



PL0100822

ENERGETYKA I ŚRODOWISKO*

Andrzej Z. Hrynkiewicz

Instytut Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego, Kraków

1. WPROWADZENIE

Wiele obszarów działalności ludzkiej wywiera zgubny wpływ na środowisko naturalne. Należy do nich przede wszystkim wytwarzanie, przetwarzanie i konsumpcja energii. Świadomość tego zagrożenia wytworzyła w krajach rozwiniętych dążenie do poszanowania energii i rezygnacji z wykorzystywania tych jej postaci, które prowadzą do największego zanieczyszczenia środowiska. Działania w tym kierunku polegają na rezygnacji z przetwarzania najbardziej szkodliwych dla środowiska postaci energii pierwotnej, na wykorzystywaniu odnawialnych źródeł energii, na wprowadzaniu energooszczędnych technologii i urządzeń oraz na dostarczaniu konsumentom energii elektrycznej, jako najbardziej proekologicznej formy energii finalnej. Są to jednak działania kosztowne, na które nie mogą sobie pozwolić kraje ubogie, a przecież właśnie te kraje, w których przyrost naturalny jest największy, i w których zużycie energii na jednego mieszkańca jest kilkunastokrotnie niższe niż w krajach rozwiniętych, będą decydować o wzroście zapotrzebowania na energię w skali globalnej. Dla ludności krajów rozwijających się najważniejszym problemem jest nędza. Jej konsekwencje: powszechne niedożywienie, śmierć głodowa milionów dzieci i choroby są o wiele ważniejsze niż ochrona środowiska naturalnego. "Pułapka nędzy" w tych krajach spowoduje zużywanie najtańszych, a więc najbardziej dostępnych źródeł energii. Nie pozwoli na stosowanie zabezpieczeń przed emisją szkodliwych substancji i na wprowadzenie kosztownych energooszczędnych technologii. A nie możemy przecież odmówić mieszkańcom tych krajów wzrostu stopy życiowej, z którym nieodłącznie związane jest większe zapotrzebowanie na energię. Jest to jeden z najważniejszych dylematów, przed którymi stoi nasza cywilizacja. Jego rozwiązanie powinno być pierwszoplanowym zadaniem organizacji międzynarodowych i główną troską ruchów proekologicznych na całym świecie.

Kraje rozwinięte, w których różne sposoby poszanowania energii doprowadziły do zahamowania wzrostu a nawet do spadku jej zapotrzebowania, zużywają jednak coraz więcej energii elektrycznej. Ludzie zdają sobie sprawę z tego, że jest to najlepsza postać energii finalnej. Najłatwiej jest ją przesyłać i najbardziej wydajnie można ją zamieniać na postacie energii użytkowej, którymi są przede wszystkim ruch mechaniczny, światło i ciepło. Świat będzie potrzebował coraz więcej energii elektrycznej a więc będą budowane nowe elektrownie. Powstaje pytanie - jakie? Jeżeli uświadomimy sobie, że źródła energii odnawialnej w najbliższych dziesięcioleciach będą miały nieznaczny udział w wytwarzaniu energii elektrycznej, to pozostają do dyspozycji paliwa kopalne: węgiel, gaz ziemny oraz uran i tor. Trudno przewidzieć wykorzystanie w Polsce na szerszą skalę takich źródeł jak bezpośrednio konwersja promieniowania słonecznego, energia wiatru, energia biomasy i energia geotermalna. Te alternatywne źródła energii powinny jednak być wykorzystywane, gdzie tylko jest to możliwe. Trzeba budować małe elektrownie lub pompownie wiatrowe, instalować ciepłe baterie słoneczne, produkować gaz z odpadów. Pomoże to gospodarstwom rolnym, zasili warsztaty rzemieślników, spowoduje oszczędności w gospodarstwach

*Referat oparty częściowo na artykule pt. „Energetyka jądrowa a środowisko naturalne”, Postępy Techniki Jądrowej. vol. 40, z. 1, s. 2, 1997.

