

ARTYKUŁY

ENERGETYKA JĄDROWA JAPONII PO KATASTROFIE W ELEKTROWNI FUKUSHIMA DAIICHI

Nuclear Energy in Japan after the Fukushima Daiichi incident

Krzysztof Rzymkowski

W opracowaniu przedstawiono aktualny stan energetyki jądrowej, modyfikacje planów jej rozwoju w Japonii po katastrofie wywołanej falą tsunami w elektrowni Fukushima Daiichi.

Present state of nuclear production and use, and modifications of its development plans after the Fukushima Daiichi tsunami incident is presented.

Słowa kluczowe: Fukushima Daiichi, programy badawcze, rozwój energetyki jądrowej.

Key Words: Fukushima Daiichi, research programme, nuclear energy.

Katastrofa w elektrowni jądrowej Fukushima w Japonii, spowodowana falą tsunami, stała się początkiem szerokiej dyskusji o bezpieczeństwie energetyki jądrowej. Zwrócono szczególną uwagę na sprawdzenie stosowanych i planowanych rozwiązań technicznych, opłacalność perspektyw dalszego rozwoju tej branży. Podejmowano też temat ochrony środowiska, m.in. z punktu widzenia tzw. idei zrównoważonego rozwoju, zakładającej oszczędną gospodarkę zasobami naturalnymi. Analiza przyczyn katastrofy w elektrowni Fukushima w Japonii, zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych, dotyczących wymagań bezpieczeństwa, wdrażania procedur działań awaryjnych rozpoczęła się niemal zaraz po trzęsieniu ziemi i będzie jeszcze długo przedmiotem rozważań i wszechstronnych badań organizacji międzynarodowych, ośrodków badawczych, a przede wszystkim konstruktorów reaktorów.

Rozwijająca się dynamicznie gospodarka Japonii wymaga stałych i stabilnych dostaw energii. Mimo wprowadzenia coraz bardziej energooszczędnych technologii, przy nieustannym wzroście zapotrzebowanie na energię, zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego wymaga ciągłej budowy nowych i modernizacji starych elektrowni. Planowane jest również lepsze wykorzystanie odnawialnych źródeł energii.

Ponieważ naturalne zasoby pierwotnych źródeł energii (węgiel, gaz, ropy, uranu) są w Japonii bardzo ograniczone to dla zaspokojenia niezbędnych potrzeb Japonia jest zmuszona do importu około 80% potrzebnych surowców energetycznych. Dodatkowo, położenie na wyspach uniemożliwia sprowadzanie energii z państw sąsiednich.

Dlatego mimo trudności spowodowanych trzęsieniem ziemi prowadzającym do katastrofy elektrowni jądrowej Fukushima Daiichi, wymuszającej rewizję pierwotnych planów rozwoju energetyki jądrowej, Japonia będzie kontynuować rozbudowę i modernizację energetyki jądrowej wprowadzając nowocześniejsze rozwiązania i zdecydowanie poprawiając systemy bezpieczeństwa.

Energetyka jądrowa w Japonii

Japonia była pierwszym krajem, który bezpośrednio doświadczył ogromnej siły niszczącej energii jądrowej.

Mimo to w roku 1954 rozpoczęto wdrażanie kompleksowego długoterminowego programu badań, rozwoju i wykorzystania energii jądrowej (*Programm for Research, Development and Utilisation of Nuclear Energy*) w oparciu o prawo atomowe.

Japońskie prawo atomowe obowiązuje od 1955 r. i ściśle ogranicza zakres badań jądrowych tylko do zastosowań pokojowych.

W roku 1956 powołano Komisję Energii Atomowej (*Atomic Energy Commission*) nazywaną obecnie Japońską Komisją Energii Atomowej (*Japan Atomic Energy Commission*), której zadaniem była realizacja opracowanego programu i promowanie energetyki jądrowej. Zgodnie z prawem atomowym, w tym samym roku powołano również inne instytucje badawcze:

