

Perspektywy energetyki jądrowej

# Pożytki z atomu



Prof. dr hab. Zdzisław Celiński – Politechnika Warszawska; członek Komitetu Problemów Energetyki przy Prezydium PAN; przewodniczący Komitetu Energetyki Jądrowej przy ZG Stowarzyszenia Elektryków Polskich; wiceprzewodniczący Stowarzyszenia Ekologów na rzecz Energii Nuklearnej (SEREN)

**ZDZISŁAW CELIŃSKI**

Zakład Energetyki i Techniki Jądrowej  
Politechniki Warszawskiej  
Komitet Problemów Energetyki, Warszawa  
Polska Akademia Nauk  
zdceli@op.pl

**Elektrownie jądrowe pracują z powodzeniem w wielu krajach. My również wcześniej czy później do nich dołączymy. Chodzi jednak o to, żeby decyzje tę podejmować z pełnym rozeznaniem uzyskiwanych korzyści**

Koszty produkcji energii elektrycznej w elektrowniach jądrowych są z reguły niższe, a niekiedy znacznie niższe niż w elektrowniach węglowych. Na przykład 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 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. Na podstawie tych analiz ekonomicznych podjęto decyzję o budowie elektrowni jądrowej.

## Korzyści ekonomiczne

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 więc 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 50–65%, a paliwa 20–25%. W elektrowni węglowej proporcje te są w przybliżeniu odwrócone (koszty inwestycyjne 20–35%, paliwo 50–65%). Koszty produkcji w elektrowni węglowej są więc bardzo wrażliwe na zmiany cen paliwa, natomiast na koszty produkcji w elektrowni jądrowej bardzo duży wpływ mają koszty budowy, czas trwania budowy, stopa dyskonta kapitału oraz współczynnik obciążenia elektrowni.

Oceńmy, jak wzrosną koszty wytwarzania energii elektrycznej w obu typach elektrowni przy podwojeniu kosztów 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% wzroście kosztów surowców paliwowych wzrost kosztów wytwarzanej energii elektrycznej w przypadku elektrowni węglowej wyniesie ok. 60%, a elektrowni jądrowej tylko ok. 5%.

**Jednym z podstawowych obowiązków państwa jest zapewnienie krajowi bezpieczeństwa energetycznego**

Porównanie to staje się istotne z uwagi na szacowaną wielkość zasobów różnych paliw energetycznych (przy obecnym poziomie spożycia: węgiel – 200 lat, gaz – 60 lat, ropa – 40 lat, uran – 85 lat). W miarę wyczerpywania się eksploatowanych dzisiaj, najłatwiejszych w eksploatacji i najtańszych złóż powstanie konieczność sięgania do złóż trudniejszych technologicznie, ale bogatych w zasoby (głębokie kopalnie węgla, głębokie podwodne wydobywanie ropy, uzyskiwanie uranu z fosforytów) i nowych, znacznie droższych technologii. Istotny wtedy stanie się stopień „przełożenia” wzrostu kosztów paliwa na koszt wytwarzanej energii elektrycznej.





www.ssc.hu

Tradycyjnym metodom wytwarzania energii elektrycznej, takim jak elektrownie węglowe, towarzyszy znaczna emisja przyczyniającego się do globalnego ocieplenia dwutlenku węgla

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 ma stosunkowo dużo surowców energetycznych w postaci węgla. Krajowa elektroenergetyka oparta jest na nim w ponad 95%. W roku 2006 wydobyto 97,8 mln t węgla kamiennego oraz 61,6 mln t węgla brunatnego. Praktycznie całość wydobycia węgla brunatnego i około połowy wydobycia węgla kamiennego zużywana jest w elektroenergetyce.

### Ograniczone zasoby

Ten optymistyczny obraz nie jest jednak prawdziwy. Zasobów węgla przy wydobywaniu go w istniejących kopalniach starczy na ok. 40 lat. By zwiększyć wydobycie, należy budować nowe kopalnie, i to zarówno węgla kamiennego, jak i brunatnego. Budowa nowych kopalni jest niezwykle kapitałochłonna inwestycją, a zwiększenie wydobycia węgla będzie niebawem koniecznością. Wskaźnik zużycia energii elektrycznej na głowę mieszkańca i rok, który charakteryzuje w pewien sposób poziom cywilizacyjnego rozwoju kraju, jest dla Polski nie tylko w porównaniu z innymi krajami Unii Europejskiej, ale nawet z krajami byłej RWPG kompromitująco niski. W 2006 r. średni wskaźnik dla krajów UE(15) był blisko dwukrotnie wyższy niż dla Polski. Ocenia się, że w Polsce będzie on wzrastać w następnym 20-leciu w tempie ok. 2% rocznie. Oznacza to, że krzywa wzrostu przetnie się z krzywą możliwości zaopatrzenia w energię elektryczną w połowie następnego 10-lecia. Zgodnie z tymi prognozami dopiero za ok. 20 lat osiągniemy dzisiejszy średni poziom spożycia w UE.

Moc zainstalowana w systemie elektroenergetycznym kraju wynosi ok. 35 GW, moc zapotrzebowana w szczycie obciążenia (w miesiącach zimowych) wynosi ok. 25 GW. Porównanie tych dwóch liczb może dawać złudny, wypaczony obraz, jakoby Polska jeszcze przez długi czas miała mieć nadmiar mocy elektrycznej. Deficyt energii elektrycznej grozi nam nie tylko ze względu na zwiększające się zapotrzebowanie, ale również ze względu na trudności utrzymania dotychczasowego poziomu wytwarzania.

