

Dlaczego energetyka jądrowa w Polsce?

Autor: Prof. dr hab. Zdzisław Celiński - Politechnika Warszawska

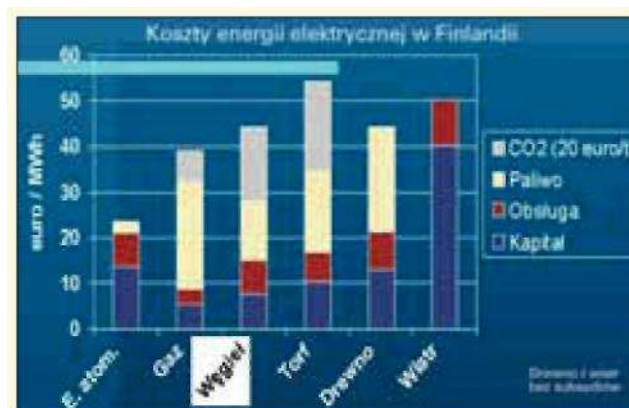
(„Energetyka” – sierpień 2009)

Zagadnienia perspektyw rozwoju energetyki jądrowej w Polsce omawiane już były w szeregu prac [1 - 7].

W artykule zebrano argumenty uzasadniające celowość wdrożenia energetyki jądrowej w Polsce oraz wskazano konkretne korzyści dla społeczeństwa wynikające z uruchomienia elektrowni jądrowych. Omówiono kolejno korzyści ekonomiczne, korzyści związane ze wzrostem bezpieczeństwa energetycznego oraz korzyści związane z ochroną środowiska.

Korzyści ekonomiczne

Wyniki porównań ekonomicznych między kosztami produkcji energii elektrycznej w systemowych elektrowniach węglowych i jądrowych jeszcze kilkanaście lat temu były przedmiotem sporów (opcja gazowa z uwagi na wysokie ceny gazu nie wchodzi już praktycznie w rachubę dla elektrowni produkujących energię elektryczną w podstawie obciążenia; może wchodzić w rachubę jedynie dla elektrowni szczytowych i podszczytowych). Koszty budowy elektrowni jądrowych były bardzo zróżnicowane w różnych krajach i w różnych lokalizacjach. Główną przyczyną wysokich kosztów inwestycyjnych w elektrowniach jądrowych były przedłużające się czasy budowy wywołane niekiedy zmianami przepisów państwowych w trakcie budowy, a częściej protestami przeciwników energii jądrowej skarżących inwestorów do sądów powszechnych i narażających ich na wieloletnie nieraz przestoje zaawansowanych już budów. W wyniku budowa elektrowni jądrowej była kosztowna i związana z dużym ryzykiem finansowym. Sytuacja taka miała miejsce np. w USA, gdzie niektóre elektrownie jądrowe oddawano do użytku po ciągnącej się 24(!) lata budowie (np. elektrownia *Watts Bar 7*: data rozpoczęcia budowy-grudzień 1972; data włączenia do sieci - luty 1996 [8]). Nic więc dziwnego, że w latach 80-tych najwyższe koszty inwestycyjne budowy elektrowni jądrowych notowano w Stanach Zjednoczonych, najniższe zaś obserwowano we Francji, gdzie budowano najsprawniej.



Rys. 1. Wyniki analizy kosztów produkcji energii elektrycznej w różnych opcjach energetycznych wykonanej w Lappeenranta University of Technology

Dziś sprawa jest już przesądzona: koszty produkcji energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych są z reguły niższe a niekiedy znacznie niższe niż w elektrowniach węglowych.

Tak np. Finowie przed podjęciem decyzji o budowie nowej elektrowni jądrowej (aktualnie już w trakcie budowy) przeprowadzali analizy konkurencyjności ekonomicznej różnych źródeł energii elektrycznej. Wyniki ich badań (rys. 1) wskazały na najniższy koszt energii elektrycznej produkowanej w elektrowni jądrowej - 23,7 euro/MWh, dla elektrowni na gazie ziemnym - 32,3 euro/MWh, a w elektrowni węglowej - 28,1 euro/MWh [9]. Obliczenia przeprowadzono przy założeniach: współczynnik obciążenia - 0,91; oprocentowanie kapitału - 5%; czas życia elektrowni - 40 lat; nie uwzględniono kosztów usuwania CO₂. Z uwzględnieniem opłat za emisję CO₂ (20 euro/t CO₂) koszt dla elektrowni węglowej rośnie do 44,3 a gazowej do 39,2 euro/MWh. Na podstawie tych analiz ekonomicznych podjęto decyzję o budowie elektrowni jądrowej.

