

# TRZY SCENARIUSZE ENERGETYKI JĄDROWEJ W POLSCE

## *Three scenarios for nuclear power in Poland*

Andrzej Mikulski

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono trzy możliwe scenariusze rozwoju energetyki jądrowej w Polsce oparte o duże bloki energetyczne, reaktory wysokotemperaturowe i zintegrowane bloki wodno-ciśnieniowe. Pierwszy jest kontynuacją kierunku określonego w Programie Polskiej Energetyki Jądrowej w 2009 r. wraz z przedstawieniem, co zostało zrealizowane w tym czasie oraz wymogiem weryfikacji tego kierunku. Drugi stanowi nowy kierunek zastosowania reaktorów jądrowych w celach kogeneracyjnych, czyli równoczesnego wytwarzania ciepła technologicznego i energii elektrycznej w nowych i obiecujących konstrukcjach. Natomiast trzeci kierunek stanowią obiekty o zmniejszonej mocy wodno-ciśnieniowych z pomysłem integracji całego obiegu pierwotnego w jednym zbiorniku. Bloki te ze względu na zwiększone bezpieczeństwo eksploatacyjne nie wymagają rozległej strefy bezpieczeństwa i mogłyby być lokalizowane w istniejących elektrowniach w ramach ich modernizacji. Poza tym będą znacznie tańsze i budowane w znacznie krótszym czasie, a umieszczone po kilka w jednej lokalizacji mogą dostarczać moc porównywalną z dużymi blokami jądrowymi.

**Abstract:** The paper presents three potential scenarios for the development of nuclear power in Poland based on: high power PWRs, high temperature reactors and integrated pressurized water cooled reactors. The first scenario is the continuation of the Polish Nuclear Power Program of 2009, supplemented by a short description of what has been achieved already, subject to further confirmation. The second scenario is the new possibility of using nuclear reactors for the cogeneration of technological heat and electricity using new, promising constructions of high temperature gas cooled reactors (HTGR). The third scenario is a construction of lower-power PWRs with an integrated primary loop in the one vessel (iPWR). Due to increased operational safety, such blocks require smaller safety zones and therefore may be localized within refurbished old conventional power plants. Furthermore such blocks are cheaper to produce, faster to construct and, with several located in the same place, can deliver a power comparable to that from existing high power nuclear blocks.

**Słowa kluczowe:** reaktory jądrowe, PPEJ, PWR, HTGR, iPWR

**Keywords:** nuclear reactors, PNPP, PWR, HTGR, iPWR

Liczne wypowiedzi medialne i prasowe w 2017 r. na temat przyszłości energetyki jądrowej w Polsce i zmiany w energetyce jądrowej na świecie od 2009 r. skłaniają do przedstawienia nowych koncepcji w tym zakresie. Temat jest bardziej obszerny niż ten artykuł, ale niech on będzie materiałem wyjściowym do dalszej dyskusji.

Drugie podejście do energetyki jądrowej w Polsce (a może już trzecie licząc tę wstępną przymiarkę z 1956 r. do elektrowni o mocy 200-300 MWe zlokalizowanej w okolicach ujścia rzek Narew i Bug) rozpoczęło się od uchwały rządu w styczniu 2009 r. Stwierdzono w niej wtedy, cytując „W celu zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju oraz uwzględniając rozwój gospodarczy, przygotowany i wdrożony zostanie program polskiej energetyki jądrowej”, a wraz z nią powołano Pełnomocnika Rządu ds. Energetyki Jądrowej w maju tegoż roku. Wtedy też wydawało się, że najlepszym rozwiązaniem będzie budowa dużych bloków

energetycznych o mocy ponad 1000 MWe, gdyż obniża to jednostkowe koszty inwestycyjne i taka moc jest korzystna w lokalizacjach na północy naszego kraju. Od tego czasu, czyli na przestrzeni ostatnich 9 lat, zaszły zmiany w sytuacji energetyki jądrowej na świecie i powinno to moim zdaniem znaleźć odzwierciedlenie w aktualnych planach krajowych. Można wskazać główne przyczyny tych zmian, a mianowicie:

- (1) katastrofa w elektrowni jądrowej Fukushima w 2011 r.,
- (2) systematyczne przedłużanie się czasu budowy pierwszych wodno-ciśnieniowych reaktorów dużej mocy (PWR i BWR) należących do III generacji,
- (3) krystalizowanie się planów budowy modułowych reaktorów małej mocy w kilku krajach.