domowych. Nie łudźmy się, że będziemy duże zakłady przemysłowe zasilać za pomocą wiatraków. Próby stosowania odnawialnych źródeł energii wymagają wielkich nakładów inwestycyjnych, a na prace badawcze i rozwojowe związane z ich wykorzystaniem przeznaczają się olbrzymie fundusze, niewspółmierne do korzyści jakich można się spodziewać w najbliższych dziesięcioleciach w związku z wprowadzeniem tych źródeł do gospodarki światowej. Wydaje się, że znaczną część ponoszonych kosztów można by lepiej wykorzystać, przeznaczając je na prace nad ograniczeniem emisji szkodliwych substancji np. przez transport samochodowy. Można się jedynie spodziewać, że w Polsce na większą skalę będzie w przyszłości wykorzystana energia geotermalna. Niestety, nie mamy złóż geotermalnych o temperaturze, która umożliwiłaby budowę elektrowni, toteż można będzie je wykorzystywać jedynie w celach grzewczych. Nie możemy również liczyć na szersze wykorzystanie energii wodnej. Obecna moc polskich hydroelektrowni pokrywa 6,7% zapotrzebowania na energię elektryczną. Większość z nich to elektrownie pompowe, gdyż nasze rzeki są na ogół leniwe, płyną przez równiny i nie niosą dużych ilości energii. W tej sytuacji, również ze względów ekologicznych, proces rozszczepienia ciężkich pierwiastków, a w przyszłości zjawisko fuzji termojądrowej lekkich pierwiastków, staną się głównymi źródłami energii elektrycznej. Należy także pamiętać, że uran, w odróżnieniu od węgla, a także gazu ziemnego, praktycznie nie nadaje się do niczego oprócz produkcji energii.

2. POLSKA ENERGETYKA

Struktura zużycia energii pierwotnej w Polsce w latach 1990 i 1998 jest przedstawiona w tabeli 1.

Tabela 1. Struktura zużycia energii pierwotnej (%).

	1990 r.	1998 r.
Węgiel kamienny	62,2	50,6
Węgiel brunatny	13,6	14,0
Ropa naftowa	14,0	20,2
Gaz ziemny	9,0	10,2
Hydroenergia, energia wiatru, biomasy i geotermalna	1,2	5,0
	100,0	100,0

Polska energetyka jest oparta przede wszystkim na węglu. Wynika to z faktu, że węgiel kamienny i brunatny stanowi 90,4% energii pierwotnej pozyskiwanej ze źródeł krajowych. Dominacja węgla przejawia się również w zapotrzebowaniu na energię finalną, którego struktura jest pokazana w tabeli 2.

Tabela 2. Struktura zapotrzebowania na energię finalną w 1997 r. (%).

Węgiel	34,1
Produkty naftowe	23,3
Gaz	14,0
Energia elektryczna	11,3
Ciepło sieciowe	10,3
Pozostałe źródła	7,0
	<hr/> 100,0

Jest to struktura wyjątkowo niekorzystna; można ją nazwać kuriozalną w skali europejskiej o bardzo poważnych konsekwencjach dla środowiska. Źródłem 34% energii finalnej dostarczanej konsumentom jest nieprzetworzony węgiel kamienny. Z 104,5 mln ton węgla kamiennego wydobytego w 1997 r. tylko 44,3 mln t wykorzystano w elektrowniach i elektrociepłowniach zawodowych, 14,4 mln ton spalono w gospodarstwach domowych, a reszta została zużyta przez przemysł i spalona w lokalnych kotłowniach.

O ile w siłowniach zawodowych, gdzie przy wysokich nakładach finansowych można ograniczyć emisję pyłów i szkodliwych gazów odlotowych, to węgiel spalany w ponad milionie rozproszonych kotłowni i w 15 milionach pieców i palenisk kuchennych, jest źródłem tzw. „niskiej emisji”, której ograniczenie jest niemożliwe. Rozprzestrzenia się ona lokalnie, przede wszystkim w miastach, a jej skutki dla środowiska i zdrowia mieszkańców są katastrofalne.