Wg danych OECD [10] z roku 2005 koszty inwestycyjne w elektrowniach jądrowych liczone bez oprocentowania (tzw. overnight costs) wynosiły w skrajnych przypadkach: we Francji - 1361 euro/kW, a w USA i Finlandii - 1650 euro/kW. W innych krajach przyjmowały wartości pośrednie. Dzisiaj całkowite koszty budowy elektrowni jądrowych (tj. z podatkami, oprocentowaniem itd.) określa się wg OECD [11] na poziomie ok. 2750 euro/kW, ale we Francji wynoszą one ok. 2500 euro/kW (np. el. j. *Flammaville*- 2450 euro/kW), a w USA powyżej 3000 euro/kW (np. el.j. *Florida* - 3220 euro/kW). Koszty inwestycyjne elektrowni węglowych w Polsce wynosiły (2008) 1800...2000 euro/kW.

Atrakcyjność energetyki jądrowej opiera się głównie na bardzo niskich, w porównaniu z węglem czy gazem, kosztach paliwa. Koszty budowy elektrowni jądrowej są jednak wysokie, znacznie wyższe niż elektrowni węglowej, głównie z uwagi na konieczność stosowania rozbudowanych systemów bezpieczeństwa zapobiegających wystąpieniu awarii oraz środków ochrony personelu przed promieniowaniem. Wszystkie porównania ekonomiczne między elektrownią jądrową i węglową sprowadzają się ostatecznie do problemu: czy zmniejszone koszty paliwa w elektrowni jądrowej rekompensują zwiększone koszty inwestycyjne.

Struktura jednostkowych kosztów wytwarzania energii elektrycznej w elektrowni węglowej i jądrowej różni się więc zasadniczo. W elektrowni jądrowej wkład kosztów inwestycyjnych w całkowite koszty wytwarzania energii wynosi ok. 50 - 65%, a paliwa 20 - 25%. W elektrowni węglowej proporcje te są w przybliżeniu odwrócone (koszty inwestycyjne 20 - 35%, paliwo 50 - 65%). W wyniku tego koszty produkcji w elektrowni węglowej są bardzo wrażliwe na zmiany cen paliwa, natomiast na koszty produkcji w elektrowni jądrowej bardzo duży wpływ będą miały koszty budowy, czas trwania budowy, stopa dyskonta kapitału oraz współczynnik obciążenia elektrowni.

Koszty surowca uranowego podobnie jak i inne surowce paliwowe: węgiel, ropa, gaz, w miarę wyczerpywania się tańszych zasobów będą rosły i to szybciej niż koszt urządzeń. W tym aspekcie nabiera znaczenia problem wrażliwości kosztów wytwarzania energii elektrycznej na drożące paliwa.

Na koszt paliwa jądrowego składa się koszt kilkunastu operacji tworzących tzw. cykl paliwowy (wydobycie rudy uranowej, przerób na koncentrat uranowy U₃O₈, oczyszczanie chemiczne do UO₂, konwersja do gazowego UF₆, wzbogacanie izotopowe, konwersja do proszku UO₂, wytwarzanie pastylek paliwowych, produkcja prętów i zestawów paliwowych, magazynowanie paliwa wypalonego, przerób wysokoaktywnych odpadów, ostateczne ich

składowanie). Koszt pierwszych dwóch operacji tj. doprowadzenia surowców uranowych do postaci koncentratu uranowego U_3O_8 (tzw. yellow cake) będącego już produktem handlowym stanowi ok. 20% całkowitych kosztów paliwa [12, 13].

Oceńmy jak wzrosną koszty wytwarzania energii elektrycznej w obu typach elektrowni przy podwojeniu kosztów surowców paliwowych, tj. uranu i węgla. Udział kosztów węgla w kosztach produkowanej energii wynosi ok. 60%, a kosztów paliwa jądrowego ok. 25%. Ale koszt uranu w koszcie paliwa jądrowego stanowi tylko ok. 20%. Tak więc przy 100%-wym wzroście kosztów surowców paliwowych wzrost kosztów wytwarzanej energii elektrycznej w przypadku elektrowni węglowej wyniesie ok. 60%, a elektrowni jądrowej tylko ok. 5%.

