awaryjny system wody zasilającej

Awaryjny system wody zasilającej przeznaczony jest do zasilania w wodę wytwornic pary (reaktorów wodno-ciśnieniowych) w razie awarii podstawowego systemu wody zasilającej lub utraty zasilania elektrycznego potrzeb własnych bloku ze źródeł zewnętrznych. System ten umożliwia w szczególności:

- odprowadzanie ciepła (powyłaczeniowego i zakumulowanego) z obiegu chłodzenia reaktora (poprzez wytwornice pary) po wyłączeniu reaktora, przy wysokim ciśnieniu oraz niedyspozycyjności normalnego systemu wody zasilającej;
- schłodzenie reaktora do stanu umożliwiającego przełączenie na normalny układ odprowadzania ciepła powyłaczeniowego.

Awaryjne systemy wody zasilającej składają się z takiej samej liczby podsystemów, jak czynny SACR, tj. 3 (starsze reaktory WWR) lub 4 (PWR, nowe reaktory WWR). W celu zwiększenia niezawodności systemu dywersyfikuje



Rys. 11. Schemat awaryjnego systemu wody zasilającej (APWR, MHI) [5].

się napędy pomp, stosując oprócz silników elektrycznych turbiny parowe albo bezpośredni napęd silnikiem diesla.

Silniki elektryczne napędzające awaryjne pompy wody zasilającej posiadają niezawodne zasilanie elektryczne z awaryjnych generatorów dieslowskich.

Na rysunku 11 przedstawiono schemat awaryjnego systemu wody zasilającej ulepszonego reaktora wodno-ciśnieniowego (APWR) firmy Mitsubishi Heavy Industries. System ten składa się z 4 podsystemów, z których zasilają jedną wytwornicę pary – z tym, że połączenia pomiędzy nimi umożliwiają zasilanie dowolnych wytwornic z dowolnych pomp. Napędy pomp zostały zdywersyfikowane: dwie zasilane są silnikami elektrycznymi, a dwie turbinami parowymi.

2.3. Obudowa bezpieczeństwa reaktora

Obudowa bezpieczeństwa reaktora stanowi czwartą – ostatnią – barierę ochronną zapobiegającą dużym niekontrolowanym uwolnieniom substancji promieniotwórczych do środowiska w razie awarii. Utrzymanie jej funkcji ma więc kluczowe znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa.

Obudowa bezpieczeństwa mieści w swym wnętrzu reaktor wraz z jego obiegiem chłodzenia (rurociągi, pompy cyrkulacyjne, wytwornice pary) oraz niektóre systemy bezpieczeństwa i systemy pomocnicze reaktora (lub ich części).

System obudowy bezpieczeństwa obejmuje więc konstrukcję obudowy wraz z urządzeniami, jak: rurociągi, przepusty, szybko działająca armatura odcinająca, śluzy, drzwi i przejścia przez ściany obudowy oraz systemy bezpieczeństwa i pomocnicze (lub ich części), jak: systemy zraszania (i chłodzenia powaryjnego), wentylacji i chłodzenia, rekombinacji wodoru, usuwania substancji promieniotwórczych.

Obudowa bezpieczeństwa, wraz z systemami pomocniczymi, spełnia następujące funkcje:

- zatrzymywanie i izolacja od otoczenia substancji promieniotwórczych znajdujących się wewnątrz obudowy;
- redukcja/usuwanie radionuklidów i gazów palnych z atmosfery obudowy oraz długookresowe odprowadzanie ciepła;
- ochrona przed skutkami zdarzeń zewnętrznych, jak: uderzenie samolotu, eksplozja chemiczna, wstrząsy sejsmiczne.

Konstrukcja obudowy:

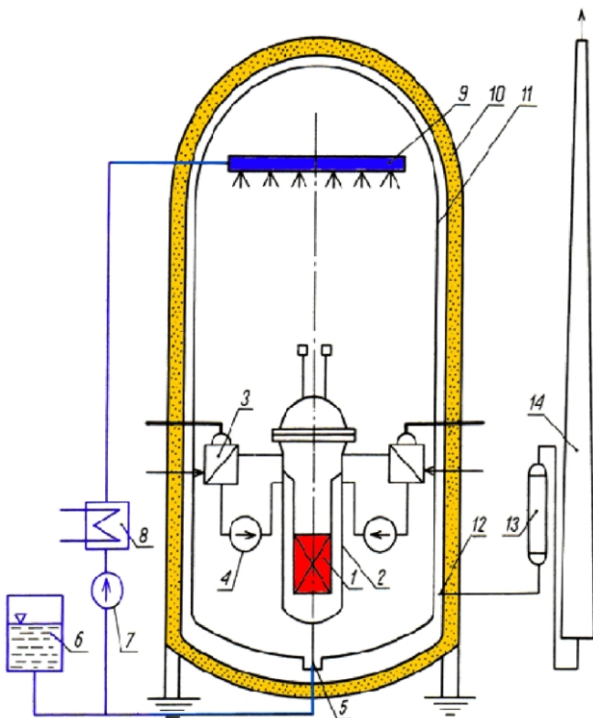
- wytrzymuje parametry awaryjne (max. ciśnienie awaryjne $\sim 0,5$ MPa), zapewniając wymaganą szczelność (max. przecieki: 0,25% objętości obudowy/dobę) oraz obciążenia zewnętrzne;
- może być:
 - jednopowłokowa ze sprężonego żelbetu z wykładziną stalową lub
 - dwupowłokowa: wewnętrzna (obudowa pierwotna) – stalowa lub ze sprężonego żelbetu z wykładziną stalową, zewnętrzna (obudowa wtórna) – ze zbrojonego betonu.

System zraszania obudowy bezpieczeństwa:

- zmniejsza awaryjne ciśnienie wewnątrz obudowy i przyczynia się do odprowadzenia ciepła;
- przyspiesza wymywanie radioaktywnych aerozoli (głównie jodu) z atmosfery wewnątrz obudowy (w tym celu do wody zraszającej obudowę dodaje się hydrazynę – N_2H_4 lub wodorotlenek sodu – $NaOH$);
- zasilany jest z awaryjnego generatora diesla.

Na rysunku 12 schematycznie pokazano przykładowe rozwiązanie obudowy bezpieczeństwa zastosowane w jednej z amerykańskich EJ z reaktorem wodno-ciśnieniowym. Jest to obudowa cylindryczna z kopułą, o konstrukcji dwupowłokowej, mieszcząca wewnątrz: reaktor „2” wraz z obiegiem chłodzenia – rurociągi, pompy cyrkulacyjne „4” i wytwornice pary „3”.

Powłoka wewnętrzna „11” jest stalowa (wytrzymuje ona nadciśnienie awaryjne i zapewnia szczelność), zaś powłoka zewnętrzna „10” jest żelbetowa (stanowi ona osłonę biologiczną i zapewnia ochronę przed zagrożeniami zewnętrznymi, jak uderzenie samolotu lub wybuch chemiczny). W przestrzeni pomiędzy powłokami utrzymywane jest podciśnienie, a gazy z tej przestrzeni są odprowadzane rurociągiem „12” do filtra „13”, skąd po oczyszczeniu (zwłaszcza zatrzymaniu radioaktywnych aerozoli) kierowane są do kominu wentylacyjnego „14”.



Obudowa bezpieczeństwa – czwarta bariera ograniczająca wydostawanie się produktów rozszczepienia z reaktora

Rys. 12. Schemat obudowy bezpieczeństwa z jej systemami pomocniczymi [8; zmodyf.].

1 – rdzeń, 2 – zbiornik reaktora, 3 – wytwornica pary, 4 – pompa, 5 – studzienka ściekowa, 6 – zbiornik układu zraszania, 7 – pompa układu zraszania, 8 – chłodnica, 9 – zespół dysz zraszania, 10 – zewnętrzna powłoka betonowa, 11 – wewnętrzna powłoka stalowa, 12 – odprowadzenie gazów z przestrzeni między powłokami, 13 – filtr, 14 – komin.

Aby zapewnić szybki spadek ciśnienia po awarii związanej z ucieczką chłodziwa reaktora, zastosowano system zraszania ze zbiornikiem wody „6”, pompą „7”, wymiennikiem ciepła „8” i dyszami zraszającymi „9” wewnątrz obudowy. Gdy po dłuższym okresie działania tego systemu wyczerpie się zapas wody w zbiorniku „6”, wówczas zacznie on pobierać wodę ze studzienki ściekowej znajdującej się wewnątrz obudowy bezpieczeństwa. Do zbiornika wody zraszającej obudowę dodaje się roztwór związków chemicznych przyspieszających wymywanie radioaktywnych izotopów jodu z atmosfery obudowy bezpieczeństwa.

Dodatkowo współczesne obudowy bezpieczeństwa wyposażane są w systemy zapobiegające niekontrolowanemu spalaniu lub detonacji wodoru (mieszanie atmosfery obudowy, usuwanie wodoru – pasywne rekombinatory katalityczne, lokalne zapłoniki), a także inne urządzenia zapobiegające uszkodzeniu obudowy w razie zaistnienia ciężkiej awarii związanej ze stopieniem rdzenia reaktora.

2.4. Inne systemy bezpieczeństwa

2.4.1. System zabezpieczeń reaktora

System zabezpieczeń reaktora jest to system monitorujący pracę reaktora, który po wykryciu stanu nieprawidłowego, automatycznie uruchamia działania w celu zapobieżenia powstaniu niebezpiecznej lub potencjalnie niebezpiecznej sytuacji.

Układ logiczny systemu generuje różne sygnały automatycznych zabezpieczeń, inicjując automatyczne zmniejszenie mocy lub awaryjne wyłączenie reaktora – przez wprowadzanie lub zrzut do rdzenia prętów regulacyjnych i bezpieczeństwa.

2.4.2. Systemy kontroli, mieszania i usuwania wodoru z obudowy bezpieczeństwa

Systemy kontroli, mieszania i usuwania wodoru z obudowy bezpieczeństwa zapobiegają niekontrolowanemu spalaniu lub detonacji wodoru w obudowie bezpieczeństwa. Osiąga się to przez: ciągle mieszanie atmosfery obudowy – aby nie dopuścić do wytworzenia się lokalnie warunków dla detonacji wodoru, usuwanie wodoru za pomocą pasywnych rekombinatorów (rys. 13) i/lub inicjowanie kontrolowanego spalania wodoru (za pomocą pasywnych zapłoników) w pomieszczeniach i miejscach, gdzie mogłyby wytworzyć się stężenia tego gazu grożące detonacją.

2.4.3. System wody ruchowej odpowiedzialnych odbiorów

System wody ruchowej odpowiedzialnych odbiorów (ang. *Essential Service Water System*) ma za zadanie odprowadzenie ciepła z systemów i urządzeń EJ mających istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa (w tym: SACR, systemu obudowy bezpieczeństwa i pośrednich obiegów chłodzenia – ang. *Component Cooling Water System*) do tzw. ostatecznego ujścia ciepła – ang. *Ultimate Heat Sink*



Rys. 13. Pasywny autokatalityczny rekombinator wodoru (AREVA) [2].

(akwenu chłodzącego lub atmosfery). System ten składa się z takiej samej liczby podsystemów, jak czynny SACR i awaryjny system wody zasilającej.