W czasie kampanii przeciwko budowie elektrowni jądrowej w Żarnowcu rzecznicy likwidacji tej budowy zapowiadali, że zanieczyszczenie środowiska przez elektrownie węglowe będzie radykalnie zmniejszone dzięki instalacjom usuwającym szkodliwe zanieczyszczenia gazów odlotowych. Tymczasem, po upływie 10 lat, redukcja szkodliwych gazów (bez CO₂) przez przemysł wynosi tylko 37,8%, w tym w energetyce zawodowej zaledwie 9%. Pozornie znacznie lepiej wygląda redukcja pyłów, bo przekracza ona 97%. Należy jednak pamiętać, że najczęściej stosowane elektrofiltry nie zatrzymują pyłów o rozmiarach mniejszych niż 10 µm, a te są najbardziej szkodliwe dla zdrowia. Spalanie węgla w Polsce podane jest w tabeli 3.

Tabela 3. Bilans spalane go w Polsce węgla w 1998 r. (mln ton).

Węgiel kamienny	92,8	
- przetwarzany na inne nośniki energii		65,5
- zużycie bezpośrednie		27,3
Węgiel brunatny	62,9	
- przetwarzany na inne nośniki energii		62,3
- zużycie bezpośrednie		0,6
Ogółem	153,7	

Spalanie olbrzymich ilości węgla bez wydajnych instalacji oczyszczających gazy odlotowe powoduje, że Polska jest jednym z najbardziej zanieczyszczonych krajów Europy. Ponad 14% powierzchni Polski jest obszarem klęski ekologicznej. Należą doń Górnośląski Okręg Przemysłowy, Legnicko-Głogowskie Zagłębie Miedziowe, rejon Zatoki Gdańskiej i okolice Krakowa. Ponieważ są to rejony o dużej gęstości zaludnienia więc prawie 40% ludności kraju żyje w zdegenerowanym i szkodliwym dla zdrowia środowisku naturalnym. W 1987 r. wyemitowaliśmy rekordową ilość dwutlenku siarki. Emisja 4,3 mln ton plasowała Polskę na trzecim miejscu w Świecie, po USA i ZSRR. Emisja zanieczyszczeń w 1997 r. podana jest w tabeli 4.

Tabela 4. Emisja zanieczyszczeń atmosfery w Polsce w 1997 r. (tys. ton).

Dwutlenek węgla CO ₂	362 000
Pyły	1 130
SO ₂	2181
NO _x	1 110

Spalanie węgla jest źródłem 98% emisji SO₂ i 59% emisji NO_x. Za 23% emisji SO₂ odpowiedzialne są lokalne kotłownie i paleniska domowe, w przypadku których nie są stosowane instalacje oczyszczające gazy spalinowe. Emisja SO₂ i NO_x jest przyczyną powstawania kwaśnych deszczów, które niszczą lasy i pomniki kultury. 89,4% drzew w polskich lasach wykazuje uszkodzenia. Mniej szkodliwe dla środowiska jest wykorzystanie innych paliw węglowodorowych. W szczególności elektrownia gazowa emituje, w porównaniu z węglową, 50% CO₂, 0,1% SO₂, 25% NO_x i 0,4% pyłów. Przy tym sprawność wytwarzania energii elektrycznej jest o 30% wyższa i mniejsze jest zużycie wody.

2. 1. Porównanie -wpływu elektrowni -węglowej i jądrowej na środowisko

Elektrownia węglowa o mocy 1000 MWE wytwarza rocznie 8.8. 10⁹ kWh.

Zużywa:

3 mln ton węgla kamiennego (5,7 t/min - co godzinę 7 wagonów po 501),
7 mln ton tlenu (13,3 t/min),

Emituje:

9,4 mln ton CO₂ (18,3 t/min),
120 tys. ton SO₂ (190 kg/min)
20 tys. ton NO_x (40 kg/min)
60 tys. ton pyłów (1 14 kg/min)

na wysypiskach składowanych jest 600 tys. ton popiołów.