Jeśli przyjrzymy się bliżej źródłom zasilania w polskim systemie elektroenergetycznym, okaże się, że park elektrowni jest w większości wyeksploatowany i beznadziejnie przestarzały. Blisko 70% energii wytwarzana jest w blokach powyżej 30-letnich, 37% - w blokach ponad 40-letnich, a kilkanaście procent - w blokach nawet ponad 50-letnich. Muszą być one wycofywane z eksploatacji i wymieniane na bloki nowoczesne. 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. *miks 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 najwyższe bezpieczeństwo gwarantują elektrownie jądrowe. Wiąże się to ze specyfiką paliwa jądrowego, zawierającego niezwykle skoncentrowany zasób energii.

Z największym ryzykiem wiąże się opieranie rozwoju elektroenergetyki na importowa-



## Perspektywy energetyki jądrowej

Budowa elektrowni jądrowych umożliwia ograniczenie emisji dwutlenku węgla i uniknięcie wysokich opłat związanych z jego emisją



www.ssc.hu

nym gazie jako paliwie z uwagi na możliwość zewnętrznych zakłóceń, zwłaszcza w sytuacji, gdy dostawa gazu jest ograniczona do jednego kierunku geograficznego. Węgiel będący surowcem krajowym jest odporny na wszelkiego rodzaju zakłócenia wewnętrzne. Jest natomiast wrażliwy na zakłócenia wewnętrzne (jak np. strajki górników czy kolejarzy) oraz na warunki klimatyczne (ostra i śnieżna zima może sparaliżować pracę elektrowni węglowej). 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 - a 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 wysoko rozwinięte kraje wolnorynkowe (Kanada, Australia).

Warto zwrócić uwagę na to, 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 stanie 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. Nie ma więc obaw, co podnoszą niekiedy oponenci energetyki jądrowej, że światowe zasoby uranu rychło się wyczerpią.

### 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). Większość lotnych zanieczyszczeń jest usuwana przez coraz bardziej udoskonalane systemy filtrów, niemniej jednak 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, lecz także w krajach sąsiednich.

W stosowanych obecnie metodach obliczania kosztów produkcji energii elektrycznej koszty zewnętrzne są zwykle pomijane z uwagi na duże trudności z ich ilościowym



określeniem. 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. w krajach Unii Europejskiej uruchomiono program „ExternE” (*External Energy Costs*) mający na celu opracowanie metodologii obliczania ilościowego kosztów zewnętrznych. Wyniki badań wskazują na znaczne koszty zewnętrzne związane z elektrowniami węglowymi oraz znikome związane z elektrowniami jądrowymi. 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<sub>2</sub>. Unia Europejska przewiduje zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub> do roku 2020 o 20% w stosunku do roku 2003. 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 pociąga za sobą znaczne koszty. Gdy zestawimy wielkość emisji CO<sub>2</sub> na jednostkę wytwarzanej energii elektrycznej dla różnych opcji energetycznych (emisję określono dla pełnego cyklu produkcji włącznie z budową urządzeń i usuwaniem odpadów), okaże się, że energetyka jądrowa charakteryzuje się najniższą emisją.

### Powrót atomu

Priorytetowym programem Unii Europejskiej staje się ostatnio ograniczanie emisji CO<sub>2</sub> do atmosfery. Wpływa to w sposób pozytywny na stosunek władz UE do energetyki jądrowej. O ile dotychczas był on raczej chłodny i wstrzemięźliwy, o tyle ostatnio obserwuje się wyraźną zmianę. Sygnały jej obserwuje się zarówno 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 CO<sub>2</sub> bez znacznego udziału energetyki jądrowej w energetyce. Ale wpływ na to może mieć również narastająca świadomość nierealno-

ści osiągnięcia założonych bardzo ambitnych celów w rozwoju energetyki odnawialnej.

W roku 2006 uwolniono w Polsce do atmosfery 326,5 mln t CO<sub>2</sub>. Krajowy Plan Rozdziału Upnień do emisji CO<sub>2</sub> przewidywał (2005) całkowity limit roczny dla Polski – 284 mln t CO<sub>2</sub> w tym dla elektrowni (do 2014 r.) limity roczne – 125 mln t CO<sub>2</sub>. W latach późniejszych limity miały być stopniowo zmniejszane. Aktualnie przydzielono Polsce zezwolenie na roczną emisję w wysokości 208 mln t CO<sub>2</sub>. Jest to ilość daleko niewystarczająca. Powstała sytuacja 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 CO<sub>2</sub> i ich sekwestrację (technologia jeszcze nieopanowana),

### Zasobów węgla przy wydobywaniu go w istniejących kopalniach wystarczy na 40 lat

- uruchamiać w trybie przyspieszonym elektrownie jądrowe nieemitujące CO<sub>2</sub> (elektrownia jądrowa o mocy 1000 MW pozwala na uniknięcie emisji ok. 7 mln t CO<sub>2</sub> rocznie).

Trudno dzisiaj przewidzieć, o ile wzrosną w krajowej energetyce koszty produkcji energii elektrycznej związane z wprowadzaniem ograniczeń emisji CO<sub>2</sub>. W pesymistycznych przewidywaniach 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 CO<sub>2</sub> w polskiej elektroenergetyce bez istotnego 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 przystąpimy do wdrażania energetyki jądrowej do polskiej elektroenergetyki, tym szybciej uzyska się korzystne rezultaty dla gospodarki i ludności. ■

#### Chcesz wiedzieć więcej?

*Polityka energetyczna Polski do 2030 roku* – Ministerstwo Gospodarki, marzec 2009.