

Wnioski z organizowanych przez SEP i PTN konferencji n/t energetyki jądrowej

Tadeusz Wójcik, Roman Trechciński

Konferencje organizowane w latach 1996–2006

Zaniechanie w roku 1989, a nie wstrzymanie, budowy elektrowni jądrowej w Żarnowcu spowodowało, że w ciągu ubiegłych 15 lat praktycznie zanikł udział polskiego przemysłu i organizacji projektowych w produkcji urządzeń, projektowaniu i budowie elektrowni jądrowych. Podobnie stało się z organizowaniem analiz oraz badaniami aspektów technicznych i ekonomicznych eksploatacji tych elektrowni, a także związanym z nimi potencjałem badawczo-rozwojowym, utworzonym w poprzednim okresie.

Istniejąca w społeczności polskich energetyków świadomość niezbędności rozwoju w dłuższej perspektywie czasu energetyki jądrowej spowodowała, że Stowarzyszenie Energetyków Polskich oraz Polskie Towarzystwo Nukleoniczne podjęły inicjatywę organizowania w Warszawie międzynarodowych konferencji podtrzymujących wiedzę o rozwoju energetyki jądrowej na świecie oraz rozważania n/t celowości jej rozwoju w Polsce. Dwie z tych konferencji:

- I – "Elektrownie Jądrowe Nowej Generacji", 25–27 września 1996 roku,
- II – "Energetyka Jądrowa dla Polski", 25–26 marca 1999 roku,

dotyczyły wyłącznie energetyki jądrowej, a dwie dalsze rozważały jej aspekty w szerszym kontekście:

- III – "Ekologiczne Aspekty Wytwarzania Energii Elektrycznej", 14–16 listopada 2001 roku,
- IV – "Strategia Rozwoju Elektroenergetyki w XXI wieku", 1–3 października 2003 roku.

W programie wszystkich czterech konferencji dokonywano oceny zapotrzebowania na energię elektryczną w Polsce w okresie do roku 2020. Oceniano to zapotrzebowanie na stopniowo wzrastającym poziomie, w miarę jak kończył się przejściowy okres zahamowania wzrostu zapotrzebowania, spowodowany procesem ekonomicznej i politycznej transformacji przelomu lat 90-tych – 190–230 TWh (I, II) oraz 220–255 TWh (III, IV). Te ostatnie oceny znajdują się na poziomie zbliżonym do prognoz zawartych w „Polityce Energetycznej Polski do 2025 roku” – 253–273 TWh.

We wszystkich ocenach zakładano raczej ograniczony udział odnawialnych źródeł energii w produkcji energii elektrycznej oraz rosnący udział gazu, wy-

noszący w roku 2020 21% (II) oraz 27–29% (III). Jednakże w roku 2003 (IV) kwestionowano celowość szerszego udziału gazu w produkcji energii elektrycznej ze względu na wymagania bezpieczeństwa energetycznego oraz przewidywania postępującego wzrostu cen tego paliwa.

W referatach omawiających perspektywy zmiany w strukturze źródeł produkcji energii elektrycznej w Polsce oceniano, że rozpoczęcie budowy elektrowni jądrowych nie może wystąpić przed rokiem 2010 (I) oraz, że uzasadnienie takiej budowy pojawi się około roku 2020 (II). Czynnikiem wpływającym na tą datę będą:

- tempo wzrostu zapotrzebowania na nowe moce,
- zmiany wymagań ochrony środowiska,
- postęp w unowocześnianiu projektów elektrowni jądrowych i obniżania jednostkowych nakładów inwestycyjnych,
- zmiany poziomu cen węgla i gazu oraz strategiczne aspekty bezpieczeństwa energetycznego.

Późniejsze oceny (III) wskazują, że elektrownie jądrowe nowej generacji mogą pojawić się w okresie 2010–2020 w przypadku wyższego poziomu zapotrzebowania na energię elektryczną (185–255 TWh). W roku 2003 (IV) wskazano na celowość budowy elektrowni jądrowych w ramach strategii ograniczania zużycia gazu do produkcji energii elektrycznej, podobnie jak to czynią Czechy i Węgry.

W okresie bez mała 10 lat, który upłynął od daty pierwszej z powyższych konferencji, miały miejsce istotne zmiany w stanie projektów elektrowni jądrowych nowej generacji oferowanych na rynku europejskim i amerykańskim.

Obecnie występują na tym rynku projekty:

- a) reaktorów wodno-ciśnieniowych:
 - EPR – o mocy 1650 MW, firmy Areva (Framatom, Siemens),
 - AP 1000 – o mocy 1117 MW, firmy Westinghouse,
 - WWER 1000 – o mocy 1068 MW, firmy Atomenergoprojekt,
- b) reaktorów z wodą wrzącą:
 - ESBWR – o mocy 1390 MW, firmy General Electric,
 - ABWR – o mocy 1385 MW, firmy General Electric.

Nie są obecnie oferowane w Europie i w Ameryce projekty przedstawione na pierwszej konferencji:

- AP 600 – o mocy 600 MW, firmy Westinghouse,

- PWR 80+ – o mocy 1300 MW, firmy ABB Combustion Engineering,
- BWR 90 – o mocy 1300 MW, firmy Westinghouse Atom, Szwecja,
- European Passive Plant – o mocy 1000 MW, firmy Ansaldo–Westinghouse,
- WWER 640 – o mocy 640 MW, firmy Atomenergo-project,
- CANDU 6 – o mocy 610 MW, firmy AECL.

Na dwu konferencjach (I, II) przedstawiono rezultaty prac zainicjowanych w USA w roku 1985 i w Europie w roku 1991 nad zestawem wymagań użytkowników elektrowni jądrowych z reaktorami lekko-wodnymi – *Utility Requirements Documents* (URD). Prace te podjęto z inicjatywy towarzystw energetycznych eksploatujących elektrownie jądrowe, które po doświadczeniach z awarią w elektrowni TMI w USA w roku 1979 oraz w Czarnobylu w byłym Związku Radzieckim w roku 1986 zażądały od producentów urządzeń elektrowni jądrowych rozwiązań zapewniających wyższy poziom bezpieczeństwa, prostszych w konstrukcji i posiadających większe marginesy bezpieczeństwa. W pracach nad tymi dokumentami uczestniczyli przedstawiciele producentów urządzeń elektrowni jądrowych, ich użytkowników oraz urzędów dozoru jądrowego. Wszystkie projekty elektrowni jądrowych Generacji III+, oferowanych obecnie lub przygotowanych do zaoferowania w nieodległej przyszłości, spełniają wymagania URD.