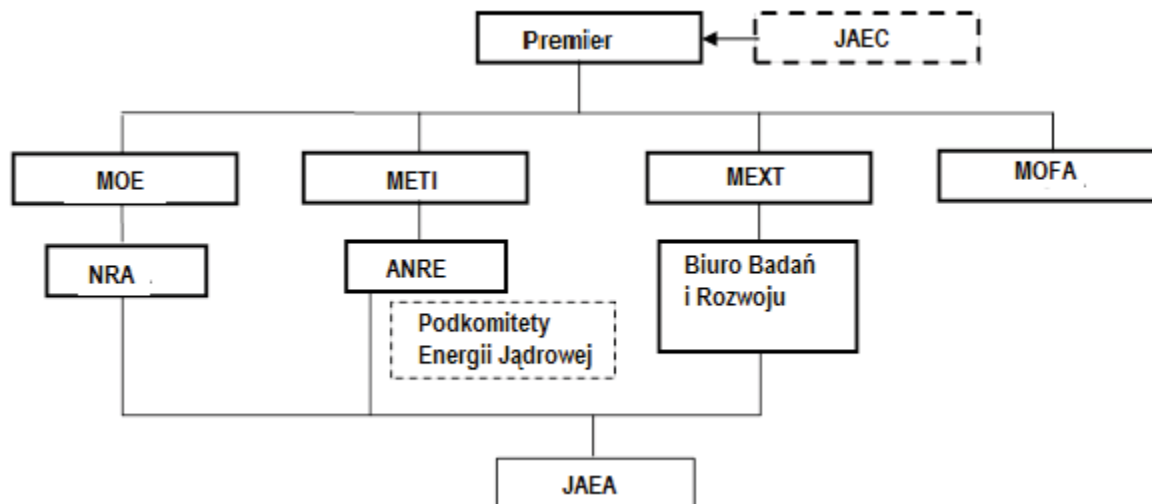
- Agencję Naukowo Techniczną (*Science & Technology Agency*),
- Japoński Instytut Badań Energii Atomowej (*Japan Atomic Energy Research Institute JAERI*),
- Towarzystwo Paliwa Jądrowego i Rozwoju Paliwa Jądrowego (*Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation*) bardziej znane jako PNC (*Power Nuclear Corporation*).

Po katastrofie w elektrowni Fukushima Daiichi, wywołanej falą tsunami, przeprowadzono szereg istotnych reform mających zapewnić lepszą organizację dozoru jądrowego.

Rolę dozoru jądrowego w Japonii pełniła Agencja Bezpieczeństwa Jądrowego i Przemysłowego (NISA - *Nuclear and Industrial Safety Agency*) nadzorowana przez Komisję Bezpieczeństwa Jądrowego (NSC - *Nuclear Safety Commission*) i Japońską Komisję Energii Atomowej (JAEC - *Japan Atomic Energy Commission*), które z kolei podlegają prezydium Rządu (*Cabinet Office*).

Agencja Bezpieczeństwa Jądowego i Przemysłowego NISA była administracyjnie podległa Ministerstwu Gospodarki, Handlu i Przemysłu (METI – *Ministry of Economy, Trade and Industry*). Ministerstwo powstało w 2001 r. z przekształcenia Ministerstwa Handlu Zagranicznego i Przemysłu (MITI – *Ministry of International Trade and Industry*).

We wrześniu 2012 r., po katastrofie powołano nową organizację przejmującą całkowicie rolę dozoru jądowego jednocześnie likwidując NISA. Nową organizację Urząd Dozoru Jądowego (*Nuclear Regulation Authority -NRA*) podporządkowano Ministerstwu Środowiska. Obecną organizację urzędów energetyki jądowej w Japonii przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1 Organizacja urzędów energetyki jądowej w Japonii (IAEA PRIS)
Fig. 1 Japanese Nuclear Authorities scheme (IAEA PRIS)

MOE - *Ministry of Environment* Ministerstwo Środowiska
NRA - *Nuclear Regulation Authority* Urząd Dozoru Jądowego
METI - *Ministry of Economy, Trade and Industry* Ministerstwo Gospodarki, Handlu i Przemysłu
MEXT - *Ministry of Education, Culture, Sports, Science Technology* Ministerstwo Oświaty, Kultury, Sportu, Nauki
JAEC - *Japan Atomic Energy Commission* Japońska Komisja Energii Atomowej
ANRE - *Agency of Natural Resources and Energy* Agencja Zasobów Naturalnych I Energii
MOFA - *Ministry of Foreign Affairs* Ministerstwo Spraw Zagranicznych
JAEA - *Japan Atomic Energy Agency* Japońska Agencja Energii Atomowej

MEXT jest odpowiedzialny za badania i rozwój technik jądowych ze szczególnym uwzględnieniem cyklu paliwowego, reaktorów powielających, akceleratorów. METI odpowiada za rozwój technik wzbogacania, produkcji paliwa, przerobu paliwa, unieszkodliwianie odpadów. MOFA odpowiada za współpracę międzynarodową w zakresie działań dotyczących energetyki jądowej.

Oprócz tego istnieje Japońska Organizacja Bezpieczeństwa Energii Jądowej (*JNESO – Japan Nuclear Energy Safety Organization*), zrzeszająca specjalistów z różnych dziedzin, niebędąca agendą rządową.

Pierwszy energetyczny reaktor jądowy importowany (Tokai 1) z Wielkiej Brytanii o mocy 160 MW (grafitowy, chłodzony gazem) był uruchomiony w lipcu 1960 roku w Tokai na płn. od Tokyo w prefekturze Ibaraki.