Należy uwzględnić również odpady powęglowe kopalni wynoszące ok. 0,4 t. na 1t. wydobytego węgla, z czego tylko 11-13% wraca pod ziemię. Trzeba też pamiętać o wodach kopalnianych, których w Polsce wypompowuje się ok. 1 mln m³ dziennie (!). Zasolenie Wisły w Krakowie jest tylko 3 razy mniejsze od zasolenia Bałtyku.

Elektrownia węglowa emituje substancje rakotwórcze i mutagenne oraz ciężkie metale i substancje promieniotwórcze, gdyż węgiel zawiera średnio 2,9 ppm uranu 238 i 7,4 ppm toru 232.

Elektrownia jądrowa o takiej samej mocy 1000 MWe zużywa rocznie 30 t. wzbogaconego uranu, z czego ok. 1 kg masy zamienia się na energię. Emituje substancje radioaktywne, przede wszystkim gazy szlachetne ⁸⁵Kr (o okresie połowicznego rozpadu 11 lat) i ¹³³Xe (5 dni) oraz ¹³¹I (8 dni). Ilości tych gazów są niewielkie, o czym może świadczyć następujące porównanie. Objętość powietrza potrzebna do rozrzedzenia do dopuszczalnego stężenia SO₂ wydzielanego w gazach odlotowych elektrowni węglowej jest 100 000 razy większa od objętości powietrza potrzebnej do rozrzedzenia do dopuszczalnego poziomu stężenia radionuklidów emitowanych przez elektrownię jądrową takiej samej mocy.

Elektrownia jądrowa jest źródłem odpadów promieniotwórczych, które muszą być odpowiednio zabezpieczone i przechowywane. Postępowanie z odpadami promieniotwórczymi będzie przedstawione w innym referacie.

2. 2. Elektroenergetyka w Polsce

Produkcja energii elektrycznej w Polsce w 1997 r. wyniosła 142,8 TWh. 134,7 TWh (94%) wytworzono w elektrowniach zawodowych a resztę (6%) w ciepłych elektrowniach przemysłowych i w lokalnych elektrowniach wodnych. W Polsce pracują 174 elektrownie zawodowe: 55 ciepłych i 119 wodnych. Mimo że elektrowni wodnych jest dwa razy więcej, to sumaryczna energia elektryczna w nich wytwarzana jest 35 razy mniejsza niż w elektrowniach ciepłych. Zainstalowane moce polskich elektrowni są zestawione w Tabeli 5.

Tabela 5. Moc zainstalowana polskich elektrowni (MW(e)) 1997 r.

Typ elektrowni	Moc zainstalowana		
Elektrownie zawodowe:	30759		
<i>cieplne</i>		28751	
w tym: na węgiel kamienny			19693
na węgiel brunatny			9058
<i>wodne</i>		2008	
w tym: zbiornikowe		-	652
szczytowo-pompowe		-	1366
Inne elektrownie (o mocy > 0,5 MWe)	2958		
OGÓLEM:	33717		

Największe polskie elektrownie poszczególnych typów to:

Bełchatów (cieplna na węgiel brunatny) o mocy zainstalowanej	4320 MWe
Kozienice (cieplna na węgiel kamienny)	2600 MWe
Żarnowiec (wodna szczytowo-pompowa)	680 MWe
Włocławek (wodna zbiornikowa)	160 MWe

W Polsce pracują również elektrociepłownie o łącznej mocy elektrycznej 1709 MWe, które wytworzyły w 1997 r. 684 PJ ciepła zcentralizowanego.

Żeby do końca wyjaśnić smutną konieczność tak wielkiego udziału węgla kamiennego w strukturze energii finalnej i odpowiedzieć na pytanie, czy Polska potrzebuje więcej energii elektrycznej, należy porównać jej produkcję w Polsce i w innych krajach świata. Posłużę się dostępnymi danymi dotyczącymi 1996 r. Produkcja energii elektrycznej w Polsce w 1996 r. wyniosła 3603 kWh na jednego mieszkańca. Co prawda wartość średnia dla całego świata była równa 2217 kWh na mieszkańca, ale przypomnijmy, że ok. 1/3 ludności naszego globu nie ma w ogóle dostępu do energii elektrycznej. Zużycie energii elektrycznej w Polsce, w porównaniu z krajami rozwiniętymi, jest bardzo niskie. Ilustruje to tabela 6.

