

KOMENTARZ

Dr inż. Andrzej P. Sikora*, mgr Mateusz P. Sikora, radca prawny Hubert Wróblewski
Instytut Studiów Energetycznych Sp. z o.o., Warszawa

Wykorzystanie technologii modułowych reaktorów jądrowych (SMR) jako źródła zasilania dla instalacji chemicznych w Polsce

DOI: 10.15199/62.2020.5.1

Odniesienie do ponownego wprowadzania w Polsce energetyki jądrowej pojawiło się w dokumencie „Polityka energetyczna Polski do 2030 roku” (PEP2030), przyjętej przez Radę Ministrów jeszcze 10 listopada 2009 r.¹⁾ Pomimo tego, że dokument ten formalnie przestał obowiązywać^{1*}, w dniu 28 stycznia 2014 r. Rada Ministrów podjęła uchwałę w sprawie Programu Polskiej Energetyki Jądrowej (PPEJ)²⁾. Przewiduje ona wybudowanie na terenie Polski dwóch elektrowni jądrowych o łącznej mocy ok. 6000 MW_{el}¹⁾. Polskie strategiczne dokumenty rządowe nie odnosiły się do wykorzystania technologii modułowych reaktorów jądrowych SMR (*small modular reactor*). Wyjątkiem jest publikowany 13 września 2017 r. raport, który dotyczy możliwości wdrożenia w Polsce³⁾

wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych chłodzonych gazem HTGR (*high-temperature gas-cooled reactor*). Dnia 8 listopada 2019 r. Ministerstwo Energii przedstawiło zaktualizowany i rozszerzony projekt dokumentu „Polityka energetyczna Polski do 2040 r. – strategia rozwoju sektora paliwo-energetycznego” (PEP2040)⁴⁾. Dokument przewiduje uruchomienie pierwszego bloku (o mocy 1000–1500 MW_{el}) w 2033 r.

Dnia 21 października 2019 r. Michał Sołowow, właściciel firmy Synthos, poinformował o podpisanym we wrześniu porozumieniu w sprawie współpracy z amerykańsko-japońskim konsorcjum General Electric Hitachi Nuclear Energy. Założeniem porozumienia jest dostarczenie technologii typu BWRX-300, na bazie której planuje się budowę reaktora wodno-wrzącego o mocy 300 MW_{el}⁵⁾. Należy podkreślić, że mowa tu o *stricte* komercyjnym i biznesowym projekcie, który nie powinien być łączony z planowanym przez zlikwidowane już Ministerstwo Energii i PGE EJ 1^{2*} dużym, konwencjonalnym reaktorem generacji III i III+.

Na świecie jest ponad 56 projektów SMR⁶⁾, które są na bardzo zróżnicowanym poziomie zaawansowania. Realizacja koncepcji BWRX-300

w Polsce, w formule nie państwowej, a komercyjnej inwestycji, mogłaby pozwolić na zupełnie nowe otwarcie i zmienić dotychczasowe postrzeganie energetyki jądrowej w polskim systemie elektroenergetycznym.

Technologia modułowych reaktorów jądrowych (SMR)^{3*}

SMR to idea, która w energetyce jądrowej była formułowana praktycznie od początku, a obecnie przechodzi renesans, głównie ze względu na zmieniające się warunki społeczno-ekonomiczne. SMR to grupa reaktorów, którymi w zależności od definicji są reaktory małe (do 300 MW_{el}) lub średnie (do 700 MW_{el}), a także reaktory modułowe⁶⁾. Określenie „modułowe” interpretowane jest na dwa sposoby. Pierwszy

^{3*} Część artykułu dotycząca technologii i aspektów bezpieczeństwa modułowych reaktorów badawczych powstała, za zgodą Autora, na podstawie rozprawy doktorskiej dr. inż. Mateusza Malickiego pt. „Porównawcze analizy bezpieczeństwa klasycznych oraz małych modułowych elektrowni jądrowych w perspektywie ich zastosowań (*Comparative safety analysis of the classical and small modular nuclear power plants in view of their applications*)”, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Wydział Energetyki i Paliw, Katedra Energetyki Jądrowej, Kraków, styczeń 2019 r.

^{1*} Do momentu pisania tego tekstu nie została zaktualizowana i przyjęta przez Rząd RP „Polityka energetyczna Polski do 2040 roku”, PEP2040.

* Autor do korespondencji:

Instytut Studiów Energetycznych Sp. z o.o.
w Warszawie (ISE), ul. Nowy Świat 60 lok. 9,
00-357 Warszawa, tel.: (22) 629-97-46,
fax: (22) 621-74-88,
e-mail: andrzej.sikora@ise.com.pl

^{2*} To podmiot formalnie nadal odpowiedzialny za budowę pierwszej elektrowni jądrowej.

odnosi się do samego reaktora, który składany jest z kompaktowych modułów, co optymalizuje jego konstrukcję względem klasycznych reaktorów. Przykładem takiego projektu może być UK-SMR firmy Rolls-Royce⁶. Drugim sposobem jest multimodułowy charakter elektrowni, która składa się z wielu małych, wspólnie pracujących reaktorów. Przykładem dla tego rozwiązania jest projekt firmy NuScale, gdzie 12 reaktorów składa się w jedną elektrownię⁶.