Przed katastrofą w Japonii pracowały 54 reaktory energetyczne o łącznej mocy 45 520 MW co stanowiło około 30% całkowitego zapotrzebowania na energię elektryczną. Budowano następne trzy bloki energetyczne o łącznej mocy 3300 MW i projektowano budowę dalszych 12 o mocy 14 400 MW.

Rozbudowa energetyki jądowej była związana pośrednio z rozwiązywaniem problemów energetycznych Japonii wynikających z organizacji sieci energetycznej. W Japonii nie ma jednej ogólnokrajowej sieci energetycznej. Obowiązują dwa standardy częstotliwości 50 Hz i 60 Hz. Taka sytuacja powstała na początku elektryfikacji Japonii przez dwie różne kampanie AEG z Niemiec (tzw. sieć

zachodnia) i General Electric ze Stanów Zjednoczonych (tzw. sieć wschodnia). Linia podziału przebiega nieco na północ od Tokyo dzieląc Honshiu na połowy w rejonach północnych obowiązuje standard 60 Hz. Trzy stacje konwersji częstotliwości (Higashi - Shimizu, Shin Shinono, Sakuma) mają za małą wydajność by można było uzupełniać braki energetyczne w obu częściach wyspy. W części tzw. wschodniej przeważają reaktory jądowe typu BWR natomiast w zachodniej reaktory typu PWR.

Japońska sieć energetyczna jest podzielona na 9 stref geograficznych obsługiwanych przez 9 koncernów energetycznych. Okinawa stanowi odrębny region obsługiwany przez Koncern OKIDEN wraz z wieloma mniejszymi wyspami niekorzystający z elektrowni jądowych.

Właścicielami elektrowni są prywatne firmy energetyczne zrzeszone w Federacji Towarzystw Energetycznych Japonii – FEPC.

CHUBU - *Chubu Electric Power*
CHUGOKU - *Chugoku Electric Power Company*,
HOKURIKU - *Hokuriku Electric Power Company*,
HEPCO - *Hokkaido Electric Power Company*,
KYUSHU - *Kyushu Electric Power Company*,
KEPCO - *Kansai Electric Power Company*,
TEPCO - *Tokyo Electric Power Company*,
TOHOKU - *Tohoku Electric Power Company*,
YONDEN - *Shikoku Electric Power Company*,
OKIDEN - *Okinawa Electric Power Company*

Tab.1 Planowane japońskie reaktory energetyczne zamówione lub zgłoszone do przetargu przed katastrofą w Fukushima

Reaktor	Typ	Przewidywana Moc zainstalowana Mwe	Właściciel	Początek budowy	Oddanie do eksploatacji
Ohma	ABWR	1383	EPDC/J-Power	Maj 2008	Marzec 2012
Fukushima 1-7&8	ABWR	1380	TEPCO	Kwiecień 2010	Październik 2014-15
Higashidori 1&2	ABWR	1385	TEPCO	Listopad 2009&2012	Październik 2014-18
Tsuruga 3&4	APWR	1538	JAPC	Październik 2010	2015-17
Kaminoseki 1&2	ABWR	1373	Chugoku	2010/7/2013	2015&18
Higashidori 2	ABWR	1385	Tohoku	2014	2019
Namie-odaka	BWR	825	Tohoku	2014	2019
Shimane 3	BWR	1325	Chugoku	2007	
Sendai 3	PWR	1100?	Kyushu	Przetarg prowadzony przez władze lokalne	
Razem 12 reaktorów	16 045 Mwe				
Monju	Prototyp FBR	JAEA		W eksploatacji 1994-95 w oczekiwaniu na ponowne uruchomienie	

Po katastrofie wyłączono wszystkie pracujące reaktory za wyjątkiem dwóch reaktorów (nr 3 i 4) w Elektrowni Ohi (Ōi). Bloki 3 i 4 zostały wyłączone w sierpniu 2013. W roku 2015 włączono ponownie blok 1 (11 sierpień) i blok nr 2 (1 listopada) elektrowni Sendai.

Po katastrofie elektrowni jądrowej w Fukushima Europejska Grupa Bezpieczeństwa Jądrowego (*European Nuclear Safety Regulatory Group – ENSREG*) przygotowała dokument, w którym przedstawiła podstawowe zalecenia dla operatorów reaktorów energetycznych, mające na celu poprawę ich bezpieczeństwa. We wszystkich europejskich elektrowniach jądrowych przeprowadzono w 2011 r. tzw. testy wytrzymałościowe - stress-tests - polegające na sprawdzeniu poprawności działania systemów bezpieczeństwa w ekstremalnie trudnych warunkach.