Zatem chciałbym poddać pod dyskusję trzy (autorskie) scenariusze dotyczące przyszłości energetyki jądrowej w naszym kraju.

## Krótkie przypomnienie

Reaktory wodno-ciśnieniowe III generacji dużej mocy zostały wskazane do realizacji w ramach Programu Polskiej Energetyki Jądrowej (Program PEJ) w 2009 r. W ciągu tych 9 lat zrealizowano następujące prace:

- 1) dokonano zmian w ustawie Prawo atomowe i uchwalono tzw. ustawę inwestycyjną w 2011 r.,
- 2) przeprowadzono postępowania transgraniczne zgodnie z wymogami międzynarodowej Konwencji z Espoo i uzyskano akceptację zainteresowanych krajów,
- 3) zorganizowano pierwsze spotkanie informacyjne ewentualnych dostawców technologii jądrowej, które, obejmowało takie firmy jak: AREVA (obecnie EdF) z Francji, Westinghouse ze Stanów Zjednoczonych Ameryki, GE-Hitachi z Japonii, KEPCO z Korei Południowej, SNC Lavalin z Kanady i CGN z Chin pomijając świadomie Rosatom z Rosji we wrześniu 2009 r., w którym uczestniczyłem z ramienia Państwowej Agencji Atomistyki (dozoru jądrowego),
- 4) zatwierdzono Program PEJ i opublikowano harmonogram budowy, ale nastąpiło to dopiero w styczniu 2014 r. i w konsekwencji przesunięto pierwotnie przewidywany termin uruchomienia pierwszego reaktora z 2020 na 2024 rok,
- 5) wskazano trzy lokalizacje: Żarnowiec, Lubatowo-Kopalino i Gąski, ale ta ostatnia na skutek protestów miejscowej ludności została wycofana,
- 6) uczestniczono w prowadzonych testach odpornościowych (tzw. stress testach) w różnych reaktorach zlokalizowanych w UE po katastrofie w EJ Fukushima w 2011 r.,
- 7) ustalono, że projekt realizowany będzie przez PGE EJ1, spółkę wchodzącą w skład spółki skarbu państwa Polska Grupa Energetyczna, do której z czasem przyłączyły się trzy inne spółki skarbu państwa: ENEA, KGHM i TAURON,
- 8) ustalono, że budowa będzie zrealizowana jako kontrakt zintegrowany i finansowany jako kontrakt różnicowy wzorem Wielkiej Brytanii,
- 9) przeprowadzenie badań środowiskowych powierzono firmie Worley Parsons, która nie wywiązywała się z umowy, co spowodowało jej zerwanie w grudniu 2015 r., a nowe badania od początku rozpoczęła w marcu 2017 r. firma ELBIS (badania będą trwały 24 miesiące),
- 10) dokonano wyboru doradcy technicznego, tzw. inżyniera kontraktu, którym została brytyjska firma Amec Foster Wheeler.

W 2010 r. nastąpiła też aktywizacja krajowego zaplecza naukowo-badawczego, reaktywowano studia

na kierunku energetyka jądrowa w Politechnice Warszawskiej oraz zorganizowano studia podyplomowe w tym zakresie na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie i w Politechnice Gdańskiej. Narodowe Centrum Badań i Rozwoju zarządzało w latach 2011-2015 strategicznym projektem badawczym „Technologie wspomagające rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej”, którego 8 na 10 zadań dotyczyło reaktora jądrowego jaki ma być budowany w Polsce. Projekt został zrealizowany, sprawozdania przyjęte przez NCBR, a nic nie wiadomo o dalszym wykorzystaniu wykonanych prac.

Od momentu powołania w grudniu 2009 r. spółki PGE EJ1 do końca czerwca 2016 r., łączna wartość poniesionych przez nią nakładów finansowych (wydatków) wyniosła ok. 286,3 mln zł, w tym: nakłady inwestycyjne 169,4 mln zł i koszty (generujące wydatki) 116,9 mln zł, jak podano w odpowiedzi na interpelację poselską. Opinię publiczną najbardziej bulwersuje to, że ponoszone są wydatki, a nie widać konkretnej pracy.