Porównanie to staje się istotne z uwagi na szacowaną wielkość zasobów różnych paliw energetycznych (przy obecnym poziomie wydobycia i spożycia: węgiel - 200 lat, gaz - 60 lat, ropa - 40 lat, uran - 85 lat [14]). W miarę wyczerpywania się eksploatowanych dzisiaj, najłatwiejszych w eksploatacji i najtańszych złóż powstanie konieczność przechodzenia do trudniejszych technologicznie ale bogatych w zasoby złóż (głębokie kopalnie węgla, głębokie podwodne wydobycie ropy, uzyskiwanie uranu z fosforytów) i nowych, znacznie droższych technologii. Istotnym wtedy stanie się stopień zależności kosztu wytwarzanej energii elektrycznej od wzrostu kosztów surowców paliwowych. Dla elektrowni jądrowych wzrost kosztów wytwarzanej energii jest niewielki nawet przy znacznym wzroście kosztów surowców paliwowych.

Bezpieczeństwo energetyczne

Jednym z podstawowych obowiązków Państwa jest zapewnienie krajowi bezpieczeństwa energetycznego, tj. niezakłóconych dostaw energii m. in. elektrycznej.

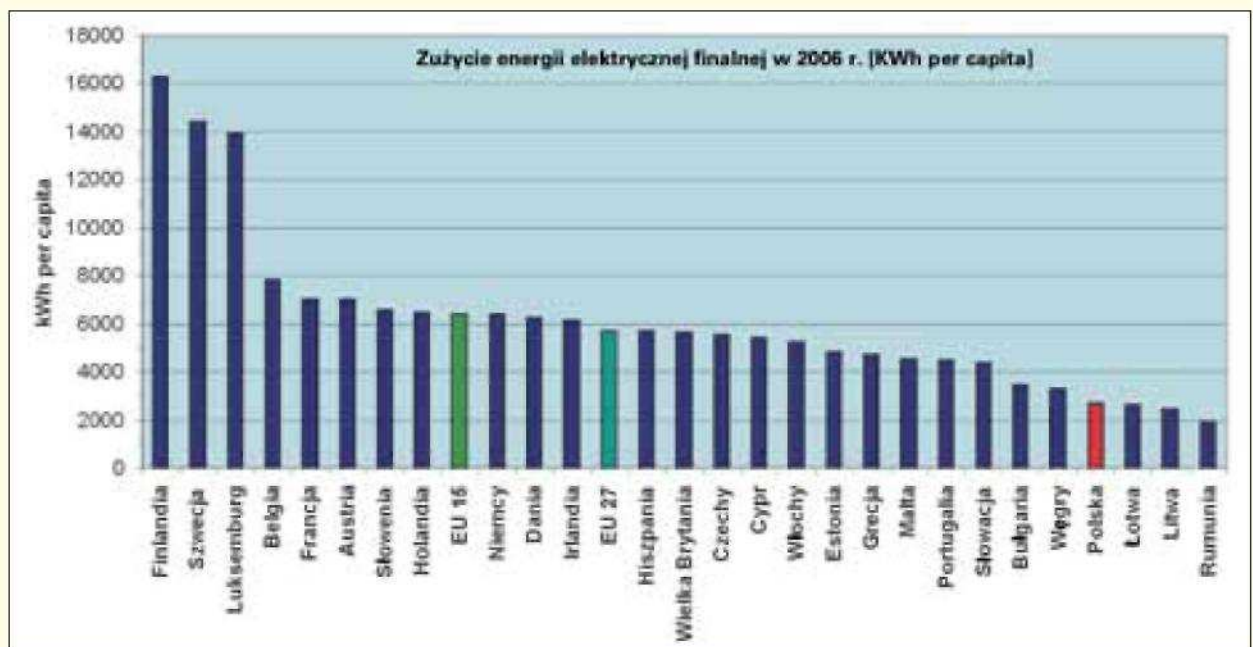
Polska na pierwszy rzut oka jest w stosunku do innych krajów europejskich w uprzywilejowanej sytuacji, gdyż posiada stosunkowo duże ilości surowców energetycznych w postaci węgla. Krajowa elektroenergetyka oparta jest w ponad 95% na węglu. W roku 2006 wydobyto 97,8 mln t węgla kamiennego oraz 61,6 mln t węgla brunatnego. W elektrowniach, elektrociepłowniach i ciepłowniach zużyto z tego 50,9 mln t węgla kamiennego i 61,6 mln t węgla brunatnego. Praktycznie całość wydobycia węgla brunatnego i ok. połowa wydobycia węgla kamiennego zużywana jest w elektroenergetyce [15].

