



12.05.2021

Dr inż. Krzysztof Rzymkowski

Kryteria wyboru dostawcy reaktora do polskiej elektrowni

Reactor supplier for Polish nuclear power plant choice criteria

Streszczenie: W opracowaniu przedstawiono poza techniczne kryteria wyboru dostawcy technologii jądrowej dla polskiej energetyki

Abstract: The article present other than strictly technical choice criteria for choosing nuclear technology supplier

Ochroną klimatu i wymiana przestarzałych i wyeksploatowanych elektrowni węglowych spowodowała konieczność unowocześnienia całego polskiego systemu energetycznego, a zatem powrót do koncepcji budowy elektrowni jądrowych. Przygotowanie do rozpoczęcia budowy tego rodzaju obiektu trwają zwykle kilka lat. Pierwsza na świecie elektrownia jądrowa powstała w 1954 roku w Obnińsku (ZSRR) przy okazji realizacji wojskowego programu jądrowego. W Japonii mimo, że była krajem, który bezpośrednio doświadczył ogromnej siły niszczącej energii jądrowej zdecydowano się w roku 1954 na rozpoczęcie wdrażania kompleksowego długoterminowego programu badań, rozwoju i wykorzystania energii jądrowej. Od roku 1955 wdrożono Japońskie prawo atomowe. W roku 1956 powołano Komisję Energii Atomowej której zadaniem była realizacja opracowanego programu i promowanie energetyki jądrowej. Pierwszy energetyczny reaktor jądrowy importowany z Wielkiej Brytanii był uruchomiony w lipcu 1960. Po pomyślnym uruchomieniu pierwszego reaktora rozpoczęto budowę reaktorów lekkowodnych ciśnieniowych (PWR) i wrzących (BWR). Pierwsze trzy w pełni komercyjne reaktory uruchomiono w 1970 r. To tempo budowy elektrowni jądrowych utrzymywało się do katastrofy Fukushima w roku 2011. Przykładem szybkiej realizacji budowy energetyki jądrowej są Emiraty Arabskie, które zakupiły w 2011 roku 4 reaktory lekkowodne w Korei Południowej. Budowę pierwszego rozpoczęto w 2012 roku i go uruchomiono w 2020 kolejne będą sukcesywnie uruchamiane w kolejnych latach.

W Polsce ponownie jest planowana budowa elektrowni jądrowej. Historia polskiej energetyki jądrowej jest bardzo złożona. Początkowo w celu koordynacji prac w zakresie techniki jądrowej prowadzonych w różnych resortach w 1956 r. powołano urząd Pełnomocnika Rządu ds. Wykorzystania Energii Jądrowej, który po wielu latach przekształcił się Polską Agencją Atomową. W latach siedemdziesiątych powstało polskie prawo atomowe.

W roku 1971 Prezydium Rządu podjęło decyzję o budowie elektrowni jądrowej i w 1974 r. podpisano umowę o współpracy z ZSRR. Budowę pierwszych dwóch bloków (typu WWER - 440) rozpoczęto w 1982 roku i przerwano w 1990. W 2005 powstał dokument *Polityka energetyczna Polski do 2025 roku.*, w którym zapowiedziano dyskusję o budowie energetyki jądrowej. W 2009 powołano urząd pełnomocnika d/s budowy elektrowni jądrowej którego obowiązki przejęło Ministerstwo Energii. Rozpoczęto prace nad wyborem lokalizacji i badań środowiskowych których wyniki mają być przedstawione w 2021. Obecnie jesteśmy na wstępnym etapie wyboru dostawcy podstawowego elementu elektrowni tj. reaktora.