Rodzaje reaktorów i różnorodność technologii reaktorów jądrowych

SMR z racji na stopień zaawansowania i różnorodność projektów są trudne do sklasyfikowania. Poszczególne reaktory powinny być postrzegane jako narzędzia do uzyskania konkretnego celu, jak np. modułowa elektrownia jądrowa (NuScale), pojedynczy reaktor małej/średniej mocy (UK-RR, CAREM), kogeneracja jako źródło energii dla przemysłu lub odizolowanych regionów (KLT-40s, BWRX-300). Na obecnym etapie rozwoju technologii niezwykle istotne jest, by pamiętać, że praktycznie każdy projekt jest unikatowy i przeznaczony do dedykowanego zastosowania, dlatego też należy odpowiednio dobrać reaktor (narzędzie) do potrzeb i możliwości inwestora.

Obecnie w energetyce jądrowej obowiązują pojęcia generacji III+ oraz IV. Generacja III+ to reaktory obecnie działające, lecz oparte na pasywnych systemach, niewymagające dodatkowego zasilania lub akcji człowieka do bezpiecznego wyłączenia się w czasie niepożądanych zdarzeń. Te reaktory są powszechnie znane i bazują na sprawdzonych technologiach, przez co ich wdrożenie jest stosunkowo proste. Generacja IV to nowe lub dopiero badane technologie reaktorów (np. reaktory prędkie, wysokotemperaturowe). Projekty te są obiecujące i mogą być wykorzystywane w wielu dziedzinach życia. Niestety, wyzwania jakie stawiają niesprawdzone technologie i rozwiązania powodują, że często ich wdrożenie jest problematyczne mimo zaawansowania projektów.

Najpopularniejszy podział reaktorów w obecnie działającej energetyce jądrowej związany jest z liczbą ich obiegów chłodzenia. Reaktory wodno-ciśnieniowe, popularnie zwane PWR (*pressurized water reactor*), posiadają dwa obiegi wodne: pierwotny, podgrzewany bezpośrednio w rdzeniu reaktora, oraz wtórny, który poprzez wyciornice pary odbiera ciepło z obiegu pierwotnego, tym samym generując i kierując parę na turbinę (działających PWR jest ok. 290)⁷. Wśród SMR reprezentantem tej grupy jest wspomniany NuScale lub UK-SMR. Drugim rodzajem jest reaktor wrzący, tzw. BWR (*boiling water reactor*), który posiada jeden obieg wody podgrzewanej przez rdzeń reaktora. Woda zamieniając się w parę, bezpośrednio

kierowana jest na turbinę (działających BWR jest ok. 70)⁷. Wśród SMR reprezentantem tej grupy jest BWRX-300 (GE Hitachi, USA).

Zaawansowane podejście do optymalizacji tych reaktorów oraz modułowy charakter przyczyniły się do stworzenia dodatkowej grupy zwanej iPWR (*integrated PWR*). Przykładem takiego rozwiązania jest reaktor NuScale (USA). W iPWR poprzez zintegrowanie wszystkich niezbędnych komponentów PWR do jednej transportowalnej kapsuły, zmniejszono liczbę i złożoność wymaganych elementów. Uprościło to konstrukcję reaktora, jednocześnie utrzymując dodatkowy obieg chłodzenia.

Na świecie jest ponad 56 projektów SMR, które są na bardzo zróżnicowanym poziomie zaawansowania. Niemożliwe jest podanie konkretnej liczby, ponieważ branża SMR w ostatnich latach rozwija się niezwykle dynamicznie. Według Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej⁶ SMR dzielą się na podgrupy, takie jak naziemne chłodzone wodą, pływające chłodzone wodą, wysokotemperaturowe chłodzone gazem, reaktory prędkie, reaktory wykorzystujące stopione sole oraz inne. Obecnie najbardziej zaawansowanymi projektami są wybudowany w Chinach, IV generacji, wysokotemperaturowy chłodzony gazem HTR-PM (*high temperature reactor*), reaktor KLT-40s – pływająca elektrownia chłodzona wodą (PWR, skonstruowana w Rosji) oraz dwa naziemne reaktory chłodzone wodą, CAREM (prototyp budowany w Argentynie, iPWR) i NuScale (w trakcie procesu licencjonowania w USA, iPWR). Żaden z nich jeszcze nie działa komercyjnie, ale bazując na poziomie zaawansowania prac, można przypuszczać, że w ciągu najbliższych lat reaktory te zostaną wdrożone i będzie można mówić o nowej gałęzi przemysłu jądrowego na świecie.

Aspekty bezpieczeństwa. Analiza bezpieczeństwa SMR

W kwestii bezpieczeństwa SMR jako innowacyjne koncepcje przedstawiają niezależne i w pełni pasywne projekty reaktorów. W niektórych przypadkach są w stanie bezpiecznie przetrwać bez żadnych akcji ze strony człowieka nawet kilkadziesiąt dni. Z racji na mnogość projektów trudno jest przedstawić szczegółowo wszystkie proponowane rozwiązania, jednak można wyróżnić cechę wspólną dla większości projektów tej rodziny reaktorów.