Ten zdawałoby się optymistyczny obraz nie jest prawdziwy. Zasobów węgla przy wydobywaniu go w istniejących kopalniach starczy, jak się ocenia, na ok. 40 lat. W celu zwiększenia wydobycia należy budować nowe kopalnie i to tak węgla kamiennego jak i brunatnego. Budowa nowych kopalni jest niezwykle kapitałochłonna inwestycją. Ale zwiększenie wydobycia węgla będzie niebawem koniecznością.

Wskaźnik zużycia energii elektrycznej na głowę mieszkańca i rok, który charakteryzuje w jakiś sposób poziom cywilizacyjnego rozwoju kraju, jest dla Polski nie tylko w porównaniu z innymi krajami Unii Europejskiej, ale nawet z b. krajami RWPG - kompromitująco niski. Z byłych krajów RWPG niższy wskaźnik od naszego ma tylko Rumunia. W 2006 r. średni wskaźnik dla krajów UE(15) był blisko 2-krotnie wyższy niż dla Polski [16] (rys. 2).

Zgodnie z prognozami zapotrzebowania na energię elektryczną w Polsce ocenia się, że to zapotrzebowanie będzie wzrastać w następnym 20-leciu w tempie ok. 3% rocznie. Co oznacza, że przy obecnym poziomie spożycia energii elektrycznej krzywa wzrostu przetnie

się z krzywą możliwości zaopatrzenia w energię elektryczną (rys. 3) gdzieś w połowie następnego 10-lecia [6]. Oznacza to również, że zgodnie z prognozami dopiero za ok. 20 lat osiągniemy dzisiejszy średni poziom spożycia w UE. (Wg ostatnich prognoz [17] zapotrzebowanie będzie wzrastać jedynie ok. 2% rocznie, co oznacza, że nawet za 20 lat nie osiągniemy dzisiejszego średniego spożycia energii elektrycznej w UE).



Rys. 2. Zużycie energii elektrycznej na mieszkańca w Europie [16]



Rys. 3. Moc osiągalna w istniejących elektrowniach a wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną [6]

Moc zainstalowana w systemie elektroenergetycznym kraju wynosi ok. 35 GW, moc zapotrzebowana w szczycie obciążenia (w miesiącach zimowych) wynosi ok. 25 GW [18]. Porównanie tych dwóch liczb może dawać złudny, wypaczony obraz jakoby Polska mogła przez długi jeszcze czas mieć nadmiar mocy elektrycznej. W rzeczywistości deficyt energii elektrycznej grozi nam nie tylko ze względu na zwiększenie zapotrzebowania, ale również ze względu na trudności utrzymania dotychczasowego poziomu wytwarzania.

Jeśli przyjrzymy się bliżej źródłom zasilania w polskim systemie elektroenergetycznym to okazuje się, że park elektrowni jest w większości wyeksploatowany i przestarzały. Przeszło połowa energii wytwarzana jest w blokach powyżej 30-letnich, a przeszło 30% w blokach ponad 40-letnich (tab. 1). Muszą być one wycofywane z eksploatacji i wymieniane na bloki nowoczesne.

Tabela 1

Wiek elektrowni w latach i % mocy zainstalowanej [19]

Wiek (w latach)	> 20	> 30	> 40	> 50
w % mocy	88	68	37	15

Wg danych ARE istniejące dzisiaj źródła energii elektrycznej w systemie elektroenergetycznym o mocy dyspozycyjnej ok. 34 GW muszą ulec zmniejszeniu do ok. 19 GW w roku 2030 w wyniku wycofywania starych wyeksploatowanych elektrowni (rys. 2). W najbliższych latach konieczna więc będzie budowa i uruchamianie następnych bloków na węgiel kamienny i brunatny w celu zapobieżenia deficytowi energii elektrycznej w najbliższym dziesięcioleciu. Nie zastąpią ich elektrownie wiatrowe i inne elektrownie na paliwa odnawialne - mogą one jedynie w niewielkim stopniu złagodzić deficyt energii.