Ponieważ budowa elektrowni atomowej jest strategiczną inwestycją dla bezpieczeństwa energetycznego państwa wybór odpowiedniej technologii budowy reaktora i jego dostawcy są niezwykle ważne. W przyjętym w roku 2014 *Programie Polskiej Energetyki Jądrowej* przedstawiono wstępne wymagania jakie powinien spełniać dostawca reaktora. Podstawowym warunkiem, jest dojrzałość technologii i doświadczenia z budowy i eksploatacji bloków oferowanego typu. W celu obniżenia kosztów budowy i eksploatacji wszystkich planowanych elektrowni w Programie PEJ elektrowni jądrowych przewiduje się ujednolicenie technologii reaktorowej zapewniając tym powtarzalność projektów, wykorzystanie doświadczeń zdobywanych przy budowie kolejnych bloków, niższe ceny urządzeń, wyposażenia i części zamiennych, niższe koszty szkolenia załóg i pracowników firm remontowych. Przewidywany jest również wzrastający udział polskich przedsiębiorstw, większy zakres transferu technologii do polskiej gospodarki i szybsza budowa elektrowni, a w dalszej przyszłości powstanie zakładów przemysłu jądrowego np. zakładów produkcji zestawów paliwowych, zwiększając tym bezpieczeństwo energetyczne kraju. Wybór dostawcy - wykonawcy wprowadzi w energetyce pewien rodzaj standaryzacji. Dobrze by było, by nie odbiegała ona zbyt wyraźnie od obecnych uregulowań, szczególnie od standardów europejskich. Należy się spodziewać, że wybrany zagraniczny dostawca będzie jednocześnie współinwestorem, ułatwiającym pozyskanie atrakcyjnych kosztowo kredytów eksportowych i innych źródeł kapitału i wniesie swoje doświadczenie w budowie i eksploatacji elektrowni. Przy wyborze dostawcy, a właściwie partnera biznesowego konieczne jest utworzenie odpowiedniego modelu biznesowego, w tym struktury finansowania. Ważne by rząd miał wpływ na określenie jasnego podziału ryzyka między stronami realizującymi budowę (ze strony rządu wsparcie polityczne i zapewnienie odpowiednich regulacji prawnych), a ze strony wykonawcy projektowanie, dostawę, budowę, rozruch, przekazanie do eksploatacji całości obiektu. Dostawca wybranego modelu reaktora, może przy tych założeniach liczyć na stabilną wieloletnią współpracę, szczególnie w przypadku rozwijania projektu modernizacji systemu energetycznego.

Zwykle przy zakupie jakiegoś obiektu lub usługi podstawowym kryterium przy wyborze najkorzystniejszej oferty jest cena przedmiotu transakcji lub całkowity koszt usługi, której nie można w całości wyczerpująco zdefiniować. W przypadku wyboru najkorzystniejszej oferty technologii reaktora jądrowego trzeba uwzględnić oprócz ceny i kosztów szereg dodatkowych parametrów przede wszystkim parametry techniczne, jakość wykonania, doświadczenie wykonawcy w budowie i eksploatacji reaktorów, innowacyjność, serwis, zapewnienie bezpieczeństwa pracy reaktora, aspekty środowiskowe, gwarancje techniczne, szkolenie pracowników, dostosowanie do norm europejskich. Innymi równie ważnymi elementami są koszty eksploatacji, przygotowanie akceptacji społecznej, organizacja pracy z uwzględnieniem wykorzystania specjalistów krajowych, kwalifikacje zawodowe i doświadczenie osób wyznaczonych do realizacji zamówienia itp.

Przy negocjacjach należy zwrócić uwagę na elementy mające czasem istotny wpływ na cenę kontraktu np. możliwości skrócenia terminu wykonania kontraktu, wydłużenie czasu gwarancji ubezpieczenia. Szczególnie ważna jest znajomość miejscowych warunków realizacji inwestycji, wymagań władz samorządowych, lokalnych instytucji, znajomość przez kontrahenta polskich przepisów i warunków techniczno-budowlanych, sposobów zatrudnienia polskich pracowników i ich bezpieczeństwa. Należy podkreślić, że wszystkie warunki powinny być sformułowane w ofercie przetargowej, tak by zapewnić realizację kontraktu przez jednego wykonawcę by uniknąć ryzyka niepowodzenia wynikającego np. z różnic organizacyjnych i rozwiązań technicznych. W umowie powinno się przewidzieć szkolenie operatorów elektrowni odpowiedzialnych za eksploatację, bezpieczeństwo, inwentarz materiałów jądrowych itp.

Wyboru należy dokonywać ze świadomością, że jest to wprowadzenie nowej technologii i nowych standardów na wiele lat. Czas pracy reaktora – elektrowni jądrowej jest przewidywany na trzy pokolenia tzn. 80 lat (z możliwością przedłużenia). Przez ten czas powinna być zapewniona ścisła współpraca z kontrahentem tworząca silne więzy gospodarcze. Wybrana konstrukcja reaktora musi spełniać warunki najlepiej zapewniające wymagania bezpieczeństwa, klimatyczne i środowiskowe oraz ekonomiczne dostosowane do warunków polskich.