Pasywne bezpieczeństwo jest koncepcją szeroko wykorzystywaną w projektach reaktorów typu SMR. Skrótowo opisując zagadnienia bezpieczeństwa reaktorów jądrowych, można stwierdzić, że głównym celem jest odbiór ciepła z rdzenia reaktora w każdych warunkach, czyli jego wychłodzenie. Pasywne systemy doskonale wypełniają tę funkcję. Są to m.in. naturalna konwekcja, różnica ciśnień, pojemność cieplna, a także stosunek generowanej mocy do objętości całego układu i pola

wymiany ciepła. SMR oparty na pasywnych systemach jest zaprojektowany tak, by jego wymiary geometryczne oraz moc były proporcjonalne i pozwalały na bezpieczne odebranie ciepła z reaktora w każdej sytuacji. Właśnie na tego typu rozwiązaniach bazują obecnie proponowane SMR generacji III+ i IV. Dodatkowo w projektach reaktorów wysokotemperaturowych generacji IV wykorzystuje się paliwo TRISO, które cechuje wysoka wytrzymałość temperaturowa. Właściwość ta dodatkowo minimalizuje możliwość termicznej degradacji rdzenia. Tego typu rozwiązania zapewniają SMR bezpieczeństwo na najwyższym poziomie niezawodności.

Wyzwania dla SMR

Technologiczne wyzwania SMR zależą każdorazowo od założeń dla analizowanego projektu. Reaktory generacji IV spotykają się z trudnościami wytrzymałościowymi, związanymi z zastosowaniem innowacyjnych materiałów, które wymagają jeszcze dodatkowych badań. Wysoka temperatura lub korozyjne środowisko pracy wymuszają stosowanie wyjątkowo trwałych materiałów, które nie są jeszcze powszechnie dostępne i dopuszczone w formie przemysłowej. Reaktory SMR generacji III+ zmagają się z trudnościami mniej wyrafinowanymi, ponieważ bazują one na sprawdzonej technologii. W tym przypadku problemem jest dostosowanie i zaprojektowanie reaktora tak, aby odpowiadał finansowym i technologicznym oczekiwaniom klienta oraz sprostał wymaganiom legislacyjnym jurysdykcji w miejscu, gdzie ma zostać zaimplementowany.

Dodatkowym wyzwaniem dla obu rodzajanych generacji są prowadzone analizy numeryczne. Analizy te mają udowodnić, że działanie takich systemów będzie wystarczająco efektywne, by spełnić wszystkie niezbędne funkcje bezpieczeństwa. Wspomniane pasywne systemy są wymagające z punktu widzenia tego typu analiz. Problem ten jest związany z dostępnością specjalistycznych kodów i modeli obliczeniowych dostosowanych dla reaktorów SMR. Obecnie wiele narzędzi wykorzystywanych w tych analizach jest dostosowywanych do nowych wymagań, jakie stawiają SMR. Różnorodność projektów utrudnia jednak ten proces, ponieważ niesprawdzone technologie wymagają dodatkowych badań eksperymentalnych, aby można było wystarczająco dobrze przedstawić je w modelach numerycznych. Chodzi tu głównie o badania materiałowe w specyficznych i ekstremalnych warunkach pracy.

Obecnie energetyka jądrowa (jak i każda inna) musi współpracować z odnawialnymi źródłami energii. Wymusza to odpowiednie zaprojektowanie cykli paliwowych i systemów startujących, tak by podążać za zapotrzebowaniem energetycznym w sposób jak

najbardziej efektywny. Innym wyzwaniem stawianym przed SMR jest ich potencjalne wykorzystanie w szeroko pojętej kogeneracji. Energetyka jądrowa obciążona jest wyjątkowo wyśrubowanymi wymogami bezpieczeństwa, które obecnie ograniczają możliwość wybudowania reaktora w pobliżu fabryk czy dużych skupisk ludności. SMR ze względu na wspomniane wcześniej rozwiązania technologiczne mają ambicje znacznie zmniejszyć te ograniczenia, pozwalając tym samym na pracę reaktora w bezpośrednim sąsiedztwie fabryk.

SMR na gruncie prawa polskiego

Małe reaktory modułowe są stosunkowo nowym rozwiązaniem w dziedzinie energetyki jądrowej, dlatego też ustawa Prawo atomowe⁸⁾ (zwana dalej „Prawem atomowym”), jak i ustawa o przygotowaniu i realizacji inwestycji w zakresie obiektów energetyki jądrowej oraz inwestycji towarzyszących⁹⁾ (zwana dalej „ustawą inwestycyjną”) nie zawierają definicji tego typu reaktorów. Z uwagi jednak na analogiczne zasady działania, w opinii autorów, do takich reaktorów będą miały zastosowanie przepisy odnoszące się do konwencjonalnych elektrowni jądrowych. Elektrownie jądrowe są klasyfikowane jako obiekty jądrowe na gruncie Prawa atomowego oraz obiekty energetyki jądrowej na gruncie ustawy inwestycyjnej.