Podstawą bezpieczeństwa energetycznego w zakresie zaopatrzenia w energię elektryczną musi być dywersyfikacja paliw (tzw. mix energetyczny) oraz dywersyfikacja kierunków dostaw surowców energetycznych. Jeśli porównamy stopień bezpieczeństwa energetycznego, jaki zapewniają elektrownie opalane węglem, gazem i paliwem jądrowym w warunkach polskich to okaże się, że najwyższy stopień gwarantują elektrownie jądrowe.

Węgiel będący surowcem krajowym jest odporny na wszelkiego rodzaju zakłócenia zewnętrzno-polityczne. Jest natomiast wrażliwy na zakłócenia wewnętrzno-polityczne (jak np. strajki górników czy kolejarzy, blokady dróg czy linii kolejowych) oraz na warunki klimatyczne (ostra i śnieżna zima może sparaliżować pracę elektrowni węglowej tak jak to miało miejsce w zimie 1978/79).

Opieranie rozwoju elektroenergetyki na importowanym gazie jako paliwie wiąże się z największym ryzykiem z uwagi na możliwość zewnętrzno-politycznych zakłóceń, zwłaszcza w sytuacji, gdy dostawa gazu jest ograniczona do jednego kierunku geograficznego.

Najwyższy stopień bezpieczeństwa energetycznego zapewniają elektrownie jądrowe. Wiąże się to ze specyfiką paliwa jądrowego, zawierającego niezwykle skoncentrowany zasób energii.

Do elektrowni węglowej o mocy 1000 MW trzeba dostarczyć rocznie prawie 3 mln t węgla kamiennego (8 pociągów dziennie po 50 wagonów 20-tonowych). Do elektrowni jądrowej o tej samej mocy jedynie 25 t paliwa uranowego rocznie - w sytuacjach tego wymagających można łatwo zmagazynować zasoby paliwa na wiele lat pracy elektrowni.

Paliwo jądrowe jest łatwo dostępne na wolnym rynku międzynarodowym. Rozkład zasobów rudy uranowej w świecie jest geopolitycznie korzystny, gdyż największymi zasobami dysponują politycznie stabilne, wysokorozwinięte kraje wolnorynkowe (Kanada, Australia).

Warto zwrócić uwagę, że czas życia światowych zasobów uranu szacowany jest na 80... 100 lat przy obecnym poziomie jego zużycia oraz z istniejących, eksploatowanych dzisiaj złóż

przy akceptowanych dzisiaj kosztach.

Jeśli wziąć pod uwagę bardzo mały wpływ kosztów uranu na koszt produkowanej energii elektrycznej i dopuścić kilkakrotny wzrost kosztów wydobywanego uranu, jego zasoby wielokrotnie rosną - opłacalne staje się wydobywanie uranu z ubogich rud o małej jego zawartości (np. fosforytów). Po podjęciu zaś decyzji o oparciu energetyki jądrowej na reaktorach prędkich powielających i dopuszczeniu wielokrotnego przerobu paliwa wypalanego - zasoby uranu (i czas życia) rosną w przybliżeniu 50-krotnie [20].

Nie ma więc obaw, co podnoszą niekiedy oponenci energetyki jądrowej, przed rychłym wyczerpaniem się światowych zasobów uranu.

Ochrona środowiska

Przy spalaniu różnych rodzajów węgla powstają zanieczyszczenia uwalniane do biosfery, które kwalifikuje się jako gazowe (SO_2 , NO_x , węglowodory) albo stałe (żuźle, pyły lotne). Skutki zanieczyszczeń wprowadzanych przez elektrownię węglową do środowiska są na ogół dobrze poznane [21, 22]. Powodują one choroby u ludzi i zwierząt, niszczenie roślinności, gleby, niszczenie budowli (w tym zabytkowych), korozję metali, niszczenie odzieży itd. Większość lotnych zanieczyszczeń jest usuwana przez coraz bardziej udoskonalane systemy filtrów, tym niemniej nieusunięta część zanieczyszczeń może wywoływać poważne szkody.

W obliczeniach kosztów produkcji energii elektrycznej koszty tych szkód określane są jako „zewnętrzne”, gdyż nie obciąża się nimi producentów energii, ale ponoszone są one przez całe społeczeństwo, często nie tylko w kraju produkującym energię, ale i w krajach sąsiednich, nieraz leżących w znacznej odległości od elektrowni.