W wyniku ocen tzw. stress testów europejskich EJ przeprowadzonych po awarii EJ Fukushima Dai-ichi [6] zalecono dodatkowo stosowanie **alternatywnych** systemów i urządzeń (stacjonarnych, przewoźnych lub przenośnych) w celu zapewnienia odprowadzania ciepła powyłłączeniowego w razie awarii standardowych systemów chłodzenia służących do odprowadzenia ciepła powyłłączeniowego. W tym celu mogą być wykorzystane w szczególności: systemy wody przeciwpożarowej, wody surowej lub wody pitnej, zapasy wody zgromadzone w zbiornikach magazynowych (wody surowej, wody uzdatnionej, pojemności mis chłodni kominowych) oraz motopompy. Ponadto zalecono przygotowanie odpowiednich przyłączy i połączeń dla zastosowania takich alternatywnych systemów i urządzeń do odprowadzania ciepła powyłłączeniowego (włączając chłodzenie obudowy bezpieczeństwa) oraz opracowanie odpowiednich procedur eksploatacyjnych i przeszkolenie personelu EJ (włączając praktyczne ćwiczenia). Należy podkreślić, że wymaganie takie zostało także wprowadzone do polskiego „rozporządzenia projektowego” [7] – ze znacznym wyprzedzeniem przed jego wprowadzeniem do znowelizowanych standardów bezpieczeństwa MAEA [4], przewidzianym przed końcem 2014 r.

2.4.4. Systemy niezawodnego zasilania elektrycznego urządzeń ważnych dla zapewnienia bezpieczeństwa

Systemy niezawodnego zasilania elektrycznego urządzeń ważnych dla bezpieczeństwa obejmują:

- Zasilanie rezerwowe z zewnętrznej sieci elektroenergetycznej dystrybucyjnej (w Polsce: z sieci 110 kV i ew. dodatkowo 15 kV);
- Wewnętrzne źródła zasilania: awaryjne agregaty dieslowskie oraz baterie akumulatorów z falownikami (zasilanie systemów sterowania i zabezpieczeń, oświetlenia awaryjnego, sprzętu łączności i in.).

Podobnie jak w przypadku systemów i urządzeń służących do odprowadzania ciepła powyłłączeniowego do ostatecznego ujścia ciepła, w wyniku ocen „stress testów” europejskich EJ przeprowadzonych po awarii EJ Fukushima Dai-ichi [6] zalecono dodatkowo stosowanie **alternatywnych** systemów i urządzeń (stacjonarnych, przewoźnych lub przenośnych) w celu zapewnienia zasilania elektrycznego (prądem przemiennym i stałym) systemów i urządzeń mających istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa EJ w razie awarii standardowych systemów zasilania elektrycznego. W tym celu mogą być wykorzystane w szczególności następujące źródła i urządzenia: dodatkowe stacjonarne lub przewoźne agregaty dieslowskie, inne przewoźne lub przenośne agregaty prądotwórcze, baterie akumulatorów, prostowniki i falowniki oraz linie zasilające (kablów lub napowietrzne) z elektrowni wodnych, bloków energetycznych z turbinami gazowymi lub klasycznych elektrowni cieplnych oraz ze stabilnych obszarów sieci elektroenergetycznej. Podobnie zalecono też przygotowanie odpowiednich przyłączy i połączeń, opracowanie procedur eksploatacyjnych oraz przeszkolenie personelu EJ. Tego rodzaju wymaganie również zostało wprowadzone do polskiego „rozporządzenia projektowego” [7].

Literatura

1. 1300 MW PWR KONVOI PLANT ISAR 2. Comprehensive Power Description. Siemens AG. Power Generation (KWU).
2. AREVA Passive Autocatalytic Recombiner. Severe Accident-Qualified PAR for Combustible Gas Control. AREVA Inc. One Bethesda Center, 4800 Hampden Lane, Suite 1100, Bethesda, MD 20814.
3. Celiński Z., Strupczewski A., *Podstawy energetyki jądrowej*, WNT, Warszawa 1984.
4. DS462: Revision through Addenda of GSR Part 1, NS-R-3, SSR-2/1, SSR-2/2, GSR Part 4. International Atomic Energy Agency.
5. Mitsubishi US-APWR System Design & Safety Features. Mitsubishi Heavy Industries Ltd. DOE Technical Session. June 29, 2007.
6. Post-Fukushima accident. Peer review report. Stress tests performed on European nuclear power plants. ENSREG – European Nuclear Safety Regulators Group. Stress Test Peer Review Board. 2012-04-25.
7. *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 31 sierpnia 2012 r. w sprawie wymagań bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej jakie ma uwzględniać projekt obiektu jądrowego*, (Dz. U. z 2012 r., poz. 1048).
8. Strupczewski A., *Awarie reaktorowe a bezpieczeństwo energetyki jądrowej*, WNT, Warszawa 1990.
9. Strupczewski A., *Nie bójmy się energetyki jądrowej!* Stowarzyszenie Ekologów na Rzecz Energii Nuklearnej SEREN, Centralny Ośrodek Szkolenia i Wydawnictw SEP, Warszawa 2010.

Notka o autorze

Mgr inż. **Władysław Kielbasa** – inżynier energetyk, ekspert w dziedzinie technologii reaktorowych i bezpieczeństwa energetyki jądrowej, członek Komitetu Standardów Bezpieczeństwa Jądrowego MAEA (*IAEA Nuclear Safety Standards Committee*) (e-mail: Wladyslaw.Kielbasa@paa.gov.pl).

Międzynarodowe bazy zdarzeń dotyczących elektrowni jądrowych – podstawowe informacje

Mateusz Włostowski, Bartłomiej Abramowicz
Państwowa Agencja Atomistyki

Abstrakt

Artykuł zawiera krótkie opisy międzynarodowych baz zdarzeń dotyczących elektrowni jądrowych, do których dostęp ma Państwowa Agencja Atomistyki. Określono, jakiego typu zdarzenia powinny być raportowane oraz przedstawiono cele analizowania i raportowania tych incydentów. W artykule opisano rolę dozoru jądrowego w systemie zbierania doświadczeń ze zdarzeń w elektrowniach jądrowych, a także określono aktualne przepisy krajowe związane z doświadczeniami eksploatacyjnymi.

1. Wstęp

Dostęp do informacji wiążących się z eksploatacją elektrowni jądrowej jest ograniczony. Jednocześnie wiele informacji stanowi cenne źródło dla różnych podmiotów działających na polu energetyki jądrowej. Dodatkowo, kraje sygnatariusze Konwencji Bezpieczeństwa Jądrowego zobowiązują się do wypełnienia m.in. artykułu 19 tejże konwencji, który stanowi: „Każda z Umawiających się Stron podejmie odpowiednie kroki dla zapewnienia, aby: (...)

(vi) zdarzenia ważne dla zapewnienia bezpieczeństwa były na bieżąco zgłaszane przez posiadacza odpowiedniego zezwolenia organowi nadzorującemu;

(vii) ustanowione były takie programy zbierania i analizowania doświadczeń eksploatacyjnych, aby uzyskane wyniki i wyciągane wnioski mogły służyć do podjęcia odpowiednich działań, a istniejące mechanizmy były wykorzystywane do wymiany ważnych doświadczeń z organizacjami międzynarodowymi oraz z innymi instytucjami eksploatującymi i organami nadzorującymi.”

Proces zbierania i wykorzystywania doświadczeń ze zdarzeń mających miejsce w instalacjach jądrowych dotyczy organizacji z całego świata, m.in.: krajowych dozorów jądrowych, organizacji eksploatujących instalacje jądrowe lub planujące taką działalność, firm związanych z sektorem jądrowym (projektanci, inżynierowie kontraktu, producenci i dostawcy), organizacji międzynarodowych, organizacji wsparcia technicznego, instytucji prowadzących badania

naukowe i uczelni technicznych prowadzących studia z kierunkiem energetyka jądrowa.

Analizowanie i raportowanie incydentów w elektrowniach jądrowych ma na celu:

- identyfikację zdarzeń i warunków, które doprowadziły do uszkodzeń;
- określenie zdarzeń, które są istotne dla bezpieczeństwa;
- identyfikację procesów, które są istotne dla bezpieczeństwa;
- ocenę, jak rozpatrywana sytuacja może się dalej rozwijać;
- wyciągnięcie wniosków możliwych do późniejszego zastosowania.
- zapobieganie powtarzaniu się podobnych zdarzeń.

Główną istotą systemu zbierania doświadczeń ze zdarzeń w obiektach jądrowych jest zapewnienie, że zdarzenie związane z bezpieczeństwem jądrowym zostanie wykryte, a do instalacji zostaną wprowadzone zmiany, które zapobiegą powrotowi takich zdarzeń. Analiza stanu elektrowni jądrowej powinna być przeprowadzona dla wszystkich zaobserwowanych niekorzystnych dla bezpieczeństwa warunków, tak aby potrzebne działania zostały podjęte przed pojawieniem się stanów poważnych. System ten zwiększa wiedzę operatora na temat wyposażenia instalacji i jej funkcjonowania, a także dostarcza danych do ilościowej analizy bezpieczeństwa. Zdarzenie może wykazać słabość zarządzania bezpieczeństwem w obiekcie lub słabość poszczególnych systemów instalacji. Szczegółowe dane o zdarzeniu dostarczają dozorowi

jądrowemu informacji o kulturze bezpieczeństwa personelu eksploatującego obiekt jądrowy.

2. System zbierania doświadczeń

W każdym kraju z aktywnym programem energetyki jądrowej system zbierania doświadczeń oparty jest na dwóch filarach. Pierwszy dotyczy poziomu krajowego zbierania, analizowania i rozpowszechniania doświadczeń z zaistniałych incydentów. Drugi to poziom międzynarodowy pozwalający wymieniać doświadczenia zaobserwowane w różnych elektrowniach jądrowych na świecie. Połączenie systemu krajowego z międzynarodowym pozwala zwiększyć zakres źródeł informacji.

Podstawą działania systemu zbierania i wykorzystywania doświadczeń są indywidualne systemy każdego z operatorów elektrowni jądrowej. W celu ciągłego podnoszenia bezpieczeństwa instalacji jądrowych operatorzy wymieniają między sobą, analizują i wprowadzają w życie istotne wnioski z zaistniałych incydentów. Operator elektrowni jądrowej wyodrębnia specjalny zespół, który jest odpowiedzialny za zbieranie informacji na temat poszczególnych zdarzeń, ich analizę, przygotowywanie raportów, przechowywanie i rozpowszechnianie informacji. Zgodnie z przyjętą praktyką raporty gromadzone są od początku budowy obiektu. Informacje w nich zawarte wykorzystywane są w zarządzaniu procesem starzenia się instalacji, probabilistycznej ocenie bezpieczeństwa i okresowych przeglądach bezpieczeństwa.