## Ostatnie dwa lata

W listopadzie 2015 r. miała miejsce zmiana rządu, powstało Ministerstwo Energii i prace w Departamencie Energii Jądrowej tegoż ministerstwa rozpoczęły się jakby od początku. Zorganizowano szereg wyjazdów na szczeblu ministerialnym do ewentualnych dostawców technologii jądrowej, czyli do: Francji (EdF dawniej AREVA), Stanów Zjednoczonych Ameryki (Westinghouse), Japonii (GE-Hitachi), Korei Południowej (KEPCO), Kanady (SNC Lavalin) i Chin (CGN) pomijając wyjazd do Rosji (Rosatom). Lista ta nie uległa zmianie od pierwszego spotkania informacyjnego we wrześniu 2009 r. Prowadzone są prace nad nowym modelem finansowania tego programu i aktualizowany jego harmonogram. Co prawda po dwóch latach działania rządu można się było spodziewać lepszych rezultatów niż usunięcie z przedstawionego do dyskusji dokumentu „Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju” zdania „Kontynuacja Programu Polskiej Energetyki Jądrowej – przyśpieszenie opóźnionego procesu wdrażania energetyki jądrowej w Polsce” w jego ostatecznej wersji.

Od ponad pół roku słyszymy o przyjęciu programu do końca 2017 r., ale wobec zmiany premiera rządu w połowie grudnia 2017 r. termin ten nie został dotrzymany. Poza tym, skoro dokument strategiczny „Polityka energetyczna Polski do 2050 roku” zostanie zaakceptowany przez rząd do końca tego (2018) roku, to trudno obecnie przewidzieć czy znajdzie się w nim energetyka jądrowa, a jeśli tak to z jakim udziałem w miksie energetycznym.

Uzasadnienie podjęcia Programu PEJ w ciągu ostatnich 8 lat nie uległo zmianie i dotyczy zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju (domknięcie bilansu energii elektrycznej, gdyż nowe bloki węglowe nie będą już budowane) i zaoszczędzenia węgla przeznaczonego na cele energetyczne. Obecnie dodatkowo można wymienić: planowany rozwój elektromobilności i troskę o jakość powietrza (walka ze smogiem) oraz dążenie do spełnienia wymagań narzuconych przez UE w zakresie redukcji emisji dwutlenku węgla, zatem budowa elektrowni jądrowej dużej mocy w sprawdzonej technologii i zgodnie ze światową tendencją powinna się rozpocząć jak najszybciej.

Stwierdzenie to nie stoi w sprzeczności z zarysowaną w dalszej części perspektywą budowy małych reaktorów w dwóch opcjach jako: reaktory wysokotemperaturowe do produkcji ciepła technologicznego i energii elektrycznej w tzw. kogeneracji i zintegrowane reaktory wodno-ciśnieniowe.

### Opcja reaktora wysokotemperaturowego

Zainteresowanie reaktorami wysokotemperaturowymi HTR (lub HTGR) pojawiło się w Polsce kilka lat temu, gdyż w jednym z zadań wspomnianego projektu strategicznego NCBR wykazano korzyść zastosowania reaktora HTR do produkcji ciepła technologicznego w zakładach chemicznych np. przy produkcji nawozów sztucznych. Dalej należy wymienić kierowanie przez NCBJ zadaniem badawczym Nuclear Cogeneration Industrial Initiative (NC2I) w ramach programu Euratom i podpisanie w maju 2016 r. listu intencyjnego z brytyjskim konsorcjum URENCO pracującym nad reaktorem HTGR określonym jako U-Battery. Celem współpracy jest podjęcie przygotowań do budowy w NCBJ w Świerku wysokotemperaturowego badawczego reaktora chłodzonego gazem o mocy cieplnej 10 MWt i elektrycznej 4 MWe. Po uzyskaniu pozytywnych doświadczeń eksploatacyjnych reaktor taki mógłby stanowić podstawę zaprojektowania reaktora przemysłowego o mocy ok. 160 MWt, który jest ostatecznym celem tych prac. Kolejnym krokiem prac nad reaktorem HTR było podpisanie przez NCBJ dwóch porozumień dotyczących współpracy przy budowie reaktora wysokotemperaturowego z amerykańską firmą X-Energy (luty 2017 r.) i japońską Agencją Energii Atomowej (maj 2017 r.). Uwieńczenie tych działań stanowi opublikowanie raportu zespołu doradczego w Ministerstwie Energii rekomendującego budowę w Polsce reaktorów wysokotemperaturowych (styczeń 2018 r.).