W stosowanych obecnie metodykach obliczania kosztów produkcji energii elektrycznej koszty zewnętrzne są zwykle pomijane z uwagi na duże trudności ich ilościowego określenia. Szczególne trudności sprawia określenie wartości szkód zdrowotnych ludności. Podejmuje się badania nad ilościowym ujęciem różnego rodzaju kosztów zewnętrznych w celu wprowadzenia ich do porównawczych obliczeń ekonomicznych. W latach 90-tych w krajach Unii Europejskiej uruchomiono program „ExternE” (External Energy Costs) mający na celu opracowanie metodologii obliczania ilościowego kosztów zewnętrznych, aby umożliwić wprowadzanie ich przy określaniu rzeczywistych kosztów produkcji energii elektrycznej. Wyniki badań wskazują na znaczne koszty zewnętrzne związane z elektrowniami węglowymi [23] oraz znikome związane z elektrowniami jądrowymi [24].

Włączenie kosztów zewnętrznych do obliczeń porównawczych różnych opcji energetycznych, z czym należy się liczyć w bliższej lub dalszej przyszłości, powiększy już i tak wyraźną przewagę ekonomiczną opcji jądrowej.

Osobnym problemem nabierającym w ostatnich latach coraz większego znaczenia, jest emisja CO_2 . Zawartość jego w atmosferze nie prowadzi do bezpośrednich skutków zdrowotnych, a zasadniczym zagrożeniem, jakie może spowodować zwiększanie jego ilości, jest zakłócenie równowagi promieniowania w atmosferze ziemskiej, wywołujące tzw. efekt szklarniowy. Część klimatologów jest zdania, a co najważniejsze zgodziła się z nimi większość polityków, że dalszy wzrost zawartości CO_2 w atmosferze grozi trudnymi do przewidzenia zmianami klimatycznymi w skali globu ziemskiego już w ciągu najbliższych kilkudziesięciu lat. Żeby uniknąć tego ryzyka zawarto szereg międzynarodowych porozumień mających na celu

ograniczenie emisji CO₂. Porozumienia te zostały ratyfikowane przez większość krajów rozwiniętych. Unia Europejska przewiduje zmniejszenie emisji CO₂ do roku 2020 o 20% w stosunku do roku 2003. Przydzielane są poszczególnym krajom roczne limity na emisję CO₂. Za jeden z najważniejszych sposobów zmniejszenia emisji (obok takich jak zwiększenie sprawności źródeł energii, czy zmniejszanie energochłonności produkcji) UE uznaje wprowadzanie odnawialnych źródeł energii. Wszystko to jednak pociąga za sobą znaczne koszty.

Tradycyjnym metodom wytwarzania energii elektrycznej towarzyszy emisja CO₂. W tabeli 2 zestawiono wielkość emisji CO₂ na jednostkę wytwarzanej energii elektrycznej dla różnych opcji energetycznych (emisję określono dla pełnego cyklu produkcji włącznie z budową urządzeń i usuwaniem odpadów). Energetyka jądrowa charakteryzuje się najniższą emisją.

Tabela 2

Emisja CO₂ towarzysząca różnym opcjom
produkcji energii elektrycznej [25]

	Węgiel brun.	Węgiel kam.	Ropa	Gaz	Hydro	Biomasa	Wiatr	Atom
max	1372	1026	774	469	90	49	22	40
min	1062	834	657	398	5	15	7	3

Światowa Rada Energetyczna 2004.

Priorytetowym programem Unii Europejskiej staje się ostatnio ograniczanie emisji CO₂ do atmosfery. Wpływa to w sposób pozytywny na stosunek władz UE do energetyki jądrowej. O ile dotychczas był on raczej chłodny i wstrzemięzliwy, o tyle ostatnio obserwuje się wyraźną zmianę. Sygnały jej obserwuje się w wypowiedziach posłów Parlamentu Europejskiego na posiedzeniach Komisji jak i w rezolucji przyjętej na sesji plenarnej Parlamentu UE (październik 2007). Mają na to zapewne wpływ przewidywane trudności osiągnięcia założonej redukcji emisji CO₂ bez znacznego udziału energetyki jądrowej w energetyce. Ale wpływ na to może mieć również narastająca świadomość nierealności osiągnięcia założonych bardzo ambitnych celów w rozwoju energetyki odnawialnej.