Przedstawione zostały informacje (I) o koncepcjach i stanie zaawansowania prac nad przejściowymi i ostatecznymi składowiskami paliwa wypalonego i wysoko aktywnych odpadów promieniotwórczych w Niemczech, Szwajcarii i Szwecji oraz amerykańskie doświadczenia w zakresie likwidacji elektrowni jądrowych.

W roku 1999 (II) przedstawiono informacje o rezultatach kilkuletnich studiów prowadzonych w ramach Komisji Europejskiej nad oceną tzw. kosztów zewnętrznych produkcji energii elektrycznej w różnych rodzajach elektrowni, a w roku 2001 (III) rezultaty oceny tych kosztów w warunkach polskich, dokonanych we współpracy Agencji Rynku Energii, Instytutu Energii Atomowej, Instytutu Medycyny Pracy i Instytutu Ochrony Środowiska. Na tej ostatniej konferencji przedstawione były również referaty poświęcone zagadnieniom obciążenia środowiska przez elektrownie i elektrociepłownie opalane gazem, procesami jądrowego cyklu paliwowego, procesami przerobu i składowania odpadów promieniotwórczych z elektrowni jądrowych i węglowych, porównaniu poziomu ryzyka poważnych awarii elektrowni jądrowych i węglowych oraz aspektem zrównoważonego rozwoju i ekorozwoju w gospodarce energetycznej a także referat o mechanizmach ekonomicznych prowadzących do ograniczenia emisji zanieczyszczeń.

Na konferencji w roku 1999 (II) przedstawiono oceny okresu niezbędnego dla realizacji zdefiniowanych etapów budowy elektrowni jądrowej, zamykające się łącznie ilością 16–20 lat, określenie roli głównych uczestników programu budowy elektrowni jądrowej: organizacji rządowych, spółki powołanej do budowy i eksploatacji elektrowni, organizacji dozoru jądrowego, przedsiębiorstw inżynierskich, wytwórców urządzeń elektrowni jądrowych i przedsiębiorstw budowlanych a także przedsiębiorstw jądrowego

cyklu paliwowego oraz odpowiedzialnych za gospodarkę paliwem wypalonym i odpadami promieniotwórczymi. W referacie przedstawiciela Europejskiego Banku Odbudowy i Rozwoju przedstawione zostały potencjalne zasady finansowania budowy elektrowni jądrowej, możliwy zakres uzyskiwania kredytów ze źródeł międzynarodowych oraz rodzaje ryzyka, jakie mogą występować w procesie finansowania budowy elektrowni jądrowej.

Zagadnienia regulowania rynków energetycznych na świecie były przedmiotem referatu Sekretarza Generalnego Światowej Rady Energetycznej przedstawionego w roku 2004 (IV). Ostrzegł on przed mylącą opinią, że hasło deregulacji rynku elektroenergetycznego oznacza zaniechanie przedsięwzięć regulacyjnych na rynku konkurencyjnym. Rynek energetyczny, jego zdaniem, nie może być traktowany jako klasyczny rynek towarowy, ze względu na społeczny charakter energii elektrycznej (praktyczny brak elastyczności cenowej) i jej cech techniczno-ekonomicznych (brak możliwości tworzenia zapasów, wysokie wymagania kapitałowe oraz znaczne efekty środowiskowe).

Jak widać, z powyższego bardzo pobieżnego przeglądu, materiały czterech konferencji organizowanych w latach 1996–2003 zawierają sporo informacji, które mogą być przydatne we wznawianych obecnie przygotowaniach do budowy za kilka lat pierwszej elektrowni jądrowej w Polsce. Konferencja zorganizowana w marcu 1999 roku (II) była pomyślana jako przyczynek do prowadzonych wtedy przygotowań rządowego dokumentu *Polityka Energetyczna Polski do roku 2020*. W konkluzji jej obrad stwierdzono, że prawdopodobieństwo wystąpienia potrzeby włączenia elektrowni jądrowej do polskiego systemu elektroenergetycznego w okresie do roku 2020 jest tak wysokie, że istnieje uzasadnienie dla podjęcia systematycznych studiów, analiz i ocen węższych aspektów tej opcji energetycznej w warunkach polskich. Niestety konkluzja ta nie została zauważona i prac tych zupełnie nie podjęto. Rozpocznane sześć lat później przygotowania do realizacji projektu budowy elektrowni jądrowej należy obecnie zaczynać niemal od podstaw.

Rok 2006

Konferencja „Energetyka Jądrowa dla Polski” Kielce, 21 marca 2006

Konferencja ta zorganizowana przez Targi Kielce i SEP stanowiła prolog do przygotowywanej międzynarodowej konferencji „Elektrownie Jądrowe dla Polski – NPPP 2006”.

Tematyka kieleckiej konferencji obejmowała następujące wystąpienia:

- Dlaczego energetyka jądrowa?
- Czarnobyl – mity i fakty,
- Analiza przyczyn zaprzestania budowy elektrowni jądrowej z Żarnowcu,
- Koncepcje przygotowań do wprowadzenia energetyki jądrowej w Polsce,
- Odnawialne źródła energii a energetyka jądrowa: konkurencyjność czy komplementarność?

Pełne teksty tych niezwykle ciekawych wystąpień zostały zamieszczone w „Spektrum” nr 2-3/2006.

Konferencja ta cieszyła się ogromnym zainteresowaniem. Wzięła w niej udział między innymi liczna grupa parlamentarzystów z przewodniczącym Parlamentarnego Zespołu d/s Energetyki, posłem na Sejm RP Andrzejem Czerwińskim, który wysoko ocenił tematykę wystąpień i w bardzo ciepłych słowach odniósł się do SEP jako głównego organizatora. Większość relacji prasowych z targów ENEX dotyczyła tej właśnie konferencji. Z ogromną satysfakcją należy odnotować fakt, że kilkunastoosobowa grupa młodych ekologów z Krakowa, która przyjechała specjalnie, żeby protestować przeciwko energetyce jądrowej, zrezygnowała z zamierzonego protestu mówiąc, że po wysłuchaniu referatów, a zwłaszcza tego na temat Czarnobyla, zaczęli zupełnie inaczej patrzeć na problematykę energetyki jądrowej.