Rząd Japonii zdecydował, że analogiczny test w Japonii będzie dwustopniowy. W pierwszym stopniu zakładano, że systemy bezpieczeństwa mogą ulec zniszczeniu lub blokadzie w wyniku zjawisk naturalnych. Siła niszcząca zjawiska mogłaby spowodować zniszczenie paliwa jądrowego jak i innych mniej odpornych elementów obiektu.

Zakładano, że w chwili pojawienia się siły niszczącej elektrownia pracowałaby przy pełnej mocy, a basen wypalonego paliwa byłby zapełniony. Wykorzystano do tego symulację komputerową uwzględniającą trzęsienie ziemi, falę tsunami, utratę zasilania. Pozytywne rezultaty pierwszego stopnia testu są warunkiem ponownego uruchomienia reaktora. W drugim stopniu testu zakładano jeszcze bardziej poważne zagrożenie polegające na nakładaniu się dwóch zdarzeń, awarii systemów elektrowni i zjawisk naturalnych. W marcu 2012 r. NRC uznała pozytywnie wyniki pierwszego stopnia testu dla 17 reaktorów. Komisja Bezpieczeństwa Jądrowego (*Nuclear Safety Commission –NSC*) zatwierdziła je dla elektrowni Ohi 1&2 oraz Ikata. W następnej kolejności zatwierdzono wyniki testu dla elektrowni Tomari 1&2, Takahama 3&4 oraz Sendai 1&2. W kwietniu 2012 r. rząd zezwolił na uruchomienie elektrowni Ohi obecnie wyłączonej ze względu na rutynową obsługę (wymiana paliwa, konserwacja, przegląd).

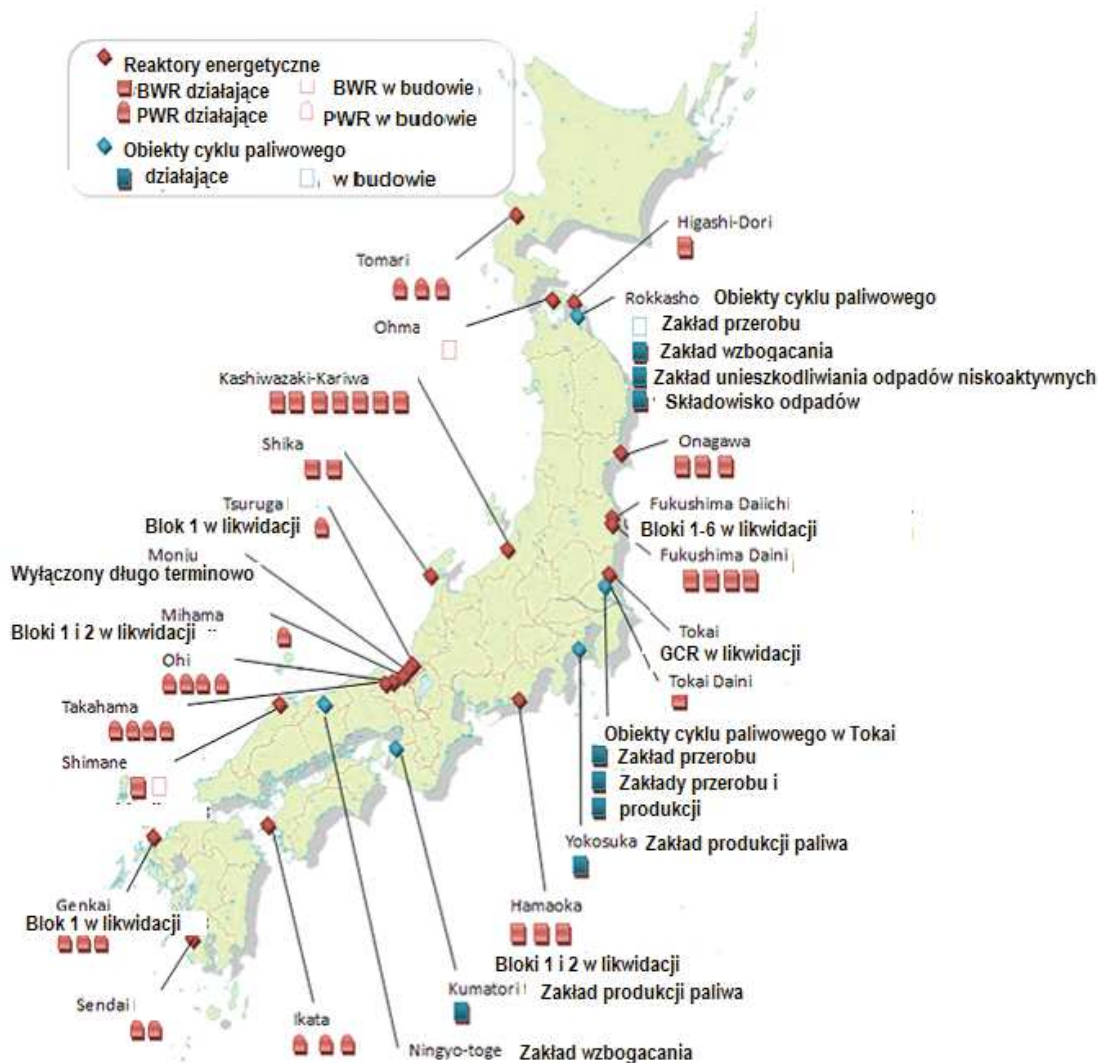
Obecnie czynne są 43 reaktory z których 22 oczekuje na ostateczne decyzje zezwalające na włączenie a pozostałe są przygotowywane.