Proces licencjonowania budowy SMR

Ustawy^{8, 9)} są kluczowymi aktami prawnymi w procesie licencjonowania SMR. Prawo atomowe przewiduje konieczność uzyskania 4 rodzajów zezwoleń związanych z poszczególnymi etapami realizacji przedsięwzięcia, tj. budową, rozruchem, eksploatacją oraz likwidacją. Ustawa inwestycyjna mówi o konieczności uzyskania w związku z budową 3 decyzji: (i) decyzji o ustaleniu lokalizacji inwestycji w zakresie budowy obiektu energetyki jądrowej (dalej: „decyzja lokalizacyjna”), (ii) decyzji zasadniczej oraz (iii) pozwolenia na budowę obiektu energetyki jądrowej (dalej: „pozwolenie na budowę”), a każda z nich jest konieczna do uzyskania następnej. Po wybudowaniu należy uzyskać jeszcze pozwolenie, które wydaje wojewódzki inspektor nadzoru budowlanego na podstawie ustawy inwestycyjnej⁹⁾. Poza tym ustawa ta przewiduje możliwość uzyskania zezwoleń i pozwoleń o charakterze fakultatywnym, tj. decyzji o wskazaniu lokalizacji nieruchomości oraz zezwolenia na wejście na teren nieruchomości w przypadku konieczności, wejścia na teren cudzej nieruchomości, jeżeli jest to niezbędne dla przeprowadzenia pomiarów, badań lub innych prac niezbędnych do sporządzenia raportu lokalizacyjnego, na podstawie art. 11

ust. 1, jak również pozwolenie na prace przygotowawcze w myśl art. 17 ust. 1.

Obiekt jądrowy lokalizuje się na terenie, który umożliwi zapewnienie bezpieczeństwa jądrowego, ochrony radiologicznej i ochrony fizycznej podczas rozruchu, eksploatacji i likwidacji tego obiektu, a także przeprowadzenie sprawnego postępowania awaryjnego w przypadku wystąpienia zdarzenia radiacyjnego⁸⁾. Decyzja lokalizacyjna jest wydawana przez właściwego miejscowo wojewodę. W przypadku inwestycji w zakresie budowy obiektu energetyki jądrowej realizowanej na obszarze dwóch lub więcej województw, decyzję o ustaleniu lokalizacji wydaje wojewoda, na którego obszarze właściwości znajduje się największa część nieruchomości przeznaczonych na realizację inwestycji (art. 4 ust. 2 i 3 ustawy⁹⁾). Wniosek o wydanie decyzji poza ogólną charakterystyką inwestycji, wykazem nieruchomości, na których ma być przeprowadzona, załącznikami mapowymi, dokumentami korporacyjnymi inwestora czy opiniami wydanymi przez kilkanaście organów, którym określono 14-dniowe terminy, musi zawierać decyzję o środowiskowych uwarunkowaniach przedsięwzięcia mogącego zawsze znacząco oddziaływać na środowisko wydaną przez Generalnego Dyrektora Ochrony Środowiska zgodnie z ustawą¹⁰⁾ oraz raport lokalizacyjny¹¹⁾ wraz z wyprzedzającą opinią dotyczącą planowanej lokalizacji obiektu wydaną przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki (PAA) (art. 5 ust. 1 ustawy⁹⁾). Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach uzyskana na tym etapie wypełnia wymóg uzyskania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach przed wystąpieniem do Prezesa PAA o zezwolenie na budowę obiektu jądrowego.

Decyzja lokalizacyjna jest wydawana na czas określony nie dłuższy niż 5 lat⁹⁾. Wiąże ona zarówno organy sporządzające studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego oraz miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego, jak również samego wojewodę wydającego pozwolenie na budowę⁹⁾. Decyzja lokalizacyjna jest jednym z obligatoryjnych elementów załączanych do wniosku o wydanie przez ministra właściwego do spraw energii – po uzyskaniu opinii Szefa Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego – decyzji zasadniczej. Oprócz decyzji zasadniczej inwestor dołącza ogólną opinię Prezesa PAA dotyczącą planowanych rozwiązań organizacyjno-technicznych inwestycji, jak również informacje dotyczące planowanej mocy i okresu eksploatacji obiektu energetyki jądrowej, dokumentację potwierdzającą posiadanie środków finansowych niezbędnych dla finalizacji przedsięwzięcia, raport ze studium wykonalności i wstępny plan ochrony fizycznej obiektu. W przypadku inwestorów nie będących spółkami energetycznymi, do uzyskania decyzji zasadniczej konieczne jest

wskazanie podmiotu powiązanego z nim kapitałowo⁴⁾, który w ciągu ostatnich 10 lat prowadził przynajmniej przez 1 rok eksploatację bloków energetycznych o łącznej mocy zainstalowanej co najmniej 1000 MW_{el}, w tym przynajmniej jednego bloku energetycznego o mocy zainstalowanej wynoszącej co najmniej 200 MW_{el}⁹⁾.