Konferencja „Elektrownie Jądrowe dla Polski – NPPP 2006”, Warszawa, 1–2 czerwca 2006

Przyjęcie przez Rząd Rzeczypospolitej Polski w styczniu 2005 roku dokumentu „Polityka energetyczna Polski do roku 2025”, stwierdzającego konieczność wprowadzenia energetyki jądrowej do bilansu energetycznego Polski ze względu na potrzebę dywersyfikacji nośników energii pierwotnej oraz konieczność ograniczenia emisji zanieczyszczeń do atmosfery było bezpośrednim impulsem do organizacji tej konferencji. Jej program koncentrował się na trzech zespołach zagadnień:

- szczegółowe uzasadnienie konieczności podjęcia budowy elektrowni jądrowych (EJ) w Polsce,
- aspekty obecnego rozwoju energetyki jądrowej na świecie, które powinny być przedmiotem analizy w ramach formułowania programu prac przygotowawczych do budowy EJ w Polsce,
- propozycje działań przygotowawczych do podjęcia budowy elektrowni jądrowej.

W sesji inauguracyjnej Prezes Stowarzyszenia Elektryków Polskich – prof. Stanisław Bolkowski – nawiązał do wieloletniego popierania rozwoju energetyki jądrowej w Polsce przez tą organizację. Sekretarz Stanu w Ministerstwie Gospodarki – min. Piotr Naimski – stwierdził, że ze względu na przewidywane, prawie dwukrotne zwiększenie zapotrzebowania na energię elektryczną w Polsce w ciągu dwudziestu lat oraz ostre wymagania UE w zakresie ochrony środowiska Rząd popiera podjęcie rozwoju energetyki jądrowej. Prezesi Polskich Sieci Elektroenergetycznych S.A – Stanisław Dobrzański – oraz BOT – Paweł Skowroński – wyrazili zainteresowanie udziałem w przygotowaniach do budowy EJ. Przedstawiciel Parlamentu Europejskiego – pani Edit Hercog – stwierdziła, że energetyka jądrowa dysponuje ogromnym potencjałem dla zrównoważonego rozwoju, konkurencyjności oraz niezawodności i bezpieczeństwa pracy. Jest ona najbardziej regulowanym sektorem gospodarki a przerób i gospodarka odpadami innych odpadów przemysłowych nie są dokonywane z taką uwagą i dbałością, jak to ma miejsce z odpadami promieniotwórczymi. Osiąganie powyższych charakterystyk przez energetykę jądrową jest wa-

runkowane zapewnieniem odpowiednich zasobów ludzkich.

Przy wykorzystaniu wyników prac analityczno–prognozytycznych wykonanych przez Agencję Rynku Energii S.A. we współpracy z MAEA w zakresie aspektów energetycznych, ekonomicznych i ekologicznych polskiego systemu elektroenergetycznego w horyzoncie czasowym do 2030 roku oceniono, że dla tego okresu minimum zdyskontowanych kosztów produkcji energii elektrycznej w elektrowniach systemowych uzyskuje się przy co najmniej 10 500 MWe mocy zainstalowanej w elektrowniach jądrowych, których włączanie do systemu przewiduje się w 2021 roku. Obliczenia oparto na założeniach:

- średniorocznego tempa wzrostu PKB 4,15÷5,14% (wariant bazowy) oraz wskaźnika elastyczności wzrostu zużycia energii elektrycznej w stosunku do przyrostu PKB, średnio w całym okresie 0,525. Ma to przynieść wzrost zapotrzebowania na finalną energię elektryczną w 2030 roku o 94% w stosunku do stanu w 2003 roku. Oznaczałoby to wielkość zużycia energii elektrycznej na mieszkańca w 2030 roku 7300 kWh, równą obecnemu poziomowi zużycia tej energii w krajach UE, przed jej ostatnim poszerzeniem członkostwa.
- umiarkowanego wzrostu cen paliw organicznych w okresie lat 2003–2030, ocenianego przez renomowane organizacje międzynarodowe,
- maksymalnego zakresu wykorzystania krajowego potencjału energii odnawialnej ocenianego na około 20 TWh rocznie,
- umiarkowanej wysokości opłat za emisję CO₂ w europejskim systemie handlu tymi pozwoleniami na poziomie 10 USD/tonę CO₂.

W strukturze zużycia energii pierwotnej dla produkcji energii elektrycznej w Polsce występuje dominacja węgla kamiennego i brunatnego (95% w 2004 roku), co ze względu na emisję CO₂ stwarza znacznie trudniejsze warunki ekologiczne w porównaniu z UE, gdzie udział ten wynosi 29,7%. Dodatkowym argumentem za rozwojem energetyki jądrowej jest konieczność wprowadzenia w Polsce dodatkowego źródła energii pierwotnej ze względu na wymagania bezpieczeństwa energetycznego. Problem ten może się zaostriżyć po 2021 roku, kiedy w myśl dokonanej prognozy elektrownie zasilane gazem nie będą kosztowo konkurencyjne.

Realizacja programu budowy w ciągu dziesięciu lat elektrowni jądrowych o mocy ponad 7000 MWe, charakteryzujących się wysoką kapitałochłonnością, wymagałaby średniorocznych nakładów na budowę wszystkich elektrowni systemowych w wysokości około 12 mld zł już od 2016 roku, co nie wydaje się realne przy umiarkowanym tempie wzrostu gospodarczego. Alternatywne scenariusze zakładają znacznie szersze zużycie węgla kamiennego i brunatnego, co może pozwolić na ograniczenie programu jądrowego do 4500 MWe. Wymaga to jednak inwestycji dla otwarcia nowych źródeł. Nie przewiduje się jednak budowy elektrowni gazowych.