Tab. 2 Reaktory w budowie i trwale wyłączone

Reaktor	Typ	Przewidywana Moc zainstalowana Mwe	Właściciel	Początek budowy	Oddanie do eksploatacji
Oma	BWR	1325	EPCD	2010-05-07	W budowie
Shimane	BWR	1325	Chugoku	2007-10-12	W budowie
Monju	FBR	246	JAEA	1986-05-10	Czasowo wył.
Fugen	ATR	148	JAEA	1972-05-10	Wył. 2003-03-29
Fukushima Daiichi 1	BWR	439	TEPCO	1967-07-25	Wył. 2011-05-19
Fukushima Daiichi 2	BWR	760	TEPCO	1969-06-09	Wył. 2011-05-19
Fukushima Daiichi 3	BWR	760	TEPCO	1970-12-28	Wył. 2011-05-19
Fukushima Daiichi 4	BWR	760	TEPCO	1973-02-12	Wył. 2011-05-19
Fukushima Daiichi 5	BWR	760	TEPCO	1972-05-22	Wył. 2011-05-19
Fukushima Daiichi 6	BWR	1067	TEPCO	1973-10-26	Wył. 2011-05-19

Reaktor	Typ	Przewidywana Moc zainstalowana Mwe	Właściciel	Początek budowy	Oddanie do eksploatacji
Hamaoka 1	BWR	515	Chubu	1971-06-10	Wył. 2011-05-19
Hamaoka 2	BWR	806	Chubu	1974-06-14	Wył. 2009-01-09
JPDR	BWR	12	JAEA	1960-12-01	Wył. 2009-01-30
Tokai 1	GCR	137	JAPCO	1961-03-01	Wył. 1998-03-31

Data source: IAEA - Power Reactor Information System (PRIS).



Rys. 2 Aktualny stan zakładów przemysłu jądrowego Japonii (PRIS)

Fig. 2 Present Day condition of Japanese Nuclear Energy Industry

Dążąc do zapewnienia stabilności energetycznej kraju, zdecydowano się na intensywny rozwój energetyki jądrowej ze szczególnym uwzględnieniem zamkniętego cyklu paliwowego. Zamknięty cykl paliwowy umożliwia odzyskiwanie plutonu i niewypalonego uranu do produkcji nowego paliwa tzw. MOX (Mixed – Oxide mieszaniny tlenków plutonu i uranu) oraz zredukowanie odpadów wysoko radioaktywnych, stwarzając pewnego rodzaju długoterminową samowystarczalność. Dlatego po katastrofie w dalszym ciągu rozbudowywane są zakłady przerobu paliwa. Pierwszymi pilotowymi zakładami odzyskiwania uranu, przerobu paliwa oraz wzbogacania uranu były zakłady należące do JAEA w Ningyo Toge w prefekturze Okayama. W Rokkasho w prefekturze Aomori budowany jest nowy ośrodek przerobu paliwa, wzbogacania,

i unieszkodliwiania odpadów należący do JNFL (*Japan Nuclear Fuel Limited*) Obecne zapasy paliwa (materiału paliwowego) zgromadzone w Japonii według przewidywań ekspertów mogą wystarczyć na dłuższy czas nawet po uruchomieniu wszystkich wyłączonych obecnie reaktorów.

Modyfikacja planów

Za perspektywiczne plany rozwoju energetyki Japonii uwzględniające przede wszystkim bezpieczeństwo energetyczne, stabilność dostaw, ochronę środowiska i efekty ekonomiczne odpowiedzialny jest Rząd Japonii. Regulacje prawne mają zapewnić demokratyczne podejmowanie decyzji w zakresie wykorzystania energii jądrowej, niezależ-

ność i przejrzystość badań naukowych oraz wszelkich działań związanych z energią jądrową, włączając w to współpracę międzynarodową.

W odniesieniu do energetyki jądrowej oznaczało to:

- uznanie, że energia jądrowa powinna być głównym źródłem energii elektrycznej (obowiązujące do czasu katastrofy w Fukushima).
- przemysłowe odzyskiwanie uranu i plutonu z wypalonego paliwa w zamkniętym cyklu paliwowym
- propagowanie i przekonywanie społeczeństwa o zaletach energetyki jądrowej ze szczególnym podkreśleniem bezpieczeństwa tej energetyki.