Nie każdy incydent zaistniały na terenie obiektu jądrowego jest tak istotny, aby musiał być dogłębnie analizowany przez zespół ekspertów operatora instalacji i zgłaszany krajowemu dozorowi jądrowemu. Dozorowi jądrowemu powinny być z pewnością raportowane te zdarzenia, które obejmują:

- a) wyłączenie bloku z powodu limitów i warunków eksploatacyjnych;
- b) pracę lub warunki zabronione przez limity lub warunki eksploatacyjne;
- c) wystąpienie zdarzeń lub warunków, w których podstawowe bariery bezpieczeństwa mogą zostać poważnie uszkodzone;
- d) naturalne zjawisko lub zewnętrzne warunki, które stwarzają zagrożenie dla bezpieczeństwa instalacji lub znacząco przeszkadzają personelowi w wykonywaniu obowiązków ważnych dla bezpieczeństwa;
- e) zdarzenie lub warunki, które skutkują ręcznym lub automatycznym zadziałaniem systemów ochronnych reaktora lub inżynierskich cech bezpieczeństwa;
- f) zdarzenie, w którym pojedynczy powód lub warunek skutkuje tym, że przynajmniej jeden niezależny ciąg lub kanał staną się niedostępne w złożonych systemach, lub dwa niezależne ciągi bądź kanały w pojedynczym systemie staną się niedostępne dla systemów projektowa-

nych wymaganych do wyłączenia reaktora, odbioru ciepła powyłączeniowego, kontroli uwolnień materiałów radioaktywnych lub łagodzenia konsekwencji awarii;

- g) uwolnienia materiałów radioaktywnych powodujące przekroczenie przyjętych limitów lub otrzymanie przez personel dawki większej niż przyjęty limit;
- h) zdarzenia, które zagrażają bezpieczeństwu instalacji lub zakłócają wykonywanie przez personel zadań istotnych dla bezpieczeństwa;
- i) zaistnienie warunków awaryjnych określonych w planie awaryjnym;
- j) jakiegokolwiek błędy lub uchybienia w analizie bezpieczeństwa, projekcie, produkcji lub eksploatacji, skutkujące lub mogące skutkować warunkami eksploatacyjnymi, które nie były wcześniej analizowane lub które mogą przekroczyć warunki projektowe;
- k) zdarzenia istotne dla bezpieczeństwa podczas wyłączania reaktora lub przeładunku paliwa;
- l) zdarzenia, które spowodowały śmierć lub ciężkie obrażenia personelu elektrowni.

Incydent spełniający przynajmniej jeden z powyższych warunków powinien zostać gruntownie przeanalizowany i opisany przez zespół ekspertów operatora elektrowni jądrowej. Zespół ten tworzy szczegółowy opis incydentu, w którym zawiera przedstawienie sekwencji zdarzenia i określa odchylenia od stanu normalnej eksploatacji. Zespół przeprowadza analizę przyczyny zdarzenia określającą, dlaczego do niego doszło i dlaczego incydent był możliwy. Szacuje on także wpływ zdarzenia na bezpieczeństwo i możliwe skutki tego incydentu, gdyby jego rozwój nie został w porę powstrzymany.

Zespół ekspertów operatora po przeprowadzeniu analizy incydentu ma za zadanie także sformułowanie działań naprawczych. Mogą one obejmować m.in. modyfikację wyposażenia i zamontowanie dodatkowych urządzeń zapobiegających ponownemu pojawieniu się zdarzenia czy też zmiany w planowaniu prac i schematów działania personelu elektrowni. Działania naprawcze wdrożone w obiekcie mogą być wykorzystane w projektowaniu urządzeń i instalacji, szkoleniu personelu, doskonaleniu procedur i określaniu limitów eksploatacyjnych, zarówno dla istniejących, jak i projektowanych instalacji. Personel elektrowni jądrowej powinien mieć łatwy dostęp do analizowanych zdarzeń, a baza danych doświadczeń z zaistniałych incydentów powinna być wykorzystywana podczas szkoleń i ćwiczeń prowadzonych dla personelu elektrowni.

3. Krótka charakterystyka baz danych, do których dostęp ma Państwowa Agencja Atomistyki

ConEx (Construction Experience)

Międzynarodowa baza danych ConEx (Construction Experience) rozpoczęła swoje działanie w 2008 roku i jest prowadzona przez NEA (ang. *Nuclear Energy Agency* – Agencja Energii Jądrowej). Baza ta umożliwia raportowanie, zbieranie i analizowanie zdarzeń dotyczących budowy elektrowni jądrowych. Znajdują się w niej zdarzenia zainicjowane przed pierwszym załadunkiem paliwa jądrowego do zbiornika reaktora, które mają związek z projektowaniem, wytwarzaniem komponentów, budową i rozruchem elektrowni jądrowej, takie jak:

- a) zdarzenia z udziałem dostawców, wykonawców, podwykonawców, producentów, projektantów, posiadaczy licencji;
- b) zdarzenia mogące budzić potencjalne zainteresowanie organów dozoru jądrowego;
- c) zdarzenia o rzeczywistym lub potencjalnym wpływie na bezpieczeństwo albo mające wpływ na ochronę radiologiczną pracowników lub społeczeństwa;
- d) powtarzające się zdarzenia, które mogłyby wskazywać na problem w obszarze zapewnienia jakości lub kultury bezpieczeństwa, w którejkolwiek z organizacji zaangażowanych w projektowanie albo wykonanie.

Gromadzenie danych o zdarzeniach jest główną cechą bazy ConEx, która staje się przez to cennym narzędziem do rozpowszechniania bieżących doświadczeń budowlanych wśród międzynarodowych instytucji dozоровych. Są w niej raporty z budowanych bloków jądrowych we Flamanville 3, Olkiluoto 3, Shin-Kori 1 oraz z innych instalacji, które zgłaszały zdarzenia związane z kwestiami budowlanymi. Mimo że w każdym raporcie bazy ConEx znajdują się wnioski, których zastosowanie jest możliwe w różnych organizacjach, to głównym celem tworzenia raportu jest sformułowanie wniosków przydatnych dozorem jądrowym. [5]

IRS (*International Reporting System for Operating Experience*)

Międzynarodowy System Raportowania Doświadczeń Eksploatacyjnych – IRS (*International Reporting System for Operating Experience*) to międzynarodowy system prowadzony przez IAEA (ang. *International Atomic Energy Agency* – Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej) i NEA, poprzez który kraje uczestniczące wymieniają doświadczenia w celu poprawy bezpieczeństwa elektrowni jądrowych. Zadaniem IRS jest zwiększenie efektywności w zakresie analizy i wymiany doświadczeń w obszarze bezpieczeństwa jądrowego. System jest przeznaczony dla organizacji zajmujących się zawodowo przemysłem jądrowym, takich jak: organy dozoru jądrowego, organiza-

cje wsparcia technicznego, organizacje eksploatujące elektrownie jądrowe, firmy będące dostawcami (projektanci, wykonawcy, producenci itp.), instytuty badawcze i uczelnie techniczne związane z energetyką jądrową.

Raporty składane do bazy IRS dotyczą zdarzeń będących odstępstwem od normalnego funkcjonowania i uznanych za ważne z punktu widzenia bezpieczeństwa. Szybkie przekazywanie wiadomości o zdarzeniu eksploatacyjnym dostarcza informacji przydatnych w zapobieganiu wystąpieniu podobnych zjawisk w innych obiektach. Dzielenie się doświadczeniami jest bardzo cenne dla określenia działań, jakie należy podjąć, aby złagodzić potencjalne skutki zidentyfikowanego zdarzenia. Od 2006 roku sprawozdania ze zdarzeń są dostępne poprzez *Web Based Incident Reporting System* (WB IRS).

Clearinghouse

Clearinghouse OEF (Operational Experience Feedback) jest programem stworzonym i prowadzonym pod auspicjami Komisji Europejskiej. Jego prowadzeniem zajmuje się Instytut Energii i Transportu (IET) działający w strukturze Komisji Europejskiej.

Europejski program *Clearinghouse OEF* obejmuje następujący zakres działań:

- a) promowanie zbierania doświadczeń eksploatacyjnych przez europejskie organy dozоровe lub operatorów jądrowych, ocenę ich potencjalnej wartości oraz zapewnienie, że wydarzenia istotne dla bazy *Clearinghouse OEF* są zgłaszane systematycznie i w sposób spójny z systemem IRS;
- b) nadzór nad ważnymi zdarzeniami i utrzymywanie kontaktu z autorami sprawozdań w celu poprawienia przejrzystości i przydatności przekazanych informacji;
- c) Wsparcie w przygotowywaniu raportów do bazy IRS w celu zapewnienia spójnej kategoryzacji i odciążenia autorów poszczególnych zdarzeń;
- d) przydzielanie wybranych zdarzeń do odpowiednich profesjonalnych grup w Europie w celu szczegółowej analizy zdarzenia (w skład tych grup wchodzi eksperci z Europejskiej Sieci Organizacji Wsparcia Technicznego i innych instytucji badawczych oraz przemysłu, w razie potrzeby);
- e) ocena sprawozdań z bazy IRS, pochodzących spoza UE i zwracanie uwagi krajowych organów dozoru na zdarzenia najbardziej istotne. Oprócz raportów IRS, *Clearinghouse* gromadzi i analizuje (w przypadkach kiedy jest to istotne) informacje otrzymane z innych źródeł międzynarodowych;
- f) utworzenie i utrzymywanie dobrze zorganizowanej internetowej platformy wymiany informacji;
- g) dostarczanie raportów podsumowujących wydarzenia o podobnych cechach lub przyczynach. Prowadzenie wstępnej oceny zdarzeń z wybranych europejskich

elektrowni jądrowych, ułatwiając w ten sposób analizę trendów i umożliwiając lepsze zrozumienie doświadczeń eksploatacyjnych;

- h) gromadzenie, podsumowywanie i rozpowszechnianie informacji na temat działań naprawczych podjętych w europejskich elektrowniach w odpowiednim czasie i formie dostosowanej do potrzeb różnych grup użytkowników końcowych.

4. Rola dozoru jądrowego w procesie zbierania i wykorzystywania doświadczeń ze zdarzeń w elektrowniach jądrowych

Wszystkie organizacje zaangażowane w system zbierania doświadczeń ze zdarzeń w elektrowniach jądrowych powinny sprawdzać zawarte w raportach zdarzeń informacje pod kątem własnych potrzeb. Dozór jądrowy powinien wykorzystywać zawartość tych baz podczas kontroli, licencjonowania oraz tworzenia regulacji i wymagań bezpieczeństwa. Dodatkowo powinien on sprawdzać rolę wszystkich organizacji zaangażowanych w zapewnienie, że informacje o incydentach są przekazywane efektywnie do instytucji rządowych oraz innych organizacji krajowych i międzynarodowych. To dozór jądrowy określa:

- a) kryteria i kategorie zdarzeń raportowanych;
- b) procedury zapewniające, że operator raportuje zdarzenia ważne z punktu widzenia bezpieczeństwa w jednolity sposób i bez opóźnień;
- c) kanały komunikacji i przydziela odpowiedzialność za raportowanie.

Raport ze zdarzenia w elektrowni jądrowej przed jego rozpowszechnieniem powinien zostać sprawdzony przez dozór jądrowy. Poziom szczegółowości tej oceny powinien być współmierny do konsekwencji, jakie niesie to zdarzenie i częstotliwości jego powtarzania się. W paragrafie 5.16 GS-R-1 [2] zasugerowano, by dozór jądrowy po zauważeniu nieprawidłowej sytuacji przeprowadził natychmiastową analizę zdarzenia.