Ostatni okres przyniósł zmiany w sytuacji energetyki jądrowej na świecie, które uzasadniają szerzący się pogląd o występowaniu obecnie renesansu w rozwoju tej dziedziny.

Postęp techniczny w relatywnie młodym przemyśle jądrowym przyniósł zasadniczą poprawę eksploato-

wanych już elektrowni jądrowych:

- podniesienie współczynników wykorzystywania mocy EJ z 77% średnio w 1990 roku do 87% w 2004 roku, a w jednej czwartej elektrowni do 90%,
- ujawnienie w doświadczeniu eksploatacyjnym możliwości przedłużenia eksploatacji bloków jądrowych, z 30÷40 lat zakładanych na etapie projektowania, do 60 lat.
- ujawnienie w doświadczeniu eksploatacyjnym rezerw mocy zainstalowanej bloków jądrowych, pozwalających, przy minimalnych nakładach inwestycyjnych, na podniesienie ich mocy o 10÷20%.

Osiągnięcia te spowodowały, że o ile w okresie lat 1990÷2004 łączna moc nowych bloków jądrowych wzrosła o 12% to produkcja energii elektrycznej wszystkich elektrowni jądrowych wzrosła o 38%.

Obok czynników będących rezultatem postępującej liberalizacji rynku energii elektrycznej, jak preferowanie przez towarzystwa energetyczne opcji o niskich nakładach inwestycyjnych i niskim poziomie ryzyka politycznego czy ryzyka zmian prawnych wpływających ujemnie na podejmowanie decyzji o budowie EJ, pojawiły się inne czynniki oddziałujące pozytywnie na te decyzje, głównie:

- postępujące obniżanie nakładów inwestycyjnych elektrowni jądrowych,
- wzrost cen gazu i długofalowe przewidywania utrzymywania się wysokich cen paliw organicznych, wywoływane głównie wzrostem zapotrzebowania,
- zaostrzenie ograniczeń emisji przez elektrownie wykorzystujące paliwa organiczne, w tym emisji CO₂
- dążenie do różnicowania dostaw źródeł energii w trosce o zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego.

W sumie, poparcie dla rozwoju energetyki jądrowej wzrosło. Jeszcze w 2000 roku MAEA oraz OECD/NAEA przewidywały spadek do 2020 roku o 15% światowego poziomu mocy zainstalowanej w EJ z 350 GW w 2000 roku do 300 GW. Oceny tych organizacji dokonane w 2005 roku przewidują, w scenariuszach niskiego i wysokiego rozwoju, wzrost mocy

zainstalowanej w EJ do 415÷516 GW w roku 2020 oraz do 419÷640 GW w 2030 roku. Plany kilku krajów mają istotny wpływ na powyższe prognozy, szczególnie Chin, ze wzrostem mocy zainstalowanej o 30÷40 GW, Indii, ze wzrostem o 270 GW do 2050 roku oraz Japonii, Republiki Korei i Rosji, łącznym wzrostem o 54 GW w ciągu 20 lat.

W krajach rozszerzonej UE 32% energii elektrycznej produkowane jest przez EJ. W sytuacji zarysowującego się wzrostu zależności od importu źródeł energii z 50% obecnie do 70% w ciągu 20÷30 lat decyzje o budowie nowych EJ podjęły Finlandia i Francja a dyskusje i wstępne decyzje o podejmowaniu takich budów mają miejsce w Anglii, na Litwie, w Słowacji, w Czechach, w Rumunii i w Bułgarii.

Prognozowany rozwój będzie realizowany przy wykorzystaniu Generacji III reaktorów jądrowych rozwiniętej w latach 1980÷90 w Ameryce Północnej, Europie i Japonii oraz ewolucyjnie rozwiniętej Generacji III+ o poprawionej ekonomice i szerszemu zastosowaniu pasywnych systemów bezpieczeństwa.

Przewidywania długofalowego rozwoju energetyki jądrowej spowodowały utworzenie w 2001 roku przez 10 państw zaawansowanych w technologii reaktorowej Międzynarodowego Forum Generacji IV dla rozwoju w okresie do 2030 roku wybranych sześciu typów reaktorów energetycznych o podwyższonym poziomie ekonomicznej konkurencyjności, bezpieczeństwa jądrowego, niezawodności pracy i odporności na dywersję materiałów rozszczepialnych na cele broni jądrowej a także o podwyższonym poziomie temperatur pozwalającym na wykorzystanie tych reaktorów także dla celów technologicznych. W roku 2006 Rosja i Chiny dołączyły do tej grupy.

Istotnym czynnikiem rozpoczętego renesansu energetyki jądrowej jest obniżanie kosztów produkcji energii elektrycznej w EJ. W 2005 roku opublikowane zostały przez OECD wyniki analizy porównawczej tych kosztów w 130 elektrowniach różnych typów budowanych lub planowanych do uruchomienia w 21 państwach w latach 2010÷2015.

Główne składowe i wysokości ocenionych kosztów, na których koncentrowała się analiza zestawiono poniżej:

Elektrownie:		węglowe	gazowe	jądrowe
Okres budowy	lata	4	3	5
Nakłady inwestycyjne (bez oprocentowania kapitału)	USD/kW	1000 - 1500	400 - 800	1000 - 2000
Ceny paliwa	USD/GJ	0,15 w Płd. Afryce >2,0 w większości krajów	3,5 - 4,5	0,323
Koszty ruchu i utrzymania	USD/MWh	4,2 - 6,7	0,7 - 4,0	6,1 - 9,3
Koszt produkcji energii elektrycznej				
– przy stopie dyskonta 5%	USD/MWh	25 - 50	37 - 60	21 - 31
– przy stopie dyskonta 10%	USD/MWh	35 - 60	40 - 63	30 - 50

Porównanie ocen kosztów produkcji energii elektrycznej w trzech rozważanych rodzajach elektrowni wykazuje, że:

	przy stopie oprocentowania 5%	przy stopie oprocentowania 10%
Elektrownie węglowe:	są tańsze niż gazowe o 10% lub więcej w 8 krajach	są tańsze niż gazowe o 10% lub więcej w 8 krajach
	są tańsze niż jądrowe w 1 kraju	są tańsze niż jądrowe w 1 kraju
Elektrownie jądrowe:	są tańsze niż węglowe w 7 krajach	są tańsze niż węglowe w 7 krajach
	są tańsze niż gazowe w 9 krajach	są tańsze niż gazowe w 8 krajach
Elektrownie gazowe:	są zawsze droższe niż węglowe	są tańsze niż węglowe w 1 kraju

Jak widać, w zdecydowanej większości krajów, w których zamierza się lub buduje przynajmniej dwa z tych trzech rodzajów elektrowni, elektrownie jądrowe wykazują niższe koszty produkcji energii elektrycznej, nawet bez uwzględnienia wpływu opłat za zezwolenia na emisję CO₂. Tak więc, osiągnięcie przez systemowe elektrownie jądrowe konkurencyjnych kosztów produkcji energii elektrycznej przestało być ich problemem.