W marcu 2002 r. rząd Japonii podjął decyzję o znacznym przyspieszeniu rozwoju energetyki jądrowej w celu uzyskania możliwie szybkiej redukcji emisji gazów wpływających na zmiany klimatyczne, zgodnie z ustaleniami Protokołu z Kyoto.

W czerwcu 2002 r. opracowano projekt założeń do ustawy o Podstawach Polityki Energetycznej. Pierwszy projekt Planu Strategicznego rozwoju energetyki opracowano w październiku 2003 r., drugi w marcu 2003 r. i trzeci w 2010 r. Trzeci projekt zakładał zwiększenie samowystarczalności Japonii (70% w 2030 r.) przez lepsze wykorzystanie paliw kopalnych. Przed katastrofą w Japonii pracowały 54 reaktory energetyczne pokrywające około 30% całkowitego zapotrzebowania na energię elektryczną w Japonii. Zakładano, że w roku 2030 elektrownie jądrowe będą pokrywały do 40% zapotrzebowania na energię elektryczną. Planowano, że w roku 2050 energetyka jądrowa będzie dostarczać 90GW, co oznacza podwojenie udziału energii jądrowej pokrywającej w tym czasie 60% całkowitego zapotrzebowania krajowego. Dodatkowo 20GW (energii cieplnej) uzyskanych z elektrowni jądrowych będzie wykorzystanych do produkcji wodoru.

Po katastrofie plany te uległy drastycznej zmianie.

Nowy strategiczny plan energetyki japońskiej przyjęty przez rząd w kwietniu 2014 r. opracowano przy założeniu wielopoziomowej elastycznej struktury zróżnicowanych źródeł energii zapewniającej bezpieczeństwo energetyczne, efektywność ekonomiczną ochronę środowiska i bezpieczne funkcjonowanie elektrowni atomowych.

Celem tego nowego planu jest zbudowanie silnej wielowarstwowej struktury dostaw energii z różnych źródeł wzajemnie kompensującej niedostatki każdego źródła, zwiększenie elastyczności rynku energetycznego, promowanie i rozwój wykorzystania krajowych zasobów energetycznych zapewniając jak najwyższy stopień samowystarczalności minimalizując uzależnienie od importu.

Energia jądrowa jest ważnym składnikiem systemu energetycznego przyczyniając się do stabilizacji dostaw energii. Może być jeszcze przez jakiś czas, ze względu na znaczne zapasy materiału jądrowego, traktowane jako źródło energii wykorzystujące zasoby krajowe. Jej zaletą jest stabilność dostaw energii, niskie koszty produkcji i niski poziom emisji szkodliwych substancji.

W ostatnim Strategicznym Planie Rozwoju Energetyki Japonii od roku 2015 zakłada się, że względu na brak pełnej akceptacji społecznej, ograniczenie udziału energetyki jądrowej w rynku energetycznym do niezbędnego minimum według długo terminowych przewidywań będzie to 30%. Jest to poziom zbliżony do opracowanego w 2001 r. przez MITI perspektywicznego planu rozwoju energetyki jądrowej w którym przewidywano wzrost produkcji energii elektrycznej o 30% (13 000 MW) w wyniku uruchomienia nowych od 9 do 12 elektrowni jądrowych do roku 2011. Obecnie 30% jest poziomem docelowym.

Wyłączone po katastrofie elektrownie jądrowe po uzyskaniu odpowiednich atestów i zgody Dozoru Jądrowego będą stopniowo włączane do sieci. Czas eksploatacji elektrowni jądrowych został ograniczony do 40 lat i jednocześnie nie przewiduje się rozpoczęcia nowych konstrukcji. Przewiduje się potrójne wykorzystanie energii ze źródeł naturalnych. Przejście do innej struktury zaspokajania potrzeb na energię będzie dokonywane stopniowo i będzie bardzo kosztowne co może mieć negatywne skutki ekonomiczne.

Rząd podejmie działania mające na celu zwiększenie poparcia społecznego dla energetyki jądrowej poprzez polepszenie poziomu edukacji.

Badania naukowe

Oprócz bardzo dynamicznego rozwoju energetyki jądrowej, od początku wdrażania programu jądrowego prowadzone są na szeroką skalę badania naukowe w licznych ośrodkach uniwersyteckich (największe w Tokyo i Kyoto) oraz w wielu korporacjach przemysłowych (Hitachi, Mitsubishi, Toshiba) posiadających własne reaktory doświadczalne, zestawy krytyczne i akceleratory.

Wszystkie te działania spowodowały, że Japonia należy do ścisłej czołówki państw prowadzących prace badawcze w różnych dziedzinach techniki jądrowej.