Dozór jądrowy, podobnie jak organizacja eksploatująca, po przeprowadzeniu analizy incydentu ma za zadanie stworzenie dokumentacji tej analizy i przechowywanie jej do dalszego wykorzystania. Dodatkowo obie strony powinny rozpowszechniać istotne wyniki analizy, prowadzić monitoring wprowadzania działań naprawczych w obiekcie i ocenę ich efektywności. Dozór jądrowy może monitorować postęp zalecanych działań naprawczych przez wymóg dostarczenia okresowego raportu postępu prac. Powinien również kontrolować proces wykorzystywania przez operatora doświadczeń wewnętrznych i zewnętrznych ze zdarzeń zaistniałych w elektrowniach jądrowych. W tym celu dozór jądrowy powinien przeprowadzać okresowe przeglądy systemu zbierania doświadczeń przez operatora. Przegląd taki powinien zawierać: ocenę własną operatora, ocenę, czy proces spełnia wymagania krajowe

oraz przegląd systemu wykonany przez dozór jądrowy. Raport okresowy operatora powinien być wykonywany przynajmniej raz na rok i obejmować wewnętrzne i zewnętrzne doświadczenia, które były przez niego analizowane, zatwierdzone działania naprawcze i stan ich wdrożenia. Przegląd systemu zbierania doświadczeń ma za zadanie sprawdzić, czy:

- a) wszystkie możliwe do zastosowania w danym obiekcie doświadczenia zostały przeanalizowane;
- b) wszystkie wewnętrzne doświadczenia zostały wprowadzone do systemu zbierania doświadczeń;
- c) działania naprawcze zostały zastosowane w odpowiedni sposób;
- d) powtarzanie się wewnętrznych zdarzeń zostało zminimalizowane oraz żadna przyczyna zdarzenia nie jest dominująca;
- e) systemy bloku jądrowego oraz funkcje bezpieczeństwa nie wykazują niekorzystnych trendów w okresie ich ocenia.

5. Aktualne przepisy krajowe związane z systemem zbierania i wykorzystywania doświadczeń eksploatacyjnych

Obecnie obowiązki kierownika jednostki organizacyjnej wykonującej działalność związaną z narażeniem, polegającą na eksploatacji obiektu jądrowego, są regulowane przez ustawę z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (PA) oraz rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 11 lutego 2013 r. w sprawie wymagań dotyczących rozruchu i eksploatacji obiektów jądrowych (RRM).

Nadrzędnym obowiązkiem kierownika jednostki organizacyjnej jest zapewnienie pracownikom oraz ogółowi ludności właściwego poziomu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej (PA art. 9 ust. 1) między innymi poprzez systematyczną analizę doświadczeń eksploatacyjnych (RMM art. 8 pkt. 7). W tym celu powinien on na wszystkich etapach swojej działalności wykorzystywać rozwiązania organizacyjne i techniczne do tego niezbędne (PA art. 35 ust. 4). Prawo definiuje, jakie zdarzenia podlegają ocenie i stanowią doświadczenie eksploatacyjne (RRM art. 39 ust. 1) oraz określa sposób postępowania z nimi na terenie obiektu jądrowego (RRM art. 44 ust. 1). Kierownik jednostki organizacyjnej zobowiązany jest niezwłocznie informować odpowiednie instytucje o zdarzeniach w obiekcie jądrowym, mogących spowodować lub powodujących powstanie zagrożenia (PA art. 35a ust. 3), a raz do roku zamieszczać na stronie internetowej oraz przekazywać Prezesowi Agencji informacje o zdarzeniach powodujących zagrożenie (PA art. 35a ust. 4). Zobowiązany jest on również do gromadzenia oraz analizowania doświadczeń eksploatacyjnych (PA art. 37c ust. 1), które w postaci raportów dotyczących zdarzeń i incydentów w obiekcie jądrowym stanowią integralną część dokumen-

tacji eksploatacyjnej (RRM art. 43 ust. 1 pkt. 9). Prezes Agencji wykorzystuje doświadczenia eksploatacyjne przy modyfikacji limitów i warunków eksploatacyjnych (RRM art. 2 ust. 3). Doświadczenia eksploatacyjne powinny być wykorzystywane do:

- a) czynności utrzymania i remontów, badań, nadzoru i kontroli systemów oraz elementów konstrukcji i wyposażenia obiektu jądrowego, mających istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej (RRM art. 37, RRM art. 38);
- b) weryfikacji prawidłowości wdrożenia zintegrowanego systemu zarządzania w zakresie ochrony radiologicznej (RRM art. 9 ust. 3).

Literatura

1. <https://clearinghouse-oef.jrc.ec.europa.eu/> (dostęp 15.05.2014)
2. International Atomic Energy Agency, Safety Standards Series No. GS-R-1, *Legal and governmental infrastructure for nuclear, radiation, radioactive waste and transport safety*, Vienna 2000.
3. International Atomic Energy Agency, Safety Standards Series No. NS-G-2.11, *A System for the Feedback of Experience from Events in Nuclear Installations*, Vienna 2006.
4. International Atomic Energy Agency, Services Series No. 19, *IRS Guidelines, Joint IAEA/NEA International Reporting System for Operating Experience*, Vienna 2010.
5. Nuclear Energy Agency, Committee on Nuclear Regulatory Activities, NEA/CNRA/R(2012)2, *First Construction Experience Synthesis Report 2008–2011*, 03-May-2012, s. 7.
6. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 11 lutego 2013 r. w sprawie wymagań dotyczących rozruchu i eksploatacji obiektów jądrowych (Dz. U. 2013 nr 0 poz. 281).
7. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (Dz. U. 2012 poz. 264 z późn. zm.).

Notka o autorach

Mateusz Włostowski – Wydział Analiz Obiektów Jądrowych Departamentu Bezpieczeństwa Jądrowego Państwowej Agencji Atomistyki (e-mail: wlostowski@paa.gov.pl).

Bartłomiej Abramowicz – Wydział Kontroli Obiektów Jądrowych Departamentu Bezpieczeństwa Jądrowego Państwowej Agencji Atomistyki (e-mail: abramowicz@paa.gov.pl).

Bezpieczeństwo jądrowe w poszerzonej agendzie badań nad bezpieczeństwem

Bartosz Skłodowski
Instytut Nauk Politycznych Uniwersytetu Warszawskiego

Abstrakt

Artykuł ma na celu przeanalizowanie relacji pomiędzy bezpieczeństwem jądrowym (ang. *nuclear safety*) a dyscypliną naukową, jaką są nauki o bezpieczeństwie (ang. *security studies*). Artykuł opisuje, jak bezpieczeństwo jądrowe wpływa na przedmiot badań nauk o bezpieczeństwie, i z którymi kategoriami kluczowymi dla tej dyscypliny się on wiąże. Praca zawiera również przykłady zagadnień związanych z bezpieczeństwem jądrowym, które mają wpływ na bezpieczeństwo państwa oraz bezpieczeństwo międzynarodowe.

Bezpieczeństwo jądrowe (ang. *nuclear safety*) jest z punktu widzenia naukowego fenomenem trudnym do precyzyjnego zdefiniowania. Przy definiowaniu pojęcia z punktu widzenia naukowego jedną z najważniejszych kwestii wydaje się określenie tego, przez pryzmat jakiej dyscypliny dane pojęcie będzie definiowane. Różne dyscypliny mogą w odmienny sposób definiować pojęcie bezpieczeństwa jądrowego, co wynika z tego, iż na dorobek ludzkości w tym zakresie składa się dorobek badań wielu dyscyplin. Ponadto, wiele, bardzo często odległych od siebie przedmiotowo, dyscyplin zajmować się może kwestiami związanymi z bezpieczeństwem jądrowym.

Bezpieczeństwo jądrowe, ze względu na swoją specyfikę, powinno być analizowane głównie na gruncie dyscyplin przynależnych do obszaru nauk technicznych, w szczególności takich, jak: energetyka, inżynieria materiałowa, budowa i eksploatacja maszyn oraz mechanika [6]. Dyscypliny te posiadają dorobek nieodzowny dla zaprojektowania oraz wykonania bezpiecznych obiektów jądrowych. Bezpieczeństwo jądrowe może być jednak również zarówno wzbogacane, jak i naukowo badane na gruncie dyscyplin z obszaru nauk ścisłych (informatyka, matematyka, fizyka) czy obszaru nauk przyrodniczych (ochrona środowiska, biotechnologia). Ze względu na konsekwencje stosowania techniki jądrowej dla społeczeństwa, państwa, gospodarki i środowiska naturalnego bezpieczeństwo jądrowe może być również przedmiotem analizy na gruncie dyscyplin z obszaru nauk społecznych, a w szczególności ekonomii, socjologii, nauk o polityce, prawa, nauk o obronności oraz nauk o bezpieczeństwie.

W zakresie dyscyplin niezwiązanych z technicznymi aspektami konstrukcji obiektów jądrowych szczególnie istotna jest relacja pomiędzy bezpieczeństwem jądrowym a naukami o bezpieczeństwie (zamiennie można stosować kalkę angielskiego terminu *security studies* – studia nad bezpieczeństwem). Celem niniejszego artykułu jest wykazanie relacji pomiędzy kategorią bezpieczeństwa jądrowego a badaniami i dorobkiem dyscypliny, jaką są nauki o bezpieczeństwie. Dyscyplina ta nie jest jednorodna w zakresie przedmiotu badań, co spowodowane jest jej wyłonieniem się z wielu różnych dyscyplin (nauk wojskowych, politologii, nauk prawnych, socjologii, a nawet psychologii). Aby zatem osiągnąć nakreślony wyżej cel, bezpieczeństwo jądrowe należy powiązać z poszczególnymi kategoriami bezpieczeństwa oraz określić te relacje. Inne albowiem będzie miejsce tematyki związanej z bezpieczeństwem jądrowym w badaniach dotyczących bezpieczeństwa wewnętrznego państwa, inne w studiach strategicznych (odnoszących się do bezpieczeństwa międzynarodowego), jeszcze inne w badaniu fenomenu, jakim jest bezpieczeństwo ekologiczne czy energetyczne państwa.

Termin „bezpieczeństwo jądrowe” może się wydawać naturalnie powiązany z naukami o bezpieczeństwie, a przez zbieżność pojęć może nawet zostać uznany za jedną z kategorii przedmiotu badań tej dyscypliny. Podejście to jest jednak błędne, co wynika z pewnej dwuznaczności samego terminu „bezpieczeństwo”. Polski desygnat terminu „bezpieczeństwo” (pochodzący od wyrażenia „bez pieczy” – łac. *sine cura* [7, s. 49]) jest tożsamy zarówno z angielskim desygnatem terminu *safety*, jak i z desygnatem terminu *security*. Studia nad bezpieczeń-

stwem odnoszą się jednak do bezpieczeństwa w angielskim ujęciu *security*, a nie *safety*. Oznacza to, że bezpieczeństwo jądrowe nie jest bezpośrednim przedmiotem badań prowadzonych w obrębie nauk o bezpieczeństwie.