W roku 2006 uwolniono w Polsce do atmosfery 326,5 mln t CO₂, w tym w elektrowniach zawodowych (wg ARE) - 149 mln t CO₂. Krajowy Plan Rozdziału Uprawnień do emisji CO₂ przewidywał (2005) całkowity limit roczny dla Polski-284 mln tCO₂, w tym dla elektrowni (do 2014 r.) limity roczne - 125 mln t CO₂. W latach późniejszych limity miały być stopniowo zmniejszane. Ostatnio przydzielono Polsce zezwolenie na roczną emisję w wysokości 208 mln t CO₂. Jest to ilość daleko niewystarczająca.

Sytuacja, jaka powstaje będzie stanowić poważne wyzwanie dla polskiej elektroenergetyki.

Żeby mu sprostać trzeba będzie działać jednocześnie w trzech kierunkach:

- kupować brakujące zezwolenia na emisję na wolnym (niebawem) rynku,
- wdrażać technologie oczyszczania spalin z CO₂ i ich sekwestrację (technologia jeszcze w pełni nieopanowana),
- uruchamiać w trybie przyspieszonym elektrownie jądrowe nieemitujące CO₂, elektrownia jądrowa o mocy 1000 MW pozwala na uniknięcie emisji ok. 7 mln t CO₂ rocznie.

Trudno dzisiaj przewidzieć o ile wzrosną w krajowej energetyce koszty produkcji energii elektrycznej związane z wprowadzaniem ograniczeń emisji CO₂. W pesymistycznych przewidywaniach [5] mówi się nawet o podwojeniu kosztów. Mogłoby to mieć katastrofalne skutki polityczne i gospodarcze. Trzeba sobie zdać sprawę, że nie ma realnych możliwości znacznego ograniczenia emisji CO₂ w polskiej elektroenergetyce bez istotnego zwiększenia udziału energetyki jądrowej. Niestety, nie da się tego zrealizować ani dziś, ani jutro -jest to proces rozłożony na kilkanaście, a może nawet kilkadziesiąt lat. Im szybciej jednak przystąpimy do wdrażania energetyki jądrowej do polskiej elektroenergetyki tym szybciej uzyska się korzystne rezultaty dla gospodarki i ludności.

Podsumowanie

Podsumowując powyższe rozważania: wobec -

- ograniczonych zasobów węgla brunatnego,
- nieprzewidywalności ceny gazu ziemnego,
- konieczności wprowadzenia dywersyfikacji paliw dla podwyższenia bezpieczeństwa energetycznego,
- konieczności dotrzymania norm ochrony środowiska,
- potrzeby uzyskania dobrych wyników ekonomicznych należy stwierdzić, że budowa elektrowni jądrowej w Polsce jest przedsięwzięciem opłacalnym ekonomicznie i koniecznym.

Tabela 3

Charakterystyka różnych opcji energetycznych w Polsce

Cechy charakteryzujące różne opcje energetyczne w Polsce				
	Węgiel	Atom	Gaz	GZE
korzyści	- dostępność węgla kamiennego i brunatnego	- niski koszt en. elektr. - wysokie bezp. energ.	- niskie koszty inwestycyjne	- tania surowce
ograniczenia	- wys. koszty now. kopalni - wys. koszt usuwania CO ₂	- wysokie koszty inwest.	- drogi gaz	- małe moce
środowisko	- emisja zanieczysz.	- brak emisji	- niska emisja	- mały wpływ

W tabeli 3 w skondensowanej postaci zestawiono korzyści i ograniczenia charakterystyczne dla każdej z opcji energetycznych. Każda z nich powinna zająć w zdywersyfikowanym „energy mix” polskiej elektroenergetyki miejsce, odpowiednio do charakteryzujących ją korzyści i ograniczeń, zgodnie z hasłem wysuwany przez OECD: „Keep all energy options open”. Z dzisiejszej perspektywy nie można przewidzieć jak za kilkadziesiąt lat będzie wyglądać zaopatrzenie kraju w energię elektryczną. Najprawdopodobniej przez długie jeszcze lata energetyka jądrowa będzie spełniać w produkcji energii elektrycznej jedynie uzupełniającą rolę w stosunku do energetyki węglowej, na której w dalszym ciągu opierać się będzie polska elektroenergetyka.