Ocenie poddano także koszty produkcji energii elektrycznej w 19 elektrowniach wiatrowych, bez uwzględnienia jednak kosztów utrzymywania mocy rezerwowej w sytuacji nieregularności pracy elektrowni wiatrowych. Dyspozycyjność oceniono na 17–38% dla elektrowni zlokalizowanych na lądzie i

40–45% dla elektrowni zlokalizowanych na morzu. Ocenione koszty wynoszą:

- 30÷100 USD/MWh przy 5 % stopie oprocentowania kapitału, w tym 40÷100 USD/MWh w 14 z 19 badanych projektów,
- 40÷140 USD/MWh przy 10 % stopie, w tym 60÷140 USD/MWh w 13 z 19 badanych projektów.

Podnoszenie poziomu bezpieczeństwa jądrowego jest, obok poprawy ekonomiki energetyki jądrowej, decydującym czynnikiem w uzyskiwaniu jej społecznej akceptacji. W okresie od lat 50-tych ubiegłego stulecia zrealizowano, bądź prowadzi się prace nad czterema kolejnymi generacjami reaktorów energetycznych:

Generacja	Lata	Charakterystyka	Przykłady konstrukcji
I	1950-1965	wczesne reaktory prototypowe	Shippingport, Dresden, Fermi I, Magnox
II	1965-1995	reaktory dostępne handlowo dominujące w eksploatowanych obecnie EJ	LWR: PWR/WWER i BWR, RBMK, CANDU, AGR
III	1995-2010	zaawansowane reaktory lekko-wodne (ALWR)	ABWR, System 80+, APWR, AP600, EPR
III+	2010-2030	ewolucyjne reaktory Generacji III	ACR 1000, AP1000
IV	2030 i dalej	wysoko ekonomiczne, o zwiększonym bezpieczeństwie, zminimalizowanej ilości odpadów, zabezpieczone przed proliferacją materiałów rozszczepialnych	

Postępowi technicznemu, który doprowadził do rozwoju tych kolejnych generacji EJ towarzyszył postęp krajowych i stopniowo wzmacnianych międzynarodowo norm, regulacji i konwencji dotyczących głównie bezpieczeństwa jądrowego. Prowadzi to stopniowo do tworzenia Globalnego Systemu Bezpieczeństwa Jądrowego obejmującego:

- wyczerpujące zestawy norm bezpieczeństwa jądrowego,
- wiążące lub posiadające charakter zaleceń dokumenty prawne, takie jak konwencje i kodeksy postępowania
- silna krajowa infrastruktura bezpieczeństwa jądrowego i zorganizowana międzynarodowa społeczność ekspertów
- międzynarodowe przeglądy bezpieczeństwa i usługi doradcze.

Awarie w EJ Three Mile Island (1979) i w Czarnobylu (1986) przyspieszyły proces wzmacniania międzynarodowych mechanizmów współpracy w zakresie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony przed promieniowaniem. W 1986 roku powołano Światowe Stowarzyszenie Operatorów Elektrowni Jądrowych (WANO), które przez wymianę informacji, wspieranie komunikowania się i dokonywanie porównań oraz współzawodnictwo między członkami dąży do osiągnięcia możliwie najwyższego poziomu bezpie-

czeństwa jądrowego i niezawodności eksploatacji EJ. Osiągnięcie tego celu wymaga dążenia do doskonałości a nie tylko do przestrzegania norm. Dążenie to czyni konieczną łączność z międzynarodową społecznością operatorów aby mieć szeroki pogląd na czym polega doskonałość w tej dziedzinie. Osiągnięty postęp doprowadził też do standaryzacji projektów reaktorów Generacji III, co przyspiesza proces licencjonowania, wpływa na obniżanie nakładów inwestycyjnych i skracanie okresu budowy.

Na konferencji przedstawiono pięć projektów reaktorów energetycznych:

Typ	Kraj	Moc [MWe]
EPR	Francja	1650
AP1000	USA	1157
ESBWR	USA	1550
CANDU/ACR	Kanada	800/1200
WWER-1500	Rosja	1500

Informacje o zamierzeniach inwestycyjnych w powyższym zakresie pozwalają oczekiwać, że około 2015 roku bloki energetyczne z czterech pierwszych reaktorów z powyższej listy będą już miały kilkuletnie doświadczenie eksploatacyjne. Komerccjalizacja reaktora typu WWER-1500 oczekiwana jest około 2020 roku.

Projekt reaktora typu EPR rozwinięty wspólnie przez firmy Framatom i Siemens opiera się na doświadczeniu Francji i Niemiec w budowie i eksploatacji około 70 reaktorów energetycznych typu PWR. Podobnie szerokie doświadczenie z około 100 reaktorami typu PWR w USA i w Japonii leży u podstaw projektu AP1000 oraz około 90 reaktorów głównie w USA, Japonii, Szwecji i w Niemczech u podstaw projektu typu ESBWR. Projekt reaktora WWER-1500 jest ostatnim do tej pory etapem rozwoju reaktorów WWER, który przeszedł przez fazy WWER-440 (modele 230 i 213), WWER-1000 oraz WWER-1200. W eksploatacji znajduje się 53 bloki z reaktorami tego typu. Na szerokim doświadczeniu opierają się też rozwiązania reaktorów ciężkowodnych typu CANDU. W eksploatacji znajduje się 39 bloków tego typu, głównie w Kanadzie (17 bloków) i w Indiach (12 bloków).