Reasumując, należy stwierdzić, że przystąpienie do budowy wysokotemperaturowego reaktora badawczego w Świerku (według jednej z trzech koncepcji: U-Battery, X-Energy i Japan Atomic Energy

Agency) w ścisłej współpracy międzynarodowej (bo nie samodzielnie w kraju) będzie czynnikiem powodującym rozwój polskiej myśli technicznej i budującym elementy nowej, być może przyszłościowej, innowacyjnej technologii jądrowej. Można oczekiwać, że będzie to przedsięwzięcie dochodowe, jeśli nie pojawią nieprzewidziane trudności techniczne i spełnią się przewidywania co do rozwoju tej technologii. Pamiętajmy, że w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku prawie samodzielnie (tylko z zakupem elementów paliwowych) zbudowano reaktor badawczy MARIA, a później wiele elementów elektrowni w Żarnowcu też powstało w kraju, zatem i teraz budowa takiego reaktora badawczego powinna być możliwa.

### Opcja małego reaktora wodno-ciśnieniowego

Koncepcja małych reaktorów wodno-ciśnieniowych rozwijana jest na świecie od 2008 r. równoległe z reaktorami wysokotemperaturowymi. Stanowią one zmniejszenie skali dużych reaktorów wodno-ciśnieniowych poprzez konstrukcyjne zintegrowanie w jednym zbiorniku: rdzenia reaktora, jednej lub kilku wytwornic pary, zastosowanie wewnętrznych pomp głównych lub grawitacyjnej (naturalnej) cyrkulacji wody chłodzącej oraz wyeliminowanie rurociągów obiegu pierwotnego. Konstrukcja umożliwi produkcję wszystkich elementów w fabryce i łatwy transport na miejsce budowy. Reaktory te określa się skrótem iPWR (ang. Integrated Pressurized Water Reactor) to znaczy zintegrowany reaktor wodno-ciśnieniowy i tylko one, z bardzo wielu małych reaktorów modułowych w wykonaniu stacjonarnym zostaną dalej przedstawione.

W najbardziej zaawansowanej fazie znajduje się reaktor doświadczalny CAREM w Argentynie o mocy elektrycznej 25 MWe, którego koncepcja została ogłoszona już w 1984 r. Następnie przeprowadzono wiele badań modelowych chłodzenia grawitacyjnego przed uzyskaniem zgody dozoru jądrowego na rozpoczęcie budowy, co miało miejsce w 2014 r. Oficjalnie uruchomienie reaktora ma nastąpić w przyszłym (2019) roku, ale wobec braku doniesień prasowych o postępie robót jest to dosyć wątpliwe. Reaktor budowany jest z wykorzystaniem w 70% dostaw z lokalnego przemysłu argentyńskiego. W następnej kolejności planowana jest budowa bloku o zwiększonej mocy do 150 MWe po uzyskaniu doświadczeń eksploatacyjnych.

Drugim krajem zainteresowanym tym reaktorem iPWR są Stany Zjednoczone Ameryki. Rozwijany jest tam projekt reaktora firmy NuScale o mocy 50 MWe z przewidywanym umieszczeniem w jednej lokalizacji do 12 takich jednostek, co daje łączną moc

600 MWe. Firma wystąpiła do amerykańskiego urzędu dozoru jądrowego (NRC) o wydanie zezwolenia na budowę w styczniu 2017 r. i oczekuje otrzymania go po ok. 40 miesiącach, zatem budowa w lokalizacji Savannah River (Karolina Płd.) powinna rozpocząć się w 2020 r., a uruchomienie w 2023 r. Firma stara się również o uzyskanie zgody na następną lokalizację w Stanach Zjednoczonych oraz planuje wystąpienie o zgodę na budowę w Wielkiej Brytanii. Drugą konstrukcją jest reaktor Westinghouse SMR o mocy 225 MWe z paliwem opartym o kasety stosowane w reaktorze AP1000, którego projekt został ogłoszony w 2012 r. Niestety prace nad nim zostały wstrzymane w 2012 r. z powodów finansowych, ale ostatnio (2016) firma Westinghouse ogłosiła gotowość realizacji tego projektu wspólnie z rządem i firmami w Wielkiej Brytanii dostarczając projekt koncepcyjny reaktora. Trzecia konstrukcja to reaktor mPower o mocy 195 MWe oferowany przez firmę BWX Technology. Projekt od rozpoczęcia w 2008 r. przechodził różne fazy od przewidywanego uzyskania zezwolenia na budowę w 2018 r. i uruchomienia pierwszych dwóch jednostek w 2022 r. do wstrzymania pracy nad nim w marcu 2017 r.