Decyzja zasadnicza jest obok zezwolenia Prezesa PAA na budowę obiektu jądrowego dołączana do wniosku o wydanie przez wojewodę pozwolenia na budowę. Na wydanie przez Prezesa PAA decyzji o zezwoleniu na budowę ustawodawca przewidział 24 miesiące⁸⁾. Budowa jest prowadzona z zachowaniem wymogów bezpieczeństwa jądrowego, ochrony radiologicznej, ochrony fizycznej oraz zabezpieczeń materiałów jądrowych. Do wniosku o wydanie decyzji dołącza się dokumenty wynikające z rozporządzenia¹³⁾, m.in. wstępny raport bezpieczeństwa wraz z jego wersją skróconą, raporty źródłowe z probabilistycznych analiz bezpieczeństwa dla poziomu 1 i 2 (zgodnie z rozporządzeniem¹⁴⁾), wykaz i charakterystykę zawartości dokumentacji projektu technicznego obiektu oraz wykaz i charakterystykę elementów jego wyposażenia, dokumentację dotyczącą klasyfikacji bezpieczeństwa systemów oraz elementów konstrukcji i wyposażenia obiektu jądrowego, mających istotne znaczenie ze względu na bezpieczeństwo jądrowe i ochronę radiologiczną, dokumentację opisującą zintegrowany system zarządzania, program likwidacji, opinię Komisji Europejskiej, wydaną na podstawie art. 43 Traktatu ustanawiającego Europejską Wspólnotę Energii Atomowej (Euratom)⁵⁾, harmonogram budowy, program ochrony fizycznej obiektu i materiałów jądrowych, dokumentację potwierdzającą dysponowanie przez wnioskodawcę adekwatnymi środkami finansowymi czy informacje o będących w fazie budowy lub eksploatacji referencyjnych obiektach jądrowych, wraz z opisem istotnych różnic pomiędzy obiektami referencyjnymi a obiektem, którego dotyczy wniosek.

Decyzja w sprawie pozwolenia na budowę podlega natychmiastowemu wykonaniu⁹⁾. Sądy administracyjne są związane terminami rozpatrywania skarg na decyzje, o których mowa

⁴⁾ Zgodnie z ustawą¹²⁾ spółką powiazaną jest spółka kapitałowa, w której inna spółka handlowa albo spółdzielnia dysponuje bezpośrednio lub pośrednio co najmniej 20% głosów na zgromadzeniu wspólników albo na walnym zgromadzeniu, także jako zastawnik lub użytkownik, albo na podstawie porozumień z innymi osobami lub która posiada bezpośrednio co najmniej 20% udziałów albo akcji w innej spółce kapitałowej.

⁵⁾ Zgodnie z art. 43 Traktatu ustanawiającego Europejską Wspólnotę Energii Atomowej Komisja Europejska omawia z osobami lub przedsiębiorstwami wszystkie aspekty projektów inwestycyjnych związane z celami Traktatu.

w ustawie inwestycyjnej. Są one rozpatrywane przez wojewódzkie sądy administracyjne w terminie 30 dni od dnia otrzymania akt wraz z odpowiedzią, a jeżeli chodzi o skargi kasacyjne termin ten wynosi 2 miesiące od wniesienia⁹⁾.

Jeżeli jednak w toku budowy obiektu jądrowego powstanie konieczność dokonania odstępstwa od wymagań zawartych w zezwoleniu wydanym przez Prezesa PAA, odstępstwo wymaga uzyskania zgody Prezesa Agencji, w przypadku gdy odstępstwo ma wpływ na bezpieczeństwo jądrowe, ochronę radiologiczną, ochronę fizyczną lub zabezpieczenia materiałów jądrowych, ewentualnie uprzedniego poinformowania Prezesa PAA w przypadku innych odstępstw⁸⁾.

Wyzwania prawne dla SMR

Nowelizując Prawo atomowe oraz wprowadzając ustawę inwestycyjną, legislator nie zakładał możliwości, że taką instalacją może zainteresować się podmiot niepaństwowy. Nie oznacza to jednak, że aktualny proces nie mógłby zostać przeprowadzony przez podmiot prywatny, jakim jest Synthos. Wystąpienie z takim wnioskiem lub propozycją byłoby dla wszystkich zaangażowanych instytucji wyzwaniem. Nie wchodząc w polemikę z obowiązującym stanem prawnym, należy skupić się na wybranych aspektach, które mogą stanowić swoistą barierę administracyjną.

Prawo atomowe zakłada, że „[...] w projekcie i procesie budowy obiektu jądrowego nie stosuje się rozwiązań i technologii, które nie zostały sprawdzone w praktyce w obiektach jądrowych lub za pomocą prób, badań oraz analiz⁷⁸⁾. SMR pozostają nadal w fazie projektu. Najbliższe ukończenia procesu licencjonowania jest obecnie projekt firmy NuScale, który przechodzi taką procedurę w Amerykańskiej Komisji Dozoru Jądrowego NCR (U.S. Nuclear Regulatory Commission). Natomiast BWRX-300 znajduje się aktualnie w tzw. *pre-licensing vendor design review* przeprowadzanej przez kanadyjski dozór jądrowy CNSC (Canadian Nuclear Safety Commission)¹⁵⁾. Celem jest wstępna ocena zgodności z wymogami prawnymi oraz ocena potencjalnych przeszkód, jakie mogą wystąpić w procesie licencjonowania. Zainteresowany wnioskodawca musiałby więc w polskim procesie licencjonowania wykazać sprawdzenie wybranej technologii za pomocą badań i analiz. Jest to oczywiście możliwe do zrealizowania, lecz istnieje wspomniany już problem związany z dostępnością specjalistycznych kodów i modeli obliczeniowych dostosowanych do reaktorów SMR. Należy zakładać, że dostawca technologii, projektując taki reaktor, dysponuje takimi kodami, z których będzie mógł skorzystać zainteresowany nabywca technologii.