W prefekturze Ibaraki, rejon Oarai (120 km na północ od Tokyo) stał się też od czasu uruchomienia pilotowej konstrukcji Reaktora Energetycznego Tokai 1, jednym z największych ośrodków naukowo badawczych w Japonii. Znajduje się w nim szereg instytutów, zakładów doświadczalnych laboratoriów dysponujących kilkoma reaktorami, zestawami krytycznymi (w tym jeden z dwóch największych na świecie szybki zestaw krytyczny FCA – Fast Critical Assembly) doświadczalnymi zakładami przetwarzania paliwa, jego produkcji jak również szereg przechowalników wypalonego paliwa.

W maju 2006 r. rządząca partia liberalno-demokratyczna (*Liberal Democratic Party*) zobowiązała rząd do przyspieszenia prac nad szybkimi reaktorami powielającymi (FBR- nazywając je techniką narodową) zwiększając nakłady finansowe, wprowadzając lepszą koordynację prac naukowo badawczych i współpracę międzynarodową. Japonia rozpoczęła w latach 90-tych prace badawcze nad reaktorami IV generacji głównie nad szybkimi reaktorami powielającymi uruchamiając reaktor prototypowy chłodzony sodem Monju 260 MWe, będący rozwinięciem pierwszego doświadczalnego reaktora powielającego Joyo zbudowanego w O-arai uruchomionego w 1977 r.

W roku 1999 rozpoczęto Pierwszy Etap badań nad możliwością wprowadzeniem energetycznych reaktorów powielających zakończoną w 2001 r. Wyniki badań pozwoliły na rozpoczęcie Drugiego Etapu zakończono w marcu 2006 r. W raporcie końcowym tego etapu stwierdzono, że jest zbyt trudne i ryzykowne podjęcie obecnie wiążącej decyzji o komercyjnym wykorzystaniu kilku całkowicie nowych i nie do końca jeszcze sprawdzonych rozwiązań. Nowe rozwiązania powinny być wprowadzane stopniowo. Dlatego postanowiono, że proces ten będzie podzielony na trzy etapy. W pierwszym etapie do 2015 r. zostaną opracowane wymagania techniczne wprowadzenia nowych rozwiązań, w drugim etapie po 2015 r. będą przeprowadzone próby techniczne z wykorzystaniem reaktorów doświadczalnych, a na trzecim etapie powinno się sprawdzić ekonomiczność proponowanych rozwiązań i potwierdzić ich niezawodność na podstawie zebranego doświadczenia eksploatacyjnego. Po stwierdzeniu prawidłowości rozwiązań przewiduje się, że komercyjne wykorzystanie reaktorów będzie możliwe około 2050 r.

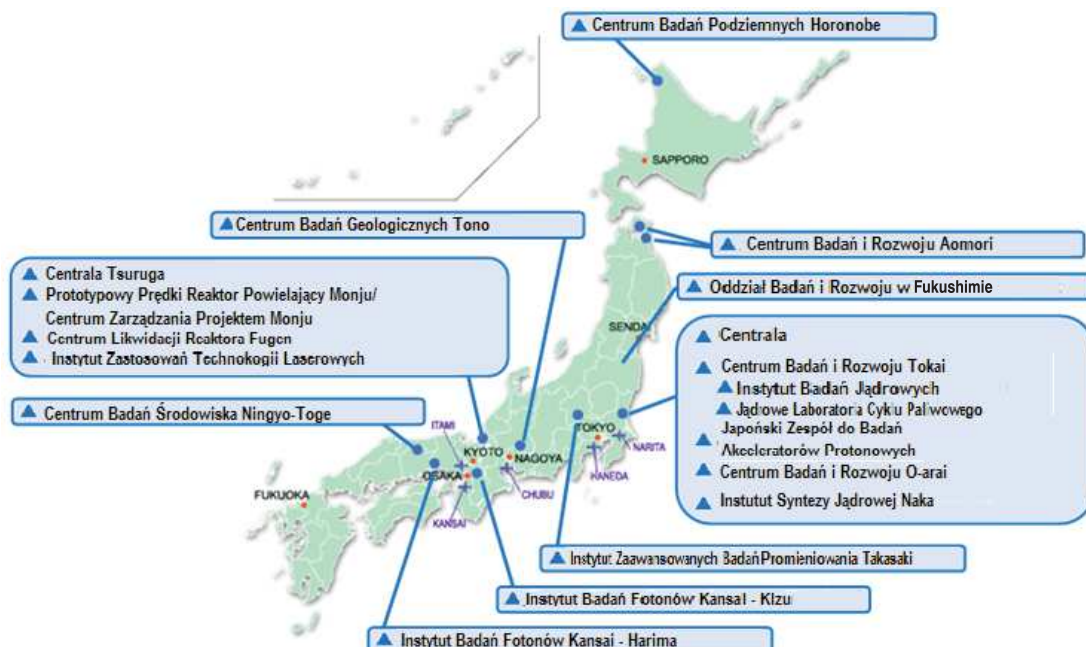
W rejonie Oarai znajdują się również zakłady doświadczalne produkcji paliwa do tego typu reaktorów. Prace nad szybkimi reaktorami powielającymi uległy w ostatnim czasie spowolnieniu. W końcu roku 1998 uruchomiono prototypowy doświadczalny wysokotemperaturowy reaktor chłodzony helem (HTTR – High Temperature Engineering Test Reactor) w którym moderatorem jest grafit. Przewidywanym zastosowaniem tego typu reaktora są procesy termochemiczne umożliwiające produkcję wodoru. Doświadczenia zebrane w czasie eksploatacji reaktora mają być wykorzystane do budowy nowej generacji bloków wysokotemperaturowych chłodzonych helem do zastosowań przemysłowych lub do bezpośredniego napędu turbin gazowych.