Zastosowanie, głównie w reaktorach AP1000, ESBWR oraz WWER-1500, układów pasywnych realizujących w kombinacji z układami aktywnymi krytyczne funkcje bezpieczeństwa spowodowało uproszczenie układów, zmniejszenie kubatury budynków oraz w konsekwencji obniżenie nakładów inwestycyjnych. Na poprawę ekonomiki wpływa też przedłużenie okresu eksploatacji do 60 lat oraz przedłużenie cyklu wymiany paliwa do 18÷24 miesięcy. Istotnym czynnikiem podniesienia poziomu bezpieczeństwa jądrowego jest projektowe zapewnienie zdolności osiągnięcia i utrzymania stanu bezpiecznego wyłączenia reaktorów lekkowodnych przez 72 godziny bez konieczności interwencji operatora w razie wystąpienia awarii projektowej.

Specyficzną cechą energetyki jądrowej z punktu widzenia oddziaływania na środowisko i zdrowie ludzi, polegającą na wydzieleniu niewielkiej ilości długo żyjących odpadów promieniotwórczych wymagających odseparowania ich od środowiska naturalnego przez okres tysięcy lat spowodowało wprowadzenie obwarowań regulacyjnych specyficznych dla energetyki jądrowej. Polskie regulacje, głównie Prawo Atomowe z dnia 29 listopada 2000 roku odpowiadają międzynarodowo uzgodnionym wymaganiom w zakresie:

- formalnej reglamentacji wszystkich etapów procesu inwestycyjnego,
- powołania specjalistycznego, rządowego urzędu dozoru jądrowego – Państwowej Agencji Atomistyki – upoważnionego do formalnego licencjonowania powyższej działalności z punktu widzenia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej oraz pełnienia funkcji weryfikacji i kontroli spełniania wymogów prawa i udzielonych zezwoleń,
- zgodności polskich przepisów prawnych i zasad organizacji systemu dozoru jądrowego z zasadami konwencji i traktatów międzynarodowych dotyczących bezpieczeństwa jądrowego, ochrony przed promieniowaniem oraz zapobiegania rozprzestrzenianiu broni jądrowej i stanowiących światowy system prawny nadal wzmacniany, którego Polska jest członkiem.

Częścią tego systemu są dodatkowe uregulowania UE w zakresie nadzoru nad instalacjami jądrowymi, obrotem substancjami promieniotwórczymi oraz monitorowaniem radiologicznym środowiska i produktów powszechnego użytku, obowiązujące Polskę jako jej członka. Elementami działalności promocyjnej

UE jest udzielanie pożyczek, głównie długoterminowych, dla finansowania inwestycji w sektorze energetyki jądrowej, starania o zapewnienie długofalowego bezpieczeństwa dostaw materiałów jądrowych, przy wykorzystaniu Agencji Dostaw Euratomu, wspieranie badań naukowych w ramach wspólnego ośrodka badań oraz gromadzenie i udostępnianie informacji o trendach występujących na rynku materiałów i urządzeń jądrowych.

Wysoko kwalifikowany personel jest podstawowym elementem infrastruktury niezbędnej w kraju inicjującym rozwój energetyki jądrowej, która ze względu na wyjątkowy rodzaj ryzyka określana jest mianem wymagającej (*demanding*) i nie wybaczącej (*unforgiving*). Stąd dążenie do doskonałości technicznej i organizacyjnej oraz wysokiej kultury bezpieczeństwa. W oparciu o doświadczenia amerykańskie oceniono, że eksploatacja jedno blokowej elektrowni jądrowej wymaga zatrudnienia około 800 wysoko kwalifikowanych pracowników, z odchyleniem ± 300 osób. Stan personelu urzędów dozoru jądrowego w krajach eksploatujących pojedyncze elektrownie jądrowe (Węgry, Litwa) oceniany jest na 50÷90 osób. W sytuacji zaniechania budowy EJ Żarnowiec około 15 lat temu i zarzucenia wtedy programu edukacji związanego z tą inwestycją istnieje obecnie potrzeba wykształcenia najpierw nauczycieli akademickich, jako podstawa do podjęcia niezbędnych programów nauczania na wydziałach inżynierii budowlanej, mechanicznej, metalurgicznej, chemicznej, komputerowej i środowiskowej oraz na wydziałach fizyki. Realizacja takiego programu nauczania wymaga czasu ocenianego na 4÷6 lat, do czego należy dodać okres niezbędnych praktyk w pracujących elektrowniach jądrowych. Odrębnym zagadnieniem będzie organizacja kształcenia wysoko kwalifikowanych techników. Wydaje się pożytecznym powołanie komisji dla szczegółowej oceny potrzeb oraz programu działania wiodącego do ich zaspokojenia.

Ostatnia sesja konferencji przyniosła przegląd ewolucji opinii publicznej wobec energetyki jądrowej w Polsce, USA, Francji i w Szwecji. Sondáže opinii publicznej w tych krajach przeprowadzane są przez specjalistyczne organizacje w reprezentatywnych grupach liczących około 1000 osób w wieku od 15 lat. W krajach tych wystąpił w ostatnim okresie znaczny wzrost poparcia dla rozwoju energetyki jądrowej.

W sondażu przeprowadzonym w Polsce w 2004 r.:

- za ograniczeniem spalania węgla w elektrowniach wypowiedziało się 59%, a ograniczenie wykorzystywania paliw organicznych poparło 72% badanych, natomiast jedynie 10% było odmienego zdania.
- spójnie z powyższym stanowiskiem 42% respondentów poparło rozwój energetyki jądrowej, a 35% miało przeciwne zdanie.

W okresie ostatnich 10 lat był to pierwszy przypadek przewagi poparcia dla rozwoju energetyki jądrowej nad opinią przeciwną.

W USA ogólnonarodowy sondaż przeprowadzony w roku 2005 wykazał:

- najwyższe w ciągu 20 lat, 70% poparcie dla energetyki jądrowej, przy 24% respondentów przeciwnego zdania,
- wzrost tego poparcia w ciągu ostatnich dwu lat z 60% do 70%,

- sondaż przeprowadzony w społecznościach wokół wszystkich 64 EJ wskazał na pozytywną opinię u 87% respondentów a tylko 3% wyraziło odmienną opinię, tak więc zjawisko NIMBY (*Not In My Backyard* – tylko nie na moim podwórku) szeroko występujące na świecie znikło w USA, w kraju eksploatującym ponad sto reaktorów energetycznych.