Trzecim krajem zainteresowanym reaktorem typu iPWR jest Wielka Brytania, gdzie rząd w 2014 r. ogłosił raport o koncepcjach reaktorów SMR dla tego kraju, a w marcu 2016 r. wezwał firmy do złożenia ofert na najlepsze rozwiązanie reaktora SMR z gotowością finansowego wsparcia wybranej propozycji. Swoją gotowość współpracy z firmami brytyjskimi zgłosiły dwie firmy amerykańskie: Westinghouse gotowa do określenia możliwości skrócenia czasu przygotowania budowy reaktora SMR oraz NuScale gotowa do współpracy z partnerami brytyjskimi by jej bloki o mocy 50 MWe były uruchomione w połowie dekadę 2020. Również brytyjska firma Rolls-Royce przedstawiła swoją ofertę reaktora o mocy 220 MWe, który stanowi proste zwiększenie mocy w dotychczas produkowanych reaktorach dla łodzi podwodnych z zachowaniem wszystkich występujących elementów obiegu pierwotnego, a zatem nie jest to reaktor typu iPWR i jest rozwiązaniem wątpliwym z punktu widzenia bezpieczeństwa według dzisiejszych standardów.

Na podobnym etapie rozwoju technicznego znajdują się jeszcze dwie konstrukcje: ACP100 o mocy 125 MWe w Chinach, ale bez konkretnej daty rozpoczęcia budowy i SMART o mocy 100 MWe w Korei Południowej, która uzyskała zezwolenie koreańskiego urzędu dozoru jądrowego już w 2012 r., a w tej chwili rozważana jest budowa pierwszej jednostki w Arabii Saudyjskiej również bez określonej daty jej rozpoczęcia.

Opierając się na przeglądzie małych reaktorów energetycznych publikowanym okresowo przez World Nuclear Association i innych dostępnych informacjach można stwierdzić, że reaktory typu iPWR:

- 1) stanowią istotną alternatywę w stosunku do reaktorów dużej mocy generacji III/III+ pod względem kosztów inwestycyjnych, czasu budowy i zagrożenia dla środowiska (mniejsza gęstość generacji mocy w rdzeniu, mniej materiału rozszczepialnego i umieszczenie reaktora pod ziemią),
- 2) wykorzystują ogromne doświadczenie eksploatacyjne reaktorów wodno-ciśnieniowych,
- 3) pozwalają rozważać, w warunkach krajowych w Polsce, ich lokalizację w istniejących elektrowniach konwencjonalnych po wycofywaniu z eksploatacji jednostek o mocy 200 MW za ok. 15-20 lat (pomysł ten był zaprezentowany w czasie panelu „Energetyka a węgiel — jaka przyszłość” podczas III Kongresu Energetycznego we Wrocławiu w październiku 2017 r.).

Reasumując, należy przystąpić do współpracy w dziedzinie tych reaktorów z wybranym ich producentem i wykorzystać możliwości produkcyjne polskiego przemysłu oraz doświadczenia z udziału polskich firm przy budowach elektrowni jądrowych za granicą.

## Podsumowanie

Rozważając obecnie przyszłość programu energetyki jądrowej w Polsce teraz należy zastanowić się nad tymi trzema kierunkami działania i przymierzyć je do sytuacji w energetyce krajowej, a następnie oczekiwać zdecydowanego działania rządu. Przez ostatnie 9 lat, od 2009 r., zbyt mało działo się na tym polu na skutek przyczyn obiektywnych i zaniedbań organizacyjnych.

Chciałbym, by wizja tych trzech kierunków stała się podstawą dyskusji, by spotkały się one z rzeczowymi argumentami za i przeciw, a nie zniknęły w szumie informacyjnym o ogólnych problemach energetyki w Polsce. Jeśli niemożliwa okaże się ich równoległa realizacja oczywiście w trzech różnych horyzontach czasowych, to należy wybrać dwa lub nawet jeden kierunek i przystąpić do jego energicznej realizacji. Pozostało naprawdę niewiele czasu, by nie narażać na szwank bezpieczeństwa energetycznego kraju pod względem zaopatrzenia w energię elektryczną.

*dr inż. Andrzej Mikulski,  
wieloletni były pracownik IJB i IEA,  
oraz były inspektor dozoru jądrowego w PAA*