Najważniejszym i najnowocześniejszym ośrodkiem badawczym w Japonii jest Japońska Agencja Energii Atomowej (*Japan Atomic Energy Agency - JAEA*) utworzona z połączenia JERI i JNC w październiku 2005 r.

Japoński Instytut Badań Jądrowych (*Japan Atomic Energy Research Institute - JAERI*) powstały w roku 1956 pod patronatem rządu przy współpracy ze Stanami Zjednoczonymi.

Japoński Instytut Rozwoju Cyklu Paliwowego (*Japan Nuclear Fuel Cycle Institute – JNC*) powstały w 1998 r. z przekształcenia Spółki Rozwoju Reaktorów Energetycznych i Paliwa Jądrowego (*Power reaktor and Nuclear Fuel Corporation – PNC*) działającej od roku 1967. JNC było operatorem Monju i Joyo.

Zakres badań naukowych obejmuje, oprócz udoskonalania opanowanych już technik, bardzo wiele nowych kierunków. Prowadzone są badania, we współpracy między narodowej, nad syntezą jądrową, wszechstronne badania materiałowe (ferromagnetyków, materiałów posiadających właściwości nadprzewodzące, polimerów itd.) z wykorzystaniem akceleratorów cząstek i wykorzystaniem akceleratorów do zastosowań medycznych. Bardzo dużo uwagi poświęcono badaniom geologicznym z uwagi na bezpieczeństwo obiektów jądrowych, budowy przechowalników odpadów promieniotwórczych, ochronę środowiska. Rozwijane są techniki unieszkodliwiania odpadów promieniotwórczych oraz opracowywane są metody bezpiecznej likwidacji obiektów jądrowych. Stale prowadzone są badania nad udoskonaleniem metod ochrony radiologicznej i bezpieczeństwa jądrowego.



Rys. 3 Ośrodki badawcze związane z energią jądrową (JAEA)

Fig. 3 Nuclear energy associated research units in Japan (JAEA)

Nie zauważono istotnego wpływu awarii w Fukushima na rozwój energetyki jądrowej w świecie. Obecnie przodującym krajem budującym najwięcej reaktorów energetycznych są Chiny. Aktualnie na świecie pracuje 442 reaktory energetyczne (więcej o 5 niż przed katastrofą w Fukushima mimo wielu reaktorów znajdujących się w procesie likwidacji), a nowo budowanych jest 64.

Jednakże po ostatniej awarii w Fukushima stopień akceptacji społecznej w Japonii, mimo zrozumienia konieczności kontynuowania dotychczasowej polityki energetycznej wyraźnie zmalał. Początkowo to jest od momentu katastrofy do czerwca za rozbudową energetyki jądrowej opowiadała się większość społeczeństwa, ale w miarę upływu czasu pod koniec roku zanotowano bardzo poważny spadek poparcia. Obecnie w Japonii szereg organizacji wraz rządem prowadzi akcję promującą energię jądrową podkreślając fakt, że przed awarią w Fukushima zwracano przede wszystkim uwagę na bezpieczeń-

stwo energetyczne, ochronę środowiska i ekonomiczność pozyskiwania energii. Obecnie dominującym elementem jest bezpieczeństwo ludności.

dr inż. Krzysztof Rzymkowski,
Stowarzyszenie Ekologów na
Rzecz Energii Jądrowej,
Warszawa

Literatura;

1. <http://www.world-nuclear.org>
2. <https://www.iaea.org/PRIS/>
3. <https://www.jaea.go.jp>
4. Rzymkowski Krzysztof *Energetyka jądrowa Japonii*, PTJ Vol.51 Z.4 2008
5. Rzymkowski Krzysztof *Testy wytrzymałościowe obiektów jądrowych MO-34 EKOATOM* 12 Marzec 2014