W Szwecji ostatni ogólnokrajowy sondaż z listopada 2005 roku wskazał na poparcie dla:

- kontynuacji eksploatacji EJ przez 38% respondentów,
- kontynuacji eksploatacji EJ, a po ich wycofaniu zastąpienie innymi EJ przez 24% respondentów,
- dalszego rozwoju energetyki jądrowej i budowy nowych bloków w zwiększonej liczbie przez 15% respondentów,
- zamykania EJ zgodnie z decyzją rządu przez 20% respondentów,
- brak zdania u 3% respondentów.

We Francji, udział wyraziłcieli opinii, że rozwój energetyki jądrowej do poziomu 75% udziału w produkcji energii elektrycznej był uzasadniony wzrósł w okresie lat 2002÷2004 z 44% do 52%, a wyraziłcieli przeciwnej opinii spadł z 42% do 38%.

Pośród przyczyn poparcia dla rozwoju energetyki jądrowej podawane były:

- wysoka niezawodność pracy, dająca w ostatnich latach poziom dyspozycyjności pracy 90%,
- korzyści przynieszone przez energetykę jądrową w postaci czystego powietrza, niezawodności pracy, relatywnie niskich i stabilnych kosztów produkcji energii elektrycznej,
- długofalowy konflikt na Bliskim Wschodzie przynoszący zależność energetyczną od niestabilnych politycznie części świata (szczególnie mający istotne znaczenie w odczuciu Francuzów),
- wpływ huraganów na stabilność dostaw ropy i gazu (szczególnie ważny w odczuciu Amerykanów),
- zerowa emisja CO₂ przez elektrownie jądrowe (szczególnie ważne w odczuciu Szwedów),
- pozytywna postawa towarzystw energetycznych, które w warunkach liberalizowanego rynku energii elektrycznej podejmują decyzje o budowie elektrowni jądrowych (szczególnie w USA).

W sondażach przeprowadzanych w USA, Francji i Szwecji zwraca uwagę niski procent osób wyrażających brak zdania w zagadnieniach objętych pytaniami, co wskazuje, między innymi, na wysoką skuteczność programów nauczania o zagadnieniach energetyki. W Polsce, udział osób nie posiadających własnej opinii w zagadnieniach energetyki jądrowej jest kilkakrotnie wyższy.

Wnioski i propozycje działań przygotowawczych do budowy elektrowni jądrowych w Polsce

1. Konieczne jest powołanie pełnomocnika do spraw energetyki jądrowej. Może to być pełnomocnik premiera, rządu lub ministra gospodarki. Byłby to organ przejściowy do koordynacji przygotowania rozwoju energetyki jądrowej w Polsce oraz utworzenia niezbędnej infrastruktury prawnej i organizacyjnej. Między innymi zadaniem tego pełnomocnika byłoby przygotowanie uchwały parlamentarnej dotyczącej wykorzystania energetyki jądrowej w Polsce. Uchwała parlamentarna powinna być podjęta w 2006–2007 roku (wniosek w tej sprawie podpisany przez prezesa SEP, prezesa PTN i dyrektora generalnego IGEiOŚ wysłano w dniu 9 czerwca 2006 r. do premiera RP).

Powinna być zapewniona współpraca pełnomocnika z prezesem Państwowej Agencji Atomistyki, jako najwyższym w Polsce organem dozoru jądrowego, zajmującym się bezpieczeństwem jądrowym i ochroną radiologiczną.

2. Konieczne jest powołanie inwestora pierwszej elektrowni jądrowej, którym mogłyby być PSE S.A. lub BOT Górnictwo i Energetyka S.A., które zgodnie z „Programem dla elektroenergetyki”, wraz z zakładami dystrybucyjnymi mają utworzyć Polską Grupę Energetyczną – organizację mogącą zrealizować inwestycję elektrowni jądrowych (wniosek w tej sprawie podpisany przez prezesa SEP, prezesa PTN i dyrektora generalnego IGEiOŚ wysłano także w dniu 9 czerwca 2006 r. do premiera RP).
3. Pożądane byłoby zorganizowanie w drugiej połowie 2006 roku seminarium w Parlamencie RP, obejmującego problematykę inicjowania w Polsce rozwoju energetyki jądrowej. Seminarium mia-

łoby na celu przekazanie polskim parlamentarzystom aktualnej wiedzy o stanie i tendencjach rozwojowych energetyki jądrowej na świecie. Znacząca część społeczeństwa przejawia nadal pewną nieufność w stosunku do tej opcji elektroenergetyki.

Jakie działania są potrzebne, aby można było wprowadzić energetykę jądrową w Polsce?

Za konieczne warunki do przemysłowego rozwoju energetyki jądrowej należy uznać:

- Wzmocnienie organizacji regulacji i dozoru jądrowego, niezależnej od przemysłu energetyki jądrowej. Ma to istotne znaczenie zarówno dla zapewnienia bezpiecznej pracy instalacji jądrowych jak i dla budowy społecznego zaufania w tym zakresie. Warunkiem do osiągnięcia tego celu jest wysoki poziom zawodowy personelu tej organizacji, w której powinni się też znaleźć ludzie krytyczni wobec energetyki jądrowej.
- Jasno i precyzyjnie sformułowane prawo atomowe zmniejszające niepewności w procesie licencjonowania. Jest to szczególnie istotne w przypadku obiektów o wysokich nakładach inwestycyjnych. Powinno ono zapewnić miejsce dla konsultacji społecznych w demokratycznym procesie decyzyjnym, określając równocześnie granice czasowe do ich przeprowadzania. Jest to istotne z punktu widzenia interesów inwestorów,
- Nawiązanie współpracy międzynarodowej np. z MAEA oraz UE dla uzyskania wsparcia finansowego, szczególnie dla przedsięwzięć innowacyjnych, do których można zaliczyć szereg działań związanych z wprowadzeniem energetyki jądrowej.
- Standaryzacja rozwiązań technicznych i organi-

zacyjnych. Rozwiązania zaakceptowane przez organizację dozoru jądrowego na wczesnym etapie licencjonowania, również w krajach dostawców urządzeń, powinny być uznane także w dalszych etapach procesu licencjonowania inwestycji.