Należy jednak zauważyć, że tak pojęte bezpieczeństwo jądrowe może mieć istotny wpływ na bezpieczeństwo rozumiane jako *security*. Nie trudno wszakże wyobrazić sobie, jaki wpływ ma bezpieczeństwo jądrowe (pewność ochrony przed awarią w obiekcie jądrowym lub jej skutkami) na bezpieczeństwo jednostki (pracownika obiektu), społeczności lokalnej (zamieszkującej teren wokół elektrowni) czy na bezpieczeństwo państwa (w kontekście zarówno ochrony ludności przed skutkami awarii na terenie obiektu jądrowego, jak i w kontekście bezpieczeństwa dostaw energii z elektrowni jądrowej). Relacja nauk o bezpieczeństwie oraz bezpieczeństwa jądrowego jest zatem zdecydowanie bardziej skomplikowana niż relacja dyscypliny naukowej do przedmiotu jej badań. Możemy tu mówić o relacji, w której bezpieczeństwo jądrowe rzutuje na różnorodne fenomeny (poszczególne kategorie bezpieczeństwa), które z kolei składają się na przedmiot badań nauk o bezpieczeństwie.

Bezpieczeństwo jest potrzebą o charakterze podmiotowym, co oznacza, że jego charakterystykę determinuje w znacznej mierze podmiot odczuwający bezpieczeństwo [8, s. 15]. Podmiotem bezpieczeństwa może być jednostka, grupa społeczna (taka jak: rodzina, społeczność lokalna oraz całe społeczeństwo), a także organizacja polityczna, jaką jest państwo (lub grupa państw). Nauki o bezpieczeństwie koncentrują się na bezpieczeństwie państwa oraz bezpieczeństwie grup państw (bezpieczeństwie międzynarodowym).

Bezpieczeństwo państwa, będące głównym przedmiotem studiów nad bezpieczeństwem, jest kategorią trudną do uchwycenia na gruncie naukowym. Dlatego też, pomimo to, że bezpieczeństwo państwa jest często określane holistycznie i uznawane za wartość oraz potrzebę niepodzielną w wymiarze ontologicznym, to na gruncie badań naukowych jest ono często sztucznie dzielone na różnego rodzaju kategorie. Ugruntowanym, choć od wielu lat coraz mniej aktualnym podziałem bezpieczeństwa państwa jest wyróżnianie jego wymiaru wewnętrznego oraz zewnętrznego [1, s. 2; 2, s. 91–116]. Podział ten traci na swoim pierwotnym znaczeniu, gdyż zagrożenia wewnętrzne dla bezpieczeństwa państwa ulegają stopniowemu utransnarodowieniu w procesach globalizacji i regionalizacji, stosowany jest jednak ze względu na odmienność tradycyjnie wewnętrznych i tradycyjnie zewnętrznych zagrożeń dla bezpieczeństwa państwa. Bezpieczeństwo państwa można podzielić również ze względu na jego

przedmiot, wyróżniając bezpieczeństwo polityczne, militarne, ekonomiczne, ekologiczne itd. Badania nad bezpieczeństwem państwa mogą być prowadzone z uwzględnieniem różnych (nierzadko wzajemnie niespójne) paradygmatów i mogą mieć różną postać ze względu na obrany przez badacza poziom analizy (lokalny, regionalny, narodowy/państwowy oraz międzynarodowy). Aby w pełni ukazać rolę kategorii „bezpieczeństwo jądrowe” we współczesnych studiach nad bezpieczeństwem, należy ustalić relacje pomiędzy bezpieczeństwem jądrowym a wymienionymi wyżej kategoriami bezpieczeństwa.

Tradycyjna koncepcja **bezpieczeństwa wewnętrznego** państwa odnosiła się do obrony jego obywateli przed aktami nieusankcjonowanej prawnie przemocy [4, s. 39]. Koncepcja ta była jednak poszerzana i odnosi się obecnie do wszystkich kwestii związanych z zagrożeniami dla bezpieczeństwa państwa, które można zlokalizować wewnątrz jego granic*. Na tak rozumiane bezpieczeństwo wewnętrzne państwa składają się trzy główne kategorie: bezpieczeństwo i porządek publiczny, bezpieczeństwo ustrojowe oraz bezpieczeństwo powszechne [3, s. 40].

Znaczenie bezpieczeństwa jądrowego dla bezpieczeństwa i porządku publicznego jest stosunkowo małe. W praktyce jedyne dwa zagadnienia odnoszą się zarówno do jednej, jak i do drugiej kategorii. Jest to: ochrona fizyczna instalacji jądrowych, odpadów jądrowych i mogących stanowić zagrożenie źródeł promieniotwórczych oraz zaburzające porządek publiczny niepokoje społeczne ze skutkami w funkcjonowaniu w danym państwie energetyki jądrowej**. Warto pamiętać, iż kompleksowa ochrona obiektów jądrowych, odpadów promieniotwórczych oraz źródeł promieniotwórczych obejmuje nie tylko ich bezpośrednie zabezpieczenia, ale również środki, które pozwolą na ewentualne wykrycie i odnalezienie skradzionych materiałów jądrowych oraz ustalenie sprawców tego procederu. Porządek i bezpieczeństwo publiczne mogą również zaburzać protesty społeczne wynikające z niskiego (w wymiarze subiektywnym lub obiektywnym) poziomu bezpieczeństwa jądrowego, związane np. z ruchami antynuklearnymi.

Podobnie jak w przypadku bezpieczeństwa i porządku publicznego, bezpieczeństwo jądrowe ma również niewielki wpływ na bezpieczeństwo ustrojowe państwa. Przedmiotem bezpieczeństwa ustrojowego jest ochrona porządku konstytucyjnego danego państwa, obejmująca ochronę zasad ogólnych i wartości realizowanych przez dane państwo, ochronę systemu naczelnych organów państwa wraz z ich wzajemnymi relacjami oraz ochronę katalogu praw i wolności człowieka i obywatela określających relacje pomiędzy władzą państwową a ludnością państwa

* Bez znaczenia jest w takim ujęciu pochodzenie danego zagrożenia. Na przykład, działająca w Polsce rosyjskojęzyczna zorganizowana grupa przestępcza, składająca się w znacznej mierze z obywateli Federacji Rosyjskiej i współpracująca z rosyjskojęzycznymi grupami przestępczymi w innych krajach, nadal uznawana będzie za zagrożenie dla bezpieczeństwa wewnętrznego (pomimo swojego transnarodowego charakteru).

** Mają tu znaczenie zarówno obiektywne skutki eksploatacji elektrowni jądrowej, jak i społeczna percepcja tego typu skutków (wliczając w to rozpowszechnianie w społeczeństwie nieprawdziwych opinii na temat negatywnych skutków działania elektrowni jądrowej dla zdrowia i życia obywateli).

[3, s. 40–41]. Jedynym powiązaniem pomiędzy bezpieczeństwem jądrowym a ustrojowym jest ochrona naczelnych organów państwowych przed potencjalnym atakiem terrorystycznym z wykorzystaniem broni jądrowej lub radiologicznej.

Bezpieczeństwo jądrowe ma największe znaczenie dla trzeciej kategorii składającej się na bezpieczeństwo wewnętrzne państwa, a mianowicie dla bezpieczeństwa powszechnego. Pojęcie to odnosi się do ochrony ludności państwa, infrastruktury publicznej i prywatnej, a także instytucji państwowych przed skutkami katastrof naturalnych i technicznych. Należy zauważyć, iż poziom bezpieczeństwa jądrowego wpływa w dwojaki sposób na bezpieczeństwo powszechne państwa. Po pierwsze, bezpieczeństwo obiektów jądrowych (w wymiarze *safety*) wpływa na ryzyko wystąpienia poważnych zagrożeń dla bezpieczeństwa powszechnego. Ciągła praca odpowiednich służb państwowych oraz operatorów obiektów jądrowych, polegająca na monitorowaniu poziomu bezpieczeństwa instalacji jądrowych, stałym utrzymywaniu warunków spełniających normy bezpieczeństwa oraz gotowości do działania w wypadku awarii, zmniejsza ryzyko wystąpienia katastrof jądrowych, a co za tym idzie, zwiększa poziom bezpieczeństwa powszechnego. Po drugie, bezpieczeństwo jądrowe związane jest również z procesem zarządzania kryzysowego i ochrony ludności przed skutkami katastrof naturalnych i technicznych.

W obydwu aspektach bezpieczeństwo jądrowe jest jednym z najważniejszych elementów systemu bezpieczeństwa powszechnego w przypadku państw, które mają na swoim terenie elektrownie jądrowe. Wynika to z jednej strony z obiektywnej skali skutków, które może wywołać awaria w elektrowni jądrowej, z drugiej zaś, ze społecznej percepcji tego typu zagrożeń. Warto zauważyć, iż instalacje jądrowe mogą być zarówno pierwotnym, jak i wtórnym źródłem zagrożeń dla bezpieczeństwa powszechnego. Zagrożeniem pierwotnym mogą one być potencjalnie w przypadku, w którym do awarii dochodzi niezależnie od sytuacji poza obiektem jądrowym, zagrożeniem wtórnym natomiast w sytuacji, w której awaria w obiekcie jądrowym jest następstwem innej katastrofy technicznej (np. lotniczej) lub klęski żywiołowej (powodzi, trzęsienia ziemi itd.).

Bezpieczeństwo jądrowe nie pozostaje również bez wpływu na **bezpieczeństwo zewnętrzne państwa**. W aspekcie tradycyjnym (militarnym) zyskuje ono na znaczeniu dla bezpieczeństwa zewnętrznego państwa w kontekście nieprolifracji materiałów jądrowych, które mogą zostać wykorzystane do przeprowadzenia ataku na dane państwo przez inne państwo*. Wspomniany element bezpieczeństwa zewnętrznego jest szczególnie istotny dla niewielkiej liczby państw, zlokalizowanych w regionach, takich jak Bliski Wschód czy Azja Północno-Wschodnia. Zdecydowanie większej liczby państw członkowskich

dotyczy zewnętrzne zagrożenie związane z ryzykiem wystąpienia na terytorium innego państwa katastrofy jądrowej o skutkach transgranicznych, tj. wystąpienia w sytuacji, w której zagrożenie dla bezpieczeństwa wewnętrznego jednego państwa jest zarazem zagrożeniem dla bezpieczeństwa zewnętrznego drugiego państwa.

Jak wspomniano wyżej, studia nad bezpieczeństwem dzielą również bezpieczeństwo państwa na węższe kategorie ze względu na przedmiot bezpieczeństwa, czyli niejako jego tematykę. Hipotetycznie, sam termin „bezpieczeństwo jądrowe” można uznać za jedną z kategorii przedmiotowych bezpieczeństwa państwa, odnoszącą się do kwestii związanych z materiałami promieniotwórczymi oraz obiektami jądrowymi, aczkolwiek wydaje się, że jest to podejście mało praktyczne. Wynika to z tego, że, jak zauważono wyżej, pojęcie „bezpieczeństwo jądrowe” odnosi się do angielskiego terminu *safety*, a co za tym idzie, jego stosowanie jako kategorii przedmiotowej bezpieczeństwa państwa (odnoszącej się do *security*) wydaje się nadużyciem.