Rozporządzenie lokalizacyjne¹⁶⁾ z 2012 r. w paragrafie 5 zakłada, że „Teren nie może być uznany za spełniający wymogi lokalizacji

na nim obiektu jądrowego, w przypadku gdy występuje [...] (punkt 9) w odległości mogącej wpływać negatywnie na bezpieczeństwo jądrowe obiektu jądrowego znajdującego się: (b) zakład mogący oddziaływać na obiekt jądrowy chemicznie, biologicznie lub mechanicznie⁷⁷⁾. W obecnym zapisie prawo reguluje możliwość budowy obiektu jądrowego na terenie zakładu z instalacją chemiczną. Wnioskodawca musiałby wykazać, że instalacja, przy której byłaby planowana budowa nie będzie oddziaływała na obiekt jądrowy. Nie można wykluczyć, że wnioskodawca mógłby wskazać lokalizację nieznacznie oddaloną od instalacji, spełniającą wymogi rozporządzenia i przesyłać wytworzoną energię elektryczną przez sieć do instalacji.

Bez wątpienia, największym wyzwaniem dla zainteresowanego, potencjalnego inwestora nie będącego spółką energetyczną będzie już wspomniany wymóg ubiegania się o decyzję zasadniczą ze wskazaniem podmiotu powiązanego z nim kapitałowo¹²⁾, który w ciągu ostatnich 10 lat prowadził przynajmniej przez 1 rok eksploatację bloków energetycznych o łącznej mocy zainstalowanej wynoszącej co najmniej 1000 MW_{el}, w tym przynajmniej jednego bloku energetycznego o mocy zainstalowanej wynoszącej co najmniej 200 MW_{el}⁹⁾. Można zakładać, że wypełnieniem wymogu będzie powiązanie kapitałowo wnioskodawcy z podmiotem dysponującym wiedzą oraz doświadczeniem z eksploatacji konwencjonalnych elektrowni (opartych na węglu lub gazie ziemnym).

Przy ewentualnym braku zainteresowania polskich spółek energetycznych nie można wykluczyć, że zainteresowany budową SMR wnioskodawca nie skorzystałby z podmiotu zagranicznego. Prawo nie precyzuje, czy eksploatacja ma mieć miejsce na terenie Polski czy nawet Unii Europejskiej, co znacznie ułatwia znalezienie potencjalnego partnera. Nie można także wykluczyć, że np. samo GE Hitachi nie zechciałoby być częścią takiego projektu.

Zastosowanie SMR dla instalacji przemysłowych w Polsce (Synthos, Azoty, Orlen/Lotos)

Polska energetyka oparta jest ciągle na węglu. Także planowane nowe bloki w Puławach (komunikat z 25 września 2019 r.)¹⁷⁾ i Kędzierzynie Koźlu miały być wybudowane z zastosowaniem instalacji węglowych. Według danych spółki (komunikat z 5 września 2019 r.) Grupa Azoty ZAK SA przystąpiła do realizacji kluczowego projektu mającego zapewnić bezpieczeństwo energetyczne Spółki i mieszkańców Kędzierzyna-Koźla. Nowa koncepcja stanowi efektywną alternatywę dla planowanej realizacji II etapu elektrociepłowni, która zakładała budowę kolejnego kotła węglowego. Jej kluczowym elementem będzie wykorzystanie ciepła procesowego pochodzącego z instalacji chemicznych, co stanowi rozwiązanie bardziej