- Wczesne zorganizowanie procesu edukacji i szkolenia, poczynając od poziomu szkoły podstawowej. Należy wyszkolić kadry profesorów wyższych uczelni w wybranych dziedzinach, którzy będą odpowiedzialni za kształcenie przyszłych inżynierów. Korzystne jest przeszkolenie lekarzy w wybranych aspektach energetyki jądrowej. Cieszą się oni bowiem szerokim zaufaniem społeczeństwa.
- Zainicjowanie organizacji i rozwoju niezbędnej bazy badawczo rozwojowej.
- Opracowanie koncepcji gospodarki paliwem jądrowym i odpadami promieniotwórczymi.
- Zorganizowanie szerokiego programu informacji społecznej o energetyce jądrowej. Do tej działalności włączył się ostatnio Polski Komitet Energii Elektrycznej przez ogłoszenie konkursu na plakat reklamowy dotyczący energetyki jądrowej. Zgłoszono do tego konkursu 354 prace.
- Podjęcie kroków inicjujących i stymulujących udział polskiego przemysłu w programie rozwoju energetyki jądrowej.

Wprowadzenie energetyki jądrowej do polskiej elektroenergetyki jest zgodne z obecnymi tendencjami światowymi. Unia Europejska przewiduje, że około 2030 roku ponad 50% zapotrzebowania Europy na energię elektryczną powinno pochodzić z elektrowni jądrowych.

Jeżeli polska elektroenergetyka, a także polska gospodarka, mają być konkurencyjne w UE, to również Polska powinna w znacznym stopniu korzystać z elektrowni jądrowych. Energetyka jądrowa przyniesie istotny wzrost bezpieczeństwa energetycznego kraju poprzez dywersyfikację nośników energii pierwotnej, ograniczenie emisji gazów cieplarnianych i emisji siarki do atmosfery, a także przyniesie istotny postęp techniczny w polskiej elektroenergetyce.

Przygotowanie i budowa elektrowni jądrowych w Polsce jest jakościową zmianą i interdyscyplinarnym wyzwaniem dla całej gospodarki i w sposób bardzo wrażliwy dotyczy całego społeczeństwa.

W 2007 roku planowane jest zorganizowanie dwóch konferencji poświęconych energetyce jądrowej – „Renesans Energetyki Jądrowej REJ 2007” w Kielcach i „Polska Energetyka Jądrowa PEJ 2007” w Warszawie.

Konferencja „Renesans Energetyki Jądrowej – REJ 2007” MTE–ENEX, Kielce, 12 lutego 2007

Głównym celem tej konferencji jest przedstawienie aktualnego rozwoju energetyki jądrowej na świecie i perspektyw energetyki jądrowej w Polsce.

W związku z tak zdefiniowanym celem proponuje się wygłoszenie referatów obejmujących następującą tematykę:

- renesans energetyki jądrowej na świecie i w Europie,
- wnioski z kilku konferencji w okresie 1996-2006, poświęconych energetyce jądrowej,
- relacje z pewnych działań przygotowawczych dla wprowadzenia energetyki jądrowej w Polsce,
- współistnienie energetyki jądrowej z innymi opcjami elektroenergetyki.

Informacje o tej konferencji dostępne są w Internecie na stronach: <http://www.sep.com.pl>, <http://www.iea.cyf.gov.pl>, www.nuclear.pl, www.enex.pl.

Konferencja „Polska Energetyka Jądrowa: Dotychczasowe Działania – Program do 2030 Roku – PEJ 2007”, Warszawa, 28–29 listopada 2007

Celem konferencji jest ocena dotychczasowych działań mających na celu wprowadzenie energetyki jądrowej w Polsce i stworzenie zarysu programu dalszych działań (np. do około 2030 r.).

Szereg instytucji i organizacji rozpoczęło już pewne działania przygotowawcze. Konferencja ma na celu przedstawienie tych działań. W związku z powyższym oczekuje się przedstawienia referatów przez zaproponowanych wykładowców z:

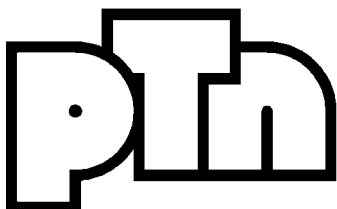
- Ministerstwa Gospodarki (organ koordynujący, przewidziane powołanie Grupy Roboczej d/s Energetyki Jądrowej),
- PSE S.A. (ewentualny przyszły inwestor),
- BOT GiE S.A. (ewentualny przyszły inwestor),
- PAA (przewiduje się wygłoszenie dwóch opracowań dotyczących dozoru jądrowego i akceptacji społecznej dla energetyki jądrowej),
- IEA (n/t działań dotyczących programu badawczego),

na temat:

- gospodarki paliwem wypalonym w Polsce,
- finansowania energetyki jądrowej w Polsce,
- energetyki światowej ze szczególnym uwzględnieniem energetyki jądrowej (na podstawie rezultatów X Kongresu WEC, Rzym, 11-15 listopada 2007 r.).

Ponadto kilka referatów może być przyjętych ze zgłoszeń, łączna liczba wykładów może dojść do 20.

Biuletyn nukleoniczny



Wydawca: Polskie Towarzystwo Nukleoniczne

c/o Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, ul. Dorodna 16, 03-195 Warszawa
tel.: (0-22) 504 12 88, fax: (0-22) 811 23 47,
e-mail: ptn@ichtj.waw.pl, www.ptn.nuclear.pl

Kolegium redakcyjne: Edward T. Józefowicz, Tadeusz Musiałowicz, Ryszard Siwicki, Wiktor Smutek, Zdzisław Stęgowski, Piotr Urbański (przewodniczący)

Skład: Marek Rabiński

Materiały informacyjne: wykorzystano materiały własne, jak również z NucNet, Postępów Techniki Jądrowej, World Nuclear Association News Briefing.

Publikacja dofinansowana przez Komitet Badań Naukowych (KBN)