Bezpieczeństwo jądrowe można powiązać przedmiotowo z bezpieczeństwem ekonomicznym państwa, zwłaszcza w zakresie jego potrzeb energetycznych (bezpieczeństwo energetyczne). Zapewnienie bezpiecznej, tj. odpornej na awarie, zamachy terrorystyczne oraz skutki klęsk żywiołowych i katastrof technicznych, energetyki jądrowej może być czynnikiem w znacznym stopniu modernizującym gospodarkę danego państwa, a przy tym ograniczającym jej zależność od dostaw pozostałych surowców energetycznych. Bezpieczeństwo jądrowe znajduje zatem przełożenie na bezpieczeństwo ekonomiczne państwa z założeniem, że bezpieczna dla środowiska i społeczeństwa eksploatacja elektrowni jądrowych przedkłada jest przez państwowe ośrodki decyzyjne nad korzyści ekonomiczne płynące z takiego rozwiązania (w przeciwnym wypadku decyzja o eksploatacji elektrowni jądrowej wynika jedynie z chęci osiągnięcia partykularnych korzyści w zakresie bezpieczeństwa ekonomicznego z jednoczesnym zignorowaniem wymogów bezpieczeństwa jądrowego, co sprawiłoby, że bezpieczeństwo jądrowe nie byłoby powiązane z bezpieczeństwem ekonomicznym).

Bezpieczeństwo jądrowe ma również istotny wpływ na bezpieczeństwo ekologiczne państwa. Samo pojęcie bezpieczeństwa ekologicznego jest stosunkowo nowe i odnosi się ono do kategorii, w której podmiotem bezpieczeństwa jest państwo (lub grupa państw – patrz niżej), a przedmiotem środowisko naturalne i jego zachowanie. Bezpieczeństwo obiektów jądrowych (w znacznej mierze elektrowni jądrowych), jako infrastruktury krytycznej mogącej stanowić potencjalnie istotne zagrożenie dla środowiska naturalnego, w oczywisty sposób wpływa na katalog potencjalnych zagrożeń dla bezpieczeństwa ekologicznego państwa. Ponadto, kwestie związane z bezpieczną ener-

* W przypadku ataku dokonywanego przez podmiot transnarodowy (grupę terrorystyczną) zagrożenie byłoby analizowane na gruncie bezpieczeństwa wewnętrznego państwa.

getyką jądrową mają również wpływ na bezpieczeństwo środowiska w kontekście redukcji emisji gazów cieplarnianych (na przykład względem energetyki opartej na węglu).

Studia nad bezpieczeństwem mogą się charakteryzować różnym poziomem analizy w prowadzonych badaniach. Należy zauważyć, iż bezpieczeństwo państwa analizowane może być na poziomie lokalnym (gmina, hrabstwo, powiat), regionalnym (województwo, land, stan) lub narodowym (państwowym). Bezpieczeństwo jądrowe może być częściowym przedmiotem badań nad bezpieczeństwem państwa prowadzonych na poziomie narodowym lub (rzadziej) regionalnym. Należy jednak zauważyć, że bezpieczeństwo jądrowe ma istotne znaczenie nie tylko dla badań nad bezpieczeństwem państwa, ale również dla badań nad bezpieczeństwem międzynarodowym. Bezpieczeństwo międzynarodowe można określić w najprostszy sposób jako bezpieczeństwo grupy państw [8, s. 17], które jest wypadkową działań jednych państw wobec drugich lub działań podmiotów pozapaństwowych w stosunku do wielu państw. Znaczenie bezpieczeństwa jądrowego dla bezpieczeństwa międzynarodowego sprowadza się w znacznej mierze do problemu nieprolifracji materiałów oraz technologii jądrowych możliwych do wykorzystania w konflikcie zbrojnym lub zamachu terrorystycznym. W kontekście międzynarodowym znaczenie ma proliferacja wertykalna (uzyskiwanie broni jądrowej przez nowe podmioty państwowe i transnarodowe), jak i proliferacja horyzontalna, polegająca na przechodzeniu przez dane państwo od stosowania zgodnych z prawem międzynarodowym technologii jądrowych (na przykład w sektorze energetycznym) do niezgodnych z reżimem nieprolifacyjnym technologii jądrowych o zastosowaniu wojskowym [5, s. 363].

Bezpieczeństwo państwa może być wreszcie analizowane na gruncie różnych perspektyw teoretycznych. Wybór danej perspektywy określa w znacznym stopniu przedmiot, sposób rozumowania oraz wyniki prowadzonych badań, w tym również tych odnoszących się do kwestii bezpieczeństwa jądrowego. Bezpieczeństwu jądrowemu przypisana może być osobna dla każdej perspektywy teoretycznej rola w systemie bezpieczeństwa państwa lub grupy państw. Dla badaczy prowadzących badania nad bezpieczeństwem państwa z perspektywy realistycznej bezpieczeństwo jądrowe będzie analizowane głównie w zakresie polityki nieprolifacyjnej oraz redukcji arsenałów broni niekonwencjonalnej. Z kolei dla badaczy wywodzących się z nurtu liberalnego i neoliberalnego kluczowym zagadnieniem badawczym może się okazać współpraca państw w zakresie bezpieczeństwa jądrowego (w tym na forum organizacji międzynarodowych), przynosząca wymierny wzrost bezpieczeństwa powszechnego tymże państwom. Konstruktywiści natomiast będą dążyć do zbadania społecznej percepcji funkcjonowania obiektów jądrowych i będą odnosić zagadnienia związane z bezpieczeństwem ich funkcjonowania do

uświadomionych i nieświadomych potrzeb ludności (społeczeństwa) w zakresie bezpieczeństwa.

Z przedstawionych rozważań wynika, iż bezpieczeństwo jądrowe powiązane jest z szeroką gamą zagadnień, które składają się na przedmiot badań nauk o bezpieczeństwie. Kwestie te analizowane mogą być na różnych poziomach i za pomocą osobnego instrumentarium teoretycznego. W relacji bezpieczeństwa jądrowego oraz nauk o bezpieczeństwie na pierwszy plan wysuwają się z całą pewnością kwestie nieprolifracji materiałów jądrowych oraz ochrony ludności przed skutkami awarii technicznej w obiekcie jądrowym (w tym wywołanej pierwotnie klęską żywiołową). Problematyka nieprolifracji może tu być analizowana zarówno na gruncie bezpieczeństwa wewnętrznego państwa (ochrona fizyczna materiałów jądrowych, ich zabezpieczenie przed pozyskaniem przez podmioty pozapaństwowe oraz ochrona kraju przed asymetrycznym atakiem z wykorzystaniem broni jądrowej lub radiologicznej), jak i na gruncie bezpieczeństwa zewnętrznego (nie dopuszczenie do uzyskania broni jądrowej przez państwa). Ponadto, kwestia ta może być analizowana na poziomie narodowym lub międzynarodowym, przy czym wariant drugi zbliża, prowadzone na gruncie studiów nad bezpieczeństwem, rozważania o bezpieczeństwie jądrowym do politologii (stosunków międzynarodowych) zarówno na gruncie paradygmatu realistycznego, jak i liberalnego.

Z kolei, w zakresie ochrony ludności przed skutkami awarii w obiektach jądrowych, rozważania prowadzone na gruncie nauk o bezpieczeństwie są postrzegane przeważnie przez pryzmat bezpieczeństwa powszechnego (a zatem wewnętrznego). Obejmują one zagadnienia związane z ochroną i obroną cywilną, a także zarządzaniem kryzysowym oraz podnoszeniem gotowości i sprawności krajowych instytucji bezpieczeństwa wewnętrznego. Tego typu badania mogą obejmować poziom regionalny, narodowy oraz międzynarodowy. Współpraca państw w tym zakresie wpływa z kolei na kształtowanie bezpieczeństwa międzynarodowego i może być analizowana na gruncie paradygmatu liberalnego lub konstruktywistycznego.

Podsumowując, należy dojść do wniosku, iż relację pomiędzy bezpieczeństwem jądrowym a naukami o bezpieczeństwie są analogiczne do relacji pomiędzy angielskimi terminami *safety* oraz *security*. Poziom, zwłaszcza niski, bezpieczeństwa jądrowego kreuje przedmiot badań studiów nad bezpieczeństwem na wielu, często zachodzących na siebie płaszczyznach przedmiotowych i teoretycznych. Sytuację tę komplikują znacznie to, iż fenomen bezpieczeństwa analizowany jest również na gruncie innych dyscyplin naukowych. Prowadzi to do wniosku, że bezpieczeństwo jądrowe nie jest bezpośrednio przedmiotem studiów nad bezpieczeństwem, a nauki o bezpieczeństwie nie mają kluczowego znaczenia dla rozwoju oraz badania bezpieczeństwa jądrowego. Nie oznacza to jednak, że bezpieczeństwo jądrowe pozostaje bez wpływu na przedmiot badań nauk o bezpieczeństwie.

Literatura

1. Anderson M., Apap J., *Changing Conceptions of Security and their Implications for the EU Justice and HomeAffairs Cooperation*, „CEPS Policy Brief” Nr 26, 2005.
2. Bigo D., *The Mobius Ribbon of Internal and External Security(ies)*, [w:] M. Albert, D. Jacobson, Y. Lapid (red.), *Identities, borders, orders: Rethinking International Relations Theory*, University of Minneapolis Press, Minneapolis 2001.
3. Brzeziński M., *Rodzaje bezpieczeństwa państwa*, [w:] S. Sulowski, M. Brzeziński, *Bezpieczeństwo wewnętrzne państwa*, DW Elipsa, Warszawa 2009.
4. Fehler W., *Policja w systemie bezpieczeństwa wewnętrznego Rzeczypospolitej Polskiej*, „Myśl Wojskowa”, nr 3, 2003.
5. Pal Singh Sidhu W., *Nuclear proliferation*, [w:] P.D. Williams (red.), *Security studies. An introduction*, Routledge, London New York 2008.
6. *Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 8 sierpnia 2011 r. w sprawie obszarów wiedzy, dziedzin nauki i sztuki oraz dyscyplin naukowych i artystycznych* (Dz.U. 179.1065 z dnia 30 sierpnia 2011 r.).
7. Zięba R., *Pojęcie i istota bezpieczeństwa państwa w stosunkach międzynarodowych*, „Sprawy Międzynarodowe”, nr 10, 1989.
8. Zięba R., *Wprowadzenie. Pozimnowojenny paradygmat bezpieczeństwa międzynarodowego*, [w:] R. Zięba, *Bezpieczeństwo Międzynarodowe po zimnej wojnie*, Wyd. Akademickie i Profesjonalne, Warszawa 2008.

Notka o autorze

Mgr **Bartosz Skłodowski** – doktorant w Zakładzie Nauki o Bezpieczeństwie Instytutu Nauk Politycznych Uniwersytetu Warszawskiego, autor publikacji naukowych z zakresu bezpieczeństwa wewnętrznego, integracji europejskiej oraz międzynarodowej współpracy policyjnej. Od 2013 r. pracownik Państwowej Agencji Atomistyki (e-mail: bartosz.sklodowski@paa.gov.pl).

Pośrednia kontrola materiałów jądrowych

Krzysztof Rzymkowski

SEREN (Stowarzyszenie Ekologów na Rzecz Energii Nuklearnej)

Międzynarodowa sytuacja polityczna po II wojnie światowej, obawy społeczności międzynarodowej przed niekontrolowanym rozprzestrzenianiem i wykorzystaniem materiałów jądrowych w celach militarnych lub przestępczych, a także dynamiczny rozwój przemysłu jądrowego przyczyniły się do powołania licznych organizacji międzynarodowych. Podstawowym zadaniem tych organizacji, oprócz ułatwiania wymiany informacji naukowych i stymulowania badań nad pokojowym zastosowaniem energii jądrowej, jest opracowywanie standardów bezpieczeństwa oraz bezpośrednia i pośrednia kontrola materiałów jądrowych.