ekonomiczne i ekologiczne. Ukończenie zadania, które ma strategiczne znaczenie dla zakładów i społeczności lokalnej, planowane jest w 2021 r. Rozwiązanie pozwala na wykorzystanie energii cieplnej pochodzącej z procesu produkcji amoniaku do wytwarzania mediów energetycznych i energii elektrycznej. Umożliwi to rezygnację z budowy kolejnego kotła węglowego. Według komunikatu spółki „[...] Synthos Dwory podpisał 15 listopada 2019 r. porozumienie z konsorcjum Siemens o wyłącznej negocjacji warunków budowy elektrociepłowni gazowo-parowej na terenie zakładów chemicznych Synthos Dwory w Oświęcimiu. Realizacja kontraktu w formule „pod klucz” ma się rozpocząć w I kw. 2020 r., a blok ma trafić do eksploatacji w 2022 r. Nowy blok gazowo-parowy ma zabezpieczyć w dużej mierze potrzeby energetyczne zakładów chemicznych Synthos Dwory i dostosuje istniejącą elektrociepłownię do przyszłych wymagań w zakresie ochrony środowiska. Blok ma mieć sprawność wytwarzania energii powyżej 85% i ma wykorzystywać turbinę gazową SGT-800, która umożliwi spalanie szerokiego spektrum paliw gazowych, w tym m.in. paliwa o wysokiej zawartości wodoru. [...] Jednocześnie ze względu na kończące się pozwolenia na eksploatację dwóch kotłów węglowych Synthos podjął decyzję, że dostosuje na okres przejściowy, przed uruchomieniem bloku gazowego, jeden z istniejących kotłów do spalania gazu ziemnego. Chcąc zapewnić paliwo dla tego kotła, w sierpniu br. Synthos podpisał z PGNiG Obrót Detaliczny umowę, na podstawie której ma do końca 2021 r. odebrać ok. 8,2 tys. t skroplonego gazu ziemnego (LNG). Skroplony gaz będzie dostarczany autocysternami i po regazyfikacji będzie spalany w zmodyfikowanym kotle nr 4. Docelowo, po zwiększeniu ilości gazu sieciowego w rejonie Oświęcimia i włączeniu nowego bloku gazowo-parowego, kocioł ten będzie spełniał rolę kotła szczytowego¹⁸⁾. Jak widać obecnie nawet energetyka gazowa w Polsce ciągle jest w powijakach i nie ma zbyt wielu inwestorów chcących włączyć się w dynamiczny rozwój tego sektora. Sytuację mogłoby zmienić przyjęcie przez rząd nowej polityki energetycznej państwa, uwzględniającej długofalowe kierunki rozwoju gospodarczego, w tym politykę klimatyczną. Poza PKN Orlen, który w ostatnich latach rozbudowywał energetykę z wykorzystaniem gazu ziemnego i ostatnich informacji o budowie bloku gazowego w firmie Synthos nie widać szans na zmiany fundamentalne. A takich fundamentalnych zmian potrzeba nie tylko dla gazu ziemnego w chemii, ale i dla potencjalnej energetyki jądrowej.

Potencjalni odbiorcy technologii w Polsce

Dziś poza anonsem spółki Synthos nie widać odbiorców tej technologii. Ryzyko administracyjne jest bardzo wysokie, a czas implementacji liczony w latach (nie 2–3, ale pewnie w 7–10)

jest barierą, na którą polski przemysł chemiczny nie może sobie pozwolić. Wielką barierą jest również poziom wymaganej inwestycji liczony wstępnie na 1 mld USD. Aby mieć porównanie tej wielkości, to najważniejsze inwestycje w polskiej chemii w latach 2015–2019 zamknęły się łączną kwotą ok. 4,7 mld zł¹⁹⁾. I pewnie dużo łatwiej znaleźć będzie źródło finansowania dla nowoczesnej technologii jądrowej niż dla węgla (czy szerzej paliw kopalnych), ale w dalszym ciągu jest to jednak pieśń przyszłości.

Obecnie wykorzystywane źródła energii

W tabeli zestawiono 10 największych zakładów chemicznych w Polsce z zainstalowaną mocą termiczną. Już nawet pobieżna analiza tych danych pokazuje, że po przeprowadzonych modernizacjach żaden z wymienionych zakładów nie wydaje się być zainteresowany rozpoczęciem nowego projektu jądrowego, nowej technologii, której implementacji trudno spodziewać się w krótszym okresie.

Tabela. Moc termiczna zainstalowana w polskich zakładach chemicznych

Nazwa	Moc, MW _t	Paliwo
PKN Orlen SA	2140	gaz ziemny, pozostałości gazów rafineryjnych
Grupa Azoty ZA Puławy SA	855	węgiel kamienny
Anwil SA (Grupa Orlen SA)	580	gaz ziemny
Grupa Azoty ZCh Police SA	356	węgiel kamienny
Kwidzyn Sp. z o.o. International Paper	531	węgiel kamienny
Grupa Lotos SA	518	gaz ziemny, pozostałości gazów rafineryjnych
Grupa Azoty ZA w Tarnowie-Mościcach SA	630	węgiel kamienny
Grupa Azoty ZAK SA	395	węgiel kamienny
PCC Rokita	160	węgiel kamienny
Rafineria Trzebinia SA	88	pozostałości gazów rafineryjnych, gaz ziemny

Wyzwania

Największym wyzwaniem wydają się być, poza wyżej opisanymi, założenia polskiej polityki energetycznej, które są niedopasowane do obecnych warunków. To rolę państwa jest właściwie zdefiniowanie gospodarki, żeby odpowiedzieć na pytanie, jak ma wyglądać polityka energetyczna. To ona jest krwiobiegiem gospodarki, z której będzie wynikała polityka energetyczna i działania na dłuższą perspektywę uzgodnione na pokolenia. Nie powinno się tego zmieniać, w zależności od której strony zawieje wiatr. Polska nie ma modelu gospodarczego, modelu energetycznego, czyli narzędzia, na podstawie którego można robić prognozy. Stąd trudno dziwić się, że obok państwa pojawiają się inicjatywy firm prywatnych.

Podsumowanie

Technologie SMR są dziś rozwijane na całym świecie i są tak projektowane, by

w każdej sytuacji zagwarantować pasywne bezpieczeństwo. Możliwości, jakie daje wykorzystanie tej technologii zmieniają dotychczasowe postrzeżenie energetyki jądrowej, także w Polsce. Zastępowanie wyeksploatowanych kotłów węglowych modułowymi reaktorami lub wykorzystanie ich przy zakładach przemysłowych jako źródła zasilania dawałoby ich właścicielom dostęp do niskoemisyjnej energii.