Powracając do pytania w tytule referatu - zestawmy na zakończenie korzyści, jakie Polska może osiągnąć, w perspektywie wieloletniej, dzięki wdrożeniu energetyki jądrowej:

- uzyskanie taniej energii elektrycznej co przyspiesza rozwój gospodarczy i podnosi dobrobyt ludności;
- zmniejszenie lub likwidacja w najbardziej racjonalny sposób deficytu energii elektrycznej;
- zwiększenie dywersyfikacji źródeł energii;
- podwyższenie stopnia bezpieczeństwa energetycznego co przekłada się na zrównoważony rozwój gospodarki nie zakłócany przerwami w dostawach energii elektrycznej oraz podnosi komfort życia ludności;
- zwiększenie niezależności energetycznej kraju - ograniczenie importu paliw, a więc zmniejszenie stopnia zależności kraju od importu ropy i gazu;
- zachowanie zasobów węgla jako paliwa dla przyszłych pokoleń;
- zachowanie zasobów węgla jako cennego surowca dla przemysłu chemicznego i farmaceutycznego;
- zmniejszenie zanieczyszczenia atmosfery szkodliwymi substancjami;
- ograniczenie emisji CO i uniknięcie wysokich opłat związanych z jego emisją.

I to jest odpowiedź na tytułowe pytanie: DLACZEGO ENERGETYKA JĄDROWA W POLSCE?

Literatura

- [1] Celiński Z.: Perspektywy rozwoju energetyki jądrowej w Polsce. *Energetyka* 1999, nr 11
- [2] Marecki J., Duda M.: Dlaczego istnieje w Polsce konieczność budowy elektrowni jądrowych; Konferencja Międzynarodowa NPPP, Warszawa, czerwiec 2006
- [3] Trojanowska H.: Dlaczego Polsce potrzebna jest energetyka jądrowa. Seminarium SEP, Warszawa wrzesień 2006
- [4] Strupczewski A. i inni: Czemu potrzebujemy energetyki jądrowej w Polsce. Biuletyn PSE nr. 4-5, 2007
- [5] Duda M.: Główne argumenty za rozwojem energetyki jądrowej w Polsce. Konferencja „Energetyka atomowa w Polsce”, Warszawa maj 2008
- [6] Trojanowska H.: Zasadność rozwoju energetyki atomowej w Polsce. Seminarium „Energetyka atomowa w Polsce - czas na działania”, Senat RP, Warszawa październik 2008
- [7] Celiński Z.: Dlaczego energetyka jądrowa? Krajowa Konferencja „Renesans Energetyki Jądrowej”, Kielce marzec 2009

- [8] Yearbook of the IAEA, 1997
- [9] Tarjanne R., Luostarinen K.: World Nuclear Association, Nuclear Power in Finland, 2/2009
- [10] Projected Costs of Generating Electricity. NEA, IEA/OECD, 2005
- [11] Strupczewski A.: Koszty energetyki jądrowej na tle innych źródeł energii. III Ogólnopolska Konferencja - POLSKA ELEKTROENERGETYKA - REALIA, PROBLEMY, DYLEMATY, Warszawa 26 kwietnia 2009
- [12] Messer K.P.: Wirtschaftlichkeitfragen des Kernbrennstoffkreislaufes. Aug/Sept. 1984
- [13] Celiński Z.: Energetyka jądrowa. PWN, Warszawa 1991
- [14] Survey of Energy Resources - 2004. World Energy Council, London, 2004
- [15] Rocznik statystyczny 2006. GUS, listopad 2007
- [16] EU Energy in Figures. DG TREN, 2008
- [17] Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię do 2030 roku. Załącznik nr 2 do projektu „Polityka energetyczna Polski do 2030 roku”. Ministerstwo Gospodarki, Warszawa marzec 2009
- [18] Raport roczny 2007. PSE - Operator,
- [19] Statystyka Elektroenergetyki Polskiej. CIE, Warszawa 1987
- [20] Uranium 2005. Resources, Production. NEA/OECD, 2006
- [21] Celiński Z.: Energetyka a ochrona środowiska. Przegląd Elektrotechniczny, Warszawa, nr. 2, 1996
- [22] Strupczewski A. i inni: Ocena wpływu wytwarzania energii elektrycznej na zdrowie człowieka i środowisko i analiza porównawcza dla różnych źródeł energii. Konfer. Międzynarodowa „Ekologiczne aspekty wytwarzania energii elektrycznej”. Warszawa, 2001
- [23] Krewitt W. i inni: ExternE-Externalities of Energy National Implementation in Germany. IER Report, EUR 18271, November 1997
- [24] Hirschberg K. i inni: Severe Accidents in the Energy Sector. PSI Bericht, Nr. 98, November 1998
- [25] World Energy Council, London 2004