Rosnące zagrożenie terroryzmem wymusza dodatkowo konieczność wzmoczonej i dokładniejszej kontroli oraz ochrony materiałów jądrowych, opierającej się na rozległej współpracy wyspecjalizowanych organizacji międzynarodowych.

Staje się to szczególnie istotne w chwili zauważalnego renesansu energetyki jądrowej.

1. Cele systemów kontroli

Podstawowym celem kontroli materiałów jądrowych jest zbudowanie systemu, który poprzez długoterminowe działania kontrolne uniemożliwiłby m.in. wyprowadzenie poza chroniony system bilansowania i kontroli ilości materiałów wystarczającej do konstrukcji jądrowych urządzeń wybuchowych lub do skażenia środowiska.

Wprowadzane są dwa rodzaje systemów kontroli: pierwotny (obecnie funkcjonujący), związany bezpośrednio z wykorzystaniem i składowaniem materiałów jądrowych, oraz wtórny (nadrzędny) obejmujący cały cykl paliwowy – planowany w przyszłości.

Zasadniczym zadaniem bezpośredniego (pierwotnego) systemu kontroli materiałów jądrowych jest okresowe sprawdzanie ich ilości, składu, postaci fizycznej, umiejscowienia oraz ochrona fizyczna, kontrola lokalizacji i przemieszczania. System kontroli pośredniej (wtórnej) związany z cyklem paliwowym umożliwia śledzenie historii

wykorzystania paliwa jądrowego, nie obejmując innych materiałów promieniotwórczych podlegających kontroli bezpośredniej.

2. Bezpośrednia kontrola materiałów jądrowych

Bezpośrednia kontrola materiałów jądrowych jest prowadzona przez utworzoną w czerwcu 1957 r. Międzynarodową Agencję Energii Atomowej (MAEA, ang. IAEA) z siedzibą w Wiedniu, jako jedną z licznych wyspecjalizowanych agend ONZ. Jej podstawowym celem jest prowadzenie i rozwijanie badań nad praktycznym i pokojowym zastosowaniem energii jądrowej, opracowywanie standardów bezpieczeństwa oraz kontrola spełniania warunków **Traktatu o nierozprzestrzenianiu broni jądrowej** (ang. *Non Proliferation Treaty – NPT*). MAEA opracowuje również zalecenia dotyczące ochrony fizycznej materiałów jądrowych, ich transportu i unieszkodliwiania.

Międzynarodowa konwencja o ochronie fizycznej materiałów jądrowych narzuca m.in. kategoryzację materiałów jądrowych, określa warunki transportu, środki przeciwdziałające przemytowi i bezprawnemu handlowi materiałami jądrowymi.

Należy tu podkreślić, że odpowiedzialność za bezpieczeństwo korzystania z materiałów jądrowych spoczywa na państwie, na którego terenie się one znajdują. Traktaty międzynarodowe nakładają na kraje określone obowiązki, jak np. konieczność prowadzenia ewidencji materiałów jądrowych zawierającej informacje o ich rodzaju, ilości i miejscu składowania. Szczegółowe rozwiązania realizujące te zobowiązania leżą w gestii prawa państwowego.

3. Pośrednia kontrola materiałów jądrowych

Wyraźny i stale potęgujący się wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną, mimo wprowadzania technologii

energooszczędnych, powoduje konieczność zwiększania mocy pracujących już elektrowni, budowy nowych, a także poszukiwania całkowicie innych rozwiązań. Jednocześnie narasta presja na oszczędzanie naturalnych zasobów surowców używanych w energetyce – głównie węgla i gazu. Dodatkowym powodem szukania innych rozwiązań jest chęć minimalizacji stopnia uzależnienia od dostawców tych nośników energii. Spowodowało to powstanie wielu organizacji i inicjatyw międzynarodowych poszukujących jak najlepszych rozwiązań w tym zakresie. Szczególnie dynamicznie rozwijają się inicjatywy związane z energetyką jądrową.

Charakterystyczną cechą energetyki jądrowej stanowiącej rozbudowany rodzaj przemysłu jest cykl paliwowy, polegający na zamkniętym obiegu paliwa uranowego, przetwarzanego po wykorzystaniu do postaci umożliwiającej powtórne użycie jego elementów do wytwarzania energii elektrycznej. Proces ten jest przeprowadzany w zakładach stanowiących niezależne i rozproszone obiekty przemysłowe. Cykl paliwowy obejmuje zakłady używające dużych ilości materiałów jądrowych. Zakładów tych jest wiele w krajach o rozwiniętej energetyce jądrowej, a w krajach wprowadzających energetykę jądrową powstają nowe. Wymusza to konieczność ściślejszej kontroli materiałów. Jednym z proponowanych rozwiązań jest ograniczenie liczby zakładów z takim wykorzystaniem już istniejących, by obsługiwały one np. elektrownie w kilku krajach. Pomysł polega na tym, by po wykorzystaniu paliwa jądrowego wracało ono do producenta, który przekazywałby je do zakładów przerobu oraz prowadziłby jego rejestrację i kontrolę.

Propozycja takiego rozwiązania pod nazwą Światowe Partnerstwo Energii Jądrowej (ang. *Global Nuclear Energy Partnership* – GNEP) była częścią prezydenckiego programu jądrowego ogłoszonego w lutym 2006 r. przez Departament Energii Stanów Zjednoczonych i mającego na celu zmniejszenie uzależnienia od zagranicznych dostaw paliw płynnych, przyspieszenie rozwoju gospodarczego i wprowadzenie bezpiecznych, bardziej odpornych na nielegalne działania, nowoczesnych technologii, pozwalających na uzyskanie więcej energii i ograniczenie ilości odpadów. Podstawą takiego działania była tzw. Inicjatywa Zaawansowanego Cyklu Paliwowego (ang. *Advanced Fuel Cycle Initiative* – AFCI) dysponująca znacznymi środkami finansowymi. Propozycję zgłosił Sekretarz ds. Energii Samuel Bodman.

W maju 2007 r. powołano międzynarodową organizację pod nazwą GNEP, zrzeszającą zainteresowane kraje. Członkami założycielami były Stany Zjednoczone, Chiny, Francja, Rosja, Japonia. Są to państwa dysponujące technologią pełnego cyklu paliwowego. Uwagę zwraca początkowy brak zainteresowania Wielkiej Brytanii, zapowiadającej jednak swoje ewentualne przystąpienie do tej organizacji w przyszłości. Podstawowym zastrzeżeniem zgłaszanym przez niektóre państwa oraz MAEA dla takiej

koncepcji rozwoju energetyki jądrowej była obawa przed zwiększeniem ryzyka niekontrolowanego rozprzestrzeniania się broni jądrowej. Z chwilą powołania organizacji międzynarodowej program GNEP przestał być finansowany przez Inicjatywę Zaawansowanego Cyklu Paliwowego.

Ostatecznie uzgodniono, że celem organizacji będzie wspomaganie rozwoju energetyki jądrowej przez promowanie najnowszych technologii przerobu paliwa jądrowego, zminimalizowanie ilości odpadów promieniotwórczych oraz opracowywanie i wprowadzanie nowych metod ich utylizacji, ustanowienie sposobów obsługi przerobu paliwa oraz wzmocnienie i udoskonalenie metod zabezpieczenia materiałów jądrowych zgodnie z traktatem NPT. Działania te powinny ograniczyć poziom zanieczyszczeń powietrza, zmniejszyć emisję gazów cieplarnianych i obniżyć ryzyko niekontrolowanego rozprzestrzeniania broni jądrowej. Taki program rozwoju energetyki jądrowej powinien w bezpieczny sposób prowadzić do zaspokojenia wzrastającego zapotrzebowania na energię elektryczną, a poprzez współpracę z MAEA zmniejszyć ryzyko nielegalnego dostępu do materiałów jądrowych i obniżyć globalne koszty energetyki jądrowej dzięki redukcji kosztów cyklu paliwowego. Dalszym celem byłby rozwój nowoczesnych, tanich, bezpiecznych i dobrze spełniających warunki nieproliferaacji reaktorów, które mogłyby być instalowane w krajach trzeciego świata.

Inicjatywę poparło 25 krajów (w tym Polska), podpisując wstępne porozumienie. Dalszych 31 krajów zgłosiło swoje zainteresowanie, stając się członkami – kandydatami.

W czerwcu 2010 r. na spotkaniu Grupy Sterującej (ang. *Steering Group*) GNEP w Akrze (Ghana) zgodnie z zaleceniami Komitetu Wykonawczego (ang. *Executive Committee*) podjętymi na spotkaniu w Pekinie w październiku 2009 r. postanowiono przekształcić GNEP w nową organizację pod nazwą Międzynarodowe Ramy Współpracy w zakresie Energii Jądrowej (ang. *International Framework for Nuclear Energy Cooperation* – IFNEC).

Przekształcenie było podyktowane koniecznością dostosowania się do nowych potrzeb wynikających z postępu technologicznego oraz szybszego rozprzestrzeniania się energii jądrowej, co wymaga ściślejszej współpracy międzynarodowej. Oprócz nazwy zmieniono nieco strukturę organizacyjną.

Prace IFNEC są obserwowane przez organizacje międzynarodowe, przede wszystkim MAEA, Generation IV International Forum GIF i Euroatom poprzez promowanie działań i udział w zebraniach, konferencjach oraz warsztatach organizowanych przez IFNEC. Oczekiwane jest większe zaangażowanie MAEA w pracach IFNEC. Przystąpienie do organizacji jest dobrowolne. Obecnie do IFNEC należą 63 kraje, a 31 jest obserwatorami.

Naczelną władzą organizacji jest Komitet Wykonawczy, którego członkami są przedstawiciele państw na szczeblu ministerialnym. Komitet powołuje członków Grupy Steru-

jącej zarządzającej pracą organizacji. Obecnie Przewodniczącym Grupy jest przedstawiciel Stanów Zjednoczonych, a jego zastępcami są przedstawiciele Francji, Chin i Japonii. Grupie Sterującej podlegają dwie Grupy Robocze:

I. Grupa Rozwoju Infrastruktury zajmująca się zasobami ludzkimi (specjalistami), szkoleniami, gospodarką (zarządzaniem) odpadami, budową małych reaktorów energetycznych, finansami, włączaniem do współpracy organizacji zrzeszających specjalistów z powyższych dziedzin.

II. Grupa Usług Paliwowych zajmująca się system „wypożyczania” paliwa przez producenta producentom energii i jego zwrotu do przerobu wraz z kontrolą.

Kraje nie mające dotychczas żadnych struktur umożliwiających szybkie wprowadzenie energetyki jądrowej mogą korzystać z wiedzy i doświadczenia krajów członkowskich IFNEC, w szczególności dotyczących rozwoju energetyki jądrowej przy uniknięciu kosztownych inwestycji związanych z cyklem paliwowym, w tym – z zakładami przerobu. Innymi słowy, IFNEC ma stanowić „forum zapewniające szeroką współpracę krajów członkowskich w poszukiwaniu wzajemnych korzyści w wykorzystaniu energii jądrowej do celów pokojowych, zapewniając bezpieczeństwo, ochronę i pomoc w nieprolifracji”.