Tabela 6. Roczna produkcja energii elektrycznej na jednego mieszkańca w wybranych krajach świata w 1996 r. (kWh).

Norwegia	23 918	Japonia	8 048
Kanada	18 300	Belgia	7 494
Szwecja	15 883	Niemcy	6 688
USA	13 483	Czechy	6 227
Finlandia	13 575	Rosja	5 734
Australia	9 685	W. Brytania	5 906
Szwajcaria	8 963	-----	-----
Francja	8 761	Polska	3 707

Poziom 3 707 kWh jest zenująco niski, gdyż plasuje Polskę na 27 miejscu listy krajów europejskich. Wśród europejskich krajów OECD gorsi od nas pod tym względem są tylko Grecy i Portugalczycy, ale ich tłumaczy cieplejsza strefa klimatyczna i wobec tego, mniejsze zużycie energii na ogrzewanie.

Jak już napisałem, w Polsce nie odczuwamy obecnie braku energii elektrycznej, a nawet eksportujemy nadwyżkę (2,2 TWh w 1997 r.), gdyż ta idealna postać energii finalnej jest u nas zastępowana przez węgiel. Jeżeli chcemy ok. 2010 r. osiągnąć poziom zużycia energii elektrycznej porównywalny z rozwiniętymi krajami, to powinniśmy co najmniej podwoić zainstalowaną moc naszych elektrowni. Wówczas osiągnęlibyśmy zużycie energii na mieszkańca ok. 7000 kWh rocznie. Nawet gdyby udało się to osiągnąć, to i tak będziemy się wlec w ogonie rozwiniętych krajów europejskich, których mieszkańcy będą w 2010 r. zużywać średnio 1,5 raza więcej energii elektrycznej, gdyż zużycie tej najcenniejszej postaci energii finalnej stale rośnie na całym świecie. Żeby podwoić zainstalowaną moc, musimy uruchomić nowe elektrownie o mocy ok. 30 GWe. Należy przy tym wziąć pod uwagę smutny fakt, że znaczna część naszych elektrowni węglowych pilnie wymaga kapitalnych remontów. Bilans przedsięwzięć w polskiej elektroenergetyce prowadzi do wniosku, że zakończenie budowy elektrowni ciepłej Opole i szczytowo-pompowej elektrowni wodnej Młoty zaledwie skompensuje wycofywane moce i bez budowy nowych elektrowni, moc zainstalowana nie ulegnie zmianie.

Już w najbliższych latach musimy wobec tego rozpocząć budowę nowych elektrowni, aby do 2010 r. osiągnąć zainstalowaną moc 60 000 MW(e). Jakie elektrownie powinniśmy budować? Jeśli pominiemy niepoważne projekty oparcia polskiej elektroenergetyki na bateriach słonecznych, wiatrakach lub spalaniu słomy, i jeśli uwzględnimy fakt, że niestety nasze rzeki nie niosą dostatecznie dużo energii żeby elektrownie wodne mogły stanowić znaczące źródło energii elektrycznej, to jesteśmy skazani na elektrownie ciepłe i trzy rodzaje paliw: węgiel, gaz ziemny i paliwo jądrowe. Te trzy źródła energii elektrycznej należy wziąć pod uwagę i wybrać najkorzystniejszy model rozwoju polskiej elektroenergetyki.

Zastąpienie energią elektryczną węgla dostarczanego konsumentom wymaga, oprócz radykalnego wzrostu mocy zainstalowanych w elektrowniach, takiej zmiany cen żeby to się opłacało użytkownikom. Dotowanie przez państwo węgla musi być zastąpione dotowaniem energii elektrycznej. Związane z tym problemy nie zmieniają logiki wywodu o pilnej konieczności zasadniczych zmian struktury energii finalnej w Polsce.