Podpisanie porozumienia przez Michała Solowowa, prywatną firmę Synthos, i planowanie współpracy z General Electric Hitachi Nuclear Energy w celu dostarczenia technologii typu BWRX-300 to znacząca zmiana w polskim postrzeganiu budowania zaplecza jądrowego. Dotychczas mówiono przecież, że energetyka jądrowa w Polsce zarezerwowana jest dla państwa lub państwowych koncernów. Komercyjny i biznesowy projekt, który nie łączyłby się z decyzjami politycznymi można na razie nazywać ciekawą wizją z potencjałem do realizacji. Nie można zakładać, że prywatny wnioskodawca nie mógłby przejść wymaganego prawem procesu licencjonowania. Wymagałoby to,

- [3] M. Sikora, *Biul. Bezp. Jądrowe Ochrona Radiol.* 2016, nr 4, 35, http://www.paa.gov.pl/paa/web/uploads/pub/pages/page_160/text_images/Biuletyn16_4-final.pdf.
- [4] Anonim, *Zaktualizowany projekt Polityki energetycznej Polski do 2040 r.*, <https://www.gov.pl/web/aktywa-panstwowe/polityka-energetyczna-polski-do-2040-r-zapraszamy-do-konsultacji1>, dostęp 8 listopada 2019 r.
- [5] Anonim, *Amerykanie stawiają na Solowowa w atomie*, <https://energia.rp.pl/energetyka-zawodowa/energia-jadrowa/18808-amerykanie-stawiaja-na-solowowa-w-atomie>, dostęp 21 października 2019 r.
- [6] Advances in small modular reactor technology, Supplement to: IAEA Advanced Reactors Information System (ARIS), 2018.
- [7] <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/nuclear-power-reactors.aspx>, dostęp 26 listopada 2019 r.
- [8] Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r., Prawo atomowe, *Dz. U.* 2019, poz. 1792.
- [9] Ustawa z dnia 29 czerwca 2011 r. o przygotowaniu i realizacji inwestycji w zakresie obiektów energetyki jądrowej oraz inwestycji towarzyszących, *Dz. U.* 2018, poz. 1537 ze zm.
- [10] Ustawa 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.* 2018, poz. 2081.
- [11] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 sierpnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu przeprowadzania oceny terenu przeznaczonego pod lokalizację obiektu jądrowego, przypadków wykluczających możliwość uznania terenu za spełniający wymogi lokalizacji obiektu jądrowego oraz w sprawie wymagań dotyczących raportu lokalizacyjnego dla obiektu jądrowego, *Dz. U.* 2012, poz. 1025.
- [12] Ustawa z dnia 15 września 2000 r. Kodeks spółek handlowych, *Dz. U.* 2019, poz. 505 ze zm.
- [13] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 czerwca 2015 r. w sprawie dokumentów wymaganych przy składaniu wniosku o wydanie zezwolenia na wykonywanie działalności związanej z narażeniem na działanie promieniowania jonizującego albo przy zgłoszeniu wykonywania tej działalności, *Dz. U.* 2015, poz. 1355.
- [14] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 31 sierpnia 2012 r. w sprawie zakresu i sposobu przeprowadzania analiz bezpieczeństwa przeprowadzanych przed wystąpieniem z wnioskiem o wydanie zezwolenia na budowę obiektu jądrowego, oraz zakresu wstępnego raportu bezpieczeństwa dla obiektu jądrowego, *Dz. U.* 2012, poz. 1043.
- [15] Anonim, *Canadian pre-licensing review starts for BWRX-300*, world-nuclear-news.org/Articles/Canadian-pre-licensing-review-starts-for-BWRX-300, dostęp 22 listopada 2019 r.
- [16] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 sierpnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu przeprowadzania oceny terenu przeznaczonego pod lokalizację obiektu jądrowego, przypadków wykluczających możliwość uznania terenu za spełniający wymogi lokalizacji obiektu jądrowego oraz w sprawie wymagań dotyczących raportu lokalizacyjnego dla obiektu jądrowego, *Dz. U.* 2012, poz. 1025.
- [17] <https://www.money.pl/gielda/komunikaty/6428334662326401.html>, dostęp 23 listopada 2019 r.
- [18] <https://www.cire.pl/item,189385,1,0,0,0,0,synthos-blizej-wyboru-partnera-dobudowy-bloku-gazowo-parowego.html>, dostęp 23 listopada 2019 r.
- [19] J. Polaczek, T. Zieliński, *Przem. Chem.* 2019, **98**, nr 5, 672.
- [20] R. Biały, P. Janusz, M. Łaciak, T. Olkusi, M. Ruszel, A. Szurlej, *E3S Web Conferences* 2019, **108**, art. 02014; https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/34/e3sconf_ef18_02014.pdf

Otrzymano: 30-11-2019

LITERATURA

- [1] M. Sikora, *Biul. Bezp. Jądrowe Ochrona Radiol.* 2018, nr 4, 20, http://www.paa.gov.pl/portal/download/file_id/317.html.
- [2] Uchwała nr 15/2014 Rady Ministrów z dnia 28 stycznia 2014 r. w sprawie programu wieloletniego pod nazwą „Program polskiej energetyki jądrowej”, *M. P.* 2014, poz. 502.