Światowy rynek energetyki jądrowej jest obecnie zdominowany przez wielkoskalowe bloki energetyczne wykorzystujące lekkowodne reaktory wodno-ciśnieniowe (PWR - *Pressurized Water Reactor*) o mocach elektrycznych rzędu 1000 – 1650 MW netto. Oferowane są nieliczne konstrukcje wykorzystujące reaktory wrzące (BWR - *Boiling Water Reactor*) lub ciężkowodne typu kanadyjskiej konstrukcji CANDU. W Europie przeważają reaktory PWR (jedynie w Rumuni wykorzystuje się technologię reaktorów CANDU). Wszystkie oferowane reaktory są nowoczesnymi konstrukcjami generacji III lub III⁺ o zbliżonych parametrach. Oferentami są firmy Stanów Zjednoczonych, Korei Południowej, Francji, Rosji, Chin i rządziej Japonii. Na rynku przeważają oferty firm Stanów Zjednoczonych proponujących wypróbowaną najstarszą konstrukcję reaktora AP – 1000, Korei Południowej z reaktorem APR – 1400, Francji - firma EDF z najnowocześniejszym reaktorem EPR o mocy 1650 MW, firma rosyjska Rosatom WWER – 1200, oraz firmy chińskie (China General Nuclear Power Group (CGN) oraz China National Nuclear Corporation (CNNC) z reaktorem Hualong One) wchodzące agresywnie na rynek światowy. Japońskie firmy (głównie GE Hitachi - Mitsubishi, Toshiba – Westinghouse) są obecnie mało aktywne międzynarodowo, mimo że posiadają doświadczenie w budowie i eksploatacji. Wybór można zawęzić do trzech pierwszych oferentów. Chiny praktycznie są dopiero na początku drogi nie mogą pochwalić się dłuższą tradycją eksploatacyjną budowanych reaktorów. Propozycje rosyjskie są Polsce niezwykle silnie obciążone katastrofą w elektrowni w Czarnobylu i przez to nieakceptowalne społecznie, a także obciążone możliwością całkowitego uzależnienia krajowej energetyki od Rosji. Około 80% spalanego obecnie w Polsce w elektrowniach węgla pochodzi z importu rosyjskiego, skąd ponadto importujemy również ogromne ilości gazu. W obecnej sytuacji geopolitycznej przy wyborze dostawcy należy koniecznie uwzględnić jego potencjał atomowy - potężny rozwinięty przemysł jądrowy, by mieć dostęp do unowocześniania stosowanych technologii i by wykorzystywać własny wkład intelektualny we wspomaganie tego przemysłu. Pozwoliłoby to uchronić się przed uzależnieniem energetycznym kraju od jednego dostawcy źródeł energii, a na obecnym etapie utrudniłoby działanie zewnętrznym przeciwnikom naszej energetyki jądrowej.

Tak faktycznie do wyboru mamy trzy technologie reaktorów wodno-ciśnieniowych dużej mocy:

AP – 1000 (AP -*Advanced Passive*) firmy Toshiba - Westinghouse ostatecznie zaakceptowany w Stanach Zjednoczonych przez (NRC - *Nuclear Regulatory Commission*) urząd dozoru jądrowego w 2011 roku. Jest to reaktor o bardzo uproszczonej konstrukcji modułowej w którym zrezygnowano ze zwielokrotniania systemów zabezpieczeń wykluczając techniczną możliwość stopienia rdzenia. Dwuścienna obudowa bezpieczeństwa reaktora jest przystosowana tylko do pasywnego odbioru ciepła z reaktora. W przypadku awarii przestrzeń pomiędzy ścianami obudowy zalewana jest wodą ze zbiornika znajdującego się na górze obudowy. Uproszczona konstrukcja mogłaby przyspieszyć budowę.