Celem IFNEC jest zapewnienie bezpieczeństwa rozprzestrzeniania energetyki jądrowej nie tylko poprzez kontrolę materiałów jądrowych, ale również poprzez zapobieganie rozprzestrzeniania technologii, które mogłyby być wykorzystywane do budowy broni jądrowej.

Innym celem IFNEC jest poprawa wydajności cyklu paliwowego. Niektóre ze stosowanych obecnie technologii nie w pełni wykorzystują paliwo jądrowe. Pozostałe w wypalonym paliwie niewykorzystane materiały rozszczepialne mogłyby być po przerobie nadal używane jako źródła energii. Obecnie technologie pozwalają na odzysk uranu i plutonu do powtórnego użycia w reaktorach lekkowodnych, natomiast nie istnieje możliwość przemysłowego odzysku aktywności. Aktualnie wykorzystywane technologie zostały opracowane na potrzeby wojskowe. Światowe zapasy plutonu nadającego się do zastosowań energetycznych przekraczające obecnie 240 ton plutonu są składowane i nie nadają się bezpośrednio do zastosowań militarnych. Uważa się jednak, że mogą być do tych celów użyte i wymagają stałych kontroli. Nowe technologie przerobu paliwa wprowadzające domieszkę innych pierwiastków (uranu, neptunu, ameryku, kiuru) spowodowałyby całkowitą nieprzydatność takiego plutonu do budowy jądrowych środków wybuchowych. Zmiana technologii zmniejszyłaby ilość składowanego plutonu, jak również ilość i objętość odpadów wysokoaktywnych.

Poprawa wydajności cyklu paliwowego propagowana przez IFNEC ma również na celu wprowadzenie ścisłej kontroli materiałów jądrowych w scalonym systemie weryfikacji obejmującym cały cykl paliwowy. Odnosi się to

szczególnie do dwóch najważniejszych procesów tego cyklu, tj. do wzbogacania i przerobu, skupionych zaledwie w kilku ośrodkach na świecie. Ograniczenie ilości kontrolowanych zakładów ułatwia weryfikację materiałów jądrowych, obniżając dodatkowo ogólne koszty energetyki jądrowej. Kontrola materiałów byłaby przeprowadzana przez MAEA.

Przywiązując ogromną wagę do przerobu paliwa, IFNEC proponuje szersze wprowadzenie zmodyfikowanych wersji stosowanej obecnie technologii PUREX. Ponieważ końcowe produkty tych nowych technologii zawierają różne produkty rozpadu („domieszki” aktywności, lantanowców), nadają się one do produkcji paliwa przeznaczonego do reaktorów powielających, pozwalających na lepsze jego wykorzystanie w procesie wytwarzania energii elektrycznej. Jest to kolejny element programu IFNEC popierający badania i rozwój nowej technologii reaktorowej Prędkich Reaktorów Powielających (ang. *Fast Breeder Reactors*). Najbardziej zaawansowane prace nad tą techniką reaktorową są prowadzone we Francji, Japonii, Rosji i Stanach Zjednoczonych.

Kolejnym bardzo ważnym elementem cyklu paliwowego jest utylizacja i przechowywanie odpadów promieniotwórczych. IFNEC popiera wszelkie badania nad opracowaniem i wprowadzaniem nowych technologii utylizacji i przechowywania, ale najważniejszym problemem wynikającym z podstawowych założeń organizacji IFNEC jest ustalenie zasad postępowania z odpadami powstającymi w procesie przerobu paliwa. Podstawową kwestią jest ustalenie, kto jest odpowiedzialny za przechowywanie, a ściślej, do kogo należą powstałe odpady, czy jest to:

- 1) użytkownik, tzn. państwo używające paliwa wyprodukowanego w innym kraju i wysyłające je do przerobu w jeszcze innym kraju – wówczas powstałe odpady musiałyby być przetransportowywane do użytkownika,
- 2) dostawca paliwa, tzn. kraj dostarczający paliwo do użytkownika – wówczas niezależnie od tego, kto przerabia paliwo, odpady wracają do dostawcy,
- 3) kraj, w którym utworzono centralne składowisko (ze względu na najkorzystniejsze warunki np. geologiczne), do którego będą przesyłane odpady pochodzące z kilku zakładów przerobu z innych krajów.

Mimo atrakcyjności omówionych wyżej propozycji, szczególnie dla krajów nie mających rozwiniętego przemysłu jądrowego, propozycja IFNEC budzi wiele sprzeciwów. Jedną z najczęściej podnoszonych kwestii jest spodziewane pogłębienie podziału świata na kraje rozwinięte technologicznie i dodatkowo uprzywilejowane w rozwijaniu nowych technologii oraz kraje korzystające z tych osiągnięć w ograniczonym zakresie, dla których istnieje bariera w rozwoju. Wydaje się, że stoi to w sprzeczności z ideą traktatu NPT, zakładającego równość dostępu do technologii jądrowych i ich wykorzystywania w celach pokojowych. Ponadto podnosi się problem pogłębiania się

ekonomicznej zależności krajów mniej rozwiniętych od państw bogatszych.

Innym problemem jest zapewnienie bezpieczeństwa bardzo licznych i zróżnicowanych transportów (na ogół międzynarodowych) np. świeżego paliwa z zakładów produkcji do oddalonych elektrowni usytuowanych w innych krajach i zwrótny transport wypalonego paliwa do zakładów przerobu w innym państwie.

Wątpliwości budzi też, mimo dobrze rozwiniętego systemu zabezpieczeń (ang. *safeguard*), możliwość unikania kontroli, czemu sprzyja rozproszenie zakładów. Ilość przewożonego paliwa będzie rosła w miarę rozwoju energetyki jądrowej. W związku z tym zwiększa się ryzyko aktów terroryzmu związanych z transportem. Całość wymaga całkowicie nowych regulacji prawnych uwzględniających różne aspekty, np. kwestie własności paliwa, odszkodowań, ochrony radiologicznej, ochrony fizycznej itp.

Większość problemów pojawiła się w chwili umiędzynarodowienia inicjatywy GNEP, która początkowo ukierunkowana była na unowocześnienie programu jądrowego Stanów Zjednoczonych w celu poprawy jego ekonomiczności i zwiększenia bezpieczeństwa, głównie poprzez kontrolę materiałów jądrowych.

Ze względu na to, że w Polsce istnieją już obiekty jądrowe (reaktor doświadczalny, składowisko odpadów niskoaktywnych), uczestnictwo naszego kraju w pracach IFNEC jest bardzo ważne. Jest to instytucja działająca bardzo dynamicznie, organizująca okresowe spotkania i konferencje w krajach członkowskich. Jedną z takich konferencji odbyła się w Warszawie we wrześniu 2011 r. Dyskutowano wówczas nad metodami finansowania energetyki jądrowej i polepszenia jej bezpieczeństwa. W 2014 r. planowane są cztery spotkania w Rumunii, Korei i Jordanii. W Jordanii odbędą się warsztaty dotyczące Małych Reaktorów Modułowych (ang. SMR).

Podstawą kontroli, czy materiały jądrowe są wykorzystywane do celów pokojowych, jest **Traktat o całkowitym zakazie prób jądrowych** (ang. *Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty – CTBTO*). W powiązaniu z NPT traktat ten stanowi podstawę stwierdzenia, czy materiały jądrowe zostały pozyskane w sposób nieuprawniony i czy są wykorzystywane do celów niezgodnych z NPT.

Traktat podpisało początkowo 177 państw. W chwili obecnej obejmuje 183 państwa sygnatariuszy, ratyfikowany zaś został w 162 państwach. By traktat mógł zacząć obowiązywać, konieczna jest jednak ratyfikacja przez wszyst-

kich jego uczestników. Polska ratyfikowała go w maju 1999 r.

W celu realizacji kontroli przestrzegania warunków traktatu powołano międzynarodową instytucję CTBTO, która organizuje Międzynarodowy System Monitorowania (ang. *International Monitoring System – IMS*). Tworzy go sieć 321 stacji pomiarowych i 16 laboratoriów rozmieszczonych po całym świecie w taki sposób, aby pokryły cały obszar, w którym mogłyby być przeprowadzane próby. Rozmieszczenie punktów pomiarowych zostało uzgodnione i zapisane w Aneksie do traktatu. W systemie są wykorzystywane najnowsze technologie, a stacje pomiarowe są stale modernizowane. Stacje monitorowania, z których dane przekazywane są bezpośrednio (połączenia satelitarne) do centrali w Wiedniu, stanowią sieć pierwotną (obecnie 50). Do systemu monitorowania należą także stacje krajowe (obecnie 120), zbierające dane przechowywane w systemach krajowych i udostępniane na żądanie centrali. System 321 stacji pomiarowych IMS obejmuje stacje zbierające dane sejsmiczne (170), hydroakustyczne (11), infradźwiękowe (60) oraz stacje wykrywania radionuklidów (80).

Literatura

1. Dresser J., *Letter to the United States Department of Energy (DOE) concerning GNEP proposal* [squadron13.com/.../ette to DOE.htm](http://squadron13.com/.../ette%20to%20DOE.htm)
2. *Global Nuclear Energy Partnership*, [Wikipedia.org/.../talk:global..Nuclear](http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Nuclear_Energy_Partnership)
3. *International Framework for Nuclear Energy Cooperation (formerly Global Nuclear Energy Partnership)*, <http://www.world-nuclear.org/>
4. Rzymkowski K., *Zabezpieczenie materiału jądrowego przed działaniem terrorystycznym*, *Postępy Techniki Jądrowej*, vol. 51, z. 1, 2008.
5. Rzymkowski K., *Narażenie elektrowni jądrowych na ataki terrorystyczne*, *Materiały Konferencji ENEX Nowa energia SPEKTRUM*, marzec–kwiecień (3–4) 2009.
6. Rzymkowski K., *Międzynarodowy system zabezpieczeń przed rozprzestrzenianiem broni jądrowej SAFEGUARDS*, *Postępy Techniki Jądrowej*, vol. 50, z. 4, 2007.
7. Rzymkowski K., *Kontrola Materiałów Jądrowych*, *Postępy Techniki Jądrowej*, vol. 54, z. 1, 2011.
8. Savage B., *The Global Nuclear Energy Partnership (GNEP) and nonproliferation*, June 2008 JAEA International Forum.
9. *wnn, NUCLEAR POLICIES*, <http://www.world-nuclear-news.org/>

Notka o autorze

Dr inż. **Krzysztof Rzymkowski** – Sekretarz Generalny Stowarzyszenia Ekologów na Rzecz Energii Nuklearnej (SEREN), Ekspert Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej, redaktor naczelny kwartalnika EKOATOM (e-mail: k.rzymkowski@op.pl).

Szanowni Czytelnicy

Zachęcamy do współtworzenia biuletynu
Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna.
Zapraszamy do przesyłania na adres biuletyn@paa.gov.pl
propozycji tematów artykułów, które chcielibyście
Państwo opublikować w biuletynie.

Szczegółowe informacje dla autorów na stronach PAA.

Państwowa Agencja Atomistyki
ul. Krucza 36, 00-522 Warszawa
www.paa.gov.pl