APR – 1400 (APR - (*Advanced Pressurised Reactor*) oferowany przez firmę Korea Hydro & Nuclear Power (KHNP) jest reaktorem lekkowodnym zaprojektowanym przez Korea Electric Power Company (KEPCO), o mocy nominalnej 1340 MWe. Prace nad reaktorem rozpoczęto w 1990 roku. Konstrukcja reaktora zapewnia bezpieczne działanie i prostą obsługę techniczną. Reaktor APR pojawił się on na rynku światowym poprzez bardzo sprawną realizację zamówienia Emiratów Arabskich i bardzo konkurencyjną cenę. Reaktory te są podstawą energetyki jądrowej Korei Południowej. W 2017 APR uzyskał certyfikat EUR (*European Utility requirements*) a w roku 2018 certyfikat NRC.

EPR – 1650 (EPR – *European Pressurised Reactor*) francuskiej firmy EdF (*Électricité de France*) działającej o roku 1947 i posiadające w Polsce swoje przedsiębiorstwa. Jest to reaktor o rozbudowanym systemie bezpieczeństwa w którym można używać zarówno paliwo uranowe jak i uranowo plutonowe (MOX Mixed Oxide), Paliwo. MOX powstaje z wykorzystaniem materiałów jądrowych pochodzących z recyklingu. W reaktorach III⁺ zwiększono stopień wypalenia paliwa, a stosowanie paliwa MOX zmniejsza ilość odpadów radioaktywnych w całym cyklu paliwowym. Zaletą reaktorów EPR jest elastyczność regulacji mocy w zależności od obciążenia. W systemie bezpieczeństwa zastosowano kilka aktywnych i pasywnych środków zabezpieczających przed ewentualnymi wypadkami: cztery niezależne awaryjne systemy chłodzące (przy awaryjnym wyłączeniu reaktora), szczelna obudowa bezpieczeństwa systemów reaktora, specjalny zbiornik – chwytacz stopionego rdzenia z systemem chłodzenia, antyterrorystyczna konstrukcja budynku reaktora.

Wymaganie by przemysł jądrowy przyszłego kontrahenta był rozwinięty wiąże się ściśle z problemem wypalonego paliwa, którego nagromadzenie się po kilkunastu latach użytkowania elektrowni jądrowych jest znaczne. W cyklu paliwowym otwartym (wykorzystywanym w Stanach Zjednoczonych) paliwo jądrowe po wykorzystaniu nie jest przerabiane a jest składowane w całości np. w wyrobiskach kopalń. W cyklu zamkniętym, w zakładach przerobu paliwa odzyskiwany jest uran i separowany jest pluton, reszta paliwa jest składowana, Zakłady przerobu paliwa są zgodnie z umowami międzynarodowymi usytuowane wyłącznie w krajach posiadających broń jądrową i wyjątkowo na specjalnych warunkach w Japonii. Korea Południowa produkuje paliwo dla swoje energetyki sprowadzając uran z Kanady i Australii wzbogacany we Francji. W dłuższej perspektywie przemysł Korei nie jest dostatecznie rozwinięty. Wydaje się że tych względów należy szukać takiego dostawcy, który zapewniłby wszystkie potrzeby energetyki jądrowej, przy możliwie największym ograniczeniu kosztownych transportów materiałów jądrowych (wypalonego paliwa, odpadów po przerobie. Uranu wzbogaconego itd.).

Jednym z trudniejszy elementów wyboru dostawcy, który byłby jednocześnie współinwestorem, jest zdefiniowanie wspólnego modelu inwestycji dla tak długofalowego kontraktu zależnego od polityki, stanu gospodarki i inwestora krajowego. Zarysowane powyżej problemy mogłyby stanowić przedmiot dyskusji dotyczącej optymalnego wyboru dostawcy.

Literatura:

1. **Program Polskiej Energetyki Jądrowej**, Monitor Polski 16 10 2020 poz, 946
2. **Rytlewski Marek, Resiak Tomasz**, „*Poza cenowe*” kryteria wyboru ofert na projektowanie, Pomorskie Forum Drogowe, Gdynia 2016
3. **Sykulski Leszek**, *Polska energetyka jądrowa w perspektywie geopolitycznej*, Konferencja „Przyspieszyć z energetyką Jądrową, Warszawa 24 03 2021
4. **Rzymkowski Krzysztof**, *Energetyka jądrowa Japonii*, PTJ 4/2008 vol 51 z.